



OsloMet – storbyuniversitetet

Institutt for Bygg- og energiteknikk - Bygg  
Postadresse: Postboks 4 St. Olavs plass, 0130 Oslo  
Besøksadresse: Pilestredet 35, Oslo

GRUPPE NR. I

TILGJENGELIGHET: Åpen

Telefon: 67 23 50 00  
www.oslomet.no

# Masteroppgave

<b>MASTEROPPGAVENS TITTEL:</b>  Kartlegging av reelle internlaster fra Miljøhuset GK	<b>DATO:</b>  22.05.2019
	<b>ANTALL SIDER / ANTALL VEDLEGG:</b>  78/29
<b>FORFATTERE:</b>  Ole Marius Svendsen	<b>VEILEDERE:</b>  Peter Schild (OsloMet) Mads Mysen (GK)
<b>SAMMENDRAG</b> Denne masteroppgaven har tema internlaster. Kartleggingen er fra Miljøhuset GK med loggede verdier for belysning, teknisk utstyr og tilstedeværelse. Metodebruken baserer seg på statistiske modeller samt beregninger for varmetilskudd fra personer er gjort med oppdaterte og nye verdier for høyde og vekt. Dette medfører i seg selv en økning i effekttilskuddet fra personer ettersom økt hudareal har innvirkning på varmetilskudd.  Resultatene sammenligner reelle internlaster etter standardverdier for kontorbygg etter NS/TS 3031. Resultatene viser til store avvik fra standarden. Det er gitt kommentarer til mulige årsaker bak forskjellene samtidig som litteraturstudiet trekkes inn i diskusjonene.  Samfunnsmessige konsekvenser av denne masteroppgaven er beskrevet nærmere i konklusjonen. Det er lagt til forslag til videre arbeid, som skal kunne gi andre lesere mulighet til å følge opp arbeidet fra denne masteroppgaven.	

## 3 STIKKORD

Internlaster

Driftstider

Effektforbruk

# Innholdsfortegnelse

1	Innledning	1
1.1	Bakgrunn for prosjektet	1
1.2	Dagens internlaster	3
1.3	Reduksjon av effektforbruk fra teknisk utstyr og lys	10
1.4	Økt Personbelastning	12
1.5	Referansebygg	19
1.6	Avgrensninger	21
2	Metode	23
2.1	Loggdata fra Miljøhuset GK	23
2.2	Kartlegging av effektforbruk fra belysning	24
2.3	Kartlegging av effektforbruk fra teknisk utstyr	26
2.4	Kartlegging av varmetilskudd fra personer	28
2.5	Kalibrering av IDA ICE til måledata	36
3	Resultat og diskusjon	48
3.1	Resultat av beregnet effektforbruk til belysning	48
3.2	Resultat av beregnet effektforbruk fra teknisk utstyr	51
3.3	Resultat av beregnet effekt fra personbelastning	58
3.4	Resultat av CO <sub>2</sub> og tilluftsmengdeberegnet tilstedeværelse	62
3.5	Resultat fra energisimuleringer	64
4	Konklusjon	67
5	Forslag til videre arbeid	69
5.1	Kartlegge andre kontoer for å verifisere internlaster fra Miljøhuset GK	69
5.2	Kartlegge Internlaster etter romkategorier	69
5.3	Effektforbruk fra helg og helligdager må inkluderes i energiberegninger	70
5.4	Nøddlys må innregnes som internlast for belysning	70
5.5	Nasjonalt arbeid for å kartlegge internlaster	70
5.6	Mer forskning på metabolisme	71
5.7	Konsekvenser av økt Co <sub>2</sub> nivå og ny mengde tilluft	72
5.8	Konsekvenser av økt latentvarme- og dampproduksjon	73
5.9	Foreslåtte forbedringer til IDA ICE	74
Vedlegg A	Dagens internlaststørrelser for kontor, NS/TS 3031:2016	
Vedlegg B	Fotodokumentasjon over belysningstyper 4. etasje del A	
Vedlegg C	Sum effektforbruk belysning, mandag-fredag utenom helligdager.	

Vedlegg D	Sum effektbruk for belysning, lørdag-søndag med helligdager
Vedlegg E	Sum effektforbruk for belysning, ukedager utenom sommerferie
Vedlegg F	Sum effektforbruk belysning, ukedager kun i sommerferie
Vedlegg G	Sum effektforbruk teknisk utstyr, mandag-fredag utenom helligdager
Vedlegg H	Sum effektforbruk teknisk utstyr, lørdag-søndag med helligdager
Vedlegg I	Sum effektforbruk teknisk utstyr, ukedager utenom sommerferie
Vedlegg J	Sum effektforbruk teknisk utstyr, ukedager kun sommerferie
Vedlegg K	Tilstedeværelse i prosent og antall personer
Vedlegg L	Beregnet tørrvarme etter klokketimer, ukedager
Vedlegg M	Beregnet tørrvarme etter klokketimer, helg og helligdager
Vedlegg N	Beregnet tørrvarme etter klokketimer, ukedager utenom sommerferie/helligdager
Vedlegg O	Beregnet tørrvarme etter klokkeslett, ukedager kun sommerferie
Vedlegg P	Beregnet effekttilskudd fra personer, mandag-fredag utenom helligdager
Vedlegg Q	Beregnet effekttilskudd fra personer, lørdag-søndag med helligdager
Vedlegg R	Beregnet effekttilskudd fra personer, ukedager utenom sommerferie
Vedlegg S	Beregnet effekttilskudd fra personer, ukedager kun sommerferie
Vedlegg T	Inputdata til IDA ICE
Vedlegg U	Gjennomsnittlig effektforbruk, spisslast i ukedager
Vedlegg V	Gjennomsnittlig effektforbruk, spisslast i helg/helligdager
Vedlegg W	Beregnet effektforbruk internlast for IKT/Serverrom, ukedager
Vedlegg X	Beregnet effektforbruk internlast for IKT/Serverrom, helg/helligdager
Vedlegg Y	Beregnet effektforbruk internlast for kantine/kjøkken, ukedager
Vedlegg Z	Beregnet effektforbruk internlast for kantine/kjøkken, helg/helligdager
Vedlegg Æ	Beregnet effektforbruk teknisk utstyr, arealvektet snitt, ukedager
Vedlegg Ø	Beregnet effektforbruk teknisk utstyr, arealvektet snitt, helg/helligdager
Vedlegg Å	Filnavn til dokumenter brukt i hovedoppgaven

## Forord

Bakgrunnen for denne masteroppgaven var å finne et tema som tillot å bruke IDA ICE, men samtidig ha et tema som gir et vitenskapelig preg på prosjektet. Oppgavens tematikk om internlaster er selvvalgt og samarbeidspartneren GK Norge har stilt opp for å muliggjøre hovedoppgaven. For å få tilgang til dokumentunderlaget til denne masteroppgaven må forfatter kontaktes. Liste over dokumenter kan ses i Vedlegg Å.

Gjennom gode samtaler med Peter Schild (OsloMet) har prosjektet klart å bli mer tydelig definert enn hvordan jeg selv så for meg at prosjektet skulle gjennomføres. Det er fra Peter Schild blitt gjort oppmerksom på at temaet også er dagsaktuelt gjennom at Standard Norge i år (2019) jobber med revisjon av NS 3031:2014 (Beregning av bygningers energiytelse - Metode og data).

Ettersom Standard Norge har et pågående arbeid innenfor samme tema som denne masteroppgaven har, så er det lagt vekt på å kunne dokumentere resultater og arbeidet rundt dette. Det er ønskelig at oppgaven skal kunne være kvalitativ og bidra til at Standard Norge kan gjøre gode valg i deres arbeid for at byggenæringen skal kunne gjøre gode prosjekteringsvalg for fremtiden.

Det ønskes å gi en personlig takk til:

Intern veileder Peter Schild (OsloMet) som har stilt gode spørsmål og utfordret meg faglig med gode spørsmål, tanker, inspirasjon til hvordan jobbe bedre og gitt gode analyseverktøy.

Ekstern veileder Mads Mysen (GK) som har hjulpet til med å få tilgang til datamateriale fra GK sine datasystemer og stilt gode spørsmål rundt oppgaveutførelse for prosjektet.

Espen Aronsen (GK) som alltid har svart på henvendelser, veiledet meg til å stille spørsmål til riktige fagfolk og vist stor interesse for at denne masteroppgaven skal bli best mulig.

Ansatte fra Ramboll som har tilsendt dokumentasjoner om vindu, U-verdier og kuldebroregnskap samt hjulpet til med tekniske problemer i IDA ICE.

Arnkell Petersen (tidligere komited medlem fra Standard Norge for NS 3031:2014 og NS/TS 3031:2016) som har stilt opp for et telefonintervju. Uten dette ville jeg ikke ha visst hvor jeg skulle ha begynt med mitt litteraturstudie.

Helseundersøkelsen i Nord-Trøndelag som har gitt meg tidlig tilgang til upublisert data for høyde og vekt. Dette har hjulpet oppgaven til å kunne dokumentere effektilskudd fra personer grundigere.

Dansk Center for lys (tidligere lysteknisk selskab) som har tilsendt rapporten «Energieffektiv belysning i handels- og servicesektoren» fra deres personlige arkiver. Dette har muliggjort å avslutte et godt litteraturstudie.

Stor takk Lerato Moloto (forlovede), Birgitte Svendsen (mamma), Stig Rune Svendsen (pappa), Alf Roald Frost Aspelund, Tobias Lynghaug og Marianne Bremnes som har hjulpet til med å lese over oppgaven bidratt med rettskriving.

# Sammendrag

Denne masteroppgaven kartlegger reelle internlaster for kontorrom fra Miljøhuset GK og sammenligner dette opp mot internlaster for kontorbygg etter NS/TS 3031:2016. Målet med oppgaven er å se om internlaster etter romnivå fraviker bygningsnivå som er dagens system for internlaster.

Oppgaven starter med et kapittelet om innledning (inkluderer litteraturstudie) om hvor dagens internlaster fra NS/TS 3031:2016 kommer fra. Dette er gjort for å gi gode vurderinger for å diskutere resultater. Litteraturstudiet omfatter historien bak dagens internlaster; reduksjon av effektforbruk fra teknisk utstyr og belysning; gjennomsnittlig høyde og vekt, hudareal, metabolisme og beregning av tørrvarme fra personer.

For å skaffe realistisk data for effektforbruk beskriver kapittel om metodebruk, at datagrunnlaget er basert på loggede verdier fra Lindinvent og Lindinspec. Analysene baserer seg på 4. etasje del A ettersom dette er eneste fløy som har elektrisk posteringer etter belysning, og teknisk utstyr og elektrisk spisslast fra grenstaver ligger ikke i samme elektriske kurser. Effektilskudd fra personer baserer seg på beregninger fra alle kontordeler i Miljøhuset GK.

Kapittelet om resultat og diskusjon sammenligner gjennomsnittlige ukedager for hele året, ukedager i sommerferie og ukedager utenfor sommerferie samt helg/helligdager opp mot NS/TS 3031:2016. Funnene indikerer at det er store forskjeller mellom faktiske internlaster og standardverdier. Videre viser kartlegging av internlast for teknisk utstyr at det er store forskjeller for effekttettheten ( $W/m^2$ ) mellom kontorer, IKT/serverrom og kantine/kjøkken. Dette indikerer at man alltid over- eller underdimensjonerer alle rom ved å bruke et bygningsgjennomsnitt for effekttetthet.

Konklusjonene summerer opp innledningens syv hovedspørsmål. :

- I. Vil et romnivås internlaster avvike fra bygningsnivå fra NS/TS 3031:2016?
- II. Vil ny lyspæreteknologi bety mindre effektforbruk fra belysning?
- III. Vil ny teknologi for tekniske utstyr bety mindre effektforbruk i kontorer?
- IV. Vil økt problem vedvarende fedme og økende snitthøyde medføre mer varmeavgivelse fra personer og i så fall vil dette medføre mere tilført effekt til bygg?
- V. Har ferieavvikling noe å si for internlastenes størrelser?
- VI. Ved å bruke reelle internlaster i energiberegninger, hvor mye vil dette ha å si for beregnet effektforbruk sammenlignet med å bruke standard inputverdier?
- VII. Samfunnsmessige konsekvenser av denne masteroppgaven?

Kapittelet om forslag til videre arbeid gir forslag til gjenstående arbeide som kan basere seg på denne masteroppgaven og/eller nye funn som bør undersøkes nærmere. Kapittelet er delt i ni deler:

1. Kartlegge andre kontoer for å verifisere internlaster fra Miljøhuset GK.
2. Kartlegge Internlaster etter romkategorier.
3. Effektforbruk fra helg og helligdager må inkluderes i energiberegninger.
4. Nøddlys må innregnes som internlast for belysning.
5. Nasjonalt arbeid for å kartlegge internlaster.
6. Mer forskning på metabolisme.
7. Konsekvenser av økt  $CO_2$  nivå og ny mengde tilluft.
8. Konsekvenser av økt latentvarme- og dampproduksjon.
9. Foreslåtte forbedringer til IDA ICE.

## Abstract

This master thesis has mapped real internal loads for office rooms from the building “Miljøhuset GK” and has been cross-referenced this with office buildings from NS/TS 3031:2016. The end goal is to see if internal loads would be differ depending on a calculation that is based on room category as opposed to today’s method by estimation on an average for the entire building.

This master thesis starts with a chapter that chronicles an introduction and a literature study on what NT/TS 3031:2016 is based on. This is to assess insights and furthermore to evaluate results. The literature study has looked into the history of today’s internal loads in Norwegian buildings, reduction of effect usage from technical equipment’s and lightings; the average height and weight of a person, total surface area of a person; and the metabolic rate and calculation of supplied heating from people.

To get realistic data for electric effect usage, the chapter for methodology describes usage from Lindinvent and Lindinspec to ensure the best possible data. The analysis is based on the 4<sup>th</sup> floor part A, this is due to restrictions that ensures this is the only part of the building which separate electricity logging based on lighting, technical equipment and Electric Peak load. Supplied heating from people are based on all of the office rooms from Miljøhuset GK.

The result and discussion chapter compares average weekdays for the entire year; weekdays only in summer vacations and also excluding summer vacations; furthermore Norwegian weekdays and public holydays compared to NS/TS 3031:2016. The result indicates that there are enormous differences between realistic internal loads compared to standard values. Furthermore the mapping of technical equipment show that the energy density (W/m<sup>2</sup>) between offices, computer server room and the cafeteria are vastly different. This indicates that the usage of standardized internal loads will always overestimate and underestimate the energy density for all rooms.

The conclusion is categorized in seven main thesis:

- I. Would internal loads based on room category deviate from NS/TS 3031:2016?
- II. Will new technology from lightings result in less effect usage?
- III. Will new technology from technical equipment result in less effect usage?
- IV. Would the obesity issues and increased average height results in more supplied heating form people?
- V. Would vacation periods’ be noticeable for the amount of used internal loads peaks?
- VI. If realistic internal loads were to be used for an energy simulation, how much will the results differ compared to using standardized internal loads?
- VII. Consequences this master thesis provides for the future?

The chapter outlining suggestions for further work are based on this thesis and/or new findings which should be investigated. This chapter is divided into nine parts:

1. Mapping other office buildings to verify the findings from this study of Miljøhuset GK.
2. Mapping internal loads based on type of rooms.
3. Effect usage from weekends and public holydays must be included in energy simulations.
4. Emergency lighting equipment must be included in internal loads for lighting.
5. National based work groups to map internal loads.

6. Further study is needed on the metabolic rate and its effects.
7. Consequences on increased level of CO<sub>2</sub> and a greater need of air supply.
8. Consequences of increased latent heat supply and moist production
9. Suggested improvements for IDA ICE.

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn for prosjektet

VVS-bransjen er i press på å levere gode tekniske anlegg som følger et byggs forventende effekt- og energibehov. Dessverre medfører feilprosjekteringer store kostnader for tekniske installasjoner og ukorrekte driftstider at VVS-anleggene blir over- eller underdimensjonerte. Disse problemene blir løftet opp i intervjuer av Ida Bryn fra Erichsen & Hogen [1] og Harald Hasfjord fra Sykehusbygg [2]. En rapport fra Erichsen & Hogen (2012) [3] foreslår at: «reelle internlaster fra personer, utstyr og belysning i brukslokaler er lavere enn en predefinert verdi målt i  $W/m^2$ ». SINTEF opplyser i en rapport [4] fra 2003 at det heller ikke finnes noe tilgjengelig statistikk for hva ferieavvikling har å si for internlaster.

En masteroppgave fra 2013 [5] har tatt for seg mulige årsaker til avvik i beregnet levert energi med faktisk energibruk i driftsfase for Berg studentby i Trondheim. Det trekkes frem at det er grunn til å tro at varme som produseres av personer, belysning og teknisk utstyr ikke samsvarer med standardverdier i effektberegninger. To av argumentene bak dette er at brukere ikke tas med i nok tilstrekkelig grad som dimensjonerende faktor (brukstid) og beregnet energibehov og ikke dokumentert reelt forbruk (internlaststørrelse). Denne bemerkning støttes av SINTEF Prosjektrapport 76 [6] som sier følgende;

---

*Rådgiverne har lite erfaring med virkelig energibruk kontra beregnet energibruk [...] Viktigste årsaker til avvik oppgis å være standardiserte faste inndata i beregningsmodell kontra virkelige brukervaner.*

---

I en bacheloroppgave fra 2015 om Miljøhuset GK [7] opplyses det at energipost fra belysning og teknisk utstyr i forhold til prosjektert og målt verdi har et avvik på 33 prosent (lavere). Gruppen trekker videre frem at ventilasjonsanlegget må kompensere for det tapte varmebidraget fra internlastene. Dette bidrar med at energipost om romoppvarming og ventilasjonsvarme (oppvarming via overtemperert tilluft) er 145 prosent høyere enn prosjektert, samt at viftepådragets energibruk er 11 prosent høyere enn prosjektert. Antagelsen for dette avviket er at internlastenes varmebidrag er mye mindre enn hva det er estimert for.

En masteroppgave fra 2015 [8] har bemerket at det er forskjeller mellom beregnede verdier og målte, deriblant er Miljøhuset GK (33 prosent forskjell for lys og teknisk utstyr) valgt som en av tre case-studier. Det vises til mindre internlaster enn hva det er prosjektert med. Oppgaven basert sine internlaster etter visuelle observasjoner, samt SD-anleggets energiposter med graddagskorrigering. Det er også beskrevet at:

---

*Elektrisk energi til belysning og teknisk utstyr i underetasje inneholder også forbruk til utelys samt ladepunkter for el- bil. Det er ikke mulig å skille ut andelen energi som går til utelys og ladepunkter for el- bil, og måleresultatet avviker derfor med hva som skal medtas i netto energibehov iht. NS 3031.*

---



Ettersom byggenæringen har behov for mer kunnskap om reelle internlaster til å kunne gjøre mer korrekte prosjekteringsvalg for tekniske anlegg vil denne masteroppgavens hovedtematikk være internlaster. Fra gjennomført litteraturstudiet har det blitt oppdaget at man kan differensiere installert effekt til belysning for ulike typer rom. Dette ønskes å følge opp som en av hovedtemaer i kartlegging av alle reelle internlaster fra Miljøhuset GK. Denne masteroppgaven skal belyse følgende hovedtemaer:

- I. Vil et romnivås internlaster avvike fra bygningsnivå fra NS/TS 3031:2016?
- II. Vil ny lyspæreteknologi bety mindre effektforbruk fra belysning?
- III. Vil ny teknologi for tekniske utstyr bety mindre effektforbruk i kontorer?
- IV. Vil økt problem vedvarende fedme og økende snitthøyde medføre mer varmeavgivelse fra personer og i så fall vil dette medføre mere tilført effekt til bygg?
- V. Har ferieavvikling noe å si for internlastenes størrelser?
- VI. Ved å bruke reelle internlaster i energiberegninger, hvor mye vil dette ha å si for beregnet effektforbruk sammenlignet med å bruke standard inputverdier?
- VII. Samfunnsmessige konsekvenser av denne masteroppgaven?

Samarbeidspartner til denne hovedoppgaven er GK Norge etter samtaler gjennom Twitter. Etter innledende samtaler med HR-sjef og sjef kuldeteknikk ble temaet internlaster for kontorer godkjent hvorav Miljøhuset GK er casebygg.

**Ole Marius Svendsen** @OleMSvendsen

**@ArendalsUka** bringer mye ansvar på våre skuldre om klima og fremtidens arbeidsmarked. Som masterstudent. Hvem gir den beste 5 min kaffe om masteroppgave **@NorconsultAS** , **@SwecoNorge** , **@GKNorge** i dag?

13:17 - 16. aug. 2018

Legg til en ny Tweet

**GK** @GKNorge · 16. aug.  
Svar til **@OleMSvendsen** **@ArendalsUka** og 2 andre  
Kvaliteten på kaffen vår er kanskje ikke markedsledende, men vi diskuterer mer enn gjerne masteroppgaver om bærekraftige tekniske anlegg i bygg, og hvordan dette kan forvaltes!

**Ole Marius Svendsen** @OleMSvendsen · 16. aug.  
Hvor og når kan kaffedaten tas?

Figur 1 Forespørsel om hovedoppgave, skjermdump fra Twitter

## 1.2 Dagens internlaster

### 1.2.1 Lastestørrelse

I dette kapitlet presenteres dagens internlaster gjennom en litteraturstudie. Hensikten er å vise til historikken for effektforbruk fra belysning og teknisk utstyr, samt effekttilskudd fra personer. Litteraturstudiet vil brukes til å sammenligne resultater fra denne masteroppgaven med tidligere arbeid.

Litteraturstudiet er også gjort med tanke på at andre studentoppgaver i fremtiden skal kunne bruke denne oppgaven. Ved andre studenter vet hvor internlastene kommer fra og hvilket årstall de er basert på kan videre arbeid bruke mer tid på metodebruk og jobbe med å lage statistiske modeller, fremfor å bruke tid på litteraturstudie.

#### Sammendrag litteraturstudie for internlaster:

I Tabell 1 presenteres de generelle endringene for internlastene mellom 1984 frem til 2003. Dette baserer seg på hjelp gjennom et telefonintervju med Arnkell Petersen (har sittet i komiteene for NS 3031:2014 og NS/TS 3031:2016 fra Standard Norge) som har bistått med å gi informasjon om hvor litteraturstudiet burde startes på. Referat fra telefonsamtalen gjengis under i blå innramming<sup>1</sup>;

Tabell 1 Internlastenes endring fra 1984-2003

Veileder til NS 3032:1984 bygningers energi- og effektbudsjett				Normtall 1999		SINTEF <sup>2</sup> (2003)	
Cellekontor		Kontorlandskap		Kontorbygg		Kontorbygg	
Belysning [W/m <sup>2</sup> ]	20	Belysning [W/m <sup>2</sup> ]	20	Belysning [W/m <sup>2</sup> ]	16	Lys [W/m <sup>2</sup> ]	8
1. Person [W]	75	En person per 10 m <sup>2</sup> [W/m <sup>2</sup> ]	7,5	Personer [W/m <sup>2</sup> ]	4	Personer [W/m <sup>2</sup> ]	4
Maskinvarme (dataterminal) [W]	150	1. Dataterminal per person [W/m <sup>2</sup> ]	15	Utstyr [W/m <sup>2</sup> ]	11	Utstyr [W/m <sup>2</sup> ]	11

---

*Brukerlastprofilene i NS/TS 3031 er inspirert fra andre internasjonale standarder. Derimot er ikke disse profilene valgt å følge med hensyn på nordiske bruksvaner. Som eksempel dusjer nordiske land på morgenen fremfor kveld (forbruk varmt tappevann), lager mat på andre tidspunkter på dagen og har andre arbeidstider enn øvrige land som bruker andre energistandarder.*

*Brukerlastprofilene er laget med intensjon om at man skal kunne ha en dynamisk periode med følgende kriterier; Utenfor driftstid, jevn økning for morgenen, toppbelastning før og etter lunsj, lunsj med lavere belastning og jevn reduksjon for ettermiddag. Alle bruksprofiler i NS/TS 3031 representerer netto bruk, dvs. behovet på tappested eller*

---

<sup>1</sup> Referatet (mail) er godkjent av Arnkell J. Peterson. 21 mars 2019.

<sup>2</sup> SINTEF rapport, Nye forskriftskrav til bygningers energibehov fra 2003, er kilden NS 3031:2014 baserer seg på.

*strøm til et forbrukssted, og inkluderer ikke tap i anlegg eller dødlast. Disse skal i utgangspunktet medtas før grensesnittet levert energi, men hittil er dette ikke gjort for elektriske anlegg. Bygningsprofilene er laget gjennom vektet snitt for alle bruksarealer i en bygningskategori. Eksempelvis er kontorer laget med snittverdier for kontor, kantine/kjøkken, leserom, møterom, entre .*

---

Veileder for NS 3032:1984 (bygningers energi- og effektbudsjett) er valgt som eldste kilde for størrelser av internlaster til kontorbygg. Denne standarden skildrer forskjell mellom cellekontor og kontorlandskap. I tillegg er «dataterminalbegrepet» uklart, men det velges å anta at dette er ekvivalent med dagens betegnelse for «teknisk utstyr».

Ettersom det har vært stor utviklingen av ny teknologi har effektforbruket endret seg fra tidlig 80-tallet til sent 90-tallet. Dette medfører at det krevdes endringer for internlaster. I en rapport fra SINTEF (2003) «Nye forskriftskrav til bygningers energibehov» [4] skriver dem: «TEK1997 stimulerer ikke i tilstrekkelig grad til energieffektive løsninger, og heller ikke til valg av miljøvennlige energibærere». SINTEF (2003) gir derfor anbefalinger for nye internlaster med endringer for teknisk utstyr og personvarme fra prosjektet «Enøk Normtall 1999» [9] og belysning baserer seg på en rapport utgitt av Lysteknisk Selskab (Danmark) [10]. Dette utgjør grunnlaget bak dagens tall for internlaster etter NS 3031:2014. Størrelsene for internlastene for kontor gjengis i Tabell 2.

Tabell 2 Størrelser internlast for kontorbygg i W/m<sup>2</sup> fra SINTEF (2003)

LYS	UTSTYR	PERSONER
8	11	4

#### Utfyllende litteraturstudie for internlaster:

Fra SINTEF (2003) rapport «Nye forskriftskrav til bygningers energibehov» fra 2003 [4] påpeker dem at: «TEK97 stimulerer ikke i tilstrekkelig grad til energieffektive løsninger, og heller ikke til valg av miljøvennlige energibærere». I tillegg skriver SINTEF (2003) at EU-direktiv om bygningskategorilisten for energibruk i bygninger [11] må være mer utfyllende, men at Norge forplikter seg til å følge hovedtrekkene i direktivet. Det ble gjort noen tilleggs justeringer for å imøtekomme flere bygningstyper. EU-direktivet og SINTEF sine anbefalinger for bygningskategorier vises i Tabell 3. Dette er bakgrunnen til hvorfor internlastene ble endret i 2003 og hvorfor man har bygningskategorier for energiberegninger.

Tabell 3 Utdrag bygningskategorier

<b>Direktiv 2002/91/EC</b>	<b>SINTEF (2003)</b>
a) Eneboliger	a) Småhus
b) Leilighetskomplekser	b) Boligblokk
c) Kontorer	c) Barnehage
d) Skolebygg	d) Kontorbygg
e) Sykehus	e) Skolebygg
f) Hoteller og restauranter	f) Sykehus
g) Idrettsbygg	g) Sykehjem
h) Forretningsbygg	h) Hoteller
i) Andre typer bygg	i) Restaurantbygg
	j) Idrettsbygg
	k) Forretningsbygg
	l) Kulturbygning
	m) Bygning for lett industri, verksteder

For effekttilskudd fra en person har det ikke lyktes å gjøre rede fra verken SINTEF eller andre kilder for hva datagrunnlaget bak effekttilskudd fra personer baserer seg på. Det antas at verdiene er en videreføring av veileder for NS 3032:1984, hvor en person i et kontor gir et effekttilskudd på 75 W. Denne verdien er plassert inn i Tabell 1 på side 3.

For effektbruk til lys viser SINTEF (2003) til Lyskultur (Publikasjon nr. 19. 2001) som anbefaler maksimumsverdier for installert effekt i noen typiske bruksarealer i yrkesbygg (se Tabell 4). Denne tabellen differensierer belysning etter romtyper, men ettersom det på daværende tidspunkt ikke fantes datagrunnlag for å kunne si om lignende verdier ville gjelde for andre bygningstyper ble det valgt å ikke bruke effektverdiene fra Tabell 4.<sup>3</sup>

Tabell 4 maksimumsverdier for installerte lyseffekt i noen bruksarealer i yrkesbygg

<b>Lokale</b>	<b>Maks effekt [W/m<sup>2</sup>]</b>
Småkontor	10
Kontorlandskap	8
Korridorer og trapperom	5
Garasje	3
Konferanserom	12
Laboratorier/undersøkelsesrom	15

<sup>3</sup> SINTEF (2003) skriver derimot at på daværende tidspunkt fantes det ikke datagrunnlag for å kunne si om lignende verdier ville gjelde for andre byggverk. Dersom datagrunnlaget hadde vært for andre bygningskategorier vil anbefalingene fra «lyskultur» med stor sannsynlighet vært lagt til grunn for anbefalinger til effektberegning av lys

SINTEF (2003) valgte heller å se til en rapport utgitt av Lysteknisk Selskap (Danmark) [10]. Denne rapporten er basert på en dansk markedsundersøkelse fra 2000, for 133 kunder i handels- og servicesektoren<sup>4</sup>. I Tabell 5 og Tabell 6 kan det leses av at de fleste kontorbyggene for denne undersøkelsen er fra mellom 1988-1995 (rapporten ble skrevet i år 2000) og har ikke automatiserte styringer for belysning. Gjennomsnittlig installert effekt for kontorer er angitt til å være mellom 9-12 W/m<sup>2</sup>.

Tabell 5 Aldersfordeling angitt i prosent for de installerte belysningsanlegg

<b>Bygningskategori</b>	<b>Alder over 12 år</b>	<b>Alder 5-12 år</b>	<b>Alder under 5 år</b>
Offentlige kontorer	23 %	54 %	23 %
Private kontorer	12 %	54 %	34 %

Tabell 6 Anvendelse av lysstyring angitt i prosent [%]

<b>Bygningskategori</b>	<b>Fullautomatisk styring</b>	<b>Fullautomatisk styring og tenn og slukk kontakt</b>	<b>Tenn og slukk kontakt</b>	<b>Ingen mulighet for styring</b>
Offentlige kontorer	0 %	0 %	100 %	0 %
Private kontorer	6 %	1 %	93 %	0 %

Ettersom den danske rapporten fra Lysteknisk Selskap har hatt et godt datagrunnlag, valgte SINTEF dette som utgangspunkt og baserer videre antagelser fra andre danske litteraturbidrag<sup>5</sup> om at verdiene i Tabell 7 (SINTEF 2003) kan betraktes som representative størrelser til installerte effekt fra belysning til hele bygninger.

Tabell 7 Energieffektiv belysning SINTEF (2003)

<b>Bygningstype</b>	<b>Snitt installert effekt [W/m<sup>2</sup>]</b>
Skolebygg	10
Kontorbygg	8
Butikker	15
Helsebygg	8
Sportshaller	8
Kafeteria/restauranter	8
Bibliotek	10
Lager	5

<sup>4</sup> Rapporten inneholder data for skoler, helsevesen, offentlige og private kontorer samt butikker.

<sup>5</sup> Antagelse er at Tabell 7 muligens kommer fra følgende to kilder som ikke er klart å spore opp;

1) Energistyrelsen. God og energiriktig kontorbelysning. Danmark

2) Lys & Optikk, Lysteknisk Selskab. God og energiriktig skolebelysning. Danmark

Ut fra litteraturstudiet om belysning anbefalte SINTEF (2003) effektforbruk til installert belysning for bygningskategorier og dette kan leses av fra Tabell 8. Det er viktig å presisere igjen at mye av datamaterialet fra dansk litteraturbidrag er antatte verdier for bruk i Norge.

Tabell 8 Verdier for installert effekt for belysning i ulike bygningskategorier, SINTEF (2003)

<b>Bygningskategori</b>	<b>Effekt W/m<sup>2</sup></b>	<b>Kilde</b>
Småhus	4	Enøk normtall 1999
Boligblokk	4	Tilnærmet Enøk normtall 1999
Barnehager	8	Dansk litteratur
Kontorbygg	8	Dansk litteratur
Skolebygg	10	Dansk litteratur
Sykehus	8	Dansk litteratur og NS 3031
Sykehjem	8	Dansk litteratur
Hoteller	8	NS 3031
Restaurantbygg	8	Dansk litteratur
Idrettsbygg	8	Dansk litteratur
Forretningsbygg	15	Dansk litteratur
Kulturbygg	8	Estimert
Bygning for lett industri, verksted	8	Antas som kontorbygg

For effektforbruk fra teknisk utstyr oppgis det at datagrunnlaget bak SINTEFS anbefalinger er basert på Enøk normtall fra 1999 [9] og stipulerte verdier. Valg av dette argumenteres med at dette gir mest oppdaterte verdier for utstyr i de bygningene som omfattes av normverdier. Uttalelsen for dette presenteres under:

### **Revisjon av Normtallsverktøyet**

*Normtall for forskjellige bygningstyper er blant annet beskrevet i vedlegg til NS 3032 (1984) og i Normtallpermen (EnFo publikasjon nr. 417-1 993). Basert på erfaringene til nå, samt den utvikling som har skjedd det siste 10 -året, er det et klart behov for å oppdatere og revidere normtallene.*

*I 1998 ble det i FRES Bygg regi gjennomført en utredning for NVE'S Byggoperatør med tittelen "Bruk av energi- og effektbudsjetter for bygninger". I denne utredningen ble også behovet for en revisjon/oppdatering av eksisterende normtall fremhevet, og en edb-basert versjon av normtallsmetodikken etterspurt.*

*De nye byggeforskriftene av 1997 gjør det også nødvendig å revidere normtallene for nye bygninger. Derfor er prosjektet "Revisjon av Normtallsverktøyet" gjennomført, og resultatene i form av nye Enøk Normtall med tilhørende edb-program presentert i denne manualen.*

### **Nye Enøk Normtall**

*For å skille de nye normtallene som er utviklet og presentert i denne manualen fra de normtall som finnes fra før (vedlegg til NS 3032, Normtallpermen, .), er de nye*

normtallene gitt navnet *Enøk Normtall*. *Enøk Normtall* er utviklet for 9 bygningstyper, alle med 3 nivåer av normtall: Eldre bygg, Byggeforskrift 1987 og Byggeforskrift 1997.

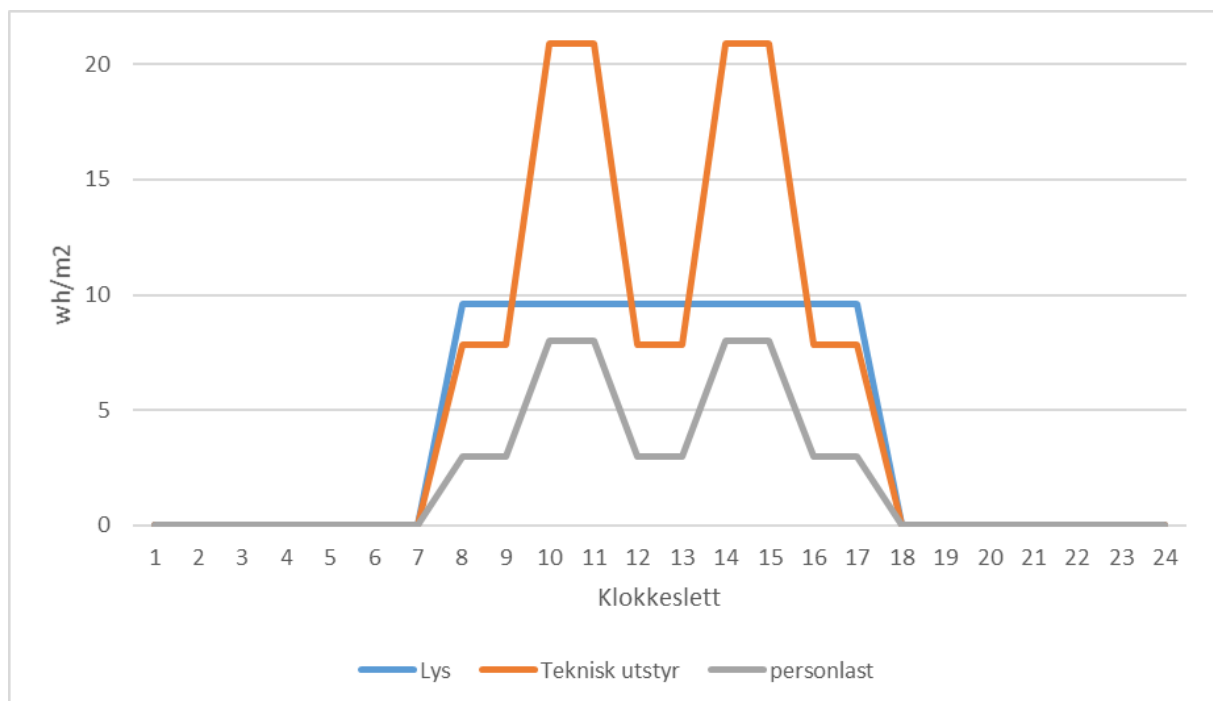
I denne manualen er *Enøk Normtall* gitt i form av energi- og effektbudsjett for 9 bygningstyper, og for de 7 klimasonene som SINTEF Energiforskning har definert i sin rapport "Inndeling av Norge i klimasoner

Fra eget litteraturstudiet fremkommer det at internlastene er basert på foreldet datagrunnlag samt generelle antagelser. I

Tabell 9 er internlastene for kontorer hentet fra NS 3031:2014 mens internlaststørrelser med driftstid for kontorer er hentet fra NS/TS 3031:2016 og kan ses i Figur 2 (Tabellform kan leses i Vedlegg A).

Tabell 9 Internlaster for kontor i  $W/m^2$ , NS 3031:2014

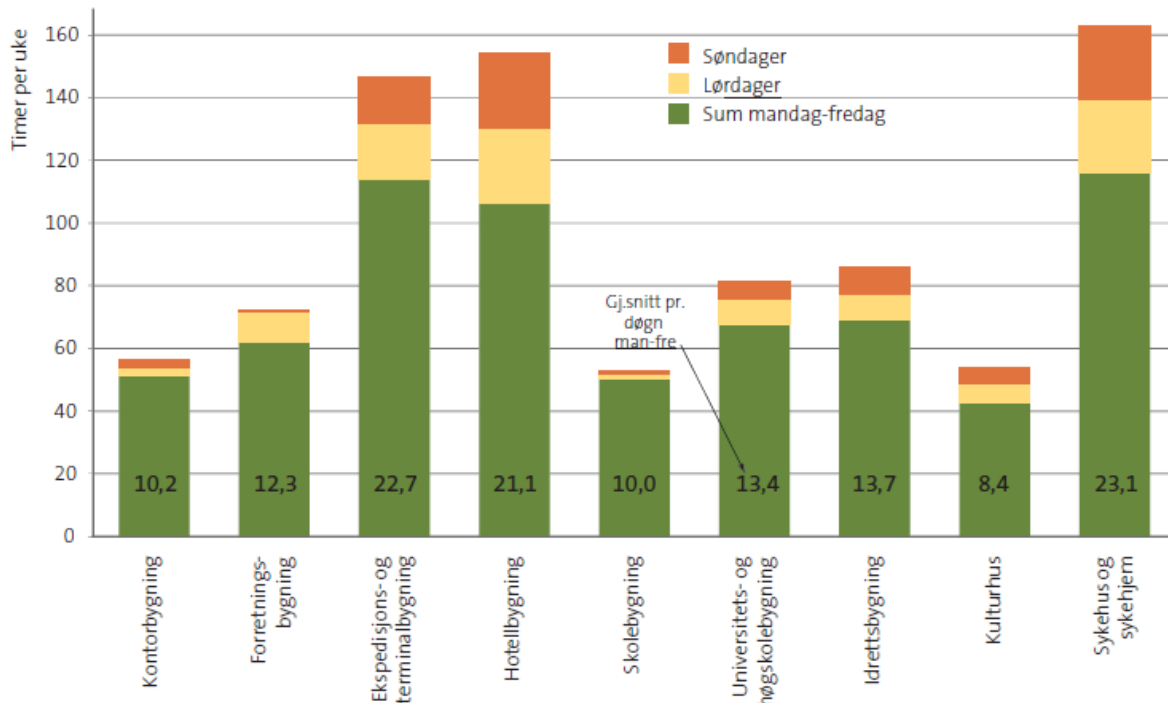
LYS	UTSTYR	PERSONER
8	11	4



Figur 2 Internlaster, SNTS 3031:2016, kontorbygg

## 1.2.2 Driftstider

For driftstider opplyser SINTEF (2003) at de baserer sine driftstider (Tabell 10) på Enova bygningsnettverk sin «energistatistikk fra 2002» [12]. Enovaviser til brukstider for de største bygningskategoriene (Figur 3).



Figur 3 Gjennomsnittlig samlet brukstid i timer per uke for de største bygningsgruppene, inndelt i dagene mandag-fredag, lørdag og søndag. Tallene i stolpene er gjennomsnittlig timer per døgn på mandag til fredag. Det er 168 timer i en uke.

Videre skriver SINTEF (2003) at for å gjøre driftstider mer oversiktlig, er det i utgangspunktet ønskelig å bruke samme driftstider til internlastene for de enkelte bygningskategoriene. I tillegg anbefales det for å gi mest mulig realistiske energirammer at det for noen bygningstyper er hensiktsmessig å differensiere driftstidene. Avslutningsvis skriver SINTEF (2003) at: «Statistikken viser ikke i hvilken grad driften av bygningene er tilpasset ferieavvikling<sup>6</sup>».

Tabell 10 Standardverdier for driftstid for kontorer, NS 3031:2014 tabell A.3

Oppvarming, belysning og utstyr	Ventilasjon	Personer
12/5/52	12/5/12	12/5/12

<sup>6</sup> Dette er blitt fulgt opp i besvarelsen av denne masteroppgaven.



### 1.3 Reduksjon av effektforbruk fra teknisk utstyr og lys

I dette litteraturstudiet er det fremskaffet dokumentasjon på at effektforbruk til bygninger har blitt lavere. Hensikten med dette kapittelet er å ha et vurderingsgrunnlag for om dagens internlaststørrelser (etter NS 3031:2014 og NS/TS 3031:2016) er reelle prosjekteringsgrunnlag for fremtidige bygg.

En svensk studie [13] gjennomført av Statens Energimyndighet (Sverige) har sammenlignet verdens energiforbruk fra år 1990 og år 2007 per kWh/m<sup>2</sup> (se Tabell 11). Funnene viser til at det er kun vifte og kjølebehov som har gått opp, mens all annet elektrisk forbruk har gått ned.

Tabell 11 Spesifikk elforbruk i verden per bruksområde 1990 og 2007 [kWh/m<sup>2</sup>, år]

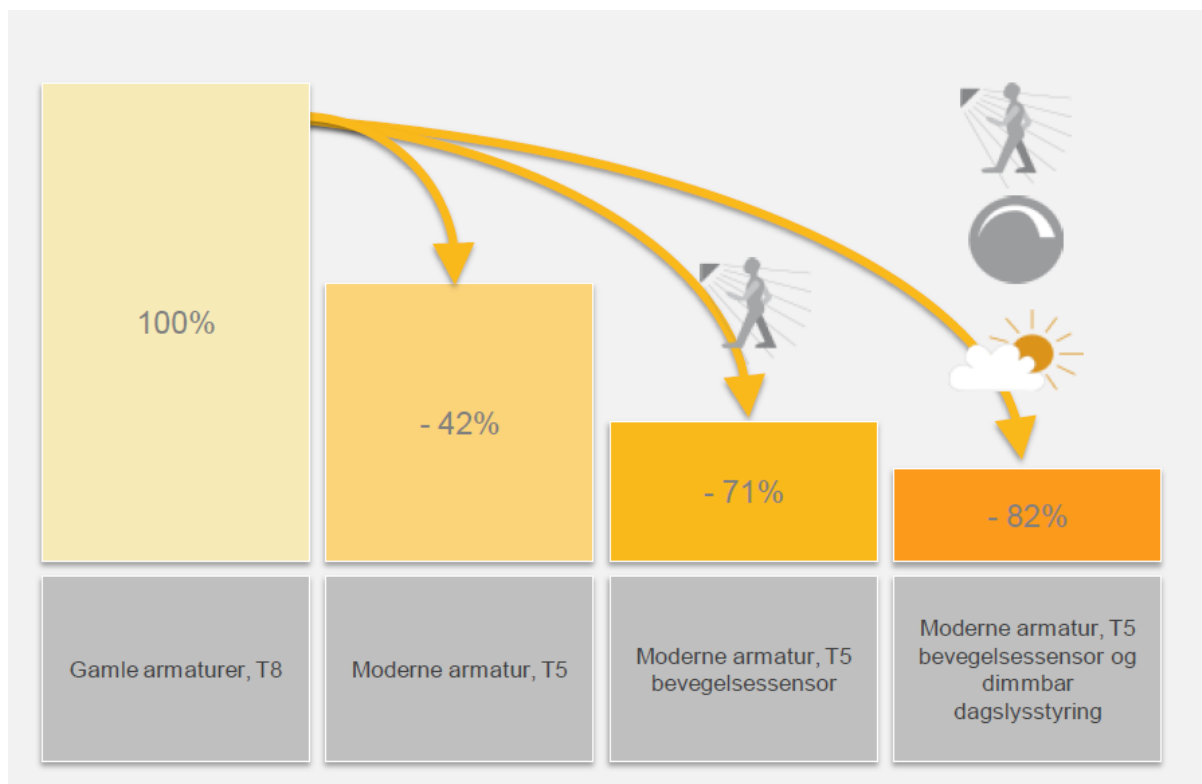
	År 1990	År 2007
Varme, varmtvann	10	5
Vifte	20	29
Kjøling, andre bygningselektrisitet	4	9
Belysning	34	22
Kjøkkenutstyr	10	5
Øvrige utstyr	15	13
<b>Summert</b>	<b>93</b>	<b>83</b>
<b>Ekklusiv elektrisitet før oppvarming</b>	<b>93</b>	<b>78</b>

Samme rapport fremhever spesielt at lysteknologien de siste ti-årene har hatt betydelig fremskritt med hensyn på å redusere energiforbruk. Spesifikt energiforbruk til lys er redusert fra 34 til 22 kWh/m<sup>2</sup> (35 prosent reduksjon). Samtidig er installert belysningseffekt redusert med 40 prosent. Årsaken til dette er at fordelingen av typer belysning har blitt betydelig endret til mer effektiv lysteknologi (se Tabell 12).

Tabell 12 Installert belysningseffekt, W/m<sup>2</sup>

	År 1990	År 2007
Type belysning	3,1	2,4
Lysrør med konvensjonelle aktuarer	9,2	5,1
Lysrør T8 med HF-dom	Ca. 0	0,2
Lysrør T5	Ca. 0	0,6
Lavenergilamper	0,1	0,4
Øvrige typer	0,7	0,4
Lystyper ikke angitt	2,5	-
<b>Sum hele bygning</b>	<b>15,6</b>	<b>9,1</b>

Norsk kunnskapssenter for lys [14] påpeker at det er mulig å ytterlig redusere effektforbruk til belysning. Fagsjef Erlend Lillelien trekker frem at effektforbruket til belysning kan reduseres med 82 prosent gjennom utskifting av gamle armaturer til nye moderne armaturer (se Figur 4). Utgangspunktet bak disse tallene er en tenkt situasjon med 15 års mellomrom, fra 1996 til 2011.



Figur 4 Sparepotensial lysarmatur

Av litteraturstudiet fremkommer det at internlaststørrelsene teknisk utstyr og belysning fra NS 3031:2014 og NS/TS 3031:2016 ikke samsvarer med verdens gjennomsnittlige energiforbruk fra 2007. Den største forskjellen er for teknisk utstyr, som har en differanse i årsforbruk på  $-21 \text{ kWh/m}^2$  mens belysning har en differanse på  $-3 \text{ kWh/m}^2$  (se Tabell 13).

Tabell 13 Sammenligning elektrisk forbruk [ $\text{kWh/m}^2$  per år]

	Verdens energiforbruk 2007	NS/TS 3031:2016	Differanse
Belysning	22	25	-3
Teknisk utstyr	13	34	-21

Litteraturstudiet antyder at Miljøhuset GK, som sto ferdigbygd i 2012, ikke vil ha effektforbruk for belysning og teknisk utstyr som følger NS/TS 3031:2016. Dette er fordi standarden er basert på utdatert statistikk. Datagrunnlaget for belysning er fra ca. 1995 (markedsundersøkelse fra Danmark<sup>7</sup>) mens teknisk utstyr er fra ca. 1998 (Utredning gjort av NVE's Byggoperatør). Det antas at verdens energiforbruk fra 2007 vil ha mer tilnærmede verdier, selv om det er 5 års mellomrom fra denne undersøkelsen ble utført til Miljøhuset GK sto ferdig.

<sup>7</sup> Størstedelen av kontorbygg var fra 1988-1995 og hadde kun av og på styring for belysning, ikke automatisk styring

## 1.4 Økt Personbelastning

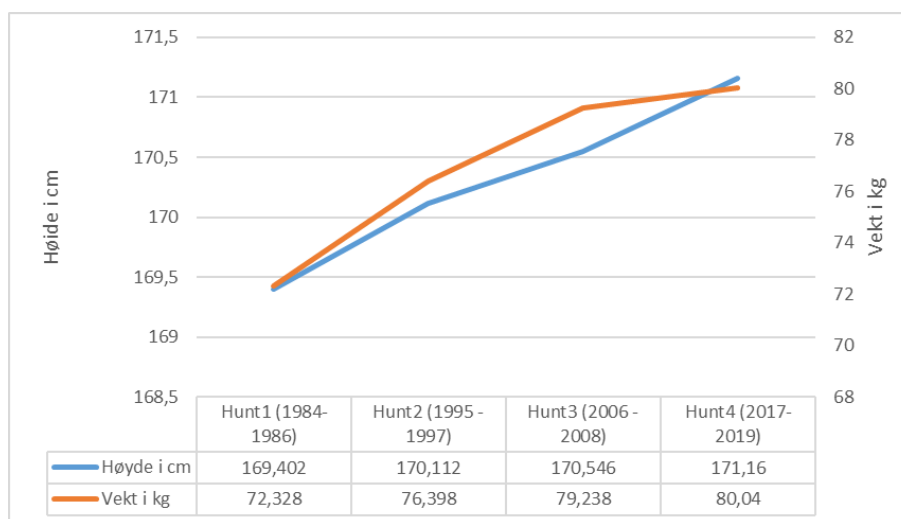
Fra litteraturstudiet om økt effekttilskudd fra personer ble det vist til at effekttilskudd fra personer på 4 W/m<sup>2</sup> ikke er basert på tilgjengelig statistikk men heller fra Enøk normtall 1999. Det antas at normtall baserer seg på personlast etter veileder for NS 3032:1984 som angir 75 W/person for et kontorlandskap. Det velges å tolke ditt hen at beregningene bak dette tallet er gjort fra en person som levde på 80-tallet med gjennomsnittlig metabolisme for kontorbruk og datidens hudareal.

Fra en nyere artikkel som omhandler personvarme og driftstider for de nye standardene prEN16798-1 og ISO/FDIS 17772-1 [15] oppgis det for et kontor at effekttilskuddet (tørrvarme) fra en person skal ligge mellom 82,8 W for sommerstid og 77,8 W for vinterstid. Dette er mer enn hva NS 3032:1984 oppgir (75 W). Ettersom overvekt og fedme har tredoblet seg siden 1975 [16] vil det undersøkes om dette påvirker beregninger for personvarme (tørrvarme).

### 1.4.1 Økning i høyde og vekt

Det er i tabellen under innhentet verdier for vekt og høyde fra Helseundersøkelsen i Nord-Trøndelag (HUNT) fra 80-tallet frem til år 2019. Det nyeste tallgrunnlaget fra HUNT kommer ordinært til å bli tilgjengelig i oktober 2019, men det har blitt gitt begrenset tilgang til nødvendig informasjon til bruk for denne oppgaven<sup>8</sup>. Som vist i Tabell 14 har høyden økt minimalt mens vekt har økt mest.

Tabell 14 Høyde og vekt fra helseundersøkelsen i Nord-Trøndelag



HUNT4 prosjektet informerer videre om at det var flere kvinner enn menn som har deltatt (større oppmøteprosent). Kjønnsspesifikk gjennomsnittlig høyde og vekt fremstilles i tabellen under. Selv om det er overvekt av kvinner i studiet velges det ikke å ta stilling til om dette vil gi feilaktig vekt og høyde for snitt begge kjønn, men fremstilles som supplerende informasjon.

<sup>8</sup> Saksnummer til forespørsel om tidlig tilgang til høyde og vekt: «2019/9349 Høyde vekt i HUNT4»

Tabell 15 Gjennomsnitt høyde og vekt, kjønnsdelt fra HUNT4

Gjennomsnitt	Verdi
Høyde kvinne	165,04 cm (st.avvik 6,40), n=30 000
Vekt kvinne	73,38 kg (st.avvik 14,57) n= 30000
Høyde menn	178,52 cm (st.avvik 6,76) n=24000
Vekt menn	88,06 kg (st.avvik 14,90) n=24000

### 1.4.2 Økning i hudareal

En mye brukt formel til å beregne menneskers kroppsareal [17] kan beregnes med Dubois formel. Dette er en formel som brukes i flere faglitterære bøker [18] [19] til undervisningsformål i Norge, samt i flere internasjonale vitenskapelige artikler<sup>9</sup>. DuBois-formelen gjengis under;

$$A_D = 0,202H^{0,725}W^{0,425} \quad (1)$$

Hvor:

$A_D$  = Kroppsoverflate areal (m<sup>2</sup>),

H = Høyde i (m),

W = Vekt i (kg):

Det er funnet en mer nøyaktige formel for å beregne hudareal (laget av Chi-Yuang Yu, Ching-Hua Lin, Yi-Hsueh Yang, forenkles til YLY-formel) med lavere standardavvik [20]. YLY-formelen vil sammenlignes med Dubois-formel for å undersøke hvor mye forskjell det er mellom disse to. En fleksibiliteten med YLY er at dem har laget egne formler for menn, kvinne og snitt av begge kjønn.

$$A_{D,menn} = 79,8106H^{0,7271}W^{0,3980} / 10000 \quad (2)$$

$$A_{D,kvinne} = 84,4673H^{0,6697}W^{0,4176} / 10000 \quad (3)$$

$$A_{D,snitt} = 71,3989H^{0,7437}W^{0,4040} / 10000 \quad (4)$$

Hvor

$A_D$  = Kroppsoverflate areal (m<sup>2</sup>);

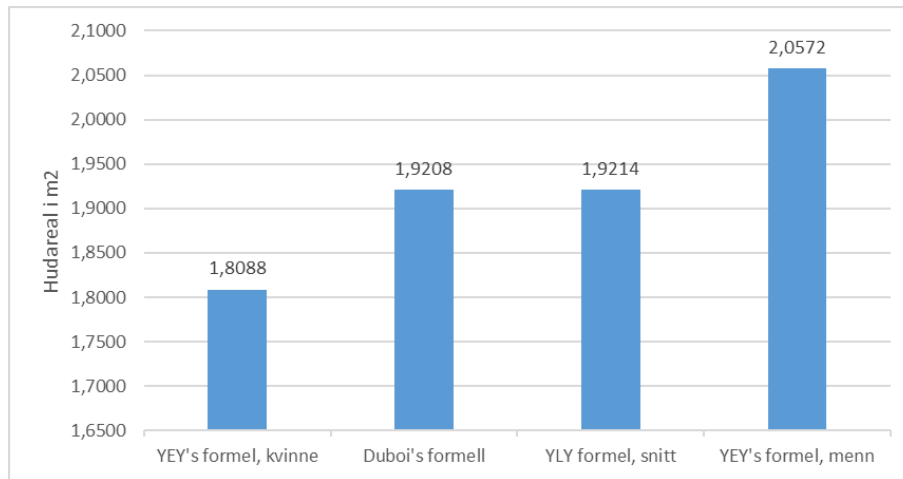
H = Høyde<sup>10</sup> i (cm);

W = Vekt i (kg);

<sup>9</sup> Dette er en påstand etter observasjon i prosjektets tidligfase med litteraturstudie hvorav Dubois er gjentatt brukt i artikler. Det antas at sedvane er årsak til at DuBois er mye brukt.

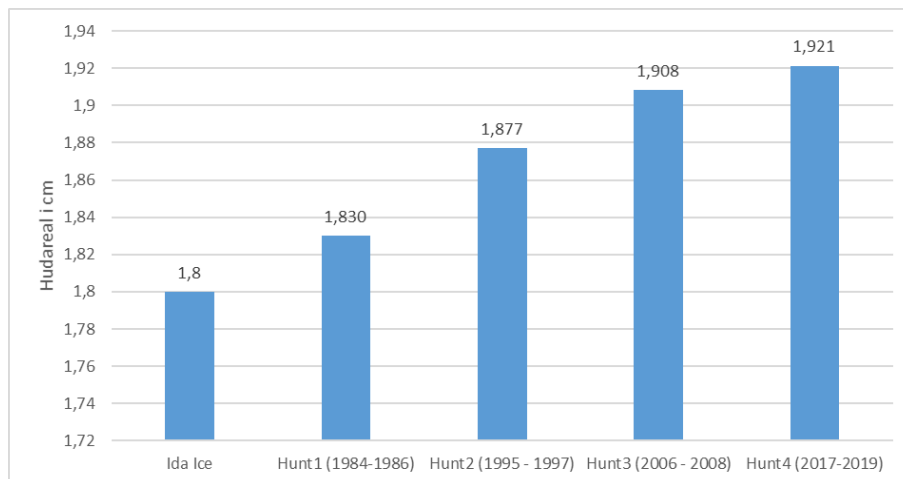
<sup>10</sup> Det bes være oppmerksom at ny formel har høyde i cm, ikke meter. Formlene er dividert med 10 000 for å gi  $A_D$  i enheten m<sup>2</sup>.

I Figur 5 under presenteres forskjellige hudarealer med DuBois og YLY's formel med utgangspunkt i HUNT4 (2017-2019) prosjektets tallgrunnlag. YLY gir et 0,0006 m<sup>2</sup> større gjennomsnittsareal enn DuBois som er en minimal endring. Selv om det er tilnærmet ingen endring velges YLY's gjennomsnittsformel å bruke ettersom den er mer korrekt.



Figur 5 Forskjell for hudarealer med DuBois og YLY

I Figur 6 fremlegges det forskjell på hudareal etter økning i både høyde og vekt med YLY's formel. Det kan observeres at fra 1984 frem til 2019 har det vært en økning på 0,091 m<sup>2</sup> i kroppsareal. En bemerkning som ønskes å trekke frem er at IDA ICE opplyser om at deres beregninger fra effekttilskudd fra personer er beregnet med en kroppsareal lik 1,8 m<sup>2</sup> uten noe dypere begrunnelse for dette. Dette vil gi et avvik fra dagens hudareal på 0,121 m<sup>2</sup>. Informasjonen fra Figur 6 skal brukes i beregning for tørrvarme fra en person.



Figur 6 Endring av hudareal [m<sup>2</sup>] fra 1980-2019

### 1.4.3 Reduksjon av metabolisme

For å finne ut hvilken metabolisme kontorarbeid har, så trekkes det frem svært varierende tolkning (1,06-1,5 met). Fra litteraturstudiet ønskes det å fremheve en upresis enighet på området;

Ifølge læreboken «Enøk i bygninger» (1992) [21] skal aktivitetsnivå for; Sittende kontor, skole og lab, ha en metabolisme på mellom 1,1-1,5 met. I følge den engelsk læreboken «Natural Ventilation in the Urban Environment» (2005) [22] er kontor-, skole og laboratoriearbeid 1,2 met. Ifølge den engelske læreboken «Applied building physics» (2011) [23] er det å skrive ved kontorjobb 1,06-1,16 met og det å studere er 1,3 met.

Ettersom lærebøkene ikke er samkjørt for verdi av metabolisme til lett kontorarbeid har det også vært sett på andre studier;

I artikkelutdraget «Compendium of physical activities» (2000) [24] gjengis det at «diverse sittende, -skrivning, kontorarbeid, pc-skrive» er på 1,8 met og sittende lett kontorarbeid er på 1,5 met. «Pennington Biomedical Research Center» (2010) [25] gjengir at lett aktivitet (tilnærming for kontorarbeid) skal være på 1,5 met. Arbeidet fra de to forgående artiklene blir støttet av «National Cancer Institute, Division Of Cancer Control And Genomic Research Program» [26] som kategoriserer næringsliv og finansiell virksomhet, samt ingeniørfaglige yrker med 1,5 met.

Svakheten med lærebøkene er at det ikke gis kilder til hvordan bestemmelsene er satt mens svakheten til de to overnevnte artiklene og nettsiden er at det ikke henvises klart til metodebruk og forsøk for fastsettelse av disse verdiene. Alt ovenfor velges å forkastet til fordel for en ny publisering som møter gode kriterier på åpenhet og metodevalg, samt som spesifikk ser på metabolisme til kontorarbeid.

Artikkelen «Indirect calorimetry on the metabolic rate of sitting, standing and Walking office activities» [27] påpeker innledningsvis at det er lite enighet om fastsettelse av metabolisme ved forskjellige aktivitetsnivåer. Jamført litteraturstudiet ovenfor trekkes samme konklusjoner. Videre i samme artikkel trekker forskergruppen frem at standarder som ISO og ASHRAE bruker gamle verdier fra 60-tallet. I tillegg påpekes det at metabolisme på  $58 \text{ W/m}^2$  (1 met) er basert på en gjennomsnittlig europeisk mann med hudareal lik  $1,8 \text{ m}^2$ , hvorav dette ikke nødvendigvis tas hensyn til at kjønn, etnisitet og geografiske forskjeller kan gi ulike nivåer for metabolisme<sup>11</sup>. Artikkelens funn presenteres i tabellen under med flere av de største standardene.

---

<sup>11</sup>For å følge opp denne påstanden har det vært gjort et intensivt forsøk på å anskaffe originalartikkelen til definisjonen av metabolisme ( $1 \text{ met} = 58,2 \text{ W/m}^2$ ). Kilden er ikke åpen tilgjengelig på internet. Originalartikkel er;

«A.P. Gagge, A.C. Burton, H.C. Bazett, A practical system of units for the description of the heat exchange of man With his environment, Science 94 (2445) (1941) 428–430.»

Tabell 16 Metabolisme for forskjellige aktiviteter og sammenligning mot standarder

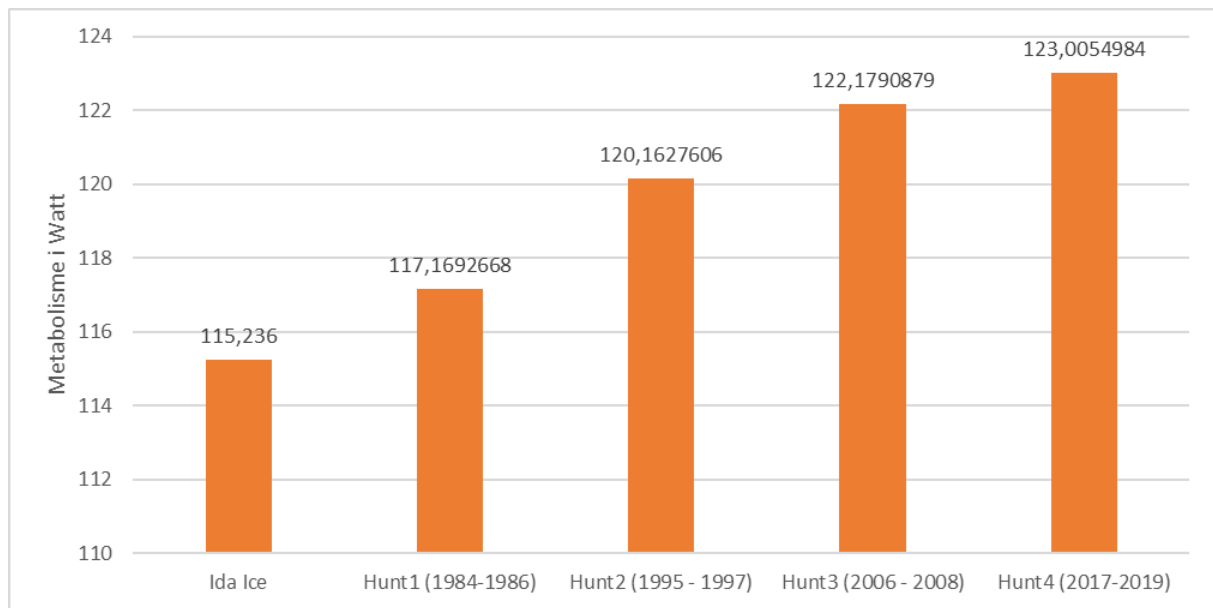
<b>Aktivitetsnivå</b>	<b>ISO 7730</b>	<b>ISO 8996</b>	<b>ASHRAE 55</b>	<b>ASHRAE håndbok</b>	<b>GB 50785</b>	<b>Nye verdier</b>
Liggende	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Sittende, i ro	1	1	1	1	1	0,9
Sittende, skrivning	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1
Sittende, fylle ut papirer	-	-	1,2	1,2	-	1,2
Stående, i ro	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1
Stående, skrivning	-	-	-	-	-	1,1
Stående, fylle ut papirer	-	-	1,4	1,4	-	1,3
Gå, 1 km/t	-	-	-	1,7	-	1,8
Gå, 2 km/t	1,9	1,9	-	-	1,9	2,1
Gå, 3 km/t	2,4	2,4	2 (3,2 km/t)	2 (3,2 km/t)	2,4	2,5
Gå, 4 km/t	2,8	2,8	2,6 (4,2 km/t)	2,6 (4,2 km/t)	2,8	3
Gå, 5 km/t	3,4	3,4	-	-	3,4	3,8
Gå, 6 km/t	-	-	-	-	-	4,9

Som vist er forskergruppens målte verdier av metabolisme ikke samsvarende med de etablerte standardene. En av årsakene bak dette er at nyere og mer nøyaktig utstyr for å måle verdier er bruk enn de tidligere forsøkene (som standardene baserte seg på), samt at begge kjønn er representert i det nye studiet. For denne masteroppgaven velges det å følge disse resultatene.

For metabolisme til kontorarbeid for Miljøhuset GK antas en middelværdi mellom sittende skrivning (1 met) og sittende fylle ut papirer (1,2 met) som gir 1,1 met. Denne antagelsen er for å ivareta varierende arbeidsoppgaver jevnt utover arbeidsdagen. I tillegg har det ved observasjoner ved besøk av Miljøhuset observert bruk av hev senk kontorpult som vil gi en noe annen metabolisme. Denne observasjonen støttes av samme artikkel, men det tas ikke stilling til om dette vil være dimensjonerende metabolisme for kontorbygg i fremtiden og bør leses som en observasjon til ettertanke.

En bemerkning som ønskes å trekke frem fra IDA ICE er at de gir følgende metabolismeverdier; sittende/avslappende (1 met), skrivning (1,1 met) og stående/avslappende (1,2 met). Som vist fra Tabell 16 er dette ikke i samsvar med nyere forskning. Forskjellen til IDA ICE og nyere verdier er at IDA ICE bruker ASHREA som også er sammenligningsgrunnlaget ovenfor. For valgt metabolisme til Miljøhuset GK sammenfaller derimot skrivning fra IDA ICE (1,1 met) med middelværdi for sittende skrivning og fylle ut papirer (1,1 met).

Fra Figur 7 under er  $1,1 \text{ met} = 64,02 \text{ W/m}^2$  multiplisert med arealstørrelsene fra Figur 5. Dette er for å vise til total metabolisme. En korrigering fra IDA ICE ( $1,8 \text{ m}^2$ ) med ny areal ( $1,9214 \text{ m}^2$ ) medføre en økning i metabolisme med  $7,77 \text{ W/person}$ . Fra 80-tallet frem til i dag er den generelle økningen for metabolisme på  $5,83 \text{ W/person}$ .



Figur 7 Forskjell i metabolisme 1980-2019, [W]

#### 1.4.4 Økning av tørrvarme fra en person

For å regne ut varmeangivelse fra personer skal Fangers metode fra ISO 7730 brukes. Denne metoden beregner konvektiv-, stråling, latent- og respirasjonsvarmeovergang. Samlet vil dette utgjøre en total varmefluks til omgivelsene.

Det har blitt gjort en mailkorrespondanse med professor Jarek Kurnitski<sup>12</sup> fra «Tallinn University of Technology» om rådgivning for hvilke av varmeovergangene som skal medregnes i beregninger for effektilskudd fra personer. Etter samtalen er det valgt å følge rådgivning med kun tørrvarme (stråling og konveksjon). Utdrag av rådgivningen kan leses under;

---

*If you simulate room temperature based on heat balance equations – heat losses and heat gains, you operate with dry values (and you don't care that the humidity is).*

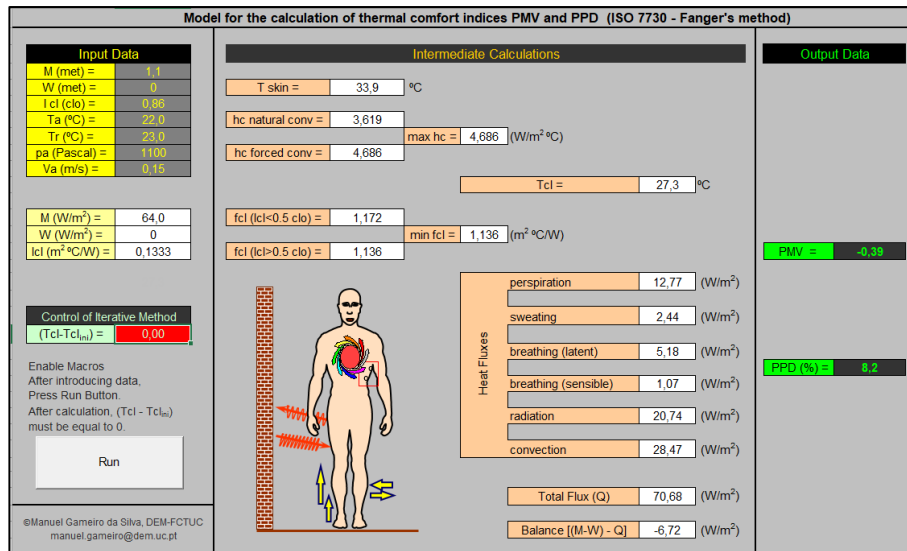
*If you simulate room temperature and humidity at the same time, based on enthalpy, you have to use the total values including the latent load. So, the difference in between total and dry is humidity generation in the form of Water vapor.*

---

<sup>12</sup> Mailutveksling fra 02.04.2019



For å beregne tørrvarme fra personer er det funnet et program som brukes videre for denne hovedoppgaven<sup>13</sup>. For å avgjøre om redusert metabolisme og økt hudareal har innvirkning på mer varmeavgivelse fra personer (82,8 W for sommerstid og 77,8 W for vinterstid) enn hva litteraturstudiet viser til [15] er det gjort en statisk beregning for å undersøke dette<sup>14</sup>. Senere i oppgaven vil det brukes mere reelle loggede verdier for temperaturer til Fangers metode. Fra Figur 8 brukes beregningsprogrammet for personvarme med innputtverdier.



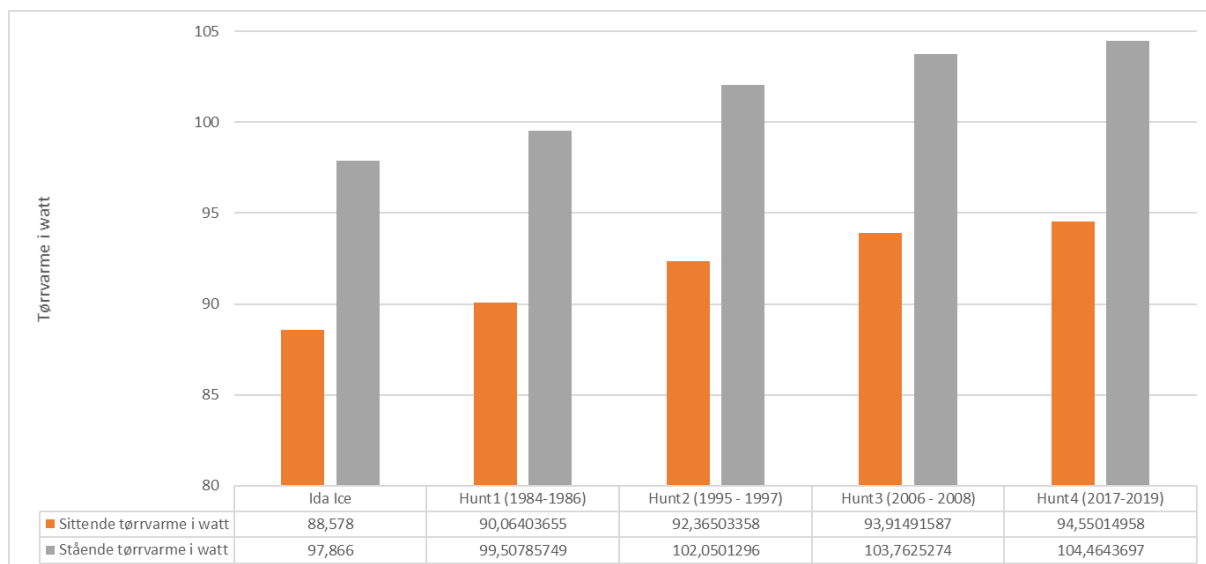
Figur 8 Illustrasjon fra beregningsprogram med varmeoverføringer etter Fangers metode.

I Figur 9 nedenfor vises resultatene til den statiske beregningen<sup>15</sup>. Det er mer varmeavgivelse når en person står enn når man sitte. Dette kommer av at en sittende person har mer isolasjon fra stolen. Fra 1984 frem til 2019 utgjør personbelastningen en økning på 4,48 Watt for en sittende person og 4,95 for en stående person. Dette viser til at økning av vekt og høyde har innvirkning på at det produseres mer effekttilskudd enn tidligere anslått.

<sup>13</sup> [Laget av Manuel Gameiro da Silva. Programmet heter DEM-FCTUC.](#)

<sup>14</sup> Det er valgt følgende forutsetninger; Bekledningen gir en varmeisolerende emne (clo) som er definert 1 clo = 0,144 m<sup>2</sup>.k/W. For kontorbygg velges det to beregning; 1) gjennomsnittlig kontorbekledning på 0,71 clo [33] og 2) en som inkluderer varmeisolerende egenskap for en gjennomsnittlig kontorstol på 0,15 clo [17] (total 0,86 clo). Det er satt maks lufthastighet på 0,15 m/s (krav fra arbeidstilsynets 444 veiledning). Lufttemperatur settes til 22 grader og strålingstemperatur settes til 23. Inndata og resultater kan ses i Figur 8.

<sup>15</sup> Det er innregnet hudareal fra kapittel 1.4.2 for å gi enheten W. Det er inkludert hudareal fra IDA ICE på 1,8 m<sup>2</sup> for å synliggjøre at IDA ICE vil underestimere varmetilskuddet.



Figur 9 Stående og sittende kontorbelastning, tørrvarme i Watt

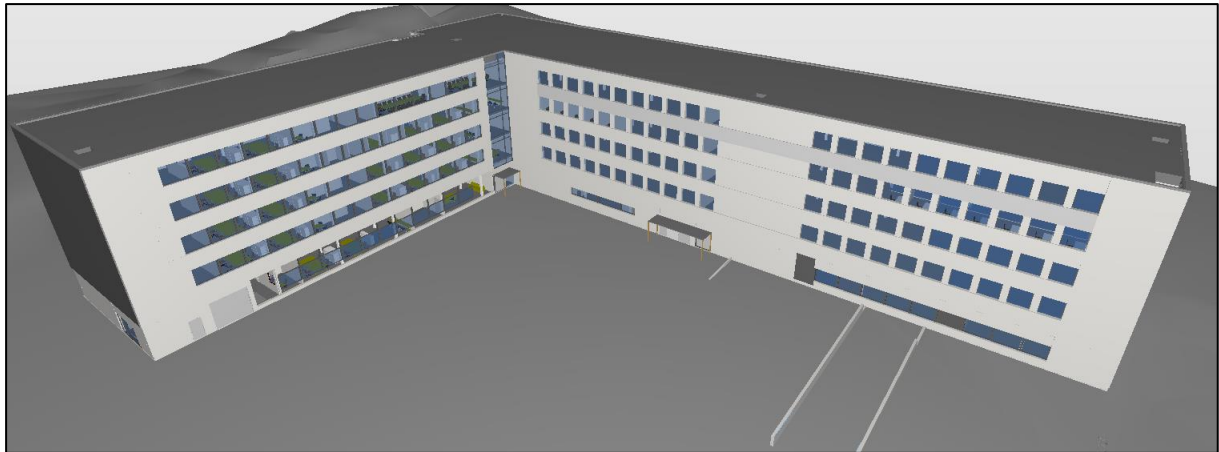
Resultatene fra Figur 9 indikerer at varmetilskuddet på 75 W etter NS 3032:1984 er alt for lavt sammenlignet med 94 og 104 W for sittende og stående person. Samtidig indikerer resultatene at personvarme (82,8 W for sommerstid og 77,8 W for vinterstid) for de nye standardene prEN16798-1 og ISO/FDIS 17772-1 [15] er for lave ettersom dem kalkulerer hudareal lik 1,8 m<sup>2</sup> mens reel hudareal er nå 1,92 m<sup>2</sup>. Dette er med høyere hudareal og lavere metabolisme enn hva de nye standardene forespeiler.

Avslutningsvis ønskes det å påpeke på nytt at dette eksemplet er en statisk beregning for et tilfelle og vil ikke nødvendigvis gjenspeile en reel dynamisk beregning. Videre beregninger som brukes presenteres senere i oppgaven i kapittel 2.4.2.

## 1.5 Referansebygg

Miljøhuset GK<sup>16</sup> er valgt å bruke som referansebygg til denne masteroppgave etter avtale med GK Norge. Bygget er på 13 619 m<sup>2</sup> BRA og består av kjeller med lager, tekniske rom og parkeringsarealer. I 1 etasje er det verksted, resepsjon og kantine i tillegg til kontorlokaler. 2.-5. etasje består av kontorlokaler. Byggestart var november 2011 og prosjektet ble ferdigstilt våren 2012. Huset er bygd for å tilfredsstille passivhusstandard [28]. For luftstrategi benytter Miljøhuset GK ikke nattsinking [29], [30]. Bygget bruker spisslast av strøm fordelt i elektriske grenstaver i kontorlandskapene.

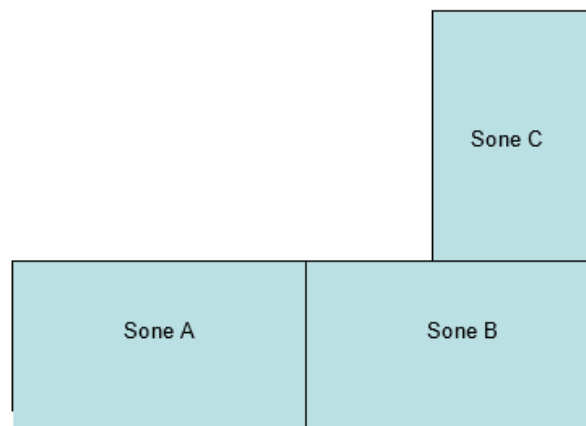
<sup>16</sup> Ryenstubben 12, 0679 Oslo



Figur 10 Miljøhuset GK

Bygget er delt inn i 3 soner; A, B og C, fordelt over 5 etasjer (se Figur 11). For første etasje del A er dette et verksted/lager, Del B er byggets kantine/kjøkken, del C er delt mellom frontdesk/servicedesk og kontorer. Alle andre etasjer har kun kontorer. Byggets kontorandel er en miks mellom åpent kontorlandskap og cellekontor. Femte etasje del B er ikke i bruk og står tomt uten tekniske installasjoner.

Miljøhuset GK bruker systemer fra Lindinvent som har utviklet en løsning med tilluftsventiler i taket, hvor hver ventil har en bevegelsessensor som gir beskjed hvis lyset skal slås av eller på (at noen går forbi en sone, tenner ikke lyset). Systemet styrer også lufttilførselen og dersom det registreres fravær senkes tilluften til et minimum [31].



Figur 11 Soneinndeling av Miljøhuset GK

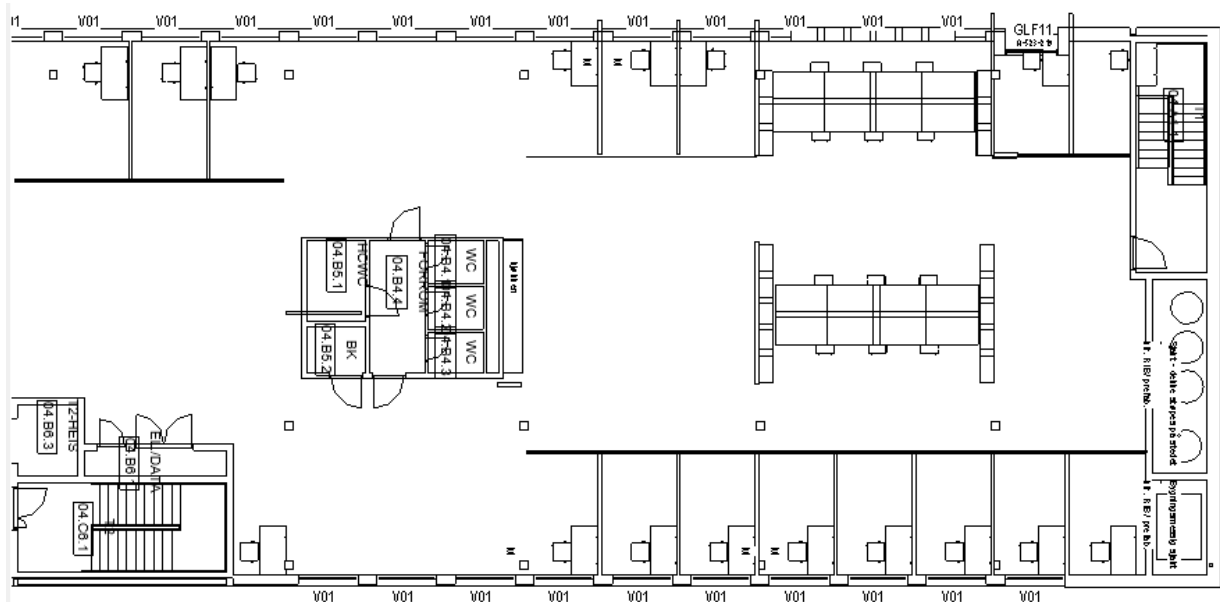
## 1.6 Avgrensninger

I dette kapitlet skal avgrensninger for prosjektet drøftes. Det velges å fokusere på romnivå fremfor bygningsnivå ved kartlegging av internlaster. Dette er for å undersøke om romnivå vil avvike fra NS/TS 3031:2016. Selv om Miljøhuset GK er bygget for å tilfredsstille passivhusstandard vil dette prosjektet ikke vektlegge sammenligninger opp mot passivhus standarden (NS 3701).

Etter observasjoner i loggdata fra Miljøhuset GK er det kun 4. etasje del A (se Figur 12) som har formålsdelt effektforbruk for belysning, teknisk utstyr og spisslast av elektrisitet fra grenstaver, inn i egne posteringer. Andre deler av bygget logger alle disse i en felles kurs for total effektforbruk. Det vil være svært vanskelig å bruke noe annet enn kun 4. etasje del A for å isolere effektforbruket til belysning og teknisk utstyr. Det antas at all effektforbruk fra elektriske enheter blir omgjort til varme.

En mulig fremgangsmåte er å trekke fra strømforbruk til belysning fra total effektforbruk i sonen. Dette vil kreve mye arbeid med å manuelt telle alle lyskilder, noe som vurderes lite hensiktsmessig. Denne vurderingen ble forsterket etter samtale med en av Miljøhuset GK sine tekniske ansatte som opplyser om at det pågår utskifting av gamle lyspærer til led. For å lage et regnskap for effektforbruk av eksisterende belysning kreves det manuell inspeksjon av hver eneste lyssokkel i bygget, noe som anses å være for tidkrevende. Det vil også være vanskelig å estimere driftstider for belysningen ettersom lys styres av tilstedeværelse fra Lindinvent.

Det er i tillegg en pågående vedlikeholdsarbeid i Miljøhuset GK med å bytte ut lyspærer til nyere typer noe som vil redusere effektforbruket ytterligere. Det er svært ulike typer belysning i 4. etasje del A og det vurderes dit hen at det vil være alt for tidkrevende å telle alle lyspærer for å lage et effektforbruk regnskap, men som ikke vil ta hensyn på reguleringsstyring etter tilstedeværelse. Bilde dokumentasjon av belysningene kan ses i Vedlegg B.



Figur 12 Utsnitt av 4. etasje del A

For kartlegging av tilstedeværelse benyttes kontorandelene for hele bygget. Dette har med at Miljøhuset GK bruker aktive tilluftsventiler som registrerer tilstedeværelse i prosent for soner som brukes. Ved å se på alle kontorer vil dette gi best mulig datagrunnlag ved beregninger for personer som er tilstede.

Ettersom Miljøhuset GK benytter oppvarming via overtemperert tilluft vil ikke denne oppgaven fokusere på lasten varmtvann. Dette har med at det ikke er noe rørstrekk eller radiatorer som avgir varme i sonene.

For kartlegging av totale antall personer i hele bygget har det vært gjort en manuell opptelling av alle faste kontorplasser. Det antas 1 fast kontorplass er ekvivalent med 1 person, antall faste kontorplasser kan leses av fra Tabell 17.

Tabell 17 Telt observert antall faste kontorplasser

	1 etg.	2 etg.	3 etg.	4 etg.	5 etg.
Del A		75	30	41	19
Del B			49	66	
Del C	26	56	50	54	31

For arealer som angår kontordel presenteres dette i Tabell 18 mens øvrige arealer kan leses av fra Figur 20. Alle arealer er beregnet med IDA ICE og Autocad.

Tabell 18 Arealer kontordel i m<sup>2</sup>

	1 etg.	2 etg.	3 etg.	4 etg.	5 etg.
Del A	0	505,5	505,5	505,5	505,5
Del B	0	648,3	648,3	648,3	0
Del C	333,7	702,0	702,0	702,0	702,0
				<b>Sum</b>	<b>7108,7</b>

Tabell 19 Andre arealer i m<sup>2</sup>

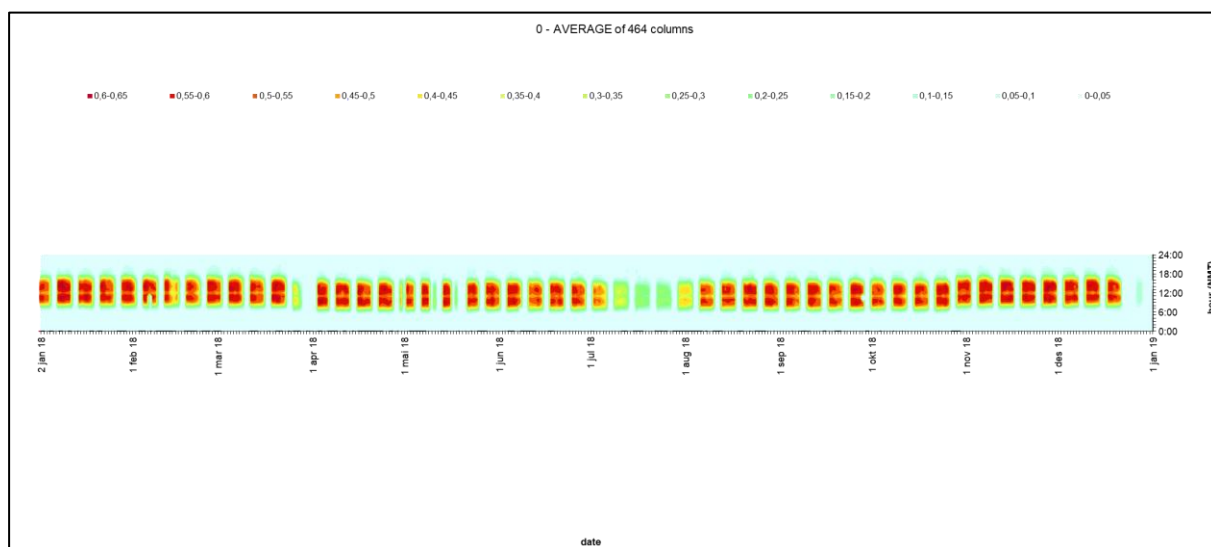
Romtype	Areal
Kjøkken/kantine	560,2
Datarom	26,7
Teknisk sjakt, nord	16,51
Trapperom, gang sør	41,65
Trapperom, nord	15,59

## 2 Metode

### 2.1 Loggdata fra Miljøhuset GK

Datamateriell på loggede verdier er innhentet fra Lindinspect og GK sentraldriftkontroll. Disse verdiene inneholder 5-10 minutters tidsintervaller for elektrisitet, bevegelse, Co2-nivå, tilluftsmengder. Rådata vil kompileres til timesverdier med et program som heter BEMS-hourly-values<sup>17</sup>. Dette programmet lager gjennomsnittlige timesverdier ut fra rådata og dersom det i et 60 minutters intervall inneholder tomme verdifelt vil timessnittverdien settes som blanke kolonner i resultatfilen.

For sommerferie kan dette observeres gjennom analyse av datasettene. For 2018 faller dette mellom ca. 19. juni til 23. august. Alle datasett viser til samme trend. Eksempel på dette er tilstedeværelse for kontorer som viser gjennomsnittlig tilstedeværelse<sup>18</sup> (se Figur 13).



Figur 13 Plotter for tilstedeværelse kontordel.

<sup>17</sup> [Programmet er laget av veileder Peter Schild - BEMS-hourly-values](#)

<sup>18</sup> Antall detektorer brukt i analysen er 464 stykk.

## 2.2 Kartlegging av effektforbruk fra belysning

I dette kapittel vises det til metodevalg for å beregne effektforbruket fra belysningen i 4. etasje del A. Det er gjort beregninger for hverdager og helg/helligdager. Fra Figur 14 og Figur 15 presenteres effektforbruket. Figurene gjengis som tabellform fra Vedlegg B til og med Vedlegg F.

Etter en manuell inspeksjon av 4. etasje, del A er det funnet ekstra belysning i sonen som ikke blir registrert i strømkurs for belysningen. Det er montert opp 6 nødlys (Schneider Electric 15x0,250W) og 7 ekstra skrivebordslys (Glamox Ovelo 6W). Effektforbruket fra disse vil medregnes videre i dette kapitlet. Nødlys antas å være konstant på hver dag mens skrivebordslys antas å ha en driftstid mellom klokken 08-16 kun i hverdager.

Tabell 20 Ekstra belysning 4. etasje, del A

Type	Wh	Antall	Areal	Wh/m <sup>2</sup>
Nødlys	3,75	6	562,74 <sup>19</sup>	0,040
Lampe	6	7	505,5 <sup>20</sup>	0,083

For å beregne timesverdier av effektbruk til lys er følgende metode brukt:

$$E_{sum\ lys,i} = E_{m\ddot{a}lt\ lys,i} + E_{n\ddot{o}dlys,i} + E_{skrivebordslys,i} \quad (5)$$

Hvor

$E_{sum\ lys,i}$  = Gjennomsnittlig effektforbruk per time [Wh/m<sup>2</sup>];

$E_{n\ddot{a}lt\ lys,i}$  = Gjennomsnittlig målt lyseffekt fra Lindinspec per time [Wh/m<sup>2</sup>];

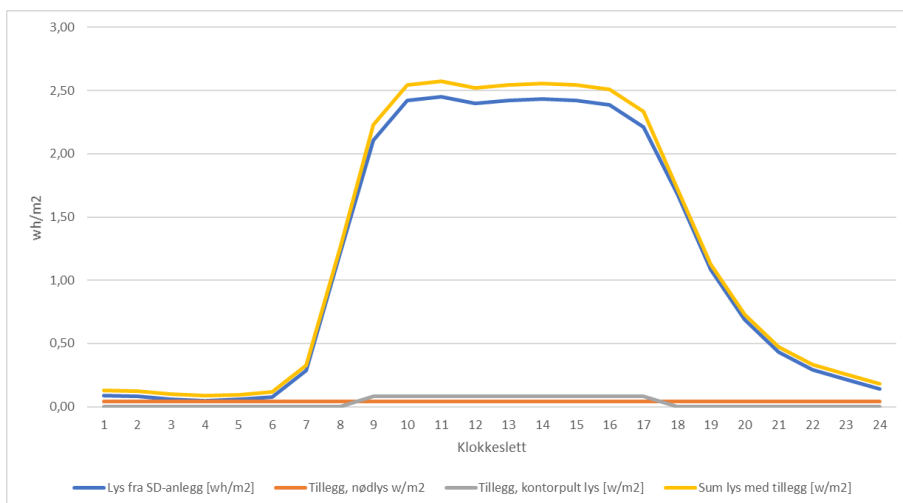
$E_{n\ddot{o}dlys,i}$  = Gjennomsnittlig effektbruk for antall observerte nødlys per time [Wh/m<sup>2</sup>];

$E_{skrivebordslys,i}$  = Gjennomsnittlig estimert effektbruk fra antall observerte skrivebordslys per time [Wh/m<sup>2</sup>].

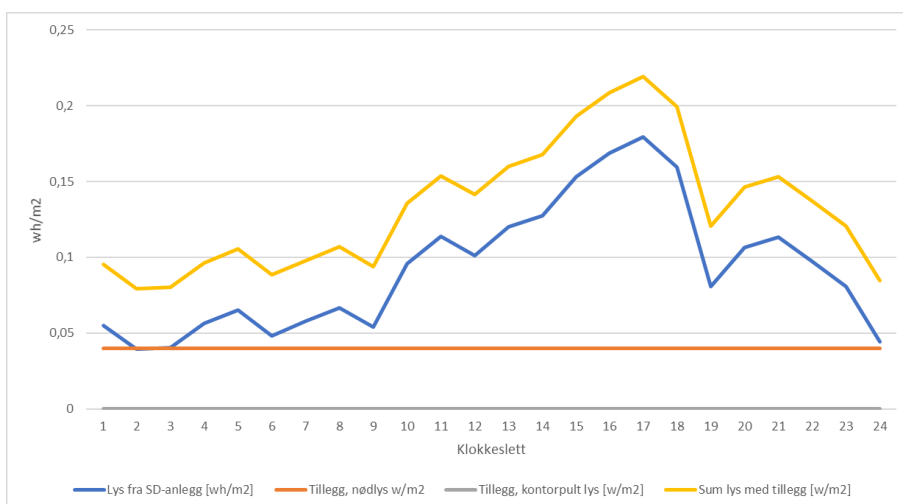
---

<sup>19</sup> Dette er areal for kontor og trapperom/heisrom

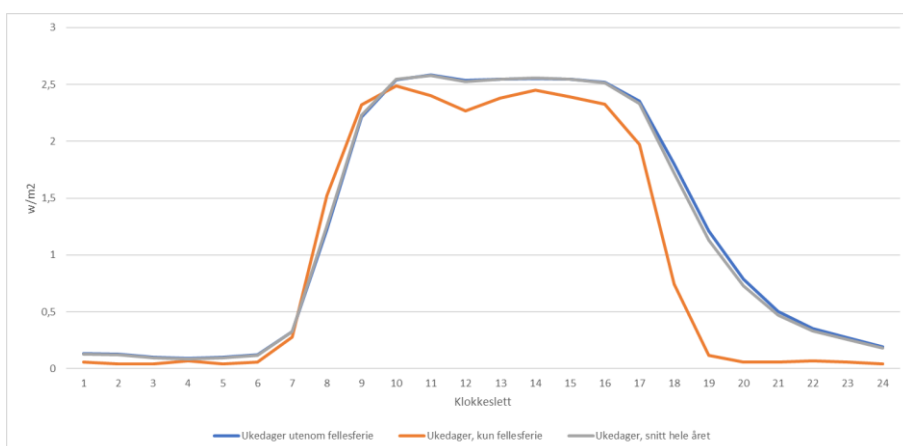
<sup>20</sup> Dette er areal kun for kontordel



Figur 14 Effektforbruk for belysning per kvadratmeter kontorareal, hverdager utenom helligdager



Figur 15 Effektforbruk for belysning per kvadratmeter kontorareal, helg med helligdager



Figur 16 Sammenligning effektforbruk fra belysning for ulike tilfeller av ukedager; utenom sommerferie; kun sommerferie og snitt hele året



## 2.3 Kartlegging av effektforbruk fra teknisk utstyr

I dette kapitlet vises det til metodevalg for å beregne effektforbruk fra teknisk utstyr i 4. etasje del A. Det er gjort beregninger for hverdager og helg/helligdager. fra Figur 17 og Figur 18 presenteres effektforbruket. Figurene gjengis som tabellform fra Vedlegg F til og med Vedlegg J.

Etter en manuell inspeksjon av 4 etasje, del A er det funnet ekstra belysning i sonen som registreres i strømkurs for teknisk utstyr. Det er montert opp 6 nødlys (Schneider Electric 15x0,250W) og 7 ekstra skrivebordslys (Glamox Ovelo 6W) for skrivebord. Effektforbruket fra disse vil kalkuleres ut videre i dette kapitlet. Nødlys antas å være konstant på hver dag mens skrivebordslys antas å ha en driftstid mellom klokken 08-16 kun i hverdager.

$$E_{sum\ teknisk\ utstyr,i} = E_{m\ddot{a}lt\ utstyr,i} - E_{n\ddot{o}dlys,i} - E_{skrivebordslys,i} \quad (6)$$

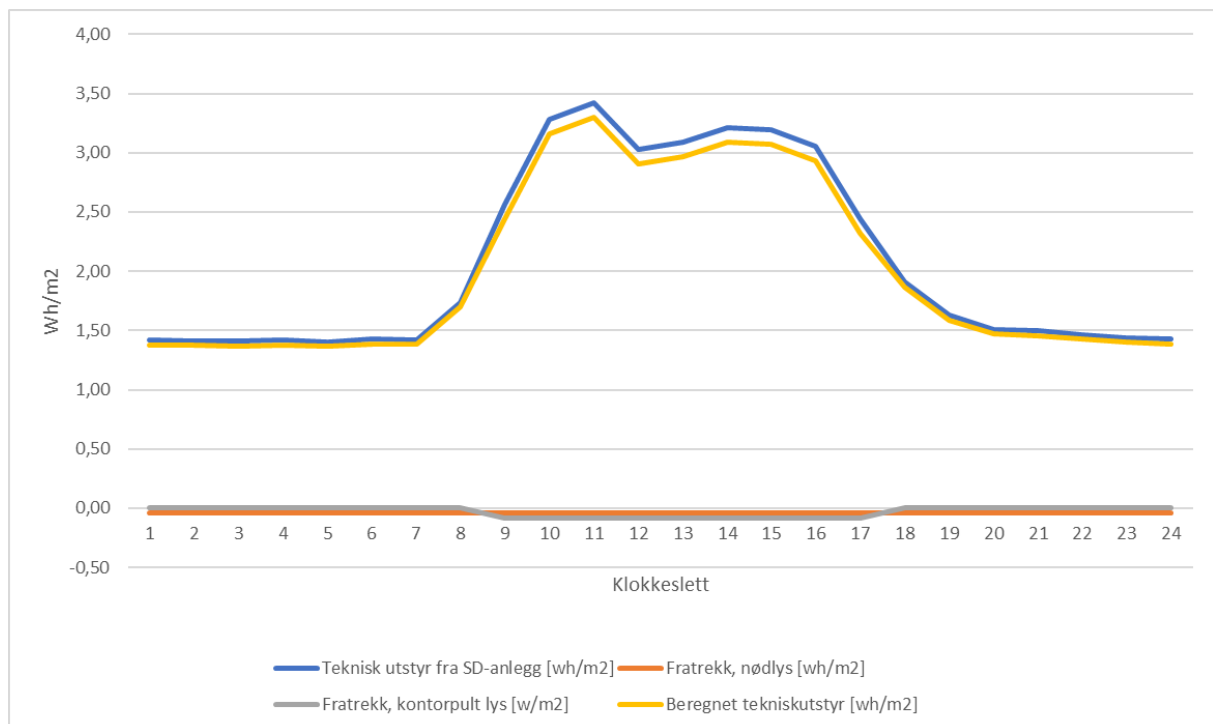
Hvor

$E_{sum\ teknisk\ utstyr,i}$  = Gjennomsnittlig brukt effekt for teknisk utstyr per time [Wh/m<sup>2</sup>];

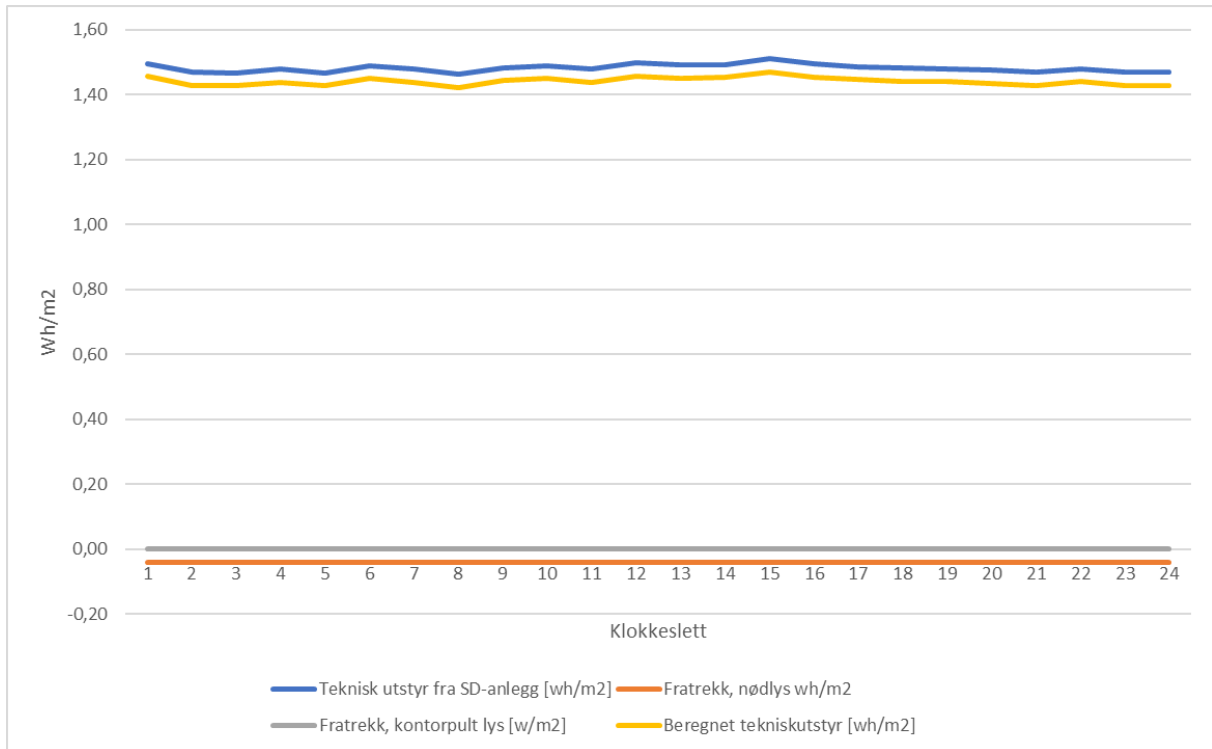
$E_{n\ddot{a}lt\ teknisk\ utstyr,i}$  = Gjennomsnittlig målt effekt for teknisk utstyr fra SD-anlegg per time [Wh/m<sup>2</sup>];

$E_{n\ddot{o}dlys,i}$  = Gjennomsnittlig effektbruk for antall observerte nødlys per time [Wh/m<sup>2</sup>];

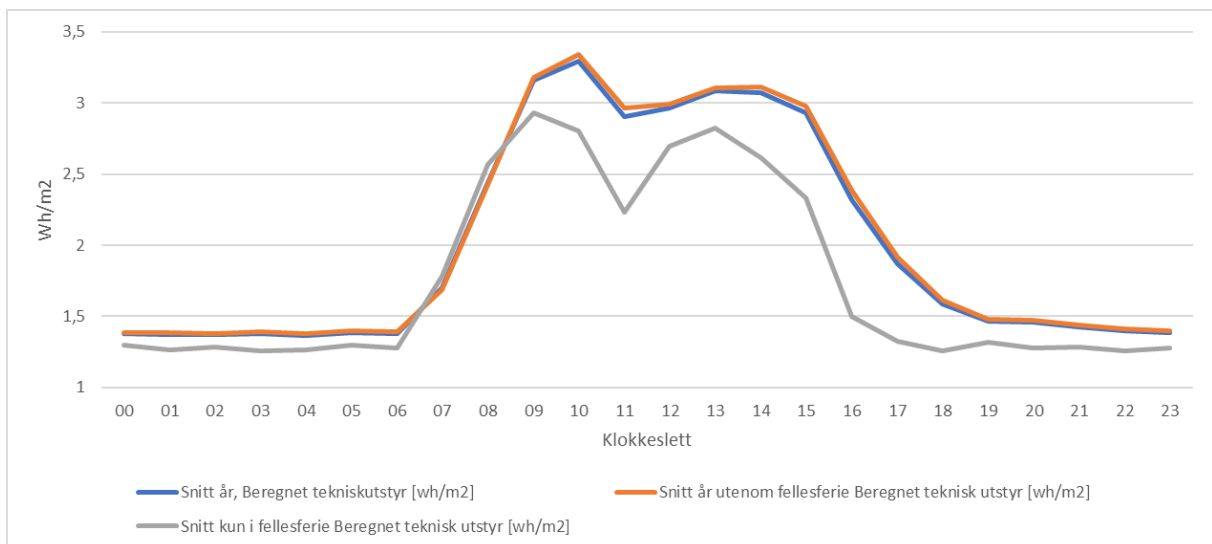
$E_{skrivebordslys,i}$  = Gjennomsnittlig estimert effektbruk fra antall observerte skrivebordslys per time [Wh/m<sup>2</sup>].



Figur 17 Teknisk utstyr, ukedager utenom helligdager



Figur 18 Teknisk utstyr, lørdag-søndag med helligdager

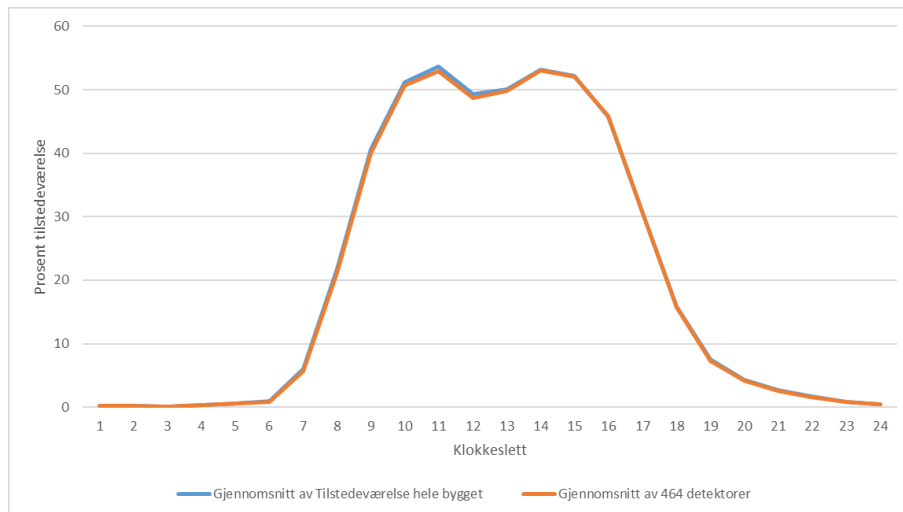


Figur 19 Sammenligning effektforbruk fra teknisk utstyr for ulike tilfeller av ukedager; utenom sommerferie; kun sommerferie og snitt hele året

## 2.4 Kartlegging av varmetilskudd fra personer

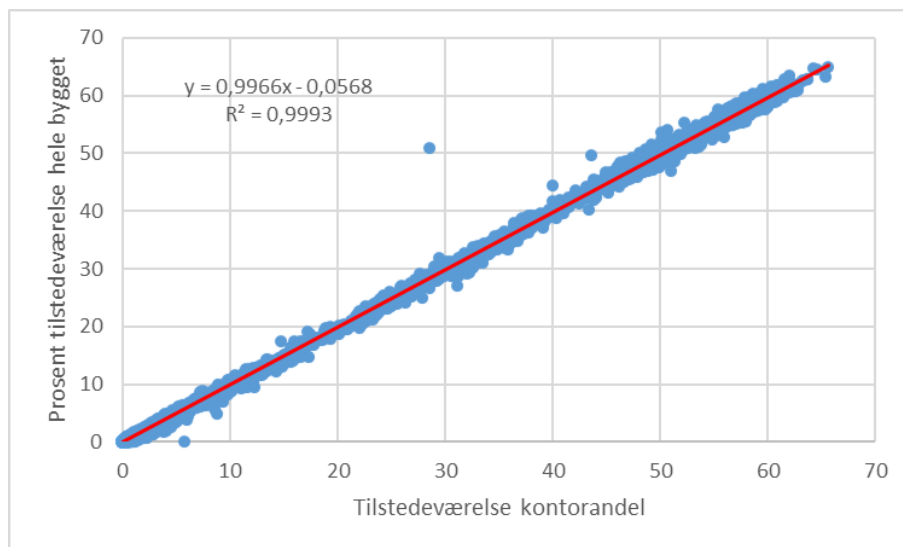
### 2.4.1 Tilstedeværelse fra Lindinvent

I dette kapittelet vises det til metodevalg for å beregne tilstedeværelse fra personer for alle kontordeler av Miljøhuset GK. Alle verdier logges fra Lindinvent sine aktive tilluftsventiler som angir prosent tilstedeværelse. Fra Figur 20 sammenlignes forskjellen mellom tilstedeværelse for hele bygget og kun kontordelene for snitt ukedager. Dette ble gjort for å undersøke om det er noe vesentlig forskjell i analyse på romnivå for kontorer.



Figur 20 Tilstedeværelse for hele bygget /kontorandel (ukedager utenom helligdager)

Som det kan leses er det svært liten forskjell mellom nivåinndelingene. Dette har blitt undersøkt nærmere med en regresjonsanalyse (se Figur 21) som gir  $R^2$ -verdi lik 0,9993. Dette betyr at det reelt sett liten forskjell mellom bygningsnivå og romnivå (kontorandel) for tilstedeværelser. Selv om differansen er minimal vil videre analyse baseres på kun kontorandel.



Figur 21 Regresjonsanalyse tilstedeværelse helebygget/kontorandel

I Figur 22 presenteres tilstedeværelse for alle kontorer for forskjellige tilfeller av ukedager og helg/helligdager med prosent og antall mennesker. Dette kan ses som tabellform i Vedlegg K.

Beregningen for antall personer tilstede er basert på prosenttallet multiplisert med 497 faste kontor plasser som er manuelt telt over.



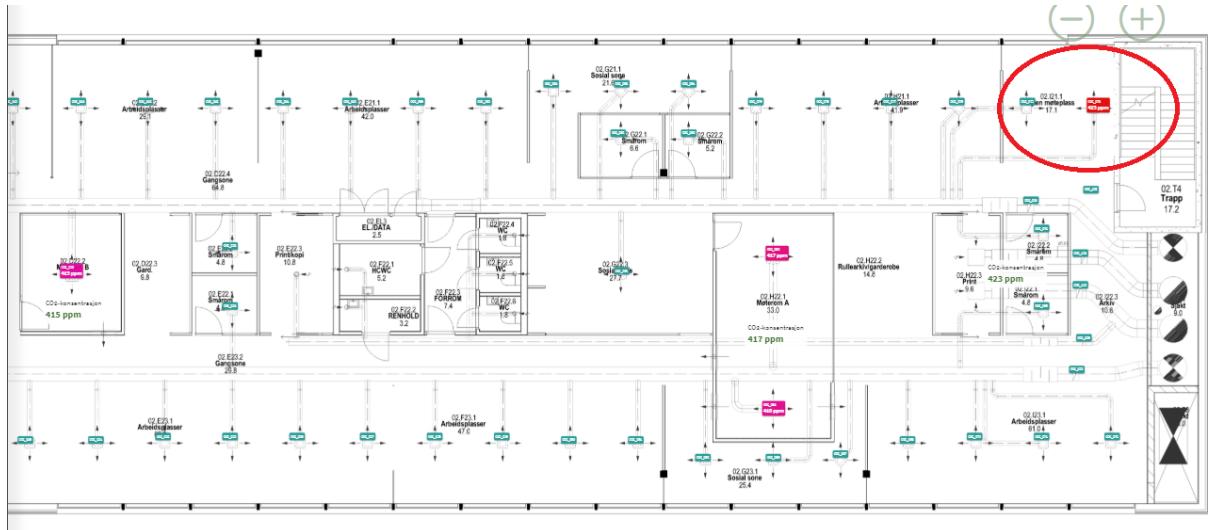
Figur 22 Prosent tilstedeværelse og antall personer tilstede, ukedager, ukedager utenom sommerferie, ukedager, ukedager kun i sommerferie og helg/helligdager

#### 2.4.1.1 Beregne tilstedeværelse med Co2 og tilluftsmengder

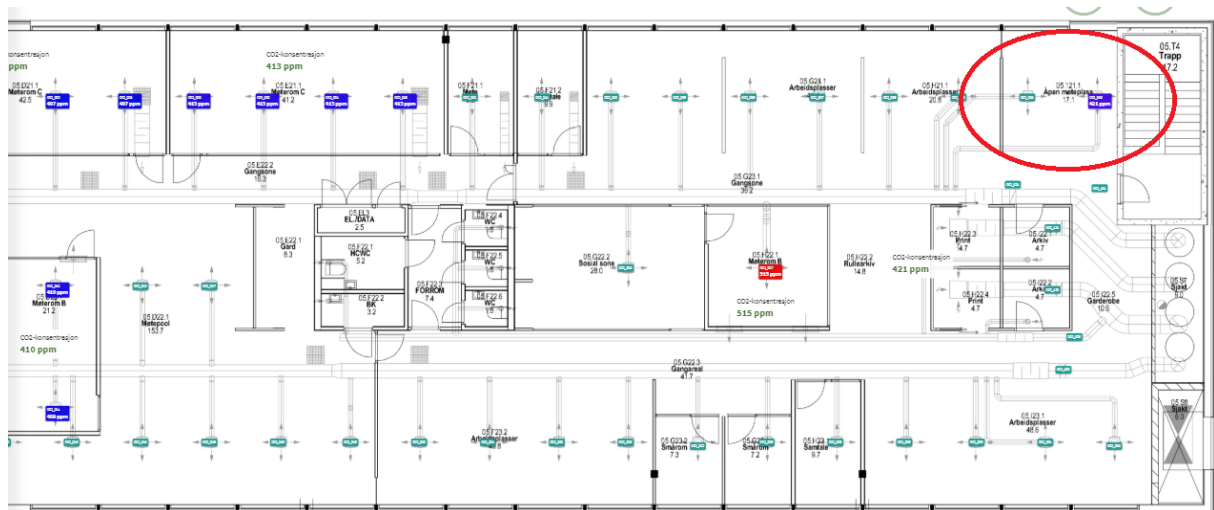
Hensikten med dette delkapittelet er å undersøke om det er andre måter å beregne tilstedeværelse med loggede dataverdier fra Miljøhuset GK. Dette delkapittelet er supplerende ut over oppgavens hovedtema. Det vil kun gjøres beregninger for ukedager for å se om dette konseptet gir gode resultater.

Fra ASHREA Standarden [32] er det mulig å beregne tilluftsmengder etter CO<sub>2</sub> produksjon fra en person. Etersom CO<sub>2</sub> kan beregnes etter aktivitetsnivå (Met) og hudarealet (m<sup>2</sup>) [33] vil disse formlene brukes (kommer i påfølgende sider) til å beregne antall personer etter mengden tilluft og CO<sub>2</sub>-nivået som er i et kontorlandskap. Dette forutsetter at det er en CO<sub>2</sub>-sensor plassert i hoved-avtrekkskanal eller er plassert i et åpent kontorlandskap for å gi et representative PPM-verdi. Et møteroms CO<sub>2</sub>-sensor kan ikke brukes ettersom dette er et lukket rom adskilt fra resten av kontorlandskapet som er i bruk.

Fra Lindinvent-systemet er kun 2. til 5. etasje del C som møter kravene om åpen sensor i kontorlandskapet. 2.-4. etasje har helt lik planløsning (se Figur 23) mens 5. etasje har mye større andel møterom (se Figur 24). Sensorene er ikke ideelt plassert midt i kontorlandskapet men vil brukes til videre analyser av en Co<sub>2</sub> og tilluftsmengde beregning av tilstedeværelse.



Figur 23 Del C for 2. til 4. etasje



Figur 24 Del C for 5. etasje

Følgende formler er brukt

$$\dot{V} = \frac{\dot{V}_{CO_2}}{C_s - C_o} \quad (7)$$

$$\dot{V}_{O_2} = \frac{0,00276 A_D M}{0,23RQ + 0,77} \quad (8)$$

$$\dot{V}_{CO_2} = \dot{V}_{O_2} RQ \quad (9)$$

$$n_{\text{prosent tilstedeværelse}} = \frac{M}{M_{\text{dim}} N_{\text{antall skrivebord}}} \quad (10)$$

Hvorav

$\dot{V}$  = Luftmengdebehov for menneskekroppens produserte Co2 mengde;

$\dot{V}_{CO_2}$  = Kroppens Co2 produksjon etter aktivitetsnivå (met);

$C_s$  = PPM nivå innendørs;

$C_o$  = PPM nivå utendørs;

$\dot{V}_{O_2}$  = Kroppens O2 produksjon etter aktivitetsnivå (met);

$A_D$  = Menneskekroppens hudareal (YLY formel);

$M$  = Aktivitetsnivå til metabolisme;

$RQ$  = Respirasjonskoeffisient (0,83 for vanlig kontor);

$M_{\text{dim}}$  = Dimensjonerende metabolisme for aktivitet (kontor = 1,1 met);

$N_{\text{antall skrivebord}}$  = Antall telte fysiske skrivebord, 1 skrivebord antas 1 ansatt. Total 497 ansatte;

$n_{\text{prosent tilstedeværelse}}$  = Prosent tilstedeværelse for okkupanter.

Formlene ovenfor slås sammen til følgende formel for prosent tilstedeværelse, med maks av enten verdien 0 eller høyere for å sikre at man ikke får negativ tilstedeværelse:

$$n_{\text{prosent tilstedeværelse}} = \text{maks} \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ \frac{\dot{V}[C_s - C_o](0,23RQ + 0,77)}{0,00276 A_D M_{\text{dim}} N_{\text{antall skrivebord}}} \end{array} \right. \quad (11)$$

For luftmengder gjøres det en antagelse at differansen mellom tilluftsmengde og grunnventilasjon vil utgjøre selve luftmengdebehovet til okkupanter:

$$\dot{V} = \dot{V}_{\text{tilluft}} - \dot{V}_{\text{grunnventilasjon}} \quad (12)$$

Samlet vil formel til prosent tilstedeværelse fra okkupanter bli følgende:

$$n_{\text{prosent tilstedeværelse}} = \text{maks} \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ \frac{(\dot{V}_{\text{tilluft}} - \dot{V}_{\text{grunnventilasjon}})[C_s - C_o](0,23RQ + 0,77)}{0,00276 A_D M_{\text{dim}} N_{\text{antall skrivebord}}} \end{array} \right. \quad (13)$$

## 2.4.2 Effektilskudd fra personer

For å beregne tørrvarme (konveksjon og stråling) brukes Fanger's metode. Alle beregninger er gjort med programvare<sup>21</sup> og vises på tabellform fra Vedlegg L til og med Vedlegg O. Det er gjort beregninger for snitt ukedager hele året, snitt helg og helligdager, snitt ukedager utenom sommerferie og helligdager, samt snitt ukedager kun sommerferie. Tørrvarme fra Fangers metode er beregnet etter følgende formler:

$$Q_{\text{konveksjon}} = \{f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_{op}) + 0,0014 \times M \times (34 - t_{op})\} \quad (14)$$

$$Q_{\text{stråling}} = 3,96 \times 10^{-9} - A_{DU} \times f_{cl} \times \{(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4\} \quad (15)$$

$$\frac{t_{sk} - t_{cl}}{I_{cl}} = 3,96 \times 10^{-9} \times t_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \quad (16)$$

Hvorav:

$Q_{\text{konveksjon}}$  = Effekt fra konveksjon [W],

$Q_{\text{stråling}}$  = Effekt fra stråling [W],

$f_{cl}$  = Bekledningsarealfaktor [-],

$h_c$  = Konveksjonsvarmemotstandsovergang [W/m<sup>2</sup>,K],

$t_{cl}$  = Gjennomsnittlig temperatur på bekleddingen [C],

$t_{sk}$  = Gjennomsnittlig temperatur hud [C],

$t_a$  = Lufttemperatur [C],

$t_r$  = Strålingstemperatur [C],

$t_{op}$  = Operativ temperatur [C],

$M$  = Metabolisme [met],

$A_{DU}$  = Hudareal [m<sup>2</sup>].

Bekleddingen (clo) gir en varmeisolerende emne som er definert at 1 clo = 0,144 m<sup>2</sup>k/W. For kontorbygg velges det gjennomsnittlig kontorbekledding på 0,71 clo [34] og det innregnes varmeisolerende egenskap for en gjennomsnittlig kontorstol på 0,15 clo [18] (total 0,86 clo). Maks lufthastighet settes til 0,15 m/s (krav fra arbeidstilsynets 444 veiledning).

Videre trengs det både lufttemperatur og strålingstemperatur som inputverdi for å bruke Fangers metode. For lufttemperatur i rommet antas det at fraluftens temperatur er rommenes reelle lufttemperatur. Måledata for fraluftstemperatur har en sensor i hovedkanal før aggregatet og ligger inni hovedkanal. Det antas at disse målepunktene inni hovedkanal har tilnærmet ingen påvirkning fra omgivelsenes strålingsvarme (5 av 6 fra byggets aggregater brukes<sup>22</sup>).

---

<sup>21</sup> [Programmet er laget av veileder Peter Schild - BEMS-hourly-values](#)

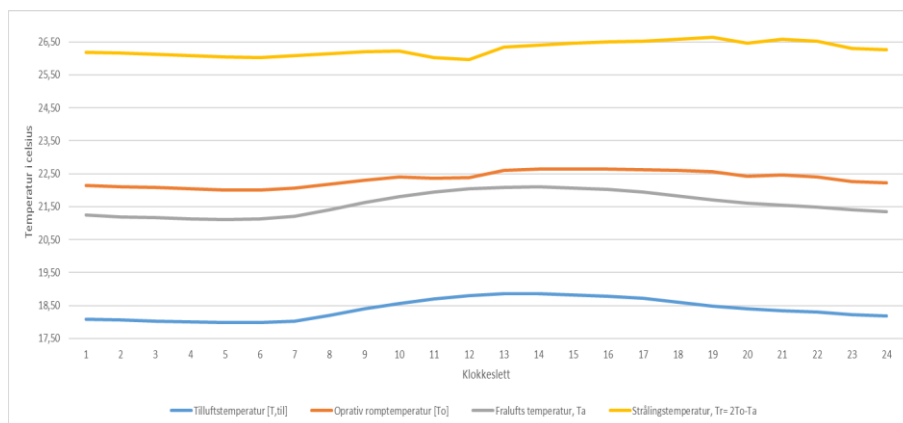
<sup>22</sup> 1 av de 6 aggregater har ingen loggede verdier for 2018, derfor forkastes den ene aggregatet fra analysen.

Videre i Fangers metode kreves det strålingsvarme. Denne temperaturen beregnes etter antagelse om at Lindinvent sine aktive tilluftsventiler har en temperatursensor som måler rommets operative temperatur (465 målepunkter). Sensoren er montert i underkant av ventilene (se Figur 25). Det velges å anta at sensoren er påvirket av både tilluftens temperatur (massestrøm ut fra ventilen) og strålingsvarme fra omgivelsene.



Figur 25 Plassering av temperatursensor på Lindinvent sine aktive tilluftsventil

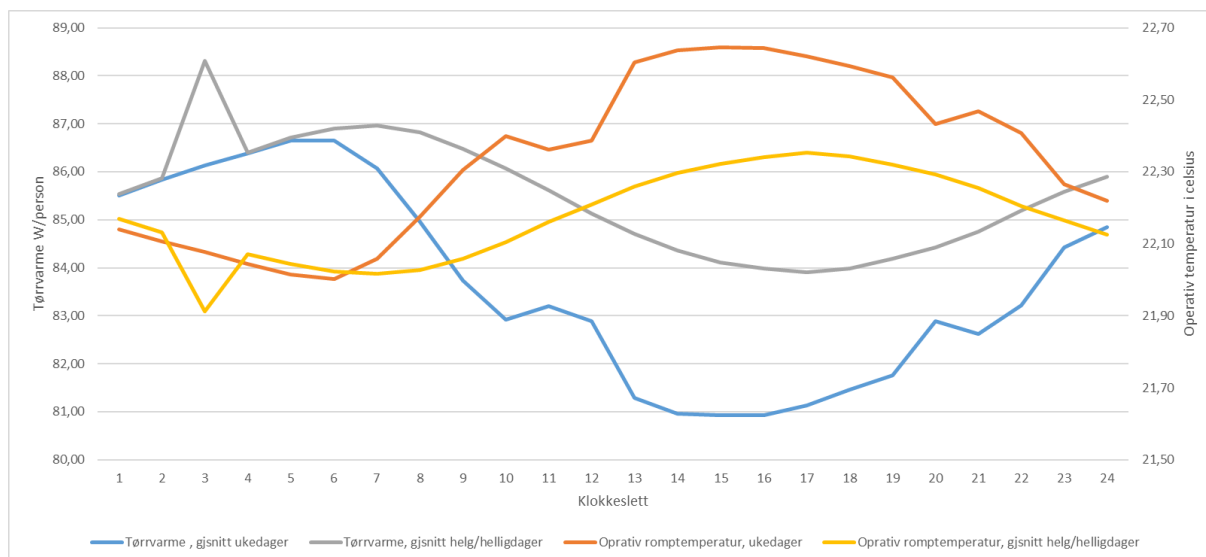
Gjennom å anta at operativ temperatur er gjennomsnitt av lufttemperatur (fralufts temperatur) og strålingsvarme, kan strålingstemperaturen beregnes. I Figur 26 vises alle fire temperaturer for et tilfeldig valgt døgn.



Figur 26 Eksempel på temperatur tilluft, operativ romtemperatur, fralufts temperatur og strålingstemperatur. Gj.snitt ukedager utenom helligdager

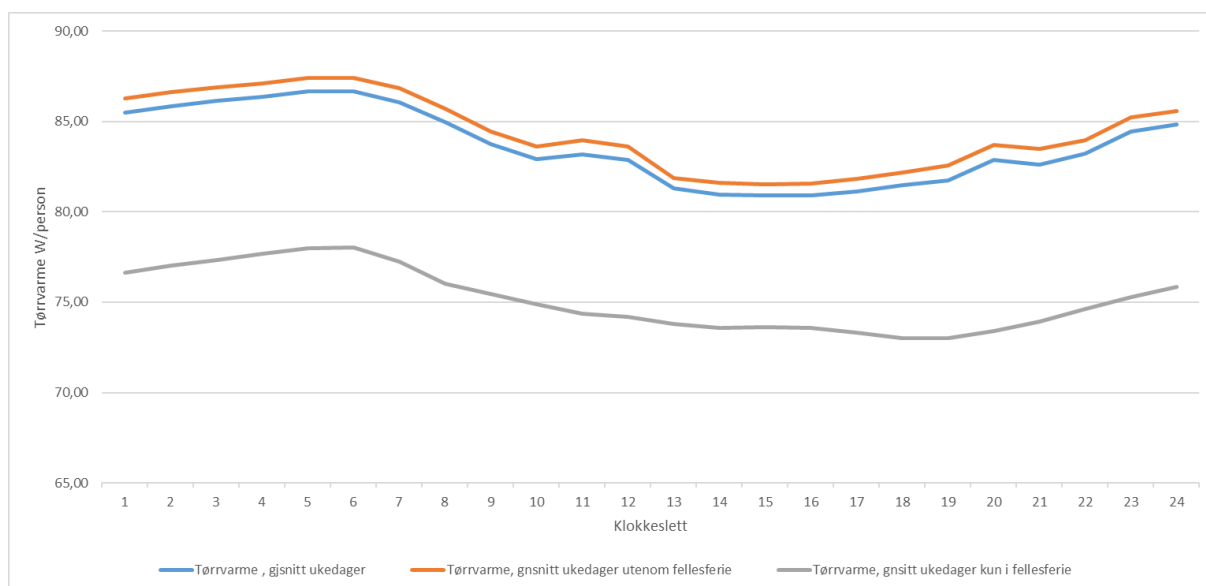
I Figur 27 gjengis beregningen for tørrvarme i ukedager og helg/helligdager. Når den operative temperaturen er lav avgis det mer tørrvarme fra en person. Det avgis mer tørrvarme tidlig og sent på dagen, i tillegg avgis det mer tørrvarme i ukedagene enn hva det gjør i helgene.





Figur 27 personvarme (tørrvarme) og operativ temperatur, ukedag og helg/helligdager

Det er også sett på tørrvarme fra en person i ukedager i sommerferien (23. juli til 19. august). I Figur 28 er det vist til kun ukedager i sommerferien, ukedager utenom sommerferie og snitt alle ukedager.



Figur 28 Tørrvarme, sammenligning ukedager mellom; utenom sommerferie, kun sommerferie og snitt hele året

Fra litteraturstudiet ble det vist til at tørrvarme fra personer er 82,8 W for sommerstid og 77,8 W for vinterstid [15]. Beregnede verdier er noe høyere enn dette ettersom innregnet hudareal er høyere enn hva standardene prEN16798-1 og ISO/FDIS 17772-1 forespeiler. I tillegg oppgis det ikke når på dagen sommer- og vinterstid lastestørrelsene er beregnet etter. Ettersom klokkeslett er tatt hensyn til og korrekte verdier for hudareal er brukt, så anses resultatene for beregnede verdier for tørrvarme som mer pålitelig å bruke enn standardene.

I Figur 29 under vises effekttilskudd fra personer per kontorareal for ukedag, helg/helligdager, ukedager utenom sommerferie og ukedager kun i sommerferie. Alle beregninger kan leses som tabellform i Vedlegg P til og med Vedlegg S. For å beregne effekttilskudd fra personer per areal kontorandel er det brukt følgende:

$$E_{personlast,i} = \frac{\tau_{tilstedeværelse,i} \times \theta_{tørrvarme,i} \times n}{A_{kontor}} \quad (17)$$

Hvor

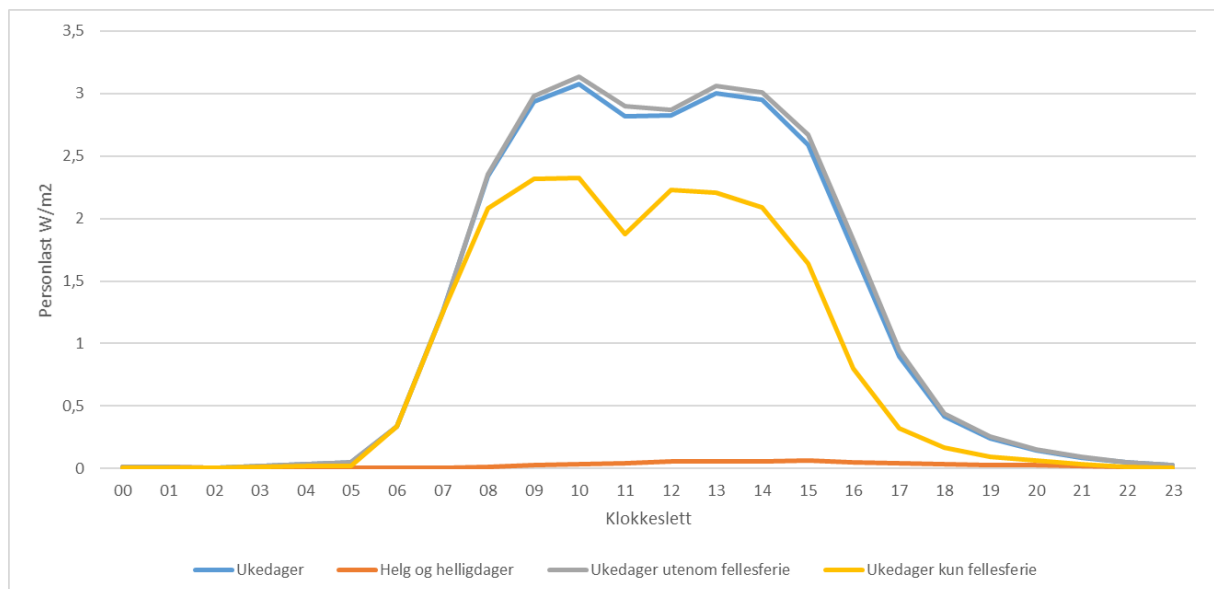
$E_{effekttilskudd \text{ fra personer}}$  = Effekttilskudd fra personer for kontordel per time [ $W/m^2$ ];

$\tau_{tilstedeværelse,i}$  = Prosent tilstedeværelse per time [%];

$\theta_{tørrvarme,i}$  = Tørrvarme per time beregnet fra Figur 27 [ $W/person$ ];

$n$  = Antall telte faste kontorplasser i miljøhuset GK, 479 stk [personer<sup>23</sup>];

$A_{kontor}$  = Kontorareal, 7108,7 [ $m^2$ ].



Figur 29 Effekttilskudd fra personer ukedager, helg/helligdager, ukedagen utenom sommerferie og ukedager kun sommerferie

<sup>23</sup> Manuell opptelling av alle faste kontorplasser er gjort. Det antas 1 fast kontorplass er ekvivalent med 1 person.

## 2.5 Kalibrering av IDA ICE til måledata

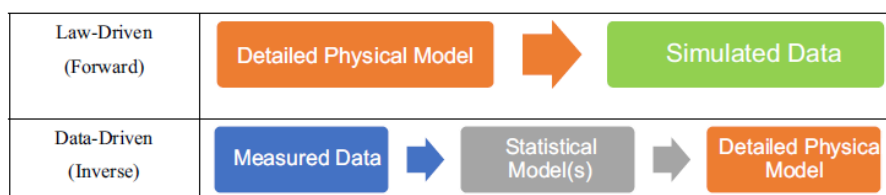
Hensikten med dette kapittelet er å vise til hvilke forutsetninger som er lagt til grunn for energiberegningsmodell til 4. etasje del A. Simuleringsverktøyet IDA ICE V4.8 er det som skal brukes. Beregningene skal undersøke konsekvensen ved å bruke standard internlastverdier og beregnede internlaster fra Miljøhuset GK.

For å gjøre bedre konseptvalg om hvordan en modell bør bygges opp har det vært gjort et litteraturstudie på dette. Artikkelen «ReneWable and Sustainable Energy Review» [35] beskriver flere framgangsmåter for å kategorisere en energi-beregningsmodell. Denne artikkelen beskriver to modellmetoder; diagnostisk/prognostisk og lov- eller databasert. Det viktigste fra artikkelen kan leses i oversatt form nedenfor:

---

**Diagnostisk eller prognostisk:** Diagnostiske modeller brukes til å identifisere naturlige hendelser eller fenomener. Med andre ord, det kan brukes til å bedre forstå lover som kontrollerer et gitt system. Prognostiske modeller derimot brukes til å anta atferden til et system, gitt med et sett av veldefinerte lover som styrer et system.

**Lov- eller databasert:** Lovdrevde (eller fremover) modeller angir et sett med lover (f.eks gravitet, varme- eller masseoverføring osv.) som styrer et system, for å kunne forutse dets atferd gitt fra systemegenskaper og grensesettinger. Datadrevet (invers) modell virker på en motsatt fremgangsmetode gjennom å bruke systematferd som en antagelse som en indikator for å forutse systemegenskaper. Datadrevet modeller kan brukes til å beskrive et system med minimale datasett av justerbare inputdata. Som kontrast er lovdrevet modeller ofte over ofte overparameteriserte gjennom at det ofte kreves mere inputdata enn hva som er tilgjengelig. Derimot er fordelene med den lovdrevde modellen at den gir mulighet til å modellere et system atferd gjennom et sett med tidligere uobserverte grensesettinger, mens datadrevet modell vil kreve tidligere data for å kunne modellere atferd.



Figur 30 Lovbasert (fremover) modell vs. datadrevet (inverse) modell

Bygningsenergisimuleringer (BES) som brukes til bygningsdesign, kan generelt bli klassifisert som en prognostisk lovbasert modell som brukes til å forutse atferd/bruksmønstre til et kompleks system fra veldefinerte lover (eks energibalanse, massebalanse, konveksjon, varmeoverføring osv.). Motsatt er datadrevet (inverse) fremgangsmåte, i sammenheng relatert mot energimodellering, som refereres til metoder som bruker overvåket/logget data fra bygninger til å produsere modeller som er i stand til å nøyaktig forutsi et systems atferd. Inverse metoder for energibehovestimering kan klassifiseres grovt i tre forskjellige fremgangsmetoder;

(i) *Sort-boks tilnærming: Dette referer til bruken av enkle matematiske eller stokastiske modeller (eksempel regresjon, kunstig nevralt nettverk osv.) som relateres til et datasett med innflytelsesrike inputparametere (eks tilstedeværelse eller vær/klima) for å måle resultatdata. Modellinputkoeffisienter er bestemt på en slik måte at det produserer en algoritme med en slik egenskap at det kan forutse et systems oppførsel/atferd. Det er viktig å bemerke seg at disse input koeffisienter har ingen direkte sammenheng med definerte parametere for det fysiske miljøet.*

(ii) *Grå-boks/parameter estimering: Grå-boks har en annen tilnærming enn hva sort-boks metode har gjennom å bruke visse nøkkel (eller aggregerte) systemparametere fra en fysisk systemmodell.*

(iii) *Detaljert modell kalibrering: Den siste metoden bruker en full deskriptive lovdrevet modell fra et bygningssystem og finstille på de forskjellige inputparametere for å matche målte data. Denne metoden gir den mest detaljerte antagelse for en bygningssystem, gitt tilgjengeligheten fra høykvalitets inputdata. Siden det er eksplisitt knyttet til fysiske bygningssystem-, system- og klimadata, gir dette en mulighet til å vurdere påvirkningen for disse parametere. I tabellen under vises det til fordeler og ulemper med de tre nevnte fremgangsmetodene.*

Tabell 21 Sammenligning for tilnærminger for bygningssystemsimuleringer

Fremgangsmetode	Fordeler	Ulemper
Svart-boks	<p>Veldig kort produksjonstid.</p> <p>Gir en presis antagelse for bygningens ytelse, gitt høy kvalitets inputdata.</p>	<p>Krever omfattende treningsdata for prestasjonsprediksjon.</p> <p>Ingen eksplisitt kobling mellom datainput og fysiske materialparametere - umulig å ekstrapolere modell for å beregne effekten av design eller operasjonelle endringer.</p> <p>Krever omskolering når endringer gjøres for bygningssystemmaterialer, driftsstrategier eller drift.</p>
	<p>Kortere produksjonstid gjennom å kombinere</p>	<p>Krever omskolering når endringer gjøres for</p>

	<i>beregningsmodell er og statistiske modeller.</i>	<i>bygningmaterialer, driftsstrategier eller drift.</i>
Grå-boks	<i>Nøyaktig forutsi en bygnings ytelse, gitt høy kvalitet på inputdata.</i>	<i>Krever høy kunnskap om både beregningsmodeller og statistiske modeller for utvikling.</i>
	<i>Kobling til samlet fysisk bygnings-, system- og miljøparametere.</i>	<i>Kan bare ekstrapolere for å ta hensyn til endringer for å aggregere/forenkle inputparametere.</i>

	<i>Gir en detaljert antagelse for energiytelser til bygninger.</i>	<i>Over-parameterisert og underdefinert.</i>
Detaljert simulering		<i>Krever betydelig tid, innsats og ekspertise for utvikling.</i>
	<i>Koblet til bestemte fysiske bygning-, system- og miljøparametere.</i>	

For å gi beregningsmodellen mest mulig reelle parameterverdier er det sett igjennom dokumentasjonsunderlaget fra GK's forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling (FDVU) mappe.

I varmetappstallmatrise [36] fremkommer det ikke entydige hvilke vegger som tilhører hvor, eller eksakt oppbygging med komponenter. 3D-tegningene fra IFC fil [37] samsvarer ikke med verken plantegningene eller varmetappstallmatrise. Dette betyr at dokumentert bygningsfysikk til Miljøhuset GK er tolkbart. Det har blitt forsøkt å oppklare usikkerhetene rundt dette. En representant fra Rambøll (delaktig i prosjekteringen for Miljøhuset GK) svarer følgende på dette<sup>24</sup>:

---

<sup>24</sup> Mailkorrespondanse fra 16 januar 2019.

---

*Dette prosjektet var relativt tidlig ute med å bruke BIM, så det er ikke usannsynlig at en del ting er modellert nokså «grovt», f.eks. med totale tykkelser, og dermed kan det godt være mismatch mellom hva modellen sier og hvordan det ser ut i praksis. Et tips kan være å prøve å få tak i hele tegningsmappa med planer snitt og detaljer, det er disse det er bygget etter*

---

Ut ifra usikkerheten til prosjekteringsgrunnlaget fra bygningsfysikk vil det ikke være oppnåelig å bruke en sort boks modell (Se Figur 30). Denne modellen krever høyere kvalitet på inndata enn det som er mulig å fremskaffe. Det velges å ikke gjennomføre en detaljert modell ved å over- og underparameterisere beregningsmodellen ved finstille på de forskjellige inputparametere for å matche målte data. Dette vil kreve for lang tid og flytte arbeidskapasiteten bort fra hovedtematikken til denne oppgaven som er kartlegging av reelle internlaster<sup>25</sup>.

En grå boks tilnærming er den foretrekkende energimodellen utfra arbeidskapasiteten som ligger til grunn for denne masteroppgaven. Usikkerheten til inndata fra dokumentert bygningsfysikk skal komplementeres med statistiske modeller for reelle internlaster og brukstider samt følge prosjekterte styringssystemer for de tekniske VVS-anleggene.

Videre i dette delkapittelet vil kun underkapitler som krever drøfting av metodevalg inkluderes i selve hovedrapporten. Dette er gjort for at kapittelet skal være mer kortfattet over det som krever refleksjon over statistiske modeller, mens øvrige inndata som anses som ren input ikke krever like mye oppmerksomhet. Se Vedlegg T for inndata til energiberegningsmodellen for IDA ICE.

---

<sup>25</sup>. Å gjennomføre en energisimulering er en ekstra ytelse for hovedoppgavens avsluttende kapittel, resultat og diskusjon.

## 2.5.1 Luftstyring

I dette kapitlet diskuteres tilluftstemperatur- og massestrøm, ettersom dette vil påvirke romtemperatur i simuleringer<sup>26</sup>. Energimengden i tilluft er beskrevet med formelen under;

$$Q = \dot{V} \rho C_p \Delta T \quad (18)$$

Hvor

$Q$  = Energimengde i luft [W];

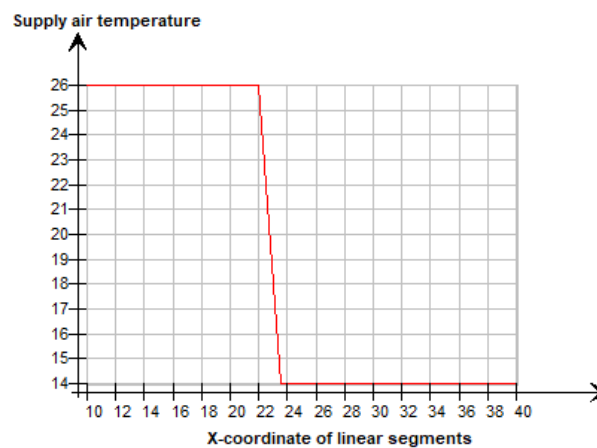
$\dot{V}$  = Volumstrøm for luft [ $\text{m}^3/\text{s}$ ];

$\rho$  = Densitet for luft [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ];

$C_p$  = Varmekapasitet til luft [ $\text{J}/(\text{Kg K})$ ];

$\Delta T$  = Differanse temperatur rom og tilluft [K];

Volumstrøm og temperatur er mest utslagsgivende for hvor mye effekt fra tilluft som tilføres et rom og simuleringens varmemassebalanse. For å redusere potensielle feilkilder til tilluften følger beregningsmodellen Miljøhuset GKs dokumenterte innetemperaturkompenserte kurve for tilluftstemperatur (se Figur 31). Denne styring vil gi en tillufttemperatur som regulerer seg etter avkasttemperatur.



Figur 31 Innetemperaturbasert kurve, fra GK sitt SD anlegg.

Ettersom tilluftsmengdene i Miljøhuset GK styres etter Lindinvent vil sensorer registrere tilstedeværelse som aktiverer hvor stor luftmengde som tilføres et kontor. For å prøve å gjengi dette og simulere mest mulig reell tilluftsmengde, er inndata for dokumenterte tilluftsmengder<sup>27</sup> fra Tabell 22 brukt i makrostyringen som vises i Figur 32.

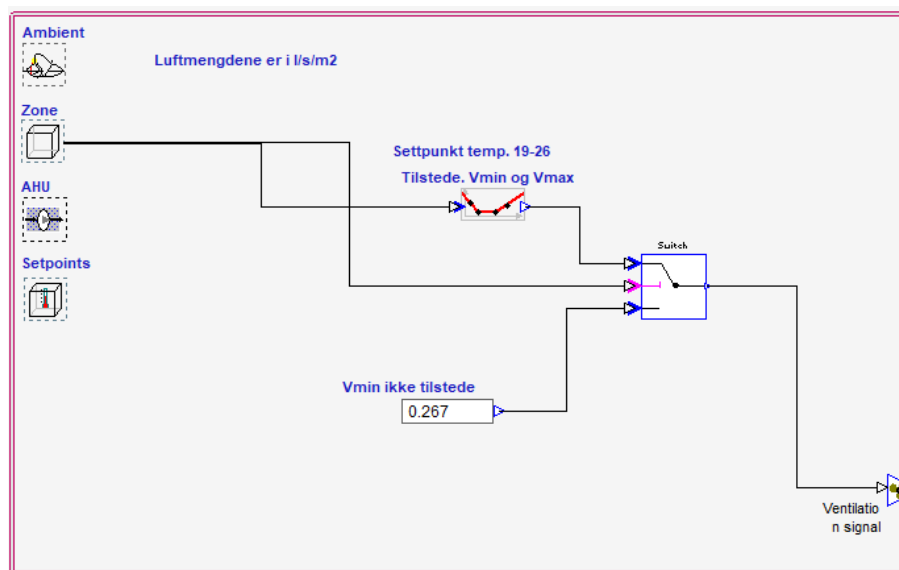
<sup>26</sup> Miljøhuset GK benytter oppvarming via overtemperert tilluft. Dette betyr at luftmengden inn i rommet er det som påvirker oppnådd varme mest (utenom internlast).

<sup>27</sup> Hentet fra Lindinvent.

Makroen styrer etter følger metode: Når en sone er okkupert sendes et signal om at det er tilstedeværelse i sonen. Dette vil styre luftmengdene til en lineær styring mellom  $V_{min,tilstede}$  til  $V_{maks}$ . Den lineære styringen er etter temperaturer mellom 19 til 26 grader. Ved ingen registrerte okkuperanter styres luftmengden ned til  $V_{min}$ .

Tabell 22 Inndata luftmengder til 4. etg, sone A

	$V_{min, ingen tilstede}$	$V_{min, tilstede}$	$V_{maks}$
Sum [l/s/m <sup>2</sup> ]	0,2670	0,5934	3,3036
Sum [l/s]	135	300	1670



Figur 32 Makrostyring inndata tilluftsmengder for 4. etasje sone A

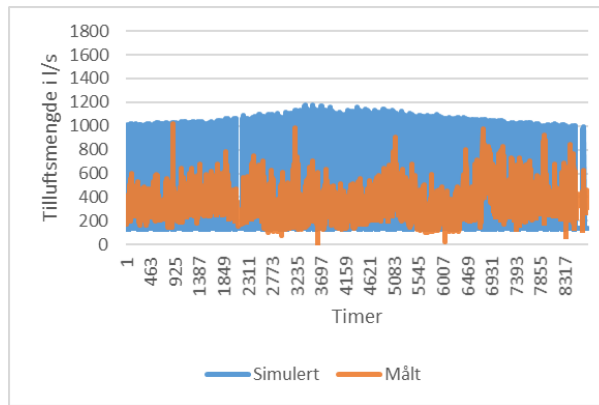
Fra Figur 33 kan det leses av forskjellen mellom simulerte<sup>28</sup> og faktisk målte tilluftsmengder. Ettersom tilluftsluftmengdene ikke sammenfaller er det valgt å gjøre en regresjonsanalyse (se Figur 34) som gir  $R^2$ -verdi lik 0,1375.

Årsaken til lavt regresjonstall er at IDA ICE ikke er i stand til å replikere Lindinvent sin styring etter tilstedeværelse. Systemet til Lindinvent aktive tilluftsventiler kan gjengi bruk av enkelte deler av en kontorsoner. Dette medfører at de delene av kontoret som er i bruk vil styres til lineær temperaturstyring mellom  $V_{min,tilstede}$  og  $V_{maks}$ , mens resten av kontoret som ikke er i bruk styres etter  $V_{min}$ . IDA ICE simulerer hele kontoret med at en registrert okkuperant bruker hele kontoret, ikke kun deler av det.

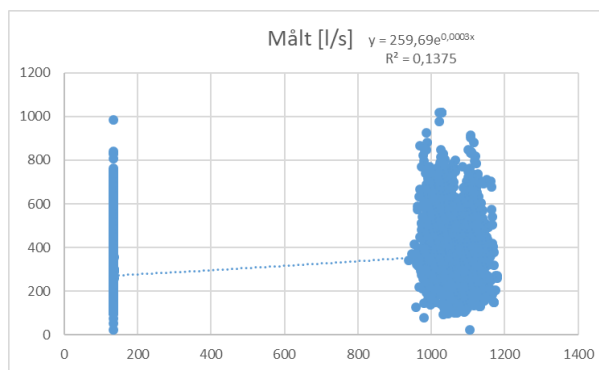
Ettersom det er liten sammenheng mellom målt og realistisk tilluftsmengder med denne styringsmåten, er det undersøkt om det finnes andre metoder for å tilnærme seg en grå boks metode ved å styre tilluftsmengden etter faktiske mengder.

<sup>28</sup> For simulerte verdier er beregnede internlaste benyttet for å se om styring vil tilnærme seg faktiske tilluftsmengder.



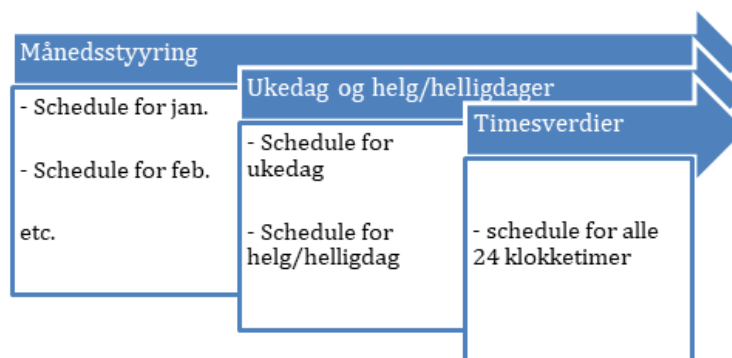


Figur 33 Sammenligning mellom simulerte og målte tilluftsmengder



Figur 34 Regresjonsanalyse mellom simulerte og målte tilluftsmengder

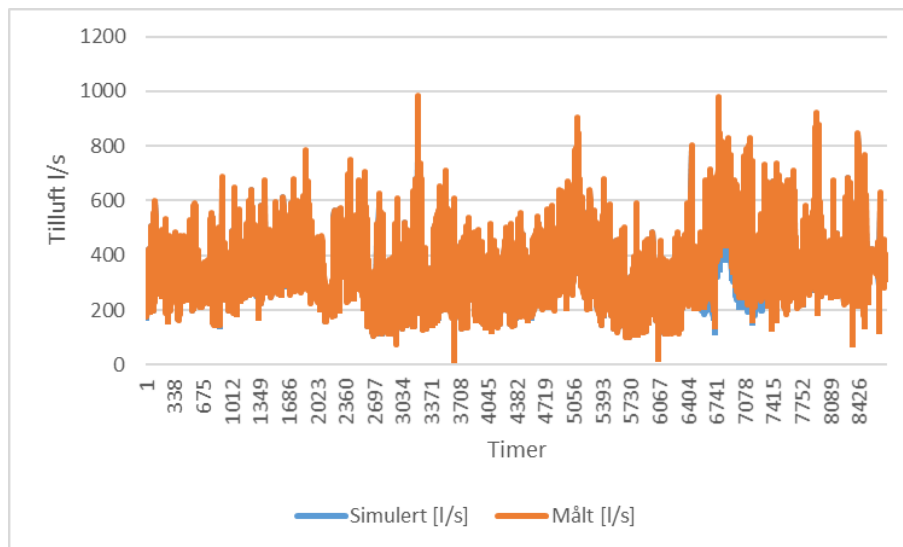
Et styringssystem som har blitt vurdert er å lage månedsgjennomsnittsverdier for alle måneder ved å bruke data fra Lindinspect. En slik styring vil basere seg på å lage måneds-, dags- og timesverdier i en driftsplan (se Figur 35). Dette vil gi 24 ulike driftsplaner med 24 ulike timer for hver av disse styringene. Dette vil gi totalt 576 unike timesverdier som må kompileres og manuelt plottes inn i IDA ICE. Det er gjort en vurdering på at dette vil for lang tid til å implementeres inn i simuleringmodellen.



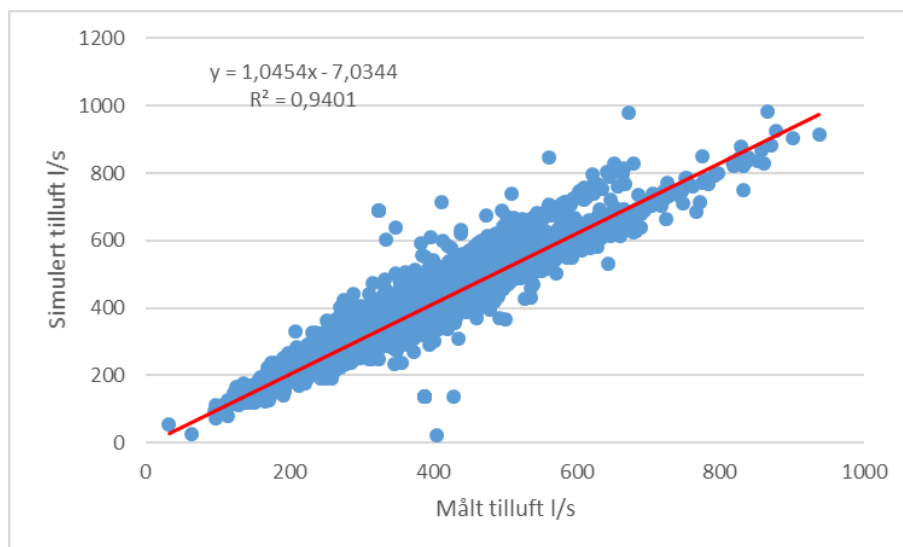
Figur 35 Konseptvalg for styringssystem måneds, ukedag og timer

Gjennom egenarbeid er det blitt oppdaget en ny metode i IDA ICE som vil tvangsstyre simuleringen til å følge faktisk tilluftsmengder. Ut fra nåværende kjennskap til IDA ICE er denne metodebruken ukjent fra ansatte ved OsloMet, Equa's hjelpeforumer (produktleverandør av IDA ICE). Det er også prøvd direkte henvendelser til Equa (mail)<sup>29</sup> og internettsøk<sup>30</sup>.

I Figur 36 kan det leses av forskjellen mellom simulerte og faktisk målte tilluftsmengder. Kurvene sammenfaller nesten helt identisk, en regresjonsanalyse (se Figur 37) gir R<sup>2</sup>-verdi lik 0,9401 sammenlignet med forgående R<sup>2</sup>-verdi som gav 0,1375. Styringssystemet som er brukt for å styre etter faktiske tilluftsmengder vises i Figur 38 på neste side og blir beskrevet nærmere der.



Figur 36 Sammenligning mellom målt og simulert tilluftsmengde

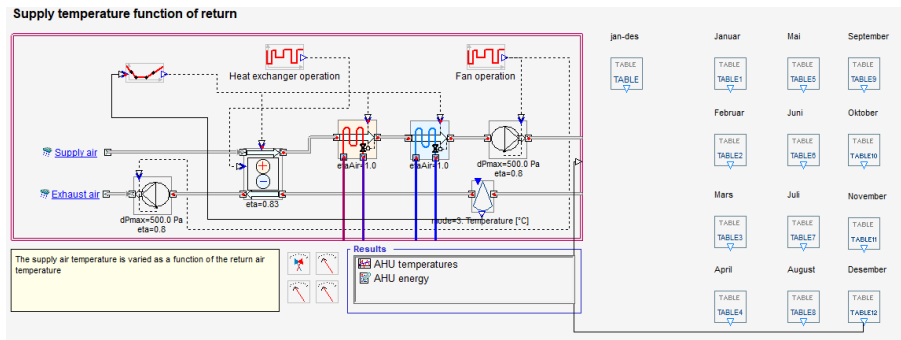


Figur 37 Regresjonsanalyse mellom målt og simulert tilluftsmengde

<sup>29</sup> Mail til Equa om kjennskap til metoden fra tidligere har ikke blitt besvart. 12.02.2019.

<sup>30</sup> Siste undersøkelse om denne metoden har blitt brukt fra andre ble gjort 15.02.2019.

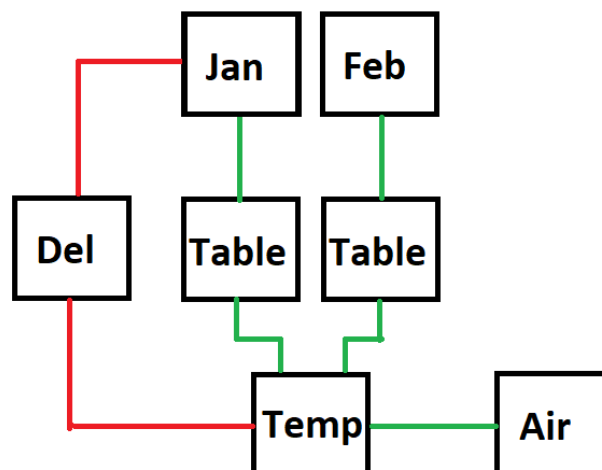
Under AUH systemet (Air handling Unit) må man opprette «tables» med to akser med inndata fra Lindinspec (timer og l/m<sup>2</sup>s). Tables kobles mot den røde «ambient» streken slik at output verdier av timer og mengder kontrollerer «Air-ctrl». Derneft må det på sonenivå velges en CAV-styring med  $1 \frac{l}{m^2 s}$  som CAV-mengde. Denne fungerer som en multiplikator for de verdiene som er i tables fra AUH systemet.



Figur 38 Makrostyring for tvangsstyrt dokumentert luftmengde

Selv om denne styringen er lovende er det en stor begrensning med å bruke denne styringen. Det kan ikke gjennomføres helårssimuleringer ettersom programmet ikke kan kjøre tabeller som inneholder mer enn ca. 900 datalinjer. Ved større dataverdier enn dette vil ikke IDA ICE kunne kjøre en simulering. Det oppstår en feilmelding som sier «Too many table entries».

Denne begrensningen har blitt prøvd omgått ved å finne en makro-styring som tillater følgende konsept (se Figur 39). I januar måned sendes det et klart signal til datasettet som inneholder faktiske tilluftsmengder for januar måned. Dette innholdet sendes inn til en fil som midlertidig lagrer ønsket signal om luftmengder. Ved månedsslutt i januar sendes det et klart signal til en slett-kommando som fjerner innholdet i midlertidig fil, før februar signalet sender innholdet inn i midlertidig fil. Det er dessverre ikke blitt funnet en måte å lage dette i IDA ICE V4.8.



Figur 39 Tenkt makrostyring

Selv om styring av faktiske tilluftsmengder vil kunne gi en bedre og mer korrekt simulering medfører innholds begrensning på 900 datalinjer for «tables» store ulemper. Års simuleringer kan ikke gjennomføres med denne arbeidsmetoden. Skal denne metoden brukes er begrensning å gjennomføre månedsbaserte simuleringer hver for seg og samle datasett og manuelt slå sammen månedsdata til årlige datasett.

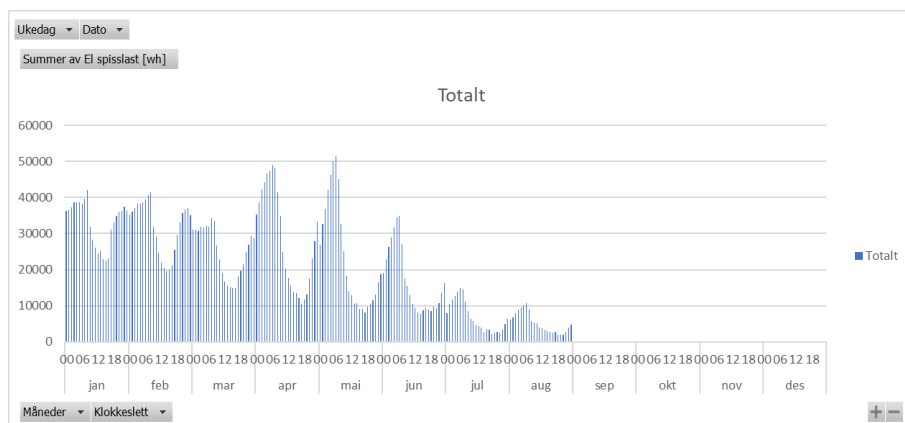
Ettersom en ordinær års simulering kompilerer datasett automatisk er det stort tap at metodebruk etter tabeller umuliggjør samme automatikk i energisimuleringer. På grunn av begrensning på gjenværende tid for masterprosjektet, velges det å ikke utføre dette manuelle arbeidet med hensyn på økt risiko for både gjennomføringsgrad og feilbehandling av datasett ved månedsbaserte simuleringer. Makrostyringen som er vist i Figur 32 vil bli brukt i alle simuleringer.

### 2.5.2 Elektrisk spisslast fra grenstaver

Kontorene til Miljøhuset GK blir oppvarmet med to varmesystemer (utenom internlast); Oppvarming via overtemperert tilluft og elektrisk spisslast i grenstaver. Grenstavene har integrerte varmeelementer som skal dekke varmebehov ved langvarige perioder med ekstremkulde. Disse er plassert kontorlandskapet (se Figur 40). Effektforbruket fra grenstavens spisslast vises i Figur 41.



Figur 40 Elektrisk spisslast av el i grenstaver

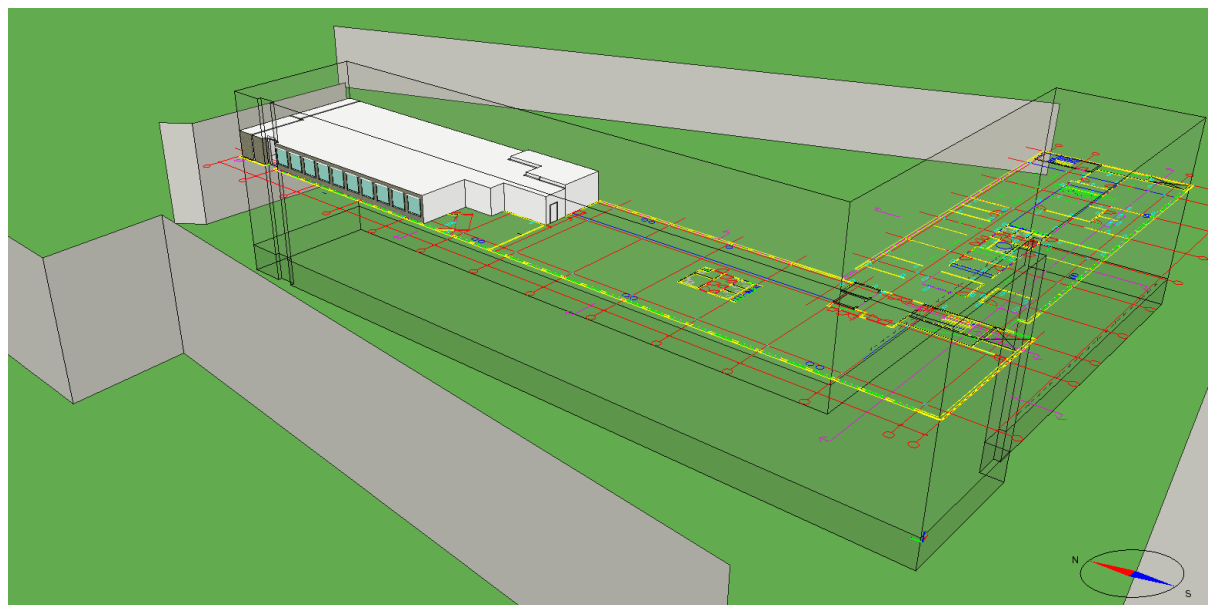


Figur 41 Effektforbruk fra spisslast av EI-grenstaver i 2018

Effekttilskuddet fra grenstavene er valgt implementert i beregningsmodellen som egen teknisk lastprofil. Det er laget månedlige timeplaner for ukedager og helg/helligdager (to timeplaner per måned). Fra september til desember er det enkelte timer i løpet av en dag der varmeelementene i grenstavene er i bruk, men disse månedene er valgt ikke implementert, fordi effektmengden er svært liten og vil ha liten innvirkning for videre simuleringer. Tabellverdier for effektforbruket til spisslast finnes i Vedlegg U og Vedlegg V.

### 2.5.3 Beregningsmodell

Fra Figur 42 vises 4. etasje del A som er beregningsmodellen laget i IDA ICE V4.8. I modellen er det bygd opp kontor. Teknisk sjakt, trapperom sør og trapperom nord. Det er lagt til inndata fra kapittel 2.5. Skygge fra omgivelser er estimert etter fra Google Earth etter hvor bygg er plassert sett i forhold til Miljøhuset GK.

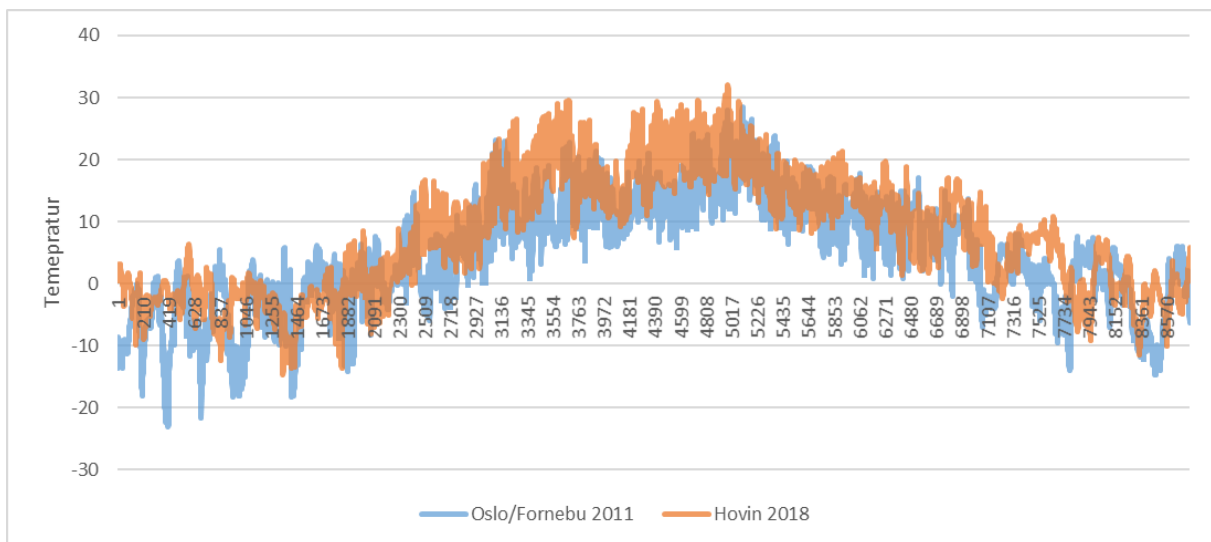


Figur 42 Beregningsmodell for 4. etasje del A i IDA ICE

## 2.5.4 Klimadatafil for energiberegning

IDA ICE har tre filer som kan brukes til energiberegninger; Oslo/Gardemoen fra 2011; Oslo/Fornebu ASHARE fra 2001 og Oslo/Fornebu fra 2011. Ingen av disse klimafilene kommer til å bli brukt i simuleringer ettersom det er etterstrebes å lage en beregningsmodell etter grå boks metode. For alle analyser av internlast er det basert på data fra 2018, det samme vil gjøres for klimafil.

2018 var et år med mye høyere temperaturer og lengre varmeperiode enn hva som har vært tidligere. Dette følger trenden som at klimaendringer medfører høyere temperaturer enn tidligere [38]. Ved å bruke en simuleringsmodell med 2018 klimadata som forskutterer dette, vil dette gi bedre prediksjon om forventede effektforbruk fra tekniske anlegg på bakgrunn av høyere temperaturer. I tillegg er den nye filen basert på Hovin klimastasjon som er nærmere Miljøhuset GK og omtrent samme høydemeter over havet. Dette betyr at klimafilen er mer realistisk å bruke for Miljøhuset GK. Se Figur 43 for sammenligning mellom en standard klimafil for Oslo mot en ny klimafil.



Figur 43 Sammenligning temperatur mellom Oslo/Fornebu 2011 og Hovin 2018

Anskaffelse av klimadatafilen for 2018 blitt gjort av Peter Schild (Oslomet). Schild beskriver fremgangsmåten for å lage klimafil slik:

---

### Klimadatafil for energiberegning av GK-Miljøhuset i 2018 med IDA-ICE:

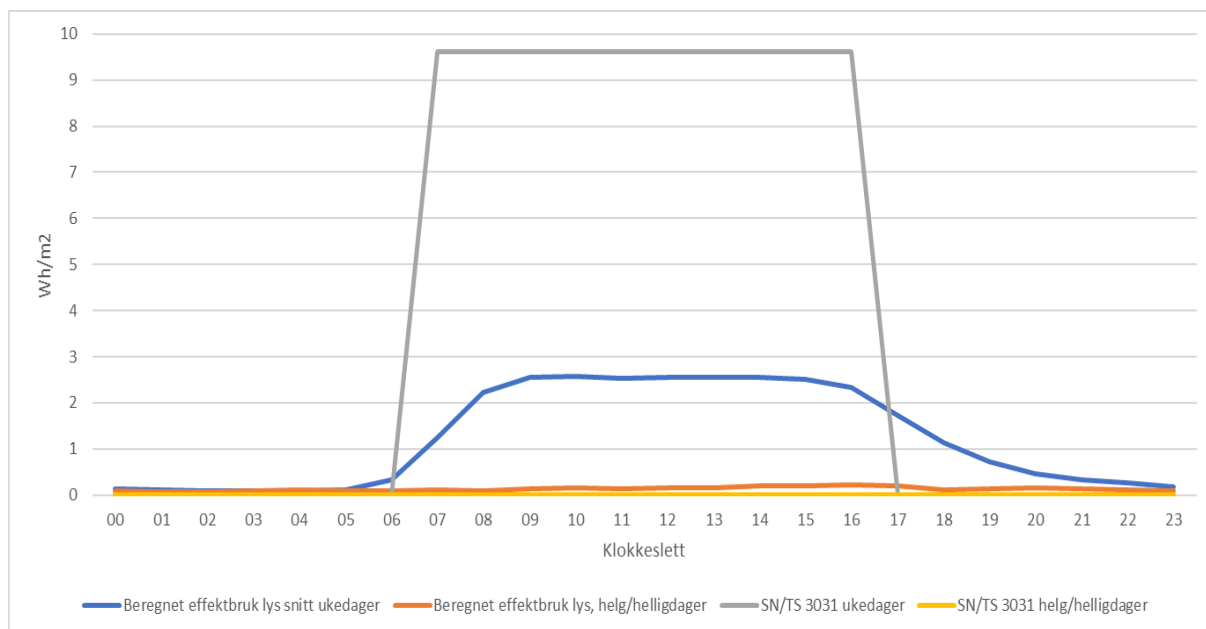
Soldata er hentet fra Blindern (sol) og øvrige parameter (temp, RF, vind) er fra Hovin stasjon som er nærmere Ryen der hvor Miljøhuset GK ligger og dette er omtrent samme høyde (moh). Data er lastet ned med verktøyet Klimadata-XL (SchildCode på GitHub). Klimafilen PRN som IDA ICE bruker ble generert med programmet EPW-Gen som ikke er offentlig tilgjengelig.

---

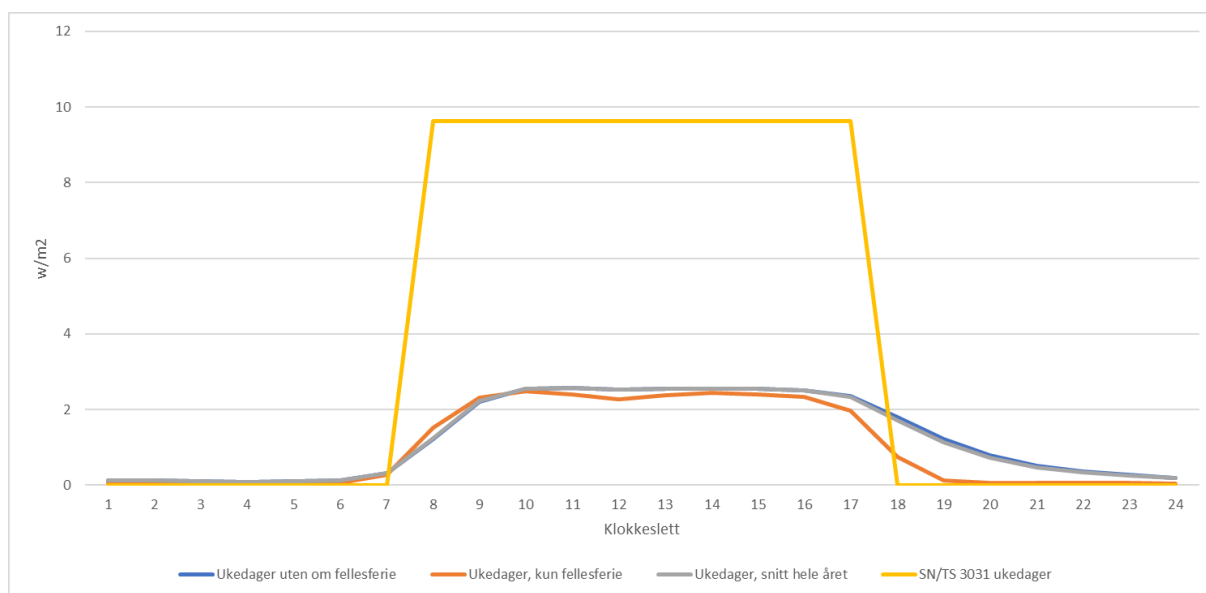
### 3 Resultat og diskusjon

#### 3.1 Resultat av beregnet effektforbruk til belysning

I dette kapitlet presenteres og sammenliknes beregningene fra effektforbruket til belysning for 4. etasje del A med NS/TS 3031:2016. Figur 44 og Figur 45 viser resultater både for effektforbruk og driftstider, mens det i Tabell 23 vises summerte wattimer for døgnforbruk.



Figur 44 Sammenligning beregnet effekt for lys snitt ukedager, helg/helligdager og SN/TS 3031:2016 (ukedag og helg/helligdager)



Figur 45 Sammenligning beregnet effekt for lys snitt alle ukedager, ukedager utenom sommerferie, ukedager med sommerferie og SN/TS 3031:2016 (helg/Helligdager)

Tabell 23 Sum Wh/m<sup>2</sup> for belysning

<b>Beregninger</b>	<b>Beregnet effektbruk lys</b>	<b>NS/TS 3031:2016 ukedager</b>	<b>NS/TS 3031:2016 Helg og helligdager</b>
Snitt ukedager	29,42	96,20	-
Snitt helg/helligdager	3,18	-	0
Snitt ukedager utenom sommerferie	29,75	96,20	-
Snitt ukedager kun sommerferie	24,24	96,20	-

Resultatene viser at Miljøhuset GK ikke følger noe av verdiene fra NS/TS 3031:2016. Dette samsvarer med litteraturstudiet som viser til lavere forventet effektforbruk enn hva NS/TS 3031:2016 forespeiler<sup>31</sup>. Den store forskjellen kommer av at effektforbruket til belysning er basert på statistikk fra danske kontorbygg i perioden 1988-1995, som ikke har smartstyring for belysning, noe Miljøhuset GK har.

Fra en svensk studie [13] ble det påvist reduksjon av installert effekt for belysning fra 15,6 W/m<sup>2</sup> til 9,1 W/m<sup>2</sup> (1990 til 2007). Etersom Miljøhuset GK ble ferdigstilt i 2012 burde installert effekt til belysning være mindre enn 9,1 W/m<sup>2</sup> ettersom 2007-tallet er fem år eldre enn når Miljøhuset GK ble bygget.

I avsnittene under vil generelle kommentarer belyse resultatene og ulikheten mellom standard internlast for belysning og resultater fra dette kapittelet.

*I. Effektforbruket blir aldri null:*

Dette kommer av at i beregningene er det innregnet effektforbruk fra nøddlys i postering for belysning. Dette effektforbruket har vært innlogget i generell elektrisk postering og lagt inn i korrekt postering for belysning.

*II. Personer kommer tidligere til arbeid enn antatt i ukedagene:*

Dette kan komme av flere ulike grunner som: Vaskepersonell ønsker å jobbe før de kontoransatte kommer, ansatte begynner tidligere på dagen enn det er estimert for, statistisk grunnlag for kontortid kan fra gammelt av være feilaktig og/eller mangelfulle. Det er også sannsynlighet for at Miljøhuset GK fraviker fra standard kontortid.

*III. Det er en jevn økning/reduksjon i effektbelastning i ukedagene:*

Dette kan komme av at ansatte har variable arbeidstider og ønsker å starte på ulike tidspunkter jevnt ut over dagen. Samme gjelder ved arbeidsslutt med gradvis reduksjon av effektforbruk ettersom når ansatte velger å gå hjem. I tillegg vil smartsystemene som regulerer belysningen etter hvilke deler av en kontorsone som er i bruk eller ikke, ha innvirkning på total effektforbruk.

---

<sup>31</sup> I tillegg viser resultatet at man ligger under 4 W/m<sup>2</sup> som er høyest beregnet netto spesifikk energibehov for belysning etter passivhusstandarden (NS 3701:2012)



#### IV. Lengre arbeidstid enn tidligere estimert.

Det antas at dette kan komme av at behovet for å jobbe lengre er mye større nå enn hva man tidligere har hatt statistikk på. Det er også stor sannsynlighet for at smartsystemene som regulerer belysningen kan medføre at lys ikke reguleres i samme øyeblikk som de ansatte forlater bygget (systemtregghet mellom registrert og avgitt signal). Det er også sannsynlig at Miljøhuset GK avviker fra standard kontortid med overtiden som er registrert.

#### V. Reduksjon av effektbelastning i lunsjen:

Det er noe reduksjon av effektbelastning under lunsjtid (kl. 11-13) som kan komme fra lysdetektorene skruer belysningen av i enkelte deler av kontorsonen der det ikke detekteres aktivitet.

#### VI. Total summert wattimer er lavere for ukedager:

Årsaken til dette er at lysteknologien i dag er mindre effektkrevene enn tidligere. I tillegg vil styringssystemer som tar hensyn til tilstedeværelse sørge for at belysning ikke blir avglemt ved nattestid, samt at i soner hvor det ikke er ansatte tilstede vil også lysene skrues av på dagtid.

#### VII. Helg og helligdager har effektforbruk:

Nøddlys<sup>32</sup> er blitt inkludert i posteringen for belysning, som fører til at effektforbruket fra belysning aldri vil gå mot null. I tillegg antas det at det er noe behovet for overtid i helgene, noe som NS/TS 3031:2016 ikke tar hensyn til. Det er også sannsynlig at Miljøhuset GK fraviker fra standard kontortid med overtiden i helgene.

#### VIII. Mindre effektforbruk i sommerferien:

Det er noe mindre effektforbruk i ukedagene gjennom sommerferieperioden (23 april til 19 august) ettersom ferieavvikling medfører at færre er tilstede i kontorlandskapet. Med styring etter tilstedeværelse vil enkelte soner derfor ikke ha belysning på. Forskjellen mellom ukedager under og utenom sommerferie er 5,51 Wh/m<sup>2</sup> per døgn i ukedagene.

#### IX. Forskjell mellom 4. etasje del A og resterende kontorandel for Miljøhuset GK:

Ettersom analysen av effektforbruk for lys kun ble gjort for 4. etasje del A vil det være noe forskjeller mellom denne fløyen og resterende kontoravdelinger i bygget. Resultatene fra 4. etasje del A forventes å være representativt for effektforbruk til belysning for resterende kontoravdelinger i bygget.

#### X. Forskjell mellom Miljøhuset GK og andre kontorer:

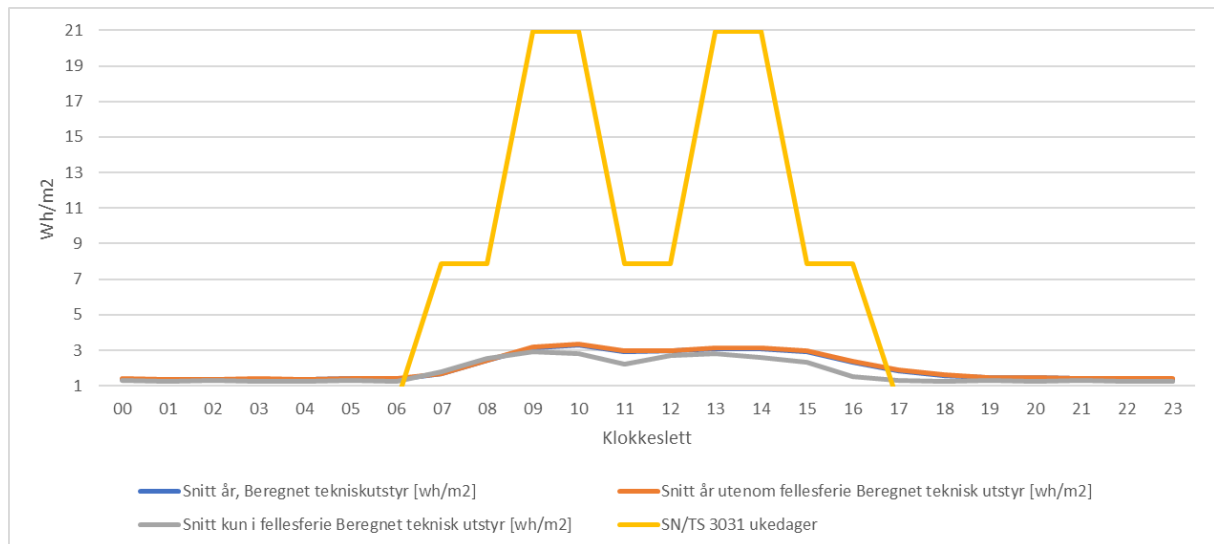
Påliteligheten til resultatene fra miljøhuset GK antas representative for andre kontorbygg av nyere dato. Denne antagelsen baseres på at belysning er mindre effektkrevene enn tidligere og det forventes mer standardisering av reguleringsteknikk til belysning, noe som vil medføre enda lavere effektforbruk.

---

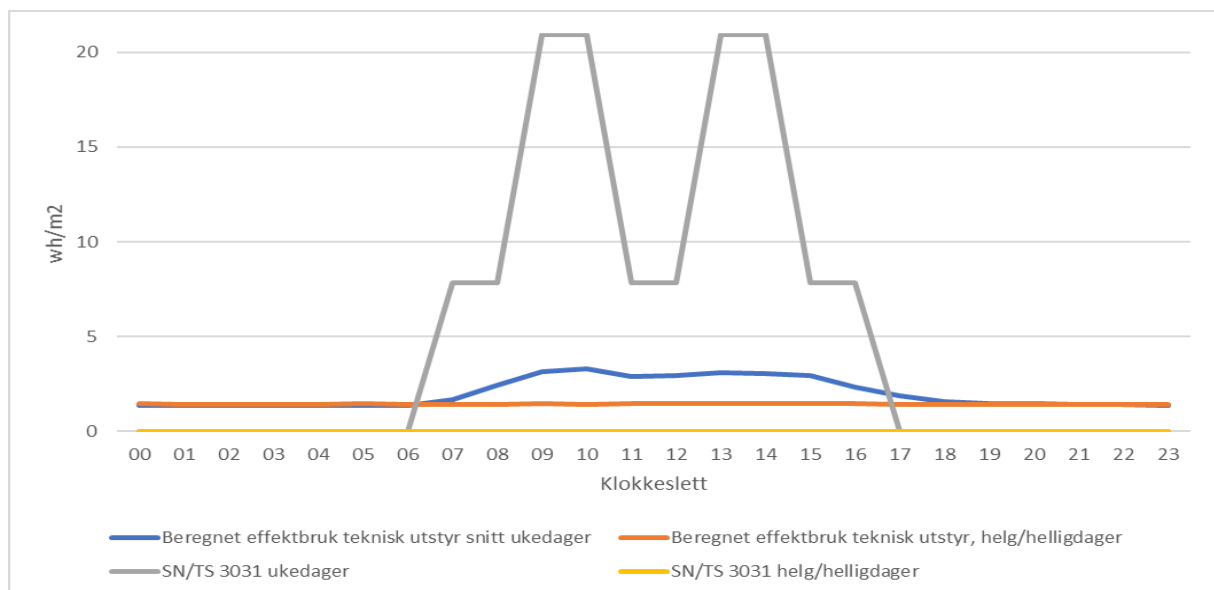
<sup>32</sup> Nøddlys er lys som er merket med nødutgang. Dette står vanligvis på hele tiden og har batteridrift som konstant lades opp.

### 3.2 Resultat av beregnet effektforbruk fra teknisk utstyr

I dette kapitlet presenteres og sammenliknes beregningene fra effektforbruket til teknisk utstyr for 4. etasje del A med NS/TS 3031:2016. Figur 46 og Figur 47 viser resultater både for effektforbruk og driftstider, mens det i Tabell 24 vises summerte wattimer for døgnforbruk.



Figur 46 Sammenligning beregnet effekt for teknisk utstyr snitt ukedager, helg/helligdager og SN/TS 3031:2016 (ukedag og helg/helligdager)



Figur 47 Sammenligning beregnet effekt for teknisk utstyr snitt alle ukedager, ukedager utenom sommerferie, ukedager med sommerferie og SN/TS 3031:2016 (helg/helligdager)

Tabell 24 Sum Wh/m<sup>2</sup> for teknisk utstyr

<b>Beregninger</b>	<b>Beregnet effektbruk teknisk utstyr</b>	<b>NS/TS 3031:2016 ukedager</b>	<b>NS/TS 3031:2016 Helg og helligdager</b>
Snitt ukedager	48,11	130,78	-
Snitt helg/helligdager	34,59	-	0
Snitt ukedager utenom sommerferie	48,62	130,78	-
Snitt ukedager kun sommerferie	42,21	130,78	-

Resultatene viser at Miljøhuset GK ikke følger noen av verdiene fra NS/TS 3031:2016. Dette samsvarer med litteraturstudiet som gir forventning om lavere effekt for teknisk utstyr enn hva NS/TS 3031:2016 forespeiler. Den store forskjellen kommer av at effektforbruk til teknisk utstyr er basert på statistikk fra en utredning gjort av NVE's byggeoperatør i 1998 som er grunnlaget bak Enøk normtall fra 1999 [9].

Fra en svensk studie [13] ble det påvist reduksjon av spesifikk elektrisitetsforbruk fra «øvrige utstyr» fra 15 kWh/m<sup>2</sup> til 13 kWh/m<sup>2</sup> (1990 til 2007). Etersom Miljøhuset GK ble ferdigstilt i 2012 burde effektforbruket til belysning være mindre enn forbruket fra 2007 fordi Miljøhuset GK ble bygget fem år etter 2007. Det samme vil gjelde installert effekt for teknisk utstyr.

I avsnittene under vil generelle kommentarer belyse resultatene og ulikheten mellom standard internlast for teknisk utstyr og resultater fra dette kapitlet.

#### I. Effektforbruket blir aldri null:

Dette kommer av at man har fra tidligere ikke tatt hensyn til at parasitlast<sup>33</sup> vil forbruke strøm etter endt arbeidstid enten gjennom å ha en standbymodus, aktive sensorer eller at personer glemmer å skru av elektriske enheter når de forlater jobb. Enheter med standbymodus kan være datamaskiner, skjermer og skrivere. Det er i tillegg fraregnet effektforbruk til nødlis fra denne elektroniske posteringen for å gi en mer korrekt vurdering av effektforbruket som utelukkende går til teknisk utstyr.

#### II. Det er en jevn økning/reduksjon i effektbelastning i ukedagene:

Dette kan komme av at ansatte har variable arbeidstider og ønsker å starte på ulike tidspunkter jevnt ut over dagen. Samme gjelder ved arbeidsslutt med gradvis reduksjon av effektforbruk ettersom når ansatte velger å gå hjem.

#### III. Lengre overtid enn hva det er estimert.

Det antas at dette kan komme fra at behovet for å jobbe lengre er mye større nå enn hva man tidligere har hatt statistikk på. Det antas at dette kommer av at teknisk utstyr brukes av ansatte som er tilstede, samt at komponentene til sensorene forbruker noe mere strøm ved detektert tilstedeværelse enn om disse hadde vært i standbymodus. Det er også sannsynlig for at Miljøhuset GK fraviker fra standard kontortid med overtiden som er registrert.

<sup>33</sup> Med parasitlast menes effektforbruk av sensorer som er på, trådløse enheter og standbymodus av utstyr.

#### IV. Reduksjon av effektbelastning i lunsjen:

Det er noe reduksjon av effektbelastning under lunsjtid (kl. 11-13), dette kan komme av at teknisk utstyr settes i standbymodus i enkelte deler av kontorsonen der hvor noen har tatt lunsj.

#### V. Total summert wattimer er lavere for ukedager:

Dette kommer av teknisk utstyr i dag er mindre effektkrevenne enn tidligere. I tillegg antas det at man har mer automatikk for at teknisk utstyr settes i standbymodus enn tidligere.

#### VI. Helg og helligdager har effektforbruk:

Ettersom det er mye mer sensorer i bygg i dag vil parasittlasten medføre at effektforbruket aldri går mot null i helger og helligdager. Disse lastene kommer fra aktive sensorer og teknisk utstyr som enten er glemt å skrues av eller er i standbymodus. I tillegg antas det at det er noe behovet for overtid i helgene som fra standarden ikke har tatt hensyn til fra tidligere. Det er også sannsynlig for at Miljøhuset GK fraviker fra standard kontortid med overtiden i helgene.

#### VII. Mindre effektforbruk i sommerferien:

Det er noe mindre effektforbruk i ukedagene gjennom sommerferieperioden (23 april til 19 august). Dette kommer av at ferieavvikling medfører at færre er tilstede i kontorlandskapet. Det antas at under ferieavvikling vil mer teknisk utstyr slås helt av fremfor å være i standbymodus. Forskjellen mellom ukedager under og utenom sommerferie er 6,41 Wh/m<sup>2</sup> per døgn i ukedagene.

#### VIII. Forskjell mellom 4. etasje del A og resterende kontorandel for Miljøhuset GK:

Ettersom analysen av effektforbruk for lys kun ble gjort for 4. etasje del A vil det være noe forskjeller mellom denne fløyen og resterende kontoravdelinger i bygget. Resultatene fra 4. etasje del A forventes å være representativt for effektforbruk fra teknisk utstyr for de resterende kontoravdelinger i bygget.

#### IX. Forskjell mellom Miljøhuset GK og andre kontorer:

Påliteligheten til resultatene fra miljøhuset GK antas representative for andre nye kontorbygg. Denne antagelsen baseres på at teknisk utstyr er mindre effektkrevenne enn tidligere og det forventes at gjennom standardisering av smartstyring av enheter vil effektforbruket gå ned, selv om det vil være mer av parasittlasten i fremtiden. Med parasittlasten menes effektforbruk av sensorer som er på, trådløse enheter og standbymodus av utstyr.

### 3.2.1 Forskjell fra teknisk utstyr mellom romnivå kontor og snitt bygningsnivå

I dette delkapittelet presenteres forskjeller mellom forbruk fra teknisk utstyr mellom romnivå for alle kontorer og gjennomsnitt for hele bygget. Dette gjøres for å følge opp Arnkell Petersen (se kapittel 1.2.1) sin bemerkning om at internlaster for bygninger utgjør arealvektet snitt fra alle romtyper.

For denne analysen er det er valgt å se på to rom; IKT-/serverrom og kantine/kjøkken. Årsaken til å kun basere seg på disse rommene er at Lindinspec kun logger egne strømkurser for disse rommene<sup>34</sup>. Dette delkapittelet vil presentere IKT-/serverrom først, dernest kantine/kjøkken. Det brukes følgende arealer til denne analysen:

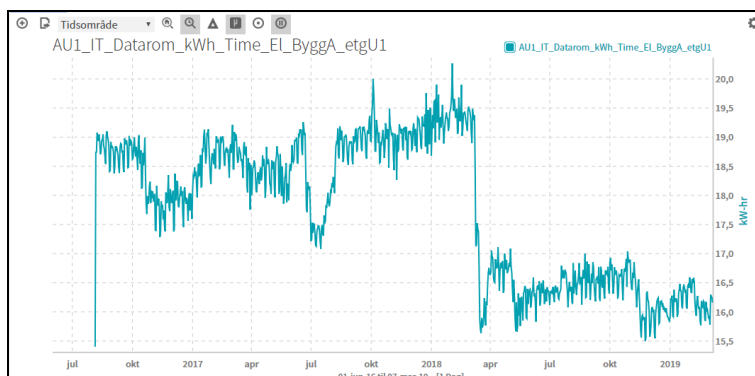
Tabell 25 Arealer til bruk i analyse for arealvektet gjennomsnitt for teknisk utstyr

<b>Del av bygget</b>	<b>Arealer m<sup>2</sup></b>
Kontor hele bygget	7108,72
Kjøkken/kantine	560,20
IKT/serverrom	26,70

#### IKT/serverrom:<sup>35</sup>

I Figur 48 vises effektforbruket i kWh for datarommet i en periode over 2 ½ år. Det ble i 2018 gjennomført en større utskifting av komponenter til Miljøhuset GKs IKT-/serverrom<sup>36</sup>.

Skal det gjøres noen analyser for datarom til andre fremtidige prosjekter er det verdt å merke seg at forbruket mellom nyere og eldre komponenter installert i slike rom kan variere mye, og analyser vil påvirkes av alderen til datakomponentene. For dette delkapittelet er det kun valgt å benytte forbruket fra 2017 (høyere forbruk enn 2018) for å se om dette analyser med dette vil tilnærme seg bygningsgjennomsnitt for teknisk utstyr etter NS/TS 3031:2016.



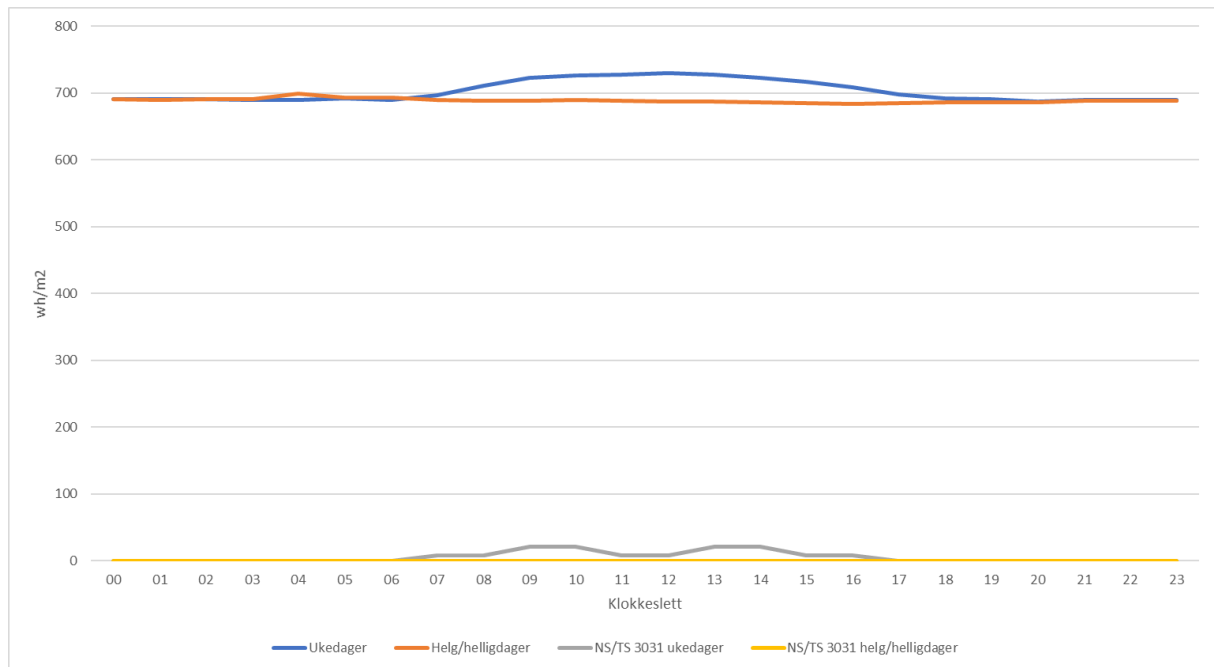
Figur 48 Skjermdump fra dataanlegg. Elektrisk forbruk for datarom i kWh

<sup>34</sup> Unntaket for dette gjelder 4. etasje del A, som utgjør hoveddelen av alle analyser i rapporten.

<sup>35</sup> Tilleggskommentar for datasettet: Fra 2017 kan man se sommerferie, ikke like enkelt for 2018. I tillegg er det lett å se at effektforbruk i helgene er lavere enn i ukedagene.

<sup>36</sup> Bekreftet fra GK den 7. mars 2019 (mail).

I Figur 49 presenteres både effektforbruk og driftstider for IKT/serverrommet, mens det er i Tabell 26 vist summerte Wattimer for døgnbruk. Effektforbruk for IKT/Datarom etter klokkeslett vises på tabellform i Vedlegg W og Vedlegg X. Som det kan leses av både i graf og tabell er det ekstreme forskjeller for rommene hvis man lager et gjennomsnitt etter romtype (Wh/m<sup>2</sup>).



Figur 49 Effektforbruk datarom, ukedager, helg/helligdager opp mot kontor, teknisk utstyr NS/TS 3031:2016

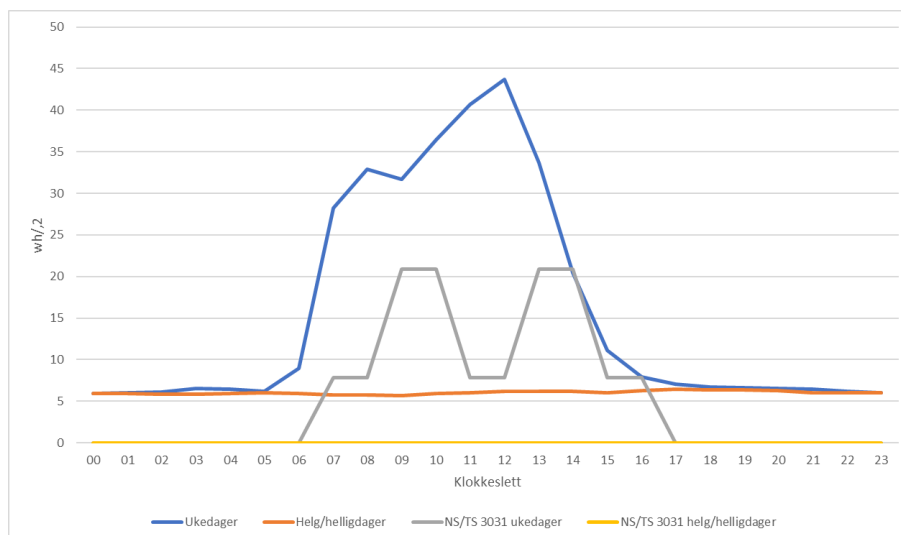
Tabell 26 Summert Wh/m<sup>2</sup> datarom, ukedager, helg/helligdager opp mot kontor, teknisk utstyr NS/TS 3031:2016

Case	Sum Wh/m <sup>2</sup>
Snitt ukedager, IKT/serverrom	16856,63
Snitt helg/helligdager, IKT/serverrom	16530,01
Snitt ukedager, kontor	48,11
Snitt helg/helligdager, kontor'	34,59
NS/TS 3031 ukedager	130,78
NS/TS 3031 helg/helligdager	0

#### Kjøkken/kantine:<sup>37</sup>

I Figur 50 presenteres både effektforbruk og driftstider for kantine/kjøkken, mens det i Tabell 27 vises summerte Wattimer for døgnbruk. Effektforbruk for kantine/kjøkken etter klokkeslett vises på tabellform i Vedlegg Y og Vedlegg Z. Som det kan leses av både i graf og tabell er det store forskjeller for rommene hvis man lager et gjennomsnitt etter romtype (Wh/m<sup>2</sup>).

<sup>37</sup> Tilleggskommentar for datasettet: Det antas at kantinepersonell bruker tid til å forberede mat som resulterer i økt effektforbruk før lunsj. Toppforbruk klokken 12 antas kommer fra at øvrige ansatte bruker kjøkkenutstyr som for eksempel toaster, mikrobølgeovn, brusmaskiner etc.



Figur 50 Effektforbruk kantine/kjøkken, ukedager, helg/helligdager opp mot kontor, teknisk utstyr NS/TS 3031:2016

Tabell 27 Summert Wh/m<sup>2</sup> kantine/kjøkken, ukedager, helg/helligdager opp mot kontor, teknisk utstyr NS/TS 3031:2016

Case	Sum Wh/m <sup>2</sup>
Snitt ukedager, kantine/kjøkken	378,56
Snitt helg/helligdager, kantine/kjøkken	144,81
Snitt ukedager, kontor	48,11
Snitt helg/helligdager, kontor'	34,59
NS/TS 3031 ukedager	130,78
NS/TS 3031 helg/helligdager	0

Arealvektet snitt med kontorer, IKT/serverrom og kantine/kjøkken:

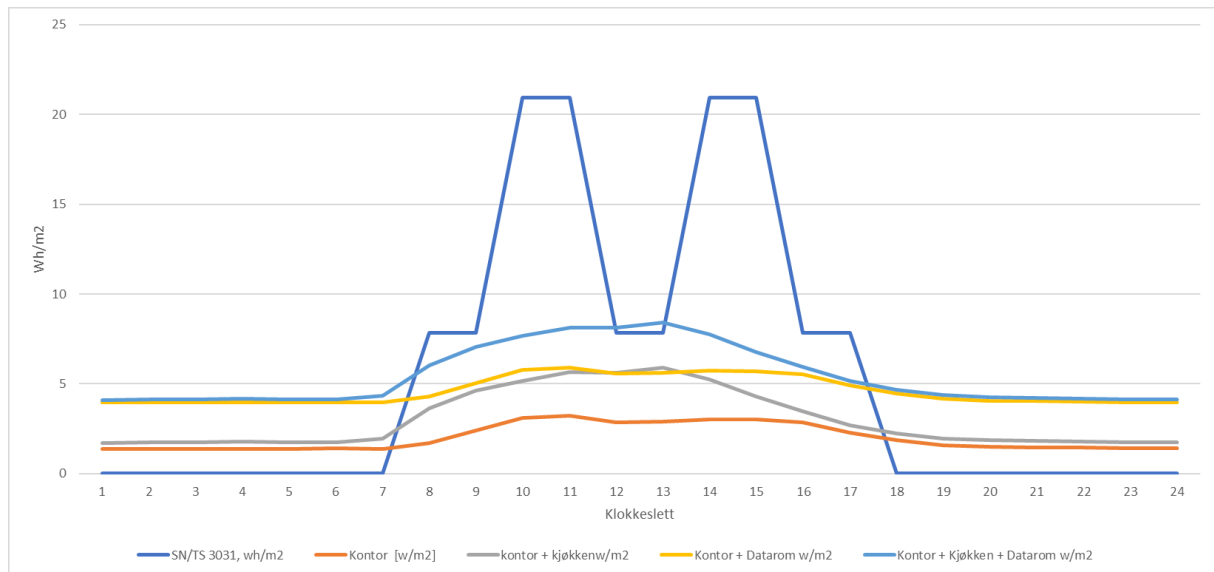
I Figur 51 presenteres både effektforbruk og driftstider for snitt romtyper, mens det i

Tabell 28 er vist summerte wattimer for døgnforbruk. Effektforbruket for gjennomsnitt bygget etter klokkeslett vises på tabellform i Vedlegg Æ og Vedlegg Ø. Som det kan leses av både i graf og tabell vil man ved å kalkulere et bygningsgjennomsnitt oppnå noe mer tilnærmede verdier etter NS/TS 3031:2016. For ukedager vil sum Wh/m<sup>2</sup> bli lik som standarden stipulerer mens det i helg/helligdager enda er effektforbruk.

Resultatene følger samme trend som romnivå for kontor forøvrig<sup>38</sup>, men vil ikke være representative for alle bygg. Dette skyldes at ikke alle kontorer har kantine med kjøkken eller IKT-/serverrom. Det vil være slike energikrevende rom som vil medføre en tilnærming til NS/TS 3031:2016. Gjennomsnittlige verdier for bygningsnivå vil påvirkes avhengig av hvor gamle datakomponenter som er installert på IKT-/serverrommet.

<sup>38</sup> Resultater for kontorer og diskusjon har blitt diskutert i sin helhet i kapittelet 3.2

Resultatene viser også til at man vil over- og underdimensjonere rom for effektbehov dersom man ikke tar hensyn til at romtyper vil ha ulike faktiske effektbehov. Resultatene illustrerer også til at man vil over- og underdimensjonere alle rom for effektbehov hvis det kun baserer seg på et gjennomsnitt for hele bygget. Det bør tas hensyn til at ulike rom har ulikt effektbehov.



Figur 51 Effektforbruk arealvektet snittverdier for ukedager, opp mot kontor, teknisk utstyr NS/TS 3031:2016

Tabell 28 Summert Wh/m<sup>2</sup> ukedager, opp kontor, teknisk utstyr NS/TS 3031:2016

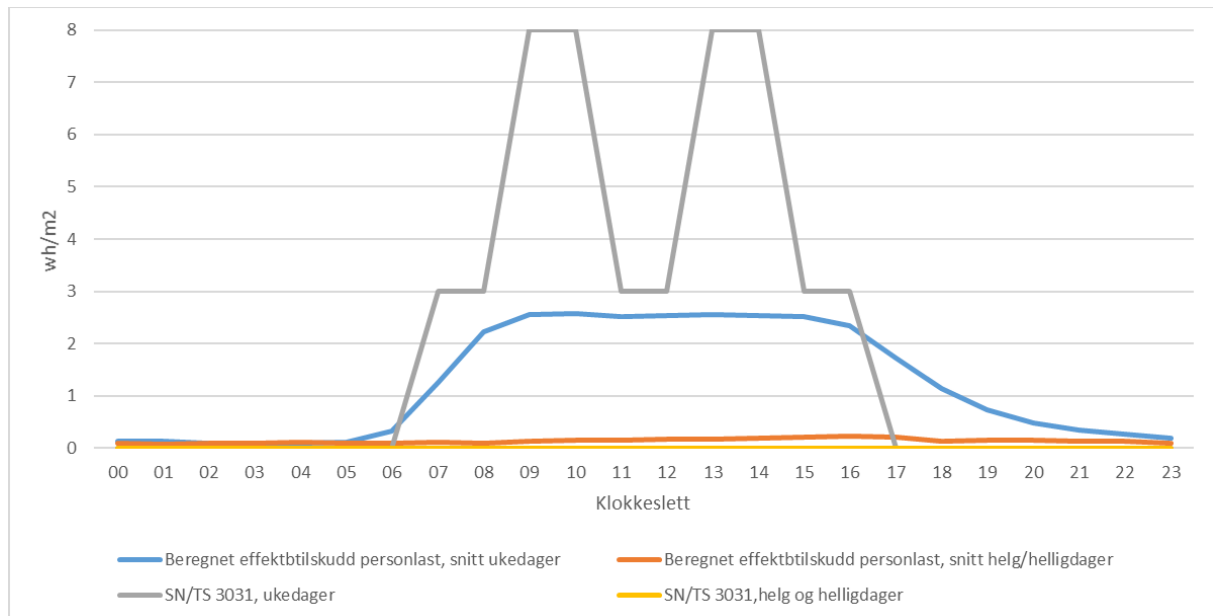
Case	Sum Wh/m <sup>2</sup>
Snitt ukedager, gjennomsnitt bygg	130,48
Snitt helg/helligdager, gjennomsnitt bygg	99,85
Snitt ukedager, kontor	48,11
Snitt helg/helligdager, kontor	34,59
NS/TS 3031 ukedager	130,78
NS/TS 3031 helg/helligdager	0



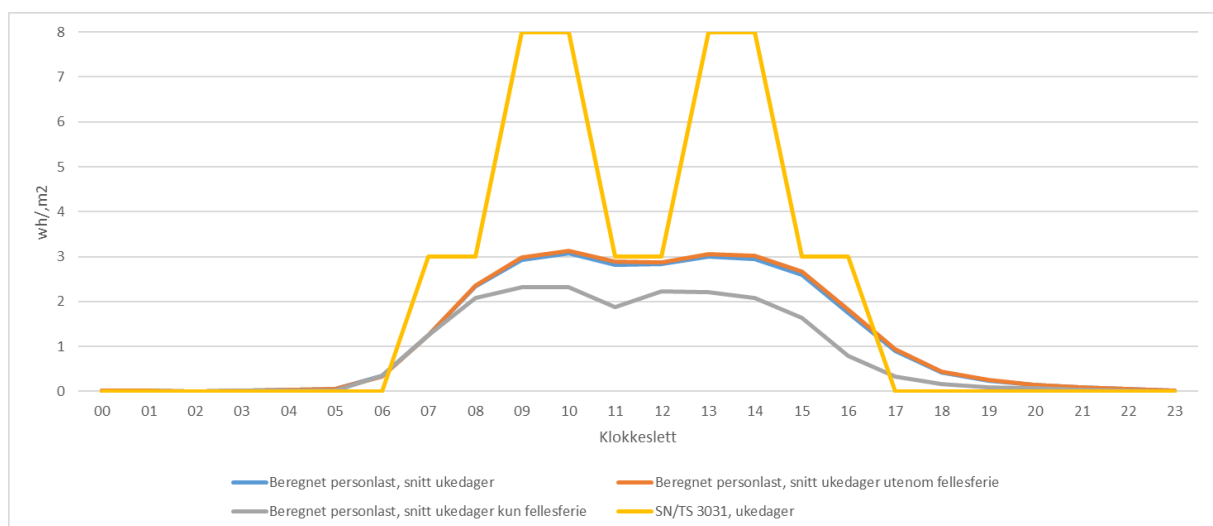
### 3.3 Resultat av beregnet effekt fra personbelastning

I dette kapitlet presenteres og sammenlignes effektilskudd fra effektilskudd fra personer for alle kontorer i Miljøhuset GK med NS/TS 3031:2016. Figur 52 og Figur 53 viser resultater både for effektforbruk og driftstider, mens det i

Tabell 29 vises summerte wattimer for døgnforbruk. Denne tabellen viser både snitt hele beregningen, men også snitt dersom man kun summerer effektilskudd fra personer etter 1 prosent eller mer for tilstedeværelse<sup>39</sup>.



Figur 52 Sammenligning personbelastning per areal kontordel, mandag-fredag utenom helligdager



Figur 53 Sammenligning personbelastning per areal kontordel, lørdag-søndag med helligdager

<sup>39</sup> Dette gjøres med hensyn på at det alltid er registrert tilstedeværelse fra sensorene. Det forskutteres at dette har med feillogging, hvorav det antas at dersom det er registrert over en prosent tilstedeværelse er det faktiske okkuperer i kontorene.

Tabell 29 Sum Wh/m<sup>2</sup> for effektilskudd fra personer

<b>Beregninger</b>	<b>Beregnet effektilskudd personer</b>	<b>NS/TS 3031:2016, ukedager</b>	<b>NS/TS 3031:2016 helg</b>
<i>Ukedager, snitt hele året</i>	27,89	50	-
<i>Ukedager, snitt hele året, kun tilstedeværelse over 1 %</i>	27,68	50	-
<i>Helg og helligdager</i>	0,66	-	0
<i>Helg og helligdager, kun tilstedeværelse over 1 %</i>	0,18	-	0
<i>Ukedager, utenom sommerferie</i>	28,51	50	-
<i>Ukedager, utenom sommerferie, kun tilstedeværelse over 1 %</i>	27,95	50	-
<i>Ukedager, kun sommerferie</i>	19,94	50	-
<i>Ukedager, kun sommerferie, kun tilstedeværelse over 1 %</i>	19,81	50	-

Det er fra litteraturstudiet gjort en antagelse at dagens effektilskudd fra personer kommer fra veileder til NS 3032:1984 hvorav 75 W/Person antas videreført i nyere normtall og standardrevisjoner. Resultatene viser til at Miljøhuset GK ikke følger noen av verdiene som NS/TS 3031:2016 forespeiler<sup>40</sup>. Økning i vekt og høyde resulterer i økning av kroppsareal som dermed gir høyere effektilskudd fra personer (tørrvarme) etter Fanger's formel. Videre i litteraturstudiet ble det avdekket at metabolisme har vært noe overestimert enn tidligere antatt, noe som medfører at effektilskudd fra personer vil bli noe mindre etter Fanger's formel. Likeså er det påvist økning av effektilskudd fra personer gjennom et beregningseksempel (se kapittel 1.4.4) som overstiger 75 W per person.

Fra Miljøhuset GK ble det påvist lav gjennomsnittlig tilstedeværelse<sup>41</sup> (maks ca. 53 prosent). Dette er lavere enn hva som beregnes etter passivhusstandarden (NS 3701) som anslår 65 prosent<sup>42</sup> tilstedeværelse for primærarealer.

I avsnittene under vil generelle kommentarer belyse resultatene og ulikheten mellom standard internlast for personvarme (tørrvarme) og resultatene fra dette kapittelet;

#### I. Personer kommer tidligere til arbeid enn antatt i ukedagene:

Dette kan komme fra flere ulike grunner som; Vaskepersonell ønsker å jobbe før de kontoransatte kommer, ansatte begynner tidligere på dagen enn det er estimert for, statistisk grunnlag for kontortid kan fra gammel av være feilaktig og/eller mangelfulle. Det er også sannsynlig for at Miljøhuset GK fraviker fra standard kontortid.

<sup>40</sup> I tillegg viser resultatet at man ligger under 4 W/m<sup>2</sup> som er som er varmetilskudd for personer etter passivhusstandarden (NS 3701:2012)

<sup>41</sup> Se kapittel 2.4.1 for beregninger av tilstedeværelse.

<sup>42</sup> Dette gjelder i hovedsak for beregning av energibehov for behovsstyrt ventilasjon og belysning. Det antas at dette kan også benyttes for å kalkulere maks tilstedeværelse for persontetthet.

## II. Det er en jevn økning/reduksjon i effektilskudd i ukedagene:

Dette kan komme av at ansatte har variable arbeidstider og ønsker å starte på ulike tidspunkter jevnt ut over dagen. Samme gjelder ved arbeidsslutt med gradvis reduksjon av effektforbruk ettersom når ansatte velger å gå hjem.

## III. Lengre overtid enn hva det er estimert.

Det antas at dette kan komme fra at behovet for å jobbe lengre er mye større enn hva man tidligere har hatt statistikk for. Det er også sannsynlig for at Miljøhuset GK fraviker fra standard kontortid med overtiden som er registrert.

## IV. Reduksjon av effektilskudd i lunsjen:

Det er noe reduksjon av effektbelastning under lunsjtid (kl. 11-13), dette kan komme av at tilstedeværelsesdetektorene registrerer fravær i enkelte deler av kontorsonene der hvor noen har tatt lunsj.

## V. Total summert wattimer er lavere for ukedager:

Det antas av at dette kommer av at prosjekterende tilstedeværelse ikke samsvarer med faktisk tilstedeværelse. Det kan komme fra at Miljøhuset GK fraviker fra standard kontortider sammenlignet med andre bygg.

## VII. Mindre effektilskudd midt på dagen:

Det er påvist at personvarmeavgivelse går ned midt på dagen når den operative temperaturen i kontorene er høyest. Dette vil gi noe utslag på beregnet effektilskudd fra personer ved maks effektilskudd midt på dagen. Siden ingen kilder har påvist når på dagen og ved hvilke temperaturer beregningene for gjennomsnittlige personvarme (tørrvarme) er gjort for, så er det vanskelig å vurdere egne beregninger opp mot andre resultater. Avslutningsvis ønskes det å påminne at Miljøhuset GK benytter overtemperert tilluft som oppvarmingssystem. Dette vil påvirke resultatene sammenlignet med andre bygg som har mer tradisjonelle varmesystemer og lavere tilluftstemperaturer. Varmere tilluftstemperaturer vil gi andre resultater når man bruker Fanger's metode for å regne på effektilskudd fra personer (tørrvarme).

## VIII. Helg og helligdager har effektilskudd.

Det antas at dette kommer av at behovet for overtid i helgene ikke er tatt hensyn til fra tidligere. Det er også sannsynlighet for at Miljøhuset GK fraviker fra standard kontortid. Det kan også være noe feilloggede verdier fra tilstedeværelse ettersom sensorene kan registrere falske verdier når det ikke er noen personer i sonen.

## IX. Mindre effektforbruk i ukedagene under sommerferien:

Det er noe mindre effektforbruk i ukedagene under sommerferien (23. april til 19. august). Dette kommer av at ferieavvikling medfører at færre er tilstede i kontorlandskapet. Forskjellen mellom ukedager under og utenom sommerferie er 8,14 Wh/m<sup>2</sup> per døgn i ukedagene.

## X. Forskjell mellom Miljøhuset GK og andre kontorer:

Påliteligheten til resultatene fra Miljøhuset GK antas kan være representative for kontorbygg. Antagelsen baserer seg på at statistikk fra tidligere er mangelfulle, noe som gjør vurderinger opp mot hverandre vanskelig. Det som kan være stor forskjell er vedvarende tilstedeværelse. Miljøhuset GK har en del servicearbeidere som er ute på oppdrag. Dette kan være årsaken til den lave tilstedeværelsen sammenlignet med et kontorbygg som utelukket har faste ansatte som ikke jobber utenom bygget. I tillegg kan Miljøhuset GK sitt varmesystem gjennom overtemperert tilluft ha innvirkning på beregning av personvarme (tørrvarme) sammenlignet med andre kontorer som bruker mer normerte temperaturer for tilluft.

#### XI. Feillogging fra Lindinvent tilstedeværelse:

Ettersom tilstedeværelse blir logget av Lindinvent kan resultatene være påvirket av at det er feil fra sensorene. Dette kan enten gjelde at bevegelsesdetektorene mislykkes i å oppdage okkupanter hvis bevegelsene ikke er store nok, noe som kan være tilfelle med for eksempel stillesittende kontorarbeid [39]. I tillegg kan det være forsinkelser fra signalene for aktivering og/eller deaktivering [39] som kan bety at når en person forlater en kontorzone, så registrerer systemet at det enda er noen tilstede her. Selv om dette er en mulighet er antallet detektorer som er blitt brukt i analysen såpass omfattende at det disse problemene kan antas som neglisjerbare.

#### Mer eksakte beregninger for tørrvarmeavgivelse fra personer bør gjøres:

Ettersom beregningene for effekttilskuddet fra personer er basert på forenklinger bør det gjennomføres grundigere kalkuleringer. Det ble gjort antagelse om at strålingstemperatur (som brukes i Fangers metode) er beregnet med at temperatursensor under Lindinvent aktive tilluftsventiler registrerer rommets operative temperatur. Det bør gjøres studie for å undersøke om denne type temperatursensor registrerer luft, strålings- eller operativtemperatur.

En forenkling som ble gjort med selve kalkuleringen av Fangers metode er å benytte et program som kalkulerer et tilfelle med inndata. Forenklingen baserer seg på å kalkulere gjennomsnittsverdier for temperaturer etter timesverdier. Det ble gjort i alt 96 kalkuleringer gjennom denne approksimasjonen. For beregne mer nøyaktige bør det kalkuleres først for alle 8760 timer i året og dernest lage gjennomsnittsverdier for timesverdier. Årsaken til at dette ikke ble gjort for dette prosjektet er begrensning i forståelse av programmering ettersom Fangers metode krever itereringer. Programmet laget av Manuel Gameiro da Silva<sup>43</sup> ble brukt for å kompensere for manglende kunnskap i programmering.

---

<sup>43</sup> [Programmet heter DEM-FCTUC.](#)

### 3.4 Resultat av CO<sub>2</sub> og tilluftsmengdeberegnet tilstedeværelse

I dette kapitlet presenteres og sammenliknes følgende: Regresjonsanalyse for tilstedeværelse etter CO<sub>2</sub> og tilluftsmengder med Lindinvent aktive tilluftsventiler<sup>44</sup>, samt sammenligning tilstedeværelse fra Lindinvent aktive tilluftsventiler. Resultatene presenteres samlet på neste side fra Figur 54 til og med Figur 57.

Resultatene viser til at ved høyere regresjon ( $R^2$ -verdi) gir dette bedre approksimasjoner for tilstedeværelse. For åpne kontorlandskap (2. til 4. etasje) varierer regresjonen mellom 0,8304 til 0,9406. Beregningene for femte etasje har den laveste regresjonen ( $R^2$ -verdi) på 0,0754. Dette kommer av at CO<sub>2</sub>-sensoren ikke vil klare å registrere nivåer fra de lukkede møterommene og cellekontorene.

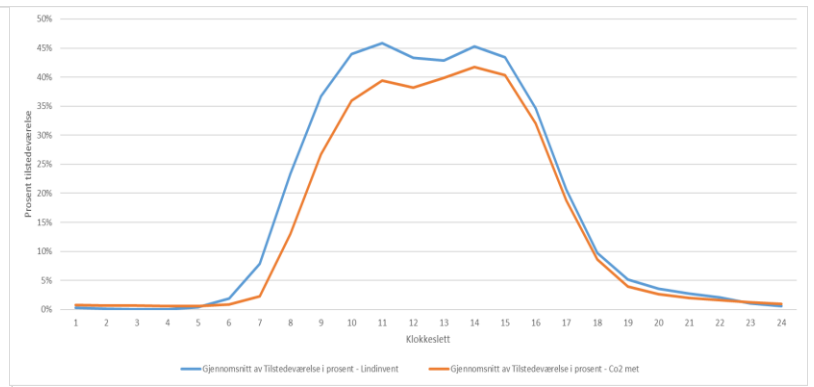
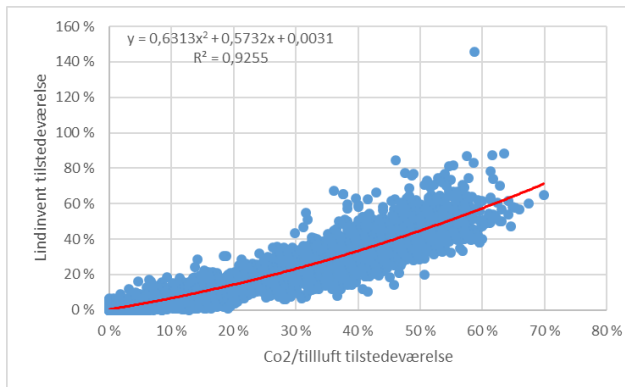
Slik resultatene viser til er det knyttet stor usikkerhet med å beregne tilstedeværelse med denne metoden. Dette kommer av at CO<sub>2</sub>-sensoren som ble brukt i beregningene er plassert ugunstig til i et hjørne av kontorlandskapet. I tillegg har det kun vært mulig å bruke inndata fra en sensor for hver etasje, noe som ikke vil gi et korrekt CO<sub>2</sub>-nivåer for hele kontoret. Dette vises best for 5. etasje som har lav andel åpne kontorlandskap.

Hvis man skal beregne tilstedeværelse etter denne metoden, så må det undersøkes nærmere om nøyaktigheten til beregningene blir bedre med flere sensorer sprett ut i sonene. Dette ville gitt mer korrekt gjennomsnittlig CO<sub>2</sub> til inndata for formlene som er beskrevet i kapittel 2.4.1.1.

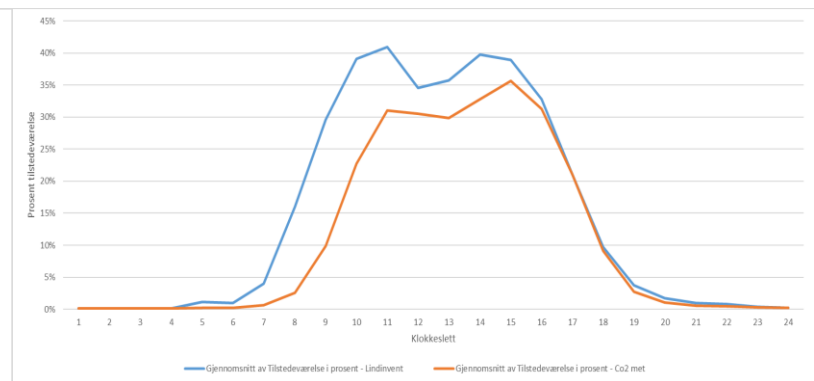
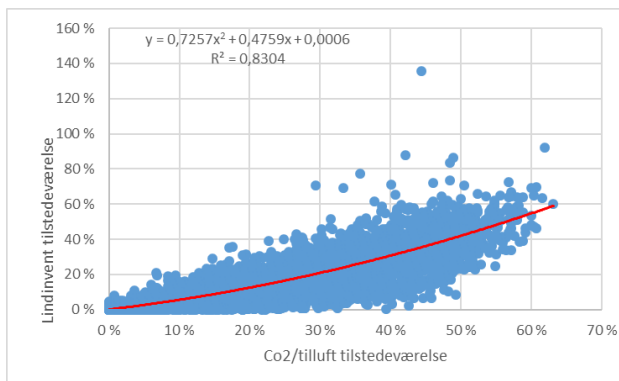
Potensialet for denne beregningsmetoden (gitt verifisering med god plasseringer av sensorer) er at kostnadene for enkle CO<sub>2</sub>-sensorer er lavere enn å installere hele systemer som eksempelvis Lindinvent aktive tilluftsventiler. Beregningsmetode med CO<sub>2</sub> og tilluft kan bidra med å kartlegge tilstedeværelser for alle typer bygninger som ikke har installert tilstedeværelsessensorer.

---

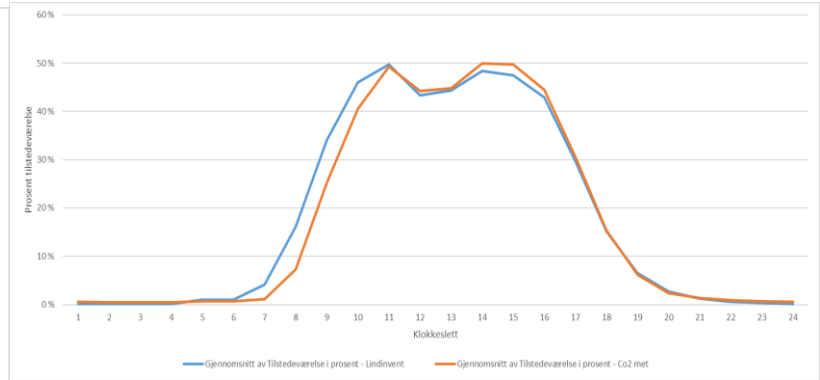
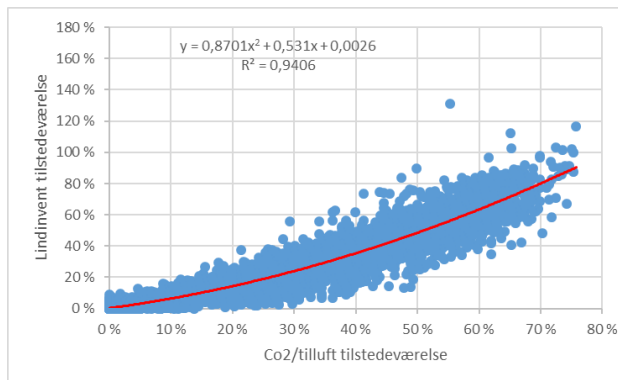
<sup>44</sup> Hensikten med dette delkapitlet er eget ønske om å se om det er andre måter å beregne tilstedeværelse med inndata fra Miljøhuset GK. Dette kapitlet må leses som supplerende ut over oppgavens hovedtema.



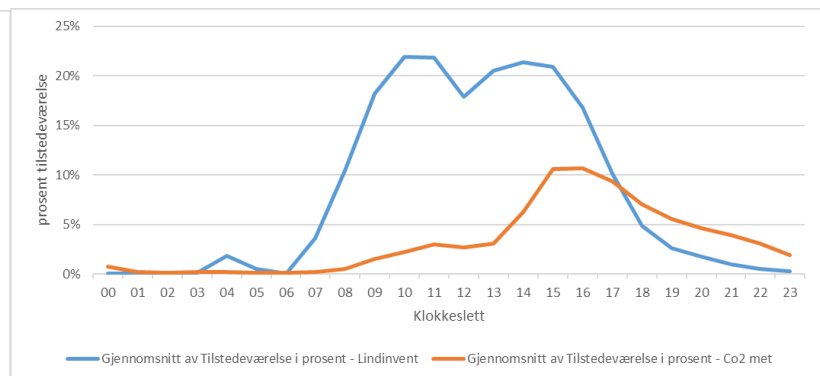
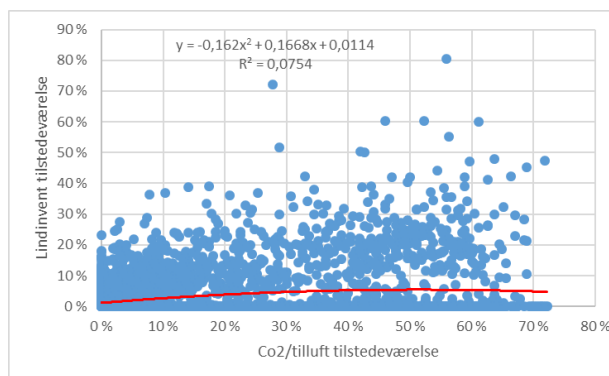
Figur 54 Regresjonsanalyse og tilstedeværelse for 2. etg del C i ukedager



Figur 55 Regresjonsanalyse og tilstedeværelse for 3. etg del C i ukedager



Figur 56 Regresjonsanalyse og tilstedeværelse for 4. etg del C i ukedager



Figur 57 Regresjonsanalyse og tilstedeværelse for 5. etg del C i ukedager

### 3.5 Resultat fra energisimuleringer

I dette delkapittelet vises det til resultatforskjeller fra gjennomførte energisimuleringer med IDA ICE. Alle beregningsmodellene er bygd opp med identiske inputdata, eneste forskjell er ulike internlaster:

- I. Standard verdier etter NS/TS 3031:2016,
- II. Snitt ukedag og helg/helligdager for hele året,
- III. Snitt ukedag utenom sommerferie, snitt ukedager kun i sommerferie og helg/helligdag

I Tabell 30 kan det leses av at dimensjonerende kjøleeffekt er halvert ved å bruke realistiske internlaster i simuleringer. Dette er en indikator på at man overdimensjonerer kjøleanlegget. I og med at simuleringen er gjort med klimadata for Oslo 2018 antas det at kjølebehovet vil være høyere i 2018 sammenlignet med en sommer som følger enn noe mer normert klima. For simuleringen som tar hensyn til ferieavvikling i sommeren (23. juli til 19. august) er kjølebehovet økt med 0,5 kWh. Dette er en marginal forskjell som anses neglisjerbart sammenlignet med snitt hele året.

Det dimensjonerende varmebehovet har økt med ca. 1,5 kWh med å bruke realistiske internlaster i simuleringer. Dette skyldes at man innregner mindre varmetilskudd som må komme fra andre varmekilder. Dette kan indikere at man underdimensjonerer varmeanlegg. For simuleringen som tar hensyn til ferieavvikling i sommeren (23. juli til 19. august) er varmebehovet redusert med 0,02 kWh. Dette er en marginal forskjell som anses neglisjerbart sammenlignet med snitt hele året.

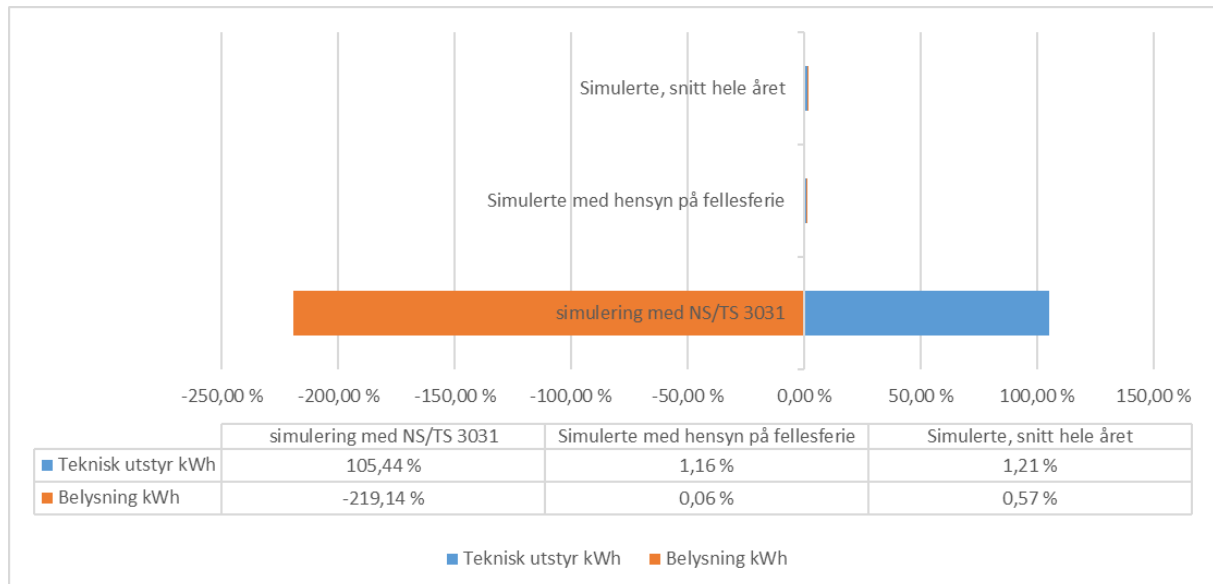
Viftepådraget er blitt redusert med ca. 790 kWh ved å bruke realistiske internlaster i simuleringer. Dette indikerer at pådraget bruker mere energi ved høyere internlaster. For simuleringen som tar hensyn på ferieavvikling i sommeren (23. juli til 19. august) er viftepådraget redusert med 25 kWh. Dette er en noe større forskjell som vil gi energibesparelser i simuleringer og kan medføre enklere godkjenning av krav til energieffektivitet.

Det er tilnærmet ingen forskjell mellom maks PPD mellom internlaster etter NS/TS 3031:2016 og beregnede internlaster.

Tabell 30 Sammenligning maks kW kjølebehov, maks kW varmebehov, kWh viftepådrag og maks PPD

Case	Max kW AHU Cooling	Max kW AUH heating	Fans, kWh	Max PPD,%
Simulering med NS/TS 3031	24,88	22,28	4441,8	23,47
Simulerte med hensyn på sommerferie	11,70	23,88	5233,1	21,92
Simulerte med snitt hele året	11,65	23,90	5258,1	23,10

I Figur 31 (les også Tabell 31) vises prosentvis forskjell mellom simulerte summerte kWh for teknisk utstyr og belysning opp mot faktisk forbruk. Ved å bruke standard internlaster etter NS/TS 3031 overdimensjoneres det for 105 prosent for mye for effektforbruk fra teknisk utstyr og det underdimensjoneres med 219 prosent for mye effektforbruk til belysning. Ved å bruke realistiske internlaster oppnår man tilnærmet lik forbruk for teknisk utstyr (ca. 1 prosent) og for belysning (ca. 0,5 prosent). For simuleringen som tar hensyn til ferieavvikling i sommeren (23. juli til 19. august) er forskjellen neglisjerbare sammenlignet med snitt hele året.



Figur 58 Prosentvise forskjeller mellom simulerte internlaster

I Tabell 31 vises det summerte kWh for okkupanter, teknisk utstyr og belysning. Det er i avsnittet ovenfor vist til prosentvise forskjeller for tallene. Effektilskudd fra personvarme gir ca. 1800 kWh for mye ved å bruke standard internlaster etter NS/TS 3031 sammenlignet med beregnede. Det er tilnærmet ingen forskjell i summert kWh for okkupanter mellom simuleringer som tar hensyn til sommerferie sammenlignet med beregnet snitt for hele året.

Ved å bruke realistiske internlaster vil man oppnå bedre vurderinger av livsløpskostnader gjennom at effektforbruket er mer korrekt for nåverdianalyser.

Tabell 31 Forskjeller mellom simulerte internlasters betydning for sum kWh okkupanter, teknisk utstyr og belysning

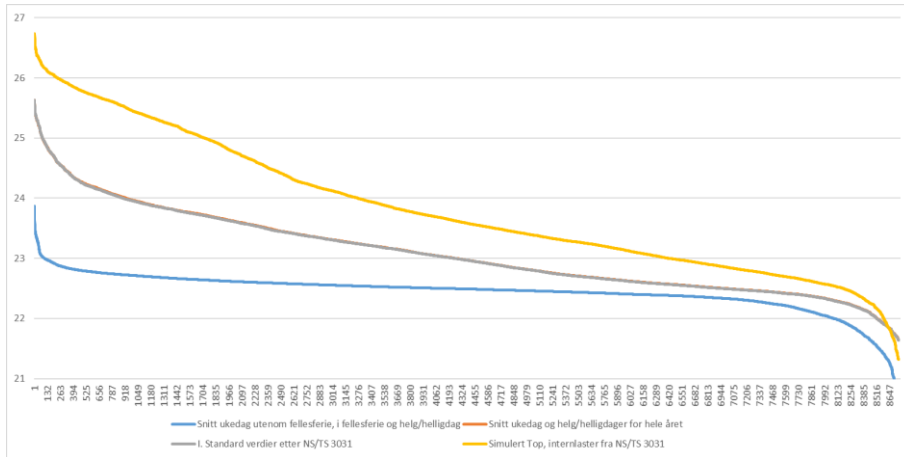
Case	Okkupant kWh	Teknisk utstyr kWh	Belysning kWh
Faktiske målte verdier	<sup>45</sup>	8 012,0 <sup>46</sup>	4 292,10
Simulering med NS/TS 3031	4 117,30	16 406,30	1 344,90
Simulerte med hensyn på sommerferie	2 276,00	8 105,40	4 289,60
Simulerte med snitt hele året	2 285,40	8 109,00	4 316,60

<sup>45</sup> Kan ikke kontrolleres i virkeligheten. Derfor er denne verdien satt lik null.

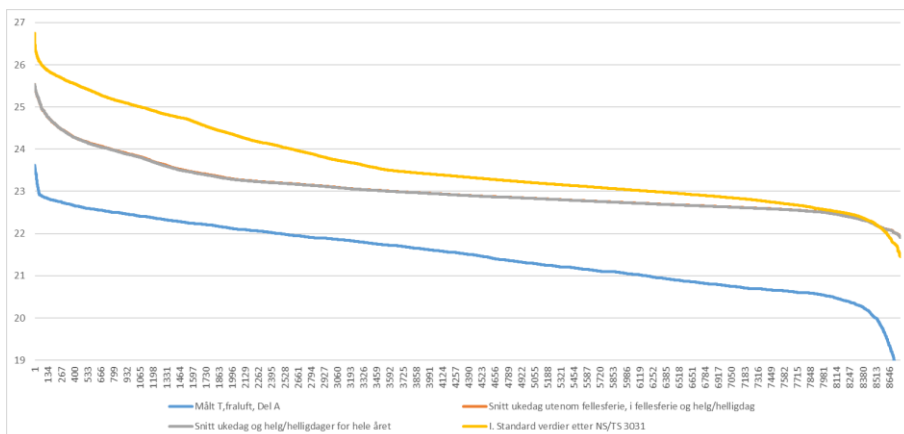
<sup>46</sup> I utregning av denne er det trukket fra nødlis og skrivebordslys.



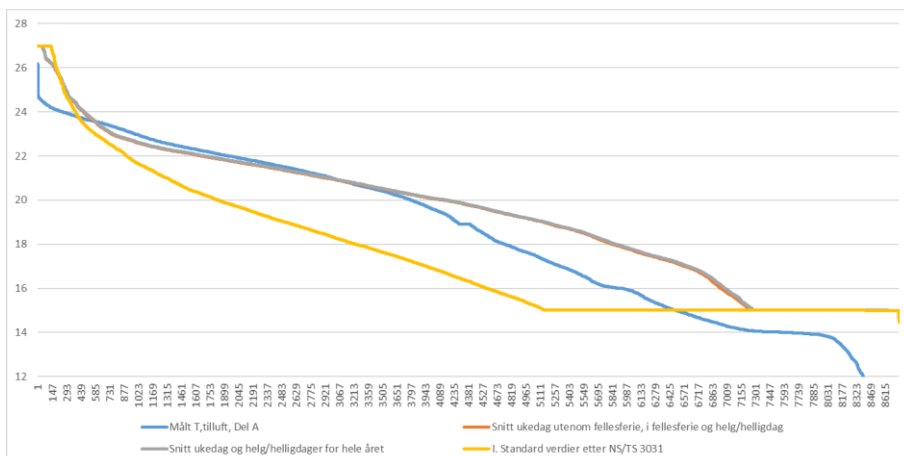
I påfølgende figurer (fra Figur 59 til og med Figur 61) vises det varighetskurver for operativtemperatur, fraluftstemperatur og tilluftstemperatur. Alle figurene viser samme trend med at de simulerte temperaturene korresponderer nærmere faktisk målt temperatur. Det er tilnærmet ingen forskjell mellom simuleringene for snitt ukedag og helg/helligdager for hele året opp mot snitt ukedag utenom sommerferie, i sommerferie og helg/helligdag.



Figur 59 Varighetskurve for mellom målt operativ temperatur og simulert operativ temperatur



Figur 60 Varighetskurve for mellom målt fraluftstemperatur og simulert fraluftstemperatur



Figur 61 Varighetskurve for mellom målt tilluftstemperatur og simulert tilluftstemperatur

## 4 Konklusjon

I dette kapittelet vil punktlisten fra kapittel 1.1 diskuteres og besvares i korthet. Avslutningsvis foreligger det en generell kommentar som drøfter samfunnsmessige konsekvenser som denne hovedoppgaven kan være med å påvirke byggenæringen fremover:

### I. Vil et romnivås internlaster avvike fra bygningsnivå fra NS/TS 3031:2016?

Resultatene viser til at dette stemmer for beregninger for: 1) Teknisk utstyr. Det er ekstreme forskjell mellom tre romkategorier som ble undersøkt; Kontorer, IKT/serverrom og kantine/kjøkken. 2) Belysning vil ha ulike effektforbruk ettersom det kan være ekstra leselys på kontorpultene. 3) Effektilskudd fra personer vil gjelde for deler av bygget som er i bruk, deler av et bygg som ikke er okkupert av personer er entre, korridorer og gang.

### II. Vil ny lyspæreteknologi bety mindre effektforbruk fra belysning?

Resultatene viser at dette stemmer. Det er betydelige forskjeller fra beregnet effektforbruk sammenlignet med hva NS/TS 3031:2016 og passivhusstandarden (NS 3701) forespeiler. Begge standardene tar ikke hensyn til effektforbruk fra nøddlys som burde innregnes i postering for effektforbruk til belysning. Driftstidene er også svært ulike sammenlignet med standardene.

### III. Vil ny teknologi for tekniske utstyr bety mindre effektforbruk i kontorer?

Resultatene viser til at dette stemmer. Det er betydelige forskjeller fra beregnet effektforbruk sammenlignet med hva NS/TS 3031:2016 og passivhusstandarden (NS 3701) forespeiler. Driftstidene er også svært ulike sammenlignet med standardene.

### IV. Vil økt problem vedvarende fedme og økende snitthøyde medføre mer varmeavgivelse fra personer og i så fall vil dette medføre mere tilført effekt til bygg?

Resultatene viser til at vekt og høyde har økt, derimot viser litteraturstudiet til at man har overestimert metabolisme som vil redusere varmetilskuddet (tørrvarme). Lav beregnet tilstedeværelse i Miljøhuset GK har stor innvirkning på total beregnet effektilskudd er lavere sammenlignet med hva NS/TS 3031:2016 og passivhusstandarden (NS 3701) forespeiler.

### V. Har ferieavvikling noe å si for internlastenes størrelser?

Resultatene viser til at det er noe forskjell for størrelsene til internlastene hvis man tar hensyn på sommerferie. Forskjellen for varmetilskudd fra personer (tørrvarme) er størst sammenlignet med teknisk utstyr og belysning.

### VI. Ved å bruke reelle internlaster i energiberegninger, hvor mye vil dette ha å si for beregnet effektforbruk sammenlignet med å bruke standard inputverdier?

Resultatene indikerer at man; Overdimensjonerer kjølebehovet; Underdimensjonerer varmebehovet; Simulert effektforbruk fra viftepådraget øker; Liten forskjell mellom maks PPD; Sommert effektforbruk fra teknisk utstyr og belysning samsvarer langt bedre med faktisk effektforbruk; Operativ-, fraluft- og tilluftstemperatur tilnærmer seg faktiske verdier. Resultatene viser i tillegg til at med å ta hensyn til sommerferie er det lav forskjell på energisimuleringene sammenlignet med snitt ukedag for hele året.

VII. Samfunnsmessige konsekvenser av denne masteroppgaven:

Denne oppgaven har vist til at ved å beregne internlaste basert på romnivå er det store forskjeller ved energiberegninger sammenlignet med å bruke NS/TS 3031:2016<sup>47</sup>. Dette indikerer at byggenæringen har dårlig prosjekteringsgrunnlag for å installere korrekt tekniske VVS-anlegg etter forventet reell bruk.

Ettersom byggenæringen bruker internlaste fra standarden NS/TS 3031:2016 med de foreldete datagrunnlaget som den er basert på, så påføre prosjekterende ingeniører byggherre økte kostnader fra feilinstallasjoner. Dette medfører også økte kostnader for drift og vedlikehold gjennom at tekniske installasjoner ikke vil kjøre under optimal drift ettersom pådrag til tekniske utstyr ikke er prosjektert etter faktiske internlaste.

Byggenæringen kan med denne masteroppgaven vise til at det kreves økt forståelse for reelle internlaste og driftstider. Det mye økonomisk besparelse å installere riktig teknisk utstyr og det er i driftsfaser mulig å optimalisere utstyr ytterligere.

Forfatter mener selv at ingeniører skal basere sitt arbeid på nyeste kunnskapsgrunnlag. Skal rådgivende ingeniører arbeide etter store forenklinger forsømmer enn ansvaret for en grønnere næring. Det er ønskelig at denne masteroppgaven bidrar til debatt rundt emnet reelle internlaste og økt kunnskap for rådgivende ingeniører. Byggenæringen står for nærmere 40 prosent av verdens energiforbruk og har et stort ansvar for å etterfølge FN sine bærekraftsmål. Riktige internlaste er et av mange tiltak for å jobbe etter bærekraftsmålene.

---

<sup>47</sup> Miljøhuset GK er prosjektert for å tilfredsstille passivhusstandard, ikke etter NS/TS 3031:2016. Hovedtema for denne oppgaven er å sammenligne dersom bygget hadde brukt NS/TS 3031:2016 opp mot faktiske internlaste.

## 5 Forslag til videre arbeid

### 5.1 Kartlegge andre kontoer for å verifisere internlaster fra Miljøhuset GK

Resultatene fra denne masteroppgaven har vist til at internlastene fra Miljøhuset GK's kontordel ikke følger hva NS/TS 3031:2016 forespeiler. Selv om noe av resultatene kan være representative for fremtidige kontorbygg vil likevel det være store gjennomsnittsforskjeller for effektforbruk mellom ulike kontorer. Dette kommer av at ulike romutforminger<sup>48</sup>, ulike arealstørrelser og forskjell på; installert belysning og teknisk utstyr; persontetthet og driftstider vil påvirke gjennomsnittlige verdier for effektforbruk fra internlaster. Det kreves derfor mer kartlegging av andre kontorbygg som har formålsdelte energiposter for å verifisere om internlastene til Miljøhuset GK er representative verdier for andre kontorbygg.

### 5.2 Kartlegge Internlaster etter romkategorier

Ettersom kontorbygg er utformet annerledes vil ikke et bygningsgjennomsnitt gi riktig vurdering for gjennomsnittlige installert effekt fra teknisk utstyr. Dette medfører at både estimert effektforbruk vil være feil samt at prosjektering av termisk komfort baseres på store unøyaktigheter. Internlaster etter bygningsgjennomsnittsverdier vil medføre at effekttilskuddet i alle rom vil alltid over- eller undervurderes.

Det anbefales å heller prosjektere etter romkategorier for internlaster. Resultatene fra denne hovedoppgaven har vist til ekstreme forskjeller mellom energitettheten ( $W/m^2$ ) mellom kontorandel<sup>49</sup>, kantine/kjøkken og datarom. Forskjeller mellom energitettheter antas å være like reelt for alle typer bygg, noe som vil medføre at gjennomsnittsverdier ikke er nøyaktig nok for prosjekteringer.

For å kartlegge internlaster etter romkategorier anbefales det i første omgang at man innhenter data for romkategorier etter bygningstyper (dagens modell). Dette kan avdekke om eksempelvis et møterom i sykehus, undervisningsinstitusjoner og kontorbygg har like eller ulike internlaster for denne romtypen. Når slike data er fremlagt kan det tas stilling til om man kan lage et generelt gjennomsnitt for eksempelvis møterom, eller om det er såpass ulikheter at det kreves andre vurderinger.

Det anbefales å lage en større database for internlast og driftstid. En slik database kan inneholde romtyper som; Møterom, undervisningsrom, auditorier, klasserom, sykehusoverom, dagligstue, aktivitetsrom, gang og korridorer; kantine/pauserom uten kjøkken; kantine/pauserom med kjøkken, baderom, cellekontor, åpent kontorlandskap, lagerrom, entre, leserom, soverom, vaskerom, laboratorier.

---

<sup>48</sup> Ettersom Miljøhuset GKs datarom har høy energitetthet ( $W/m^2$ ) vil andre kontorbygg som ikke har et datarom oppnå mindre bygningsgjennomsnittsverdier for effektbruk. Andre forskjeller vil komme fra om enn har kantine/pauserom uten storkjøkken eller har cellekontor fremfor åpent kontorlandskap.

<sup>49</sup> Kun 4 etasje del A ligger bak beregningene.

### **5.3 Effektforbruk fra helg og helligdager må inkluderes i energiberegninger**

Som resultatene viser til er det alltid forbruk fra belysning og teknisk utstyr i helgene. Dette er i kontrast med NS/TS 3031:2016 som forskutterer med ingen effektforbruk i helg og helligdager. Ved å ikke inkludere disse dagene gir dette feilestimeringer for total effektforbruk. Det bør det utformes en ny norsk standard som tar inspirasjon fra ISO-17772-1 (Energy performance of buildings indoor environmental quality) som har struktur etter ukedager og helg/helligdager, men som inkluderer effektforbruk i helger.

### **5.4 Nøddlys må innregnes som internlast for belysning**

Gjennom NS EN 15193 (Bygningers energiytelser, energikrav i lysanlegg) vil en LENI beregning kunne inkludere effektforbruk fra nøddlys for total effektforbruk i et lysanlegg. Det anbefales heller at nøddlys implementeres i ny NS 3031 standard som internlast for belysning. Gjennom å bruke en dynamisk energisimulering med dokumenterbar effektforbruk der nøddlys er inkludert, vil dette gi mer realistiske energiberegninger.

Ettersom nøddlys ikke er inkludert som internlast vil dette også medføre at varmebidraget ikke inkluderes i prosjekteringer for termisk komfort og dette kan bidra til at man ikke får installert korrekte VVS-tekniske anlegg etter reelle varmemassebalanser. Uavhengig om det benyttes bygningsnivå eller romnivå anbefales det å innregne nøddlys som internlast for belysning. Dette betyr samtidig at effektforbruk fra nøddlys må trekkes ut av regnskap for teknisk utstyr slik at effektforbruket blir innregnet dobbelt opp.

### **5.5 Nasjonalt arbeid for å kartlegge internlast**

For å sikre et godt grunnlag til å en database for internlast og driftstider, anbefales det at man følger standarden til formålsdelt energibruk (SN/TR 3069:2019). Det bør imidlertid ikke benytte værkorreksjonstall fra energibruk på månedsbasis ettersom dette gir en svært unøyaktig innrapportering for effektforbruk. Dette har med at man ikke ivaretar faktisk installert effekt og driftstider.

Å bruke værkorreksjonstall på månedsbasis er unøyaktig for alle type bygninger. Det bør alltid brukes dynamiske simuleringer som gir mulighet å spesialtilpassede energiløsninger gjennom; stedsbestemt klimafil (timesverdier); makrostyringer for tekniske anlegg; reelle driftstider; egenskaper fra bygningsfysikk og implementere solavskjerming fra nærliggende bygninger og naturområder.

For å sikre at analyser av internlast omfatter mange bygninger oppfordres det til et landsomfattende prosjekt for innhenting av rådata. Alle selskap som tilbyr rådgivende ingeniørtjenester bør delta i kartleggingen for å avlaste arbeidsmengden fra eksempelvis en liten arbeidsgruppe satt ned av OsloMet og SINTEF. Flere mennesker gir mer arbeidskapasitet for bearbeiding og sluttanalyser for en internlastdatabase.

Det anbefales at kun bygninger som tilfredsstillter passivhusstandard og som har formålsdelt energibruk blir kartlagt. Dette er for å unngå samme situasjon som litteraturstudiet påpeker med foreldet statistikkgrunnlag fra gamle bygninger. Det anses mer hensiktsmessig å forskuttere at nye bygg er passivhus og følger dette energiforbruket. Å basere seg på bygninger som er utført etter eksempelvis TEK10 og TEK17 standard betyr at man forskutterer at fremtidige bygg er like energikrevende fra perioden 2010-2017.

## 5.6 Mer forskning på metabolisme

Som Artikkelen «Indirect calorimetry on the metabolic rate of sitting, standing and Walking office activities» [27] påpeker, så er det lite enighet om fastsettelse av metabolisme ved forskjellige aktivitetsnivåer. Forskergruppen trekker frem at ISO og ASHRAE standarder bruker gamle verdier fra 60-tallet. I tillegg påpekes det at metabolisme på  $58 \text{ W/m}^2$  (1 met) er basert på en gjennomsnittlig europeisk mann som nødvendigvis ikke tar hensyn til at kjønn, etnisitet og geografiske forskjeller kan gi ulike verdier for metabolisme<sup>50</sup>.

Forskergruppens målte verdier for metabolisme etter aktivitetsnivå samsvarer ikke med de etablerte standardene for energiberegninger i bygninger. En av årsakene bak dette er at nyere mer nøyaktig utstyr for å måle verdier er brukt enn de tidligere forsøkene (som standardene baserte seg på), samt at begge kjønn er representert i det nye studiet. Det vil kreves mer forskning for å verifisere om forskergruppens metabolismeverdier, som tar hensyn til en større andel av befolkningen, er mer korrekt enn standardverdier.

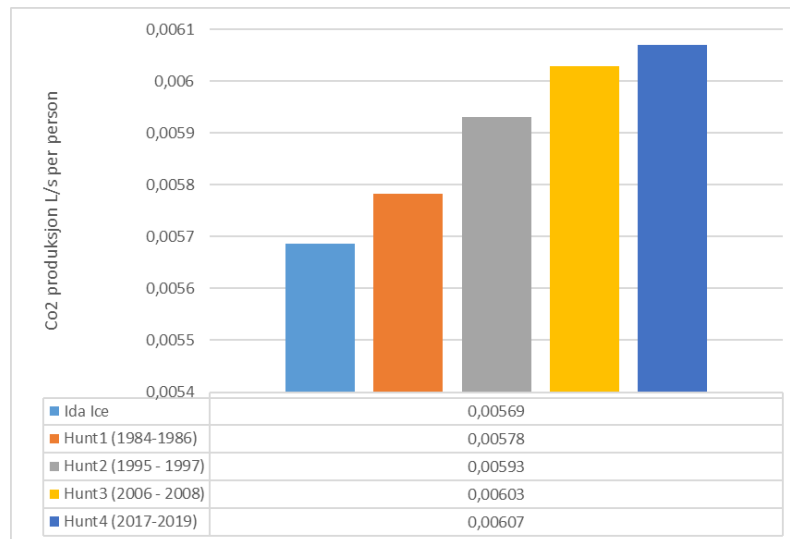
Eksempler på hva som burde inkluderes i et slikt forskningsprosjekt er ulike aktivitetsnivåer for begge kjønn, etnisitet, forskjellige aldersgrupper for voksne samt barn og ungdom. Dette vil bidra til at datagrunnlaget bak personvarmeberegninger til byggenæringen kan gjøres mer nøyaktige. Dette kan eksempelvis undersøkes i kontrollerte omgivelser i laboratoriene fra Helseundersøkelsen i Nord-Trøndelag.

---

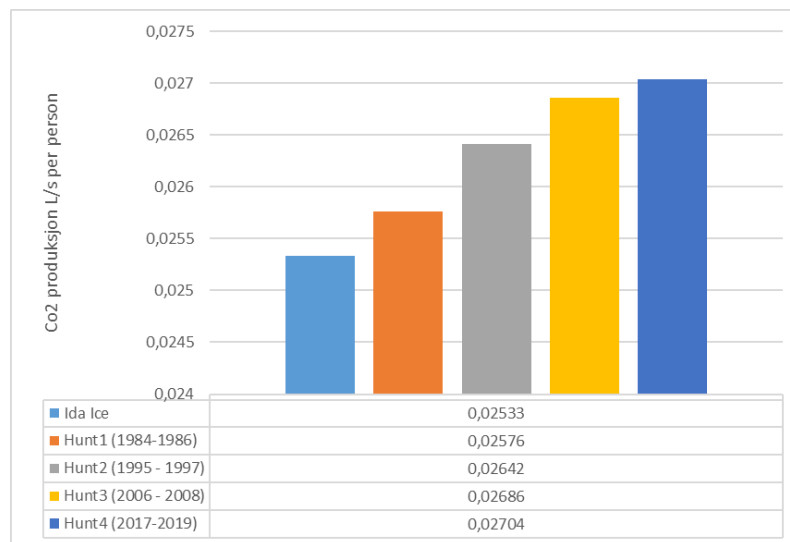
<sup>50</sup>For å følge opp denne påstanden har det vært gjort et intensivt forsøk på å anskaffe originalartikkelen til definisjonen av metabolisme ( $1 \text{ met} = 58,2 \text{ W/m}^2$ ). Kilden er ikke åpen tilgjengelig på internett, derfor antas påstanden korrekt. Originalartikkel er; «A.P. Gagge, A.C. Burton, H.C. Bazett, A practical system of units for the description of the heat exchange of man With his environment, Science 94 (2445) (1941) 428–430.»

## 5.7 Konsekvenser av økt Co2 nivå og ny mengde tilluft

Det har blitt observert under analyser for internlaster, at økt hudareal medfører også økning i CO<sub>2</sub> produksjon fra mennesker<sup>51</sup>. Det er kalkulert to eksempler, en for kontor (se Figur 62) og en for idrettshall/gymsal (se Figur 63). Økningen virker tilsynelatende ikke til å være stor, men det er valgt å ikke ta stilling til konsekvenser for dette. Det bør undersøkes nærmere hvilken betydning dette har for beregninger av tilluftsmengder. Større rom som har mange mennesker tilstede som eksempelvis undervisningslokaler, barnehage, idrettshaller og gymsaler, klasserom, kantiner og møterom kan være berørte av øningen av CO<sub>2</sub>.



Figur 62 Økning i Co2 produksjon fra personer, 1,1 Met (kontor)

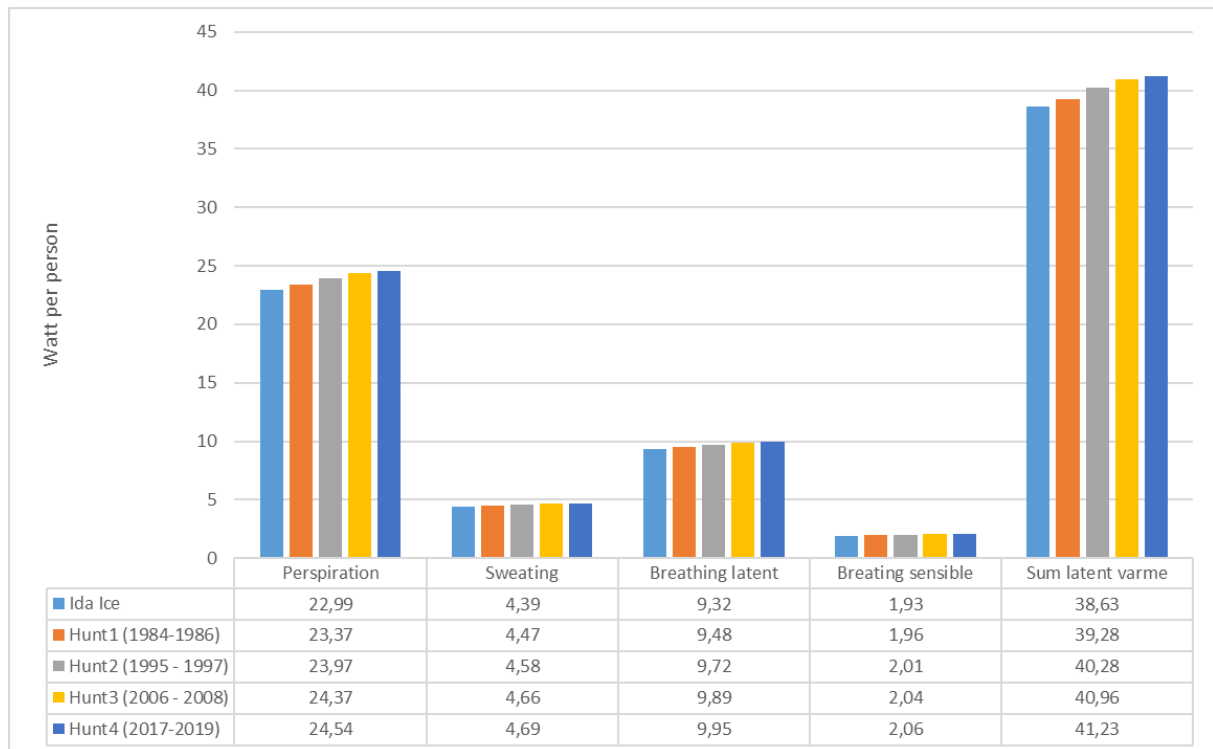


Figur 63 Økning i Co2 produksjon fra personer, 4,9 Met (5 km/t gåing)

<sup>51</sup> Det er valgt samme formler og input som vist fra kapittel 2.4.1.1.

## 5.8 Konsekvenser av økt latentvarme- og dampproduksjon

Det har blitt observert under analyser for internlast, at økt hudareal medfører også økning i latent varmeproduksjon fra mennesker<sup>52</sup> (se Figur 64). Økningen virker tilsynelatende ikke til å være stor, men det er valgt å ikke ta stilling til konsekvenser av dette. Det burde undersøkes nærmere hvilke konsekvenser dette har for beregninger av fuktmengder og hvilken betydning dette har for VVS-anlegg og innendørs inneklima.



Figur 64 Økning i latent varmeproduksjon fra personer

Fra forprosjektet er det funnet nyere og mer nøyaktige beregninger for svetteproduksjon. I og med at det er en økning i hudareal og nyere artikler tilsynelatende virker mer nøyaktig enn Fangers metode for estimering av svetteproduksjon vil disse gjengis nedenfor:

Artikkelen «Predicting the effect of relative humidity on skin temperature and skin Wettedness» [40] gir en beregningsmodell for latent varme som fremkommer av svetteproduksjon. Artikkelen tar for seg at kroppen deles inn i 16 deler med hud- og kjernetemperatur, hudareal og vekt. Formlene gir mulighet til å beregne denne latente varmen ut fra klærs isolerende egenskaper.

Artikkelen «Contribution of Wetted clothing to body energy» [41] bygger videre på artikkelen som ble nevnt ovenfor. Forskjellen her er at denne artikkelen gir en noe mer nøyaktig beregningsmodell for latent varme fra svetteproduksjon.

<sup>52</sup> Samme input er brukt som eksemplet i kapittel 1.4.4.



## **5.9 Foreslåtte forbedringer til IDA ICE**

I kapittel 3.2.1 Luftstyring ble det vist frem til en veldig lovende metode for å simulere tilluftsmengder etter faktisk dokumenterte verdier. Dessverre er det begrensinger i IDA ICE-V4.8 for metodebruken med tabeller som inneholder dokumenterte verdier. Slike tabeller kan ikke inneholde mer enn ca. 900 datalinjer. Metodebruken er svært lovende for kalibrering av energisimuleringer som kan gi mer nøyaktige kost-nytte vurderinger. IDA ICE bør derfor komme med ny programvareoppdatering for å muliggjøre dette.

Videre bør IDA ICE (og andre programvarer) bruke mer korrekte verdier for hudareal og metabolismeverdier. Ettersom disse programvarene bruker foreldet datamateriale vil dette alltid gi feilkalkuleringer av effektilskudd (tørrvarme) fra personer.

# Litteraturliste

- [1] Teknisk Ukeblad, «Teknisk Ukeblad,» 10 Mars 2016. [Internett]. Available: <https://www.tu.no/artikler/mener-vi-kaster-bort-energi-pa-alt-for-kraftige-varmeanlegg/320999>. [Funnet 5 Mai 2019].
- [2] Sykehusbygg, «Sykehusbygg,» 19 September 2017. [Internett]. Available: <http://sykehusbygg.no/overdimensjonerte-tekniske-anlegg-sluker-helsemillioner/>. [Funnet 5 Mai 2019].
- [3] L. R. Karlsen, I. H. Bryn og A. J. Petersen, «TILTAK MOT HØYE TEMPERATURER I PASSIVHUS, DEL II – LITTERATURSTUDIE, FORSLAG TIL REGELVERK OG STANDARDER SAMT VIDERE ARBEIDER,» Erichsen & Hogen, 2012.
- [4] SINTEF, «Nye forskriftskrav til bygningers energibehov,» SINTEF, 2003.
- [5] M. A. Ertsaas, «Evaluering av energibruk i passivhus studentboliger,» Masteroppgave, NTNU, Trondheim, 2013.
- [6] T. H. DOKKA, A. SVENSSON, T. WIGENSTAD og I. ANDRESEN, «Energibruk i bygninger, Nasjonal database og sammenligning av beregnet og målt. Prosjektrapport 76,» SINTEF, 2011.
- [7] J. Grønnern, J. J. Raknes, N. Olafsen og K. M. Bjørkelund, «Miljøhuset GK – Gap-analyse: BREEAM, inneklima og energi,» Høgskolen i østfold, 2015.
- [8] F. Paulsen, «Energibruk i bygg; fra overlevering av næringsbygg til FDVU fasen - når all teori skal bli praksis,» NTNU, 2015.
- [9] ENSI AS, «Manuall for Eøk normtall,» oslo, 1999.
- [10] Lysteknisk selskab (Danmark), «Energieffektiv belysning i handels- og servicesektoren,» Energy Piano, 2000.
- [11] the European Parliament and of the Council , «Directive 2002/91/EC, energy performance of buildings,» EU, 2002.
- [12] ENOVA, «Bygningsnettverkets energistatistikk 2002,» ENOVA, 2003.
- [13] Statens energimyndighet (Svergie), «Energianvändning i vårdlokaler, Förbättrad statistik för lokaler, STIL 2,» 2008.
- [14] Fagsjef Erlend Lillelien, Forfatter, *BELYSNING, MILJØ OG ENERGI, Riktig belysning i næringsbygg*. [Performance]. Norsk kunnskapssenter for lys, 2011.

- [15] K. Ahmeda, A. Akhondzada, J. Kurnitskia og B. Olesend, «Occupancy schedules for energy simulation in new prEN16798-1 and ISO/», *Sustainable Cities and Society*, vol. 2017, nr. 35, pp. 134-144, 2017.
- [16] Verdens helseorganisation, «www.who.int,» 16 Februar 2018. [Internett]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>. [Funnet 15 Mai 2019].
- [17] E. F, «FIFTH PAPER THE MEASUREMENT OF THE SURFACE AREA OF MAN,» *Archives of Internal Medicine*, 1915.
- [18] H. Hens, *Applied building physics, Ambient conditions, building performance and material properties second edition*.
- [19] SINTEF, «ENØK i bygninger : effektiv energibruk, 3 utgave,» Gyldendal undervisning, Oslo, 2007.
- [20] C.-Y. Y. a, C.-H. Lin og Y.-H. Yang, «Human body surface area database and estimation formula,» *Elsvier*, p. 626, 28 Mai 2009.
- [21] Sintef, «Enøk i bygninger,» i *Håndbok for planlegging, gjennomføring og oppfølging*, Oslo, Universitetsforlaget, 1992, p. 95.
- [22] C. Ghiaus og F. Allard, «Natural Ventilation in the urban Enviorment,» i *Assesment and design*, 2005, p. 27.
- [23] H. Hens, «Applied building Physics,» i *Boundry Condition, building performance and material properties*, Ernst & Sohn, 2011, p. 60.
- [24] B. AINSWORTH, W. HASKELL, M. WHITT, M. IRWIN, A. SWARTZ, S. STRATH, W. O'BRIEN, D. R. BASSETT, K. SCHMITZ, P. EMPLAINCOURT, D. R. JACOBS og A. LEON, «Compendium of Physical Activities: an update of activity codes and MET intensities,» *MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE*, 2000.
- [25] C. Tudor-Locke, W. D. Johnson og P. T. Katzmarzyk, «Frequently Reported Activities by Intensity for U.S. Adults. The American Time Use Survey,» *American Journal of Preventive Medicine*, p. E.14, November 2010.
- [26] national cancer institute, Division oc cancer controll and genomic reserch program, «national cancer institute, Division oc cancer controll and genomic reserch program,» 12 Juni 2018. [Internett]. Available: <https://epi.grants.cancer.gov/physical/MET/>. [Funnet 23 Mars 2019].
- [27] Y. Zhai, S. G. Minghui Li, L. Yang, H. Zhang og E. Arens, «Indirect calorimetry on the metabolic rate of sitting, standing and walking,» *Elsvier*, 08 September 2018.

- [28] Norske Arkitekters landsforbund, «Norske Arkitekters landsforbund,» 10 September 2013. [Internett]. Available: <https://www.arkitektur.no/miljohuset-gk>. [Funnet 10 mai 2019].
- [29] GK, «Inneklima / 2013,» *Det gjelder å stille noen spørsmål*, p. 26, September 2013.
- [30] SINTEF, «Oppvarming via tilluft ,VEILEDNING OG KRAV FOR NÆRINGSBYGG MED ENERGIAMBISJONER,» SINTEF fag, 2016.
- [31] GK, «[www.hk.no](http://www.hk.no),» [Internett]. Available: <https://www.gk.no/fag-losninger/fag/ventilasjon/>. [Funnet 15 Mai 2019].
- [32] ASHRAE Standards Committee, «ASHRAEE STANDARD 62.1-2007,» i *Ventilation for acceptable indoor air quality*, 2007, p. 32.
- [33] A. Persily og L. d. Jonge, «Carbon dioxide generation rates for building occupants,» *Wiley*, p. 870, 14 mars 2017.
- [34] L. Wang, J. Kimb og H. Y. Jing Xiongb, «Optimal clothing insulation in naturally ventilated buildings,» *Elsvier*, 20 Mars 2019.
- [35] D. Coakley, P. Raftery og M. Keane, «Renewable and Sustainable Energy Reviews,» *Elsevier*, vol. 2014, pp. 123-141, 27 mai 2014.
- [36] GK, *Varmetapsmatrise\_20110511.PDF*, 2011.
- [37] GK, *Miljøhuset\_GK.ifc*, 2011.
- [38] Forente Nasjoner, «[www.fn.no](http://www.fn.no),» 05 Oktober 2018. [Internett]. Available: <https://www.fn.no/Tema/Klima-og-miljoe/Klimaendringer>. [Funnet 2018 Mai 2019].
- [39] Johan Halvarsson, «Occupancy Pattern in Office Consequences for HVAC system design and operation,» NTNU, 2012.
- [40] A. Y. Ibrahim Atmaca, «Predicting the effect of relative humidity on skin temperature and skin wettedness,» *Journal of Thermal Biology*, 2006.
- [41] S. E. John Elson, «Contribution of wetted clothing to body energy,» *Journal of Thermal Biology*, 2018.
- [42] Oslo Kommune, «Oslo kommune,» 19 01 2018. [Internett]. Available: <https://www.oslo.kommune.no/gate-transport-og-parkering/luftkvalitet-i-oslo/>.
- [43] Glava Isolasjon, «glava,» 01 01 2016. [Internett]. Available: <https://media.glava.net/mediabank/store/10876/DoP-3415-CPR-001-Glava-PROFF-34-Rull.pdf>. [Funnet 17 01 2019].

- [44] DOW, «glava,» 03 2018. [Internett]. Available:  
<https://media.glava.net/mediabank/store/7213/FDV-Styrofoam.pdf>. [Funnet 17 01 2019].
- [45] GK, *FloorPlan-5etg.dwg*, 2011.
- [46] GK, «U-verdi protokoll – Kortform (Miljøhusket GK vindu),» Schüco service GmbH, 2011.
- [47] GK, *V-26-03.dwg*, 2012.
- [48] Pilington NSG group, *Posisjon 1\_miljøhuset.pdf*, 2019.
- [49] Ramboll, «Normalisert kuldebroverdi, oppdragsnummer 1100767,» Ramboll, 2007.
- [50] «RYENSTUBBEN 10 –MILJØHUSET GK TETTHETSMÅLING,» Rambøll, 2012.
- [51] GK, *R10 - Arealer-luftmengder-beregninger-mm.xls*, 2011.
- [52] J. Grønnern, J. J. Raknes, N. Olafsen og K. M. Bjørkelund, «Miljøhuset GK – Gap-analyse: BREEAM, inneklime og energi,» Høgskolen i Østfold, 2015.

# Vedlegg A Dagens internlaststørrelser for kontor, NS/TS 3031:2016

Tabell 32 Utdrag av NS 3031:2016, kontor [Wh/m<sup>2</sup>] for ukedager

<i>Klokkeslett</i>	<i>Lys</i>	<i>Teknisk utstyr</i>	<i>effekttilskudd fra personer</i>
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
7	9,62	7,85	3
8	9,62	7,85	3
9	9,62	20,92	8
10	9,62	20,92	8
11	9,62	7,85	3
12	9,62	7,85	3
13	9,62	20,92	8
14	9,62	20,92	8
15	9,62	7,85	3
16	9,62	7,85	3
17	0	0	0
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

# Vedlegg B Fotodokumentasjon over belysningstyper 4. etasje del A



## Vedlegg C Sum effektforbruk belysning, mandag-fredag utenom helligdager.

Tabell 33 Sum effektforbruk lys, mandag-fredag utenom helligdag

Klokke n	Lys fra SD- anlegg [Wh]	Lys fra SD- anlegg [Wh/m2]	Tillegg, nødllys W/m2	Tillegg, kontorpult lys [W/m2]	Sum lys med tillegg [W/m2]	SN/TS 3031
00	53,71	0,10	0,04	0,00	0,14	0,00
01	50,65	0,09	0,04	0,00	0,13	0,00
02	34,82	0,06	0,04	0,00	0,10	0,00
03	27,83	0,05	0,04	0,00	0,09	0,00
04	34,35	0,06	0,04	0,00	0,10	0,00
05	46,93	0,08	0,04	0,00	0,12	0,00
06	162,17	0,29	0,04	0,00	0,33	0,00
07	665,87	1,18	0,04	0,00	1,22	9,62
08	1176,75	2,09	0,04	0,08	2,22	9,62
09	1360,00	2,42	0,04	0,08	2,54	9,62
10	1382,61	2,46	0,04	0,08	2,58	9,62
11	1356,33	2,41	0,04	0,08	2,53	9,62
12	1363,48	2,42	0,04	0,08	2,55	9,62
13	1366,74	2,43	0,04	0,08	2,55	9,62
14	1363,56	2,42	0,04	0,08	2,55	9,62
15	1346,52	2,39	0,04	0,08	2,52	9,62
16	1255,65	2,23	0,04	0,08	2,36	9,62
17	991,03	1,76	0,04	0,00	1,80	0,00
18	658,70	1,17	0,04	0,00	1,21	0,00
19	419,57	0,75	0,04	0,00	0,79	0,00
20	262,01	0,47	0,04	0,00	0,51	0,00
21	176,96	0,31	0,04	0,00	0,35	0,00
22	131,74	0,23	0,04	0,00	0,27	0,00
23	87,22	0,16	0,04	0,00	0,20	0,00
					Beregnet effektbruk lys	NS/TS 3031:20 16
				Sum Wh/m2	29,75	96,20



## Vedlegg D Sum effektbruk for belysning, lørdag-søndag med helligdager

Tabell 34 Sum effektforbruk lys, lørdag-søndag med helligdager

Klokken	Lys fra SD-anlegg [Wh]	Lys fra SD-anlegg [Wh/m2]	Tillegg, nødlys W/m2	Tillegg, kontorpult lys [W/m2]	Beregnet effektbruk lys	SN/TS 3031
00	31,03	0,06	0,04	0,00	0,10	0,00
01	22,22	0,04	0,04	0,00	0,08	0,00
02	22,61	0,04	0,04	0,00	0,08	0,00
03	31,62	0,06	0,04	0,00	0,10	0,00
04	36,75	0,07	0,04	0,00	0,11	0,00
05	27,19	0,05	0,04	0,00	0,09	0,00
06	32,48	0,06	0,04	0,00	0,10	0,00
07	37,61	0,07	0,04	0,00	0,11	0,00
08	30,43	0,05	0,04	0,00	0,09	0,00
09	53,85	0,10	0,04	0,00	0,14	0,00
10	64,10	0,11	0,04	0,00	0,15	0,00
11	57,02	0,10	0,04	0,00	0,14	0,00
12	67,52	0,12	0,04	0,00	0,16	0,00
13	71,79	0,13	0,04	0,00	0,17	0,00
14	86,09	0,15	0,04	0,00	0,19	0,00
15	94,87	0,17	0,04	0,00	0,21	0,00
16	100,85	0,18	0,04	0,00	0,22	0,00
17	89,74	0,16	0,04	0,00	0,20	0,00
18	45,30	0,08	0,04	0,00	0,12	0,00
19	59,83	0,11	0,04	0,00	0,15	0,00
20	63,79	0,11	0,04	0,00	0,15	0,00
21	54,70	0,10	0,04	0,00	0,14	0,00
22	45,30	0,08	0,04	0,00	0,12	0,00
23	25,00	0,04	0,04	0,00	0,08	0,00
					Beregnet effektbruk lys	NS/TS 3031:2016
				Sum Wh/m2	3,18	0,00

## Vedlegg E Sum effektforbruk for belysning, ukedager utenom sommerferie

Tabell 35 Sum effektforbruk for belysning, ukedager utenom sommerferie

Klokken	Lys fra SD-anlegg [Wh]	Lys fra SD-anlegg [Wh/m <sup>2</sup> ]	Tillegg, nødlis W/m <sup>2</sup>	Tillegg, kontorpult lys [W/m <sup>2</sup> ]	Beregnet effektbruk lys W/m <sup>2</sup>	SN/TS 3031
00	53,71	0,10	0,04	0,00	0,14	0,00
01	50,65	0,09	0,04	0,00	0,13	0,00
02	34,82	0,06	0,04	0,00	0,10	0,00
03	27,83	0,05	0,04	0,00	0,09	0,00
04	34,35	0,06	0,04	0,00	0,10	0,00
05	46,93	0,08	0,04	0,00	0,12	0,00
06	162,17	0,29	0,04	0,00	0,33	0,00
07	665,87	1,18	0,04	0,00	1,22	9,62
08	1176,75	2,09	0,04	0,08	2,22	9,62
09	1360,00	2,42	0,04	0,08	2,54	9,62
10	1382,61	2,46	0,04	0,08	2,58	9,62
11	1356,33	2,41	0,04	0,08	2,53	9,62
12	1363,48	2,42	0,04	0,08	2,55	9,62
13	1366,74	2,43	0,04	0,08	2,55	9,62
14	1363,56	2,42	0,04	0,08	2,55	9,62
15	1346,52	2,39	0,04	0,08	2,52	9,62
16	1255,65	2,23	0,04	0,08	2,36	9,62
17	991,03	1,76	0,04	0,00	1,80	0,00
18	658,70	1,17	0,04	0,00	1,21	0,00
19	419,57	0,75	0,04	0,00	0,79	0,00
20	262,01	0,47	0,04	0,00	0,51	0,00
21	176,96	0,31	0,04	0,00	0,35	0,00
22	131,74	0,23	0,04	0,00	0,27	0,00
23	87,22	0,16	0,04	0,00	0,20	0,00
					Beregnet effektbruk lys	NS/TS 3031:20 16
				Sum Wh/m <sup>2</sup>	29,75	96,20

## Vedlegg F Sum effektforbruk belysning, ukedager kun i sommerferie

Tabell 36 Sum effektforbruk for belysning, ukedager kun i sommerferie

Klokken	Lys fra SD-anlegg [Wh]	Lys fra SD-anlegg [Wh/m <sup>2</sup> ]	Tillegg, nødlis W/m <sup>2</sup>	Tillegg, kontorpult lys [W/m <sup>2</sup> ]	Beregnet effektbruk lys W/m <sup>2</sup>	SN/TS 3031
00	10,00	0,02	0,04	0,00	0,06	0,00
01	0,00	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
02	0,00	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
03	15,00	0,03	0,04	0,00	0,07	0,00
04	0,00	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
05	10,00	0,02	0,04	0,00	0,06	0,00
06	135,00	0,24	0,04	0,00	0,28	0,00
07	835,00	1,48	0,04	0,00	1,52	9,62
08	1235,00	2,20	0,04	0,08	2,32	9,62
09	1330,00	2,36	0,04	0,08	2,49	9,62
10	1280,00	2,28	0,04	0,08	2,40	9,62
11	1205,00	2,14	0,04	0,08	2,27	9,62
12	1270,00	2,26	0,04	0,08	2,38	9,62
13	1310,00	2,33	0,04	0,08	2,45	9,62
14	1275,00	2,27	0,04	0,08	2,39	9,62
15	1240,00	2,20	0,04	0,08	2,33	9,62
16	1040,00	1,85	0,04	0,08	1,97	9,62
17	395,00	0,70	0,04	0,00	0,74	0,00
18	45,00	0,08	0,04	0,00	0,12	0,00
19	10,00	0,02	0,04	0,00	0,06	0,00
20	10,00	0,02	0,04	0,00	0,06	0,00
21	15,00	0,03	0,04	0,00	0,07	0,00
22	10,00	0,02	0,04	0,00	0,06	0,00
23	0,00	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
					Beregnet effektbruk lys	NS/TS 3031:20 16
				Sum Wh/m <sup>2</sup>	24,24	96,20

## Vedlegg G Sum effektforbruk teknisk utstyr, mandag-fredag utenom helligdager

Tabell 37 Sum effektforbruk teknisk utstyr, mandag-fredag utenom helligdager

Klokken	Teknisk utstyr fra SD-anlegg [Wh]	Teknisk utstyr fra SD-anlegg [Wh/m2]	Fratrekk, nødlys [Wh/m2]	Fratrekk, kontorpult lys [W/m2]	Beregnet tekniskutstyr [Wh/m2]	SN/TS 3031, Wh/m2
00	717,67	1,42	-0,04	0,00	1,38	0,00
01	714,66	1,41	-0,04	0,00	1,37	0,00
02	713,58	1,41	-0,04	0,00	1,37	0,00
03	717,27	1,42	-0,04	0,00	1,38	0,00
04	710,84	1,41	-0,04	0,00	1,37	0,00
05	721,86	1,43	-0,04	0,00	1,39	0,00
06	718,07	1,42	-0,04	0,00	1,38	0,00
07	878,31	1,74	-0,04	0,00	1,70	7,85
08	1295,53	2,56	-0,04	-0,08	2,44	7,85
09	1658,23	3,28	-0,04	-0,08	3,16	20,92
10	1728,31	3,42	-0,04	-0,08	3,30	20,92
11	1530,65	3,03	-0,04	-0,08	2,90	7,85
12	1562,65	3,09	-0,04	-0,08	2,97	7,85
13	1622,29	3,21	-0,04	-0,08	3,09	20,92
14	1615,64	3,20	-0,04	-0,08	3,07	20,92
15	1542,97	3,05	-0,04	-0,08	2,93	7,85
16	1233,94	2,44	-0,04	-0,08	2,32	7,85
17	965,29	1,91	-0,04	0,00	1,87	0,00
18	822,49	1,63	-0,04	0,00	1,59	0,00
19	762,65	1,51	-0,04	0,00	1,47	0,00
20	757,66	1,50	-0,04	0,00	1,46	0,00
21	740,96	1,47	-0,04	0,00	1,43	0,00
22	728,51	1,44	-0,04	0,00	1,40	0,00
23	720,49	1,43	-0,04	0,00	1,39	0,00
					Beregnet effektbruk teknisk utstyr	NS/TS 3031:20 16
				Sum Wh/m2	48,106	130,78

## Vedlegg H Sum effektforbruk teknisk utstyr, lørdag-søndag med helligdager

Tabell 38 Sum effektforbruk teknisk utstyr, lørdag-søndag med helligdager

Klokkene	Teknisk utstyr fra SD-anlegg [Wh]	Teknisk utstyr fra SD-anlegg [Wh/m2]	Fratrekk, nødlys [Wh/m2]	Fratrekk, kontorplyt lys [W/m2]	Beregnet tekniskutstyr [Wh/m2]	SN/TS 3031, Wh/m2
00	756,03	1,50	-0,04	0,00	1,46	0,00
01	742,31	1,47	-0,04	0,00	1,43	0,00
02	741,74	1,47	-0,04	0,00	1,43	0,00
03	747,01	1,48	-0,04	0,00	1,44	0,00
04	741,88	1,47	-0,04	0,00	1,43	0,00
05	752,63	1,49	-0,04	0,00	1,45	0,00
06	747,01	1,48	-0,04	0,00	1,44	0,00
07	739,32	1,46	-0,04	0,00	1,42	0,00
08	750,00	1,48	-0,04	0,00	1,44	0,00
09	752,99	1,49	-0,04	0,00	1,45	0,00
10	747,44	1,48	-0,04	0,00	1,44	0,00
11	757,02	1,50	-0,04	0,00	1,46	0,00
12	753,85	1,49	-0,04	0,00	1,45	0,00
13	754,27	1,49	-0,04	0,00	1,45	0,00
14	763,48	1,51	-0,04	0,00	1,47	0,00
15	755,56	1,49	-0,04	0,00	1,45	0,00
16	751,28	1,49	-0,04	0,00	1,45	0,00
17	748,72	1,48	-0,04	0,00	1,44	0,00
18	747,86	1,48	-0,04	0,00	1,44	0,00
19	745,30	1,47	-0,04	0,00	1,43	0,00
20	742,24	1,47	-0,04	0,00	1,43	0,00
21	747,86	1,48	-0,04	0,00	1,44	0,00
22	742,74	1,47	-0,04	0,00	1,43	0,00
23	742,61	1,47	-0,04	0,00	1,43	0,00
Sum Wh/m2					Beregnet effektbruk teknisk utstyr	NS/TS 3031:20
					34,59	16
						0

## Vedlegg I Sum effektforbruk teknisk utstyr, ukedager utenom sommerferie

Tabell 39 Sum effektforbruk teknisk utstyr, ukedager utenom sommerferie

Klokken	Gjennomsnitt av Teknisk utstyr [Wh]	Teknisk utstyr fra SD-anlegg [Wh/m2]	Fratrekk, nødlis W/m2	Fratrekk, kontorpult lys [W/m2]	Sum tek,uts med fratrekk [W/m2]	SN/TS 3031, Wh/m2
00	721,40	1,43	-0,04	0,00	1,39	0,00
01	719,43	1,42	-0,04	0,00	1,38	0,00
02	717,49	1,42	-0,04	0,00	1,38	0,00
03	722,71	1,43	-0,04	0,00	1,39	0,00
04	715,28	1,42	-0,04	0,00	1,38	0,00
05	725,99	1,44	-0,04	0,00	1,40	0,00
06	722,71	1,43	-0,04	0,00	1,39	0,00
07	874,67	1,73	-0,04	0,00	1,69	7,85
08	1289,82	2,55	-0,04	-0,08	2,43	7,85
09	1668,12	3,30	-0,04	-0,08	3,18	20,92
10	1750,00	3,46	-0,04	-0,08	3,34	20,92
11	1560,53	3,09	-0,04	-0,08	2,96	7,85
12	1574,67	3,12	-0,04	-0,08	2,99	7,85
13	1633,84	3,23	-0,04	-0,08	3,11	20,92
14	1636,32	3,24	-0,04	-0,08	3,11	20,92
15	1569,43	3,10	-0,04	-0,08	2,98	7,85
16	1270,09	2,51	-0,04	-0,08	2,39	7,85
17	990,09	1,96	-0,04	0,00	1,92	0,00
18	837,12	1,66	-0,04	0,00	1,62	0,00
19	769,43	1,52	-0,04	0,00	1,48	0,00
20	765,79	1,51	-0,04	0,00	1,47	0,00
21	747,16	1,48	-0,04	0,00	1,44	0,00
22	734,93	1,45	-0,04	0,00	1,41	0,00
23	725,45	1,44	-0,04	0,00	1,40	0,00
					Beregnet effektbruk teknisk utstyr	NS/TS 3031:20 16
				Sum Wh/m2	48,624	130,78

## Vedlegg J Sum effektforbruk teknisk utstyr, ukedager kun sommerferie

Tabell 40 Sum effektforbruk teknisk utstyr, ukedager kun sommerferie

Klokk en	Gjennomsnitt av Teknisk utstyr [Wh]	Teknisk utstyr fra SD-anlegg [Wh/m2]	Fratrekk, nødllys W/m2	Fratrekk, kontorpult lys [W/m2]	Sum tek,uts med fratrekk [W/m2]	SN/TS 3031, Wh/m2
00	675,00	1,34	-0,04	0,00	1,30	0,00
01	660,00	1,31	-0,04	0,00	1,27	0,00
02	670,00	1,33	-0,04	0,00	1,29	0,00
03	655,00	1,30	-0,04	0,00	1,26	0,00
04	660,00	1,31	-0,04	0,00	1,27	0,00
05	675,00	1,34	-0,04	0,00	1,30	0,00
06	665,00	1,32	-0,04	0,00	1,28	0,00
07	920,00	1,82	-0,04	0,00	1,78	7,85
08	1360,00	2,69	-0,04	-0,08	2,57	7,85
09	1545,00	3,06	-0,04	-0,08	2,93	20,92
10	1480,00	2,93	-0,04	-0,08	2,80	20,92
11	1190,00	2,35	-0,04	-0,08	2,23	7,85
12	1425,00	2,82	-0,04	-0,08	2,70	7,85
13	1490,00	2,95	-0,04	-0,08	2,82	20,92
14	1385,00	2,74	-0,04	-0,08	2,62	20,92
15	1240,00	2,45	-0,04	-0,08	2,33	7,85
16	820,00	1,62	-0,04	-0,08	1,50	7,85
17	690,00	1,36	-0,04	0,00	1,33	0,00
18	655,00	1,30	-0,04	0,00	1,26	0,00
19	685,00	1,36	-0,04	0,00	1,32	0,00
20	665,00	1,32	-0,04	0,00	1,28	0,00
21	670,00	1,33	-0,04	0,00	1,29	0,00
22	655,00	1,30	-0,04	0,00	1,26	0,00
23	665,00	1,32	-0,04	0,00	1,28	0,00
					Beregnet effektbruk teknisk utstyr	NS/TS 3031:20 16
				Sum Wh/m2	42,210	130,78

## Vedlegg K Tilstedeværelse i prosent og antall personer

Tabell 41 Prosent tilstedeværelse og antall personer tilstede, ukedager, ukedager utenom sommerferie, ukedager, ukedager kun i sommerferie og helg/helligdager

Klokken	Snitt ukedager	Snitt ukedager, personer	Snitt ukedager utenom sommerferie	Snitt ukedager utenom sommerferie, personer	Snitt ukedager kun sommerferie	Snitt ukedager kun sommerferie, personer	Snitt helg med helligdager	Snitt helg med helligdager, personer
00	0,2 %	1,02	0,21 %	1,05	0,13 %	0,66	0,18 %	0,92
01	0,2 %	0,79	0,17 %	0,83	0,04 %	0,22	0,17 %	0,82
02	0,1 %	0,64	0,14 %	0,68	0,05 %	0,25	0,15 %	0,73
03	0,3 %	1,73	0,35 %	1,74	0,30 %	1,49	0,16 %	0,77
04	0,6 %	2,75	0,57 %	2,85	0,32 %	1,60	0,14 %	0,71
05	0,8 %	3,97	0,83 %	4,11	0,43 %	2,15	0,13 %	0,62
06	5,7 %	28,15	5,58 %	27,75	6,31 %	31,34	0,09 %	0,46
07	21,2 %	105,12	20,85 %	103,61	23,57 %	117,14	0,12 %	0,59
08	40,0 %	198,72	39,86 %	198,10	39,42 %	195,94	0,21 %	1,03
09	50,7 %	251,73	50,99 %	253,44	44,19 %	219,62	0,42 %	2,08
10	52,9 %	262,87	53,37 %	265,25	44,76 %	222,45	0,64 %	3,18
11	48,7 %	241,85	49,54 %	246,21	36,19 %	179,88	0,69 %	3,45
12	49,8 %	247,36	50,13 %	249,15	43,19 %	214,65	0,91 %	4,53
13	53,0 %	263,47	53,66 %	266,71	42,94 %	213,41	1,01 %	5,03
14	52,1 %	258,90	52,87 %	262,76	40,60 %	201,76	1,02 %	5,05
15	45,8 %	227,70	46,83 %	232,74	31,92 %	158,64	1,08 %	5,34
16	30,8 %	153,14	32,01 %	159,07	15,58 %	77,42	0,90 %	4,47
17	15,7 %	78,09	16,46 %	81,80	6,35 %	31,54	0,76 %	3,76
18	7,3 %	36,28	7,62 %	37,89	3,22 %	16,01	0,63 %	3,14
19	4,2 %	20,84	4,38 %	21,78	1,82 %	9,02	0,54 %	2,66
20	2,5 %	12,64	2,65 %	13,15	1,29 %	6,39	0,47 %	2,36
21	1,5 %	7,66	1,61 %	7,99	0,74 %	3,70	0,32 %	1,61
22	0,8 %	4,09	0,87 %	4,33	0,25 %	1,26	0,20 %	1,02
23	0,4 %	2,07	0,44 %	2,18	0,16 %	0,80	0,16 %	0,77



## Vedlegg L Beregnet tørrvarme etter klokketimer, ukedager

Tabell 42 Beregnet effekttilskudd fra personer etter klokketimer, ukedager

Klokke	Tilluftstemperatur [T,til]	Oprativ romtem peratur [To]	Fralufts temperatur, [Ta]	Strålingst emperatur, Tr= 2To-Ta	Radiation [W/m2]	Convection [W/m2]	Total flux dry [W/m2]	Fluks i W
00	18,09	22,14	21,25	26,19	8,69	35,81	44,50	85,50
01	18,06	22,11	21,20	26,16	8,72	35,95	44,67	85,83
02	18,02	22,08	21,16	26,13	8,77	36,06	44,83	86,13
03	18,00	22,04	21,14	26,09	8,88	36,08	44,96	86,38
04	17,99	22,02	21,12	26,04	9,02	36,08	45,10	86,65
05	17,98	22,00	21,13	26,03	9,07	36,03	45,10	86,65
06	18,02	22,06	21,21	26,09	8,98	35,82	44,80	86,08
07	18,21	22,18	21,42	26,14	9,11	35,11	44,22	84,96
08	18,40	22,31	21,64	26,21	9,19	34,39	43,58	83,73
09	18,57	22,40	21,81	26,23	9,38	33,78	43,16	82,93
10	18,71	22,36	21,94	26,02	10,30	33,00	43,30	83,19
11	18,80	22,39	22,05	25,97	10,63	32,51	43,14	82,89
12	18,86	22,60	22,08	26,35	9,36	32,95	42,31	81,29
13	18,86	22,64	22,10	26,41	9,18	32,96	42,14	80,97
14	18,83	22,65	22,06	26,46	8,94	33,18	42,12	80,93
15	18,78	22,64	22,02	26,51	8,71	33,41	42,12	80,93
16	18,71	22,62	21,95	26,53	8,53	33,70	42,23	81,14
17	18,61	22,59	21,83	26,58	8,18	34,22	42,40	81,47
18	18,49	22,56	21,71	26,64	7,80	34,75	42,55	81,75
19	18,41	22,43	21,61	26,46	8,28	34,86	43,14	82,89
20	18,35	22,47	21,55	26,59	7,73	35,27	43,00	82,62
21	18,29	22,41	21,48	26,52	7,88	35,43	43,31	83,21
22	18,23	22,26	21,40	26,30	8,53	35,41	43,94	84,42
23	18,18	22,22	21,34	26,26	8,58	35,58	44,16	84,85

## Vedlegg M Beregnet tørrvarme etter klokketimer, helg og helligdager

Tabell 43 Beregnet effekttilskudd fra personer etter klokkeslett, helg/helligdager

Klokke	Tilluftstemperatur, luft [T,til]	Oprativ romtemperatur [To]	Fraluftstemperatur, [Ta]	Strålingstemperatur, $T_r = 2T_o - T_a$	Radiation [W/m <sup>2</sup> ]	Convection [W/m <sup>2</sup> ]	Total flux dry [W/m <sup>2</sup> ]	Fluks i W
00	18,07	22,17	21,17	26,27	8,29	36,23	44,52	85,54
01	18,02	22,13	21,12	26,24	8,32	36,37	44,69	85,87
02	17,97	21,91	20,90	25,86	9,32	36,64	45,96	88,31
03	17,97	22,07	21,05	26,18	8,43	36,54	44,97	86,40
04	17,94	22,04	21,01	26,15	8,48	36,65	45,13	86,71
05	17,92	22,02	20,99	26,12	8,55	36,68	45,23	86,90
06	17,91	22,02	20,98	26,12	8,54	36,72	45,26	86,96
07	17,92	22,03	20,99	26,14	8,48	36,71	45,19	86,83
08	17,94	22,06	21,04	26,17	8,45	36,56	45,01	86,48
09	17,99	22,11	21,09	26,22	8,35	36,45	44,80	86,08
10	18,03	22,16	21,13	26,29	8,16	36,40	44,56	85,62
11	18,07	22,21	21,19	26,35	8,04	36,27	44,31	85,14
12	18,10	22,26	21,23	26,41	7,89	36,20	44,09	84,71
13	18,14	22,30	21,28	26,45	7,83	36,08	43,91	84,37
14	18,17	22,32	21,31	26,48	7,77	36,01	43,78	84,12
15	18,19	22,34	21,33	26,49	7,76	35,95	43,71	83,98
16	18,20	22,35	21,34	26,50	7,74	35,93	43,67	83,91
17	18,20	22,34	21,34	26,48	7,81	35,90	43,71	83,98
18	18,19	22,32	21,32	26,45	7,89	35,93	43,82	84,19
19	18,18	22,29	21,30	26,41	8,00	35,94	43,94	84,42
20	18,15	22,25	21,27	26,36	8,13	35,98	44,11	84,75
21	18,11	22,21	21,22	26,30	8,26	36,08	44,34	85,19
22	18,07	22,16	21,17	26,26	8,33	36,21	44,54	85,58
23	18,03	22,13	21,13	26,22	8,41	36,30	44,71	85,90

## Vedlegg N Beregnet tørrvarme etter klokketimer, ukedager utenom sommerferie/helligdager

Tabell 44 Beregnet effektilskudd fra personer etter klokketimer, ukedager utenom sommerferie/helligdager

Klokke	Tilluftstemperatur, luft [T,til]	Oprativ romptemperatur [To]	Fralufts temperatur, Ta	Strålingstemperatur, Tr= 2To-Ta	Radiation [W/m2]	Convection [W/m2]	Total flux dry [W/m2]	Fluks i W
00	18,14	22,10	21,18	26,07	9,00	35,90	44,90	86,27
01	18,10	22,07	21,13	26,04	9,04	36,04	45,08	86,61
02	18,07	22,04	21,09	26,01	9,08	36,15	45,23	86,90
03	18,04	22,01	21,07	25,98	9,16	36,18	45,34	87,11
04	18,04	21,98	21,05	25,92	9,33	36,17	45,50	87,42
05	18,03	21,97	21,06	25,91	9,38	36,11	45,49	87,40
06	18,07	22,02	21,14	25,97	9,29	35,90	45,19	86,83
07	18,25	22,14	21,34	26,03	9,38	35,24	44,62	85,73
08	18,45	22,27	21,57	26,10	9,47	34,49	43,96	84,46
09	18,62	22,37	21,75	26,12	9,67	33,85	43,52	83,62
10	18,76	22,33	21,88	25,89	10,66	33,03	43,69	83,94
11	18,85	22,35	21,99	25,85	10,96	32,56	43,52	83,62
12	18,91	22,58	22,02	26,26	9,58	33,04	42,62	81,89
13	18,92	22,62	22,04	26,31	9,44	33,04	42,48	81,62
14	18,89	22,63	22,01	26,37	9,18	33,24	42,42	81,50
15	18,84	22,62	21,96	26,41	8,97	33,48	42,45	81,56
16	18,77	22,60	21,89	26,42	8,83	33,76	42,59	81,83
17	18,66	22,56	21,77	26,47	8,48	34,28	42,76	82,16
18	18,53	22,53	21,63	26,52	8,10	34,87	42,97	82,56
19	18,45	22,39	21,54	26,33	8,63	34,93	43,56	83,69
20	18,40	22,44	21,47	26,47	8,04	35,40	43,44	83,46
21	18,34	22,38	21,40	26,41	8,14	35,57	43,71	83,98
22	18,28	22,23	21,32	26,18	8,83	35,54	44,37	85,25
23	18,23	22,18	21,27	26,14	8,89	35,66	44,55	85,60

## Vedlegg O Beregnet tørrvarme etter klokkeslett, ukedager kun sommerferie

Tabell 45 beregnet effekttilskudd fra personer etter klokkeslett, ukedager kun sommerferie

Klokke	Tilluftstemperatur, luft [T,til]	Oprativ romptemperatur [To]	Fraluftstemperatur, [Ta]	Strålingstemperatur, $Tr = 2To - Ta$	Radiation [W/m <sup>2</sup> ]	Convection [W/m <sup>2</sup> ]	Total flux dry [W/m <sup>2</sup> ]	Fluks i W
00	17,54	22,55	22,05	27,56	5,07	34,82	39,89	76,64
01	17,51	22,52	22,00	27,52	5,13	34,95	40,08	77,01
02	17,47	22,48	21,95	27,50	5,13	35,11	40,24	77,32
03	17,44	22,44	21,92	27,44	5,30	35,13	40,43	77,68
04	17,43	22,42	21,89	27,40	5,39	35,19	40,58	77,97
05	17,40	22,40	21,87	27,40	5,36	35,26	40,62	78,05
06	17,47	22,46	22,01	27,45	5,39	34,81	40,20	77,24
07	17,72	22,60	22,26	27,49	5,62	33,94	39,56	76,01
08	17,86	22,67	22,40	27,48	5,87	33,40	39,27	75,45
09	17,97	22,73	22,53	27,48	6,06	32,92	38,98	74,89
10	18,09	22,77	22,69	27,44	6,44	32,26	38,70	74,36
11	18,19	22,77	22,81	27,35	6,93	31,68	38,61	74,18
12	18,22	22,82	22,83	27,42	6,71	31,71	38,42	73,82
13	18,21	22,86	22,82	27,50	6,42	31,87	38,29	73,57
14	18,16	22,87	22,74	27,57	6,05	32,27	38,32	73,63
15	18,10	22,88	22,68	27,65	5,68	32,61	38,29	73,57
16	18,06	22,90	22,65	27,74	5,32	32,85	38,17	73,34
17	18,00	22,94	22,61	27,87	4,80	33,19	37,99	72,99
18	17,95	22,94	22,55	27,93	4,50	33,50	38,00	73,01
19	17,89	22,90	22,48	27,91	4,47	33,73	38,20	73,40
20	17,82	22,84	22,41	27,85	4,57	33,91	38,48	73,93
21	17,75	22,75	22,33	27,76	4,77	34,07	38,84	74,63
22	17,69	22,69	22,24	27,70	4,85	34,32	39,17	75,26
23	17,63	22,63	22,16	27,64	4,95	34,53	39,48	75,86

## Vedlegg P Beregnet effekttilskudd fra personer, mandag-fredag utenom helligdager

Tabell 46 Beregnet effekttilskudd fra personer per kvadrat kontorareal, mandag-fredag utenom helligdager

<b>Klokkeslett</b>	<b>Gjennomsnitt av 464 detektorer</b>	<b>Gj. Snitt Antall personer tilstede</b>	<b>Gj.snitt tørrvarme per person [W/person]</b>	<b>Total personbelastning [W]</b>	<b>Beregnet effekttilskudd fra personer [W/m<sup>2</sup>]</b>
00	0,2 %	1,02	85,50	87,16	0,012
01	0,2 %	0,79	85,83	67,47	0,009
02	0,1 %	0,64	86,13	55,46	0,008
03	0,3 %	1,73	86,38	149,24	0,021
04	0,6 %	2,75	86,65	238,44	0,034
05	0,8 %	3,97	86,65	344,10	0,048
06	5,7 %	28,15	86,08	2423,11	0,341
07	21,2 %	105,12	84,96	8930,89	1,256
08	40,0 %	198,72	83,73	16639,55	2,341
09	50,7 %	251,73	82,93	20875,02	2,937
10	52,9 %	262,87	83,19	21869,23	3,076
11	48,7 %	241,85	82,89	20046,56	2,820
12	49,8 %	247,36	81,29	20108,25	2,829
13	53,0 %	263,47	80,97	21332,45	3,001
14	52,1 %	258,90	80,93	20952,15	2,947
15	45,8 %	227,70	80,93	18427,37	2,592
16	30,8 %	153,14	81,14	12425,60	1,748
17	15,7 %	78,09	81,47	6361,85	0,895
18	7,3 %	36,28	81,75	2966,36	0,417
19	4,2 %	20,84	82,89	1727,13	0,243
20	2,5 %	12,64	82,62	1044,54	0,147
21	1,5 %	7,66	83,21	637,78	0,090
22	0,8 %	4,09	84,42	344,97	0,049
23	0,4 %	2,07	84,85	175,42	0,025

## Vedlegg Q Beregnet effektilskudd fra personer, lørdag-søndag med helligdager

Tabell 47 Beregnet effektilskudd fra personer, lørdag-søndag med helligdager

<b>Klokkeslett</b>	<b>Gjennomsnitt av 464 detektorer</b>	<b>Gjennomsnitt av Antall personer tilstede</b>	<b>Gj.snitt tørrvarme per person [W/person]</b>	<b>Total personbelastning [W]</b>	<b>Beregnet effektilskudd fra personer [W/m<sup>2</sup>]</b>
00	0,18 %	0,92	85,54	78,34	0,011
01	0,17 %	0,82	85,87	70,80	0,010
02	0,15 %	0,73	88,31	64,72	0,009
03	0,16 %	0,77	86,40	66,87	0,009
04	0,14 %	0,71	86,71	61,72	0,009
05	0,13 %	0,62	86,90	54,00	0,008
06	0,09 %	0,46	86,96	39,68	0,006
07	0,12 %	0,59	86,83	51,44	0,007
08	0,21 %	1,03	86,48	89,43	0,013
09	0,42 %	2,08	86,08	178,81	0,025
10	0,64 %	3,18	85,62	272,56	0,038
11	0,69 %	3,45	85,14	293,57	0,041
12	0,91 %	4,53	84,71	383,99	0,054
13	1,01 %	5,03	84,37	424,21	0,060
14	1,02 %	5,05	84,12	424,92	0,060
15	1,08 %	5,34	83,98	448,81	0,063
16	0,90 %	4,47	83,91	375,16	0,053
17	0,76 %	3,76	83,98	315,81	0,044
18	0,63 %	3,14	84,19	264,58	0,037
19	0,54 %	2,66	84,42	224,94	0,032
20	0,47 %	2,36	84,75	199,91	0,028
21	0,32 %	1,61	85,19	136,95	0,019
22	0,20 %	1,02	85,58	86,97	0,012
23	0,16 %	0,77	85,904	66,258	0,009

## Vedlegg R Beregnet effektilskudd fra personer, ukedager utenom sommerferie

Tabell 48 Beregnet effektilskudd fra personer, ukedager utenom sommerferie

<b>Klokkeslett</b>	<b>Gjennomsnitt av 464 detektorer</b>	<b>Gjennomsnitt av Antall personer tilstede</b>	<b>Gj.snitt tørrvarme per person [W/person]</b>	<b>Total personbelastning [W]</b>	<b>Beregnet effektilskudd fra personer [W/m<sup>2</sup>]</b>
00	0,21 %	1,05	86,27	90,67	0,01
01	0,17 %	0,83	86,61	72,19	0,01
02	0,14 %	0,68	86,90	58,81	0,01
03	0,35 %	1,74	87,11	151,95	0,02
04	0,57 %	2,85	87,42	248,90	0,04
05	0,83 %	4,11	87,40	359,62	0,05
06	5,58 %	27,75	86,83	2409,56	0,34
07	20,85 %	103,61	85,73	8882,91	1,25
08	39,86 %	198,10	84,46	16732,50	2,35
09	50,99 %	253,44	83,62	21192,12	2,98
10	53,37 %	265,25	83,94	22266,41	3,13
11	49,54 %	246,21	83,62	20587,60	2,90
12	50,13 %	249,15	81,89	20402,56	2,87
13	53,66 %	266,71	81,62	21769,09	3,06
14	52,87 %	262,76	81,50	21416,35	3,01
15	46,83 %	232,74	81,56	18982,60	2,67
16	32,01 %	159,07	81,83	13016,97	1,83
17	16,46 %	81,80	82,16	6720,63	0,95
18	7,62 %	37,89	82,56	3128,46	0,44
19	4,38 %	21,78	83,69	1822,95	0,26
20	2,65 %	13,15	83,46	1097,94	0,15
21	1,61 %	7,99	83,98	670,63	0,09
22	0,87 %	4,33	85,25	368,78	0,05
23	0,44 %	2,18	85,60	186,88	0,03

## Vedlegg S Beregnet effektilskudd fra personer, ukedager kun sommerferie

Tabell 49 Beregnet effektilskudd fra personer, ukedager kun sommerferie

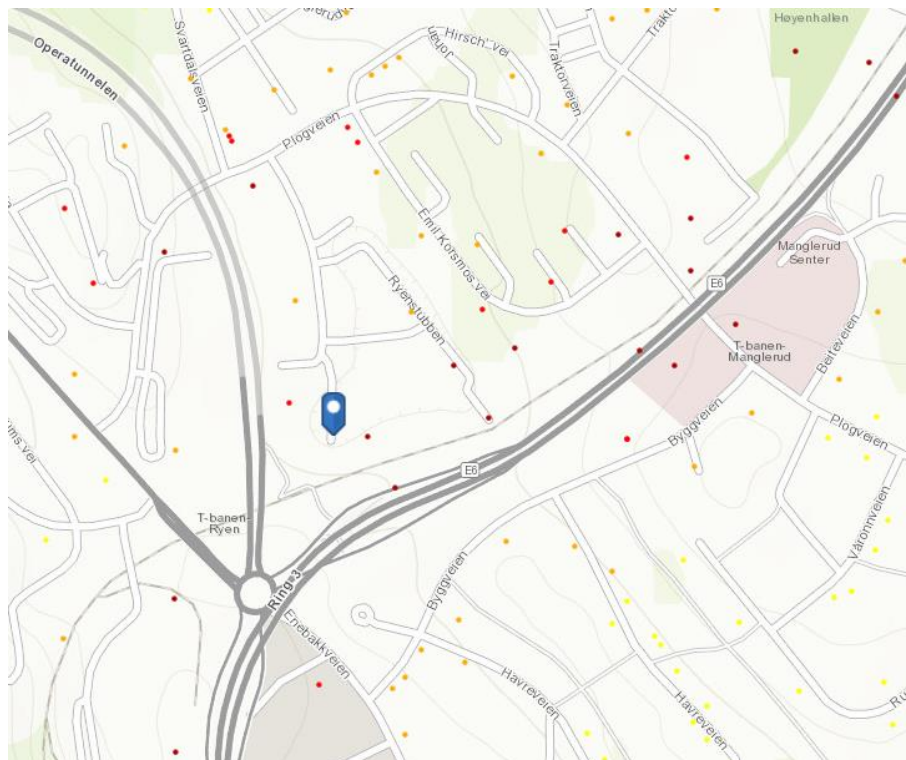
<b>Klokkeslett</b>	<b>Gjennomsnitt av 464 detektorer</b>	<b>Gjennomsnitt av Antall personer tilstede</b>	<b>Gj.snitt tørrvarme per person [W/person]</b>	<b>Total personbelastning [W]</b>	<b>Beregnet</b>
00	0,13 %	0,66	76,64	50,52	0,01
01	0,04 %	0,22	77,01	17,00	0,00
02	0,05 %	0,25	77,32	19,48	0,00
03	0,30 %	1,49	77,68	115,42	0,02
04	0,32 %	1,60	77,97	124,47	0,02
05	0,43 %	2,15	78,05	167,65	0,02
06	6,31 %	31,34	77,24	2420,68	0,34
07	23,57 %	117,14	76,01	8903,81	1,25
08	39,42 %	195,94	75,45	14783,82	2,08
09	44,19 %	219,62	74,89	16448,57	2,31
10	44,76 %	222,45	74,36	16540,51	2,33
11	36,19 %	179,88	74,18	13344,01	1,88
12	43,19 %	214,65	73,82	15845,31	2,23
13	42,94 %	213,41	73,57	15699,98	2,21
14	40,60 %	201,76	73,63	14855,14	2,09
15	31,92 %	158,64	73,57	11670,80	1,64
16	15,58 %	77,42	73,34	5678,00	0,80
17	6,35 %	31,54	72,99	2301,98	0,32
18	3,22 %	16,01	73,01	1168,57	0,16
19	1,82 %	9,02	73,40	662,10	0,09
20	1,29 %	6,39	73,93	472,79	0,07
21	0,74 %	3,70	74,63	275,86	0,04
22	0,25 %	1,26	75,26	94,81	0,01
23	0,16 %	0,80	75,86	60,86	0,01



## Vedlegg T Inputdata til IDA ICE

### PPM

Luftssonekartet under er hentet fra Oslo kommune [42] som indikerer at området til GK har høy luftforurensning (rød og gul). Det velges å sette PPM verdi lik 400 for uteluft.



Figur 65 Luftssonekart, Ryenstubben 12, 0679 Oslo

For maks PPM-verdi innendørs gir NS 15251 med klasse II føring at maks PPM skal ligge 500 over uteluft. Dette gir  $PPM_{maks}$  på 900.

### Relativ luftfuktighet

NS 15251 anbefaler for klasse II en nedre dimensjonerende luftfuktighet for befuktning på 25 prosent luftfuktighet og øvre for avfukting på 60 prosent luftfuktighet.

### Belysningsstyrke

NS 15251 anbefaler lysstyrke på 500 lux for kontorbygg mens korridorer og trapper skal ligge på 100-150 lux. Det velges en nedre grenseverdi for lux på under 100 for dimensjonerende verdier som er nevnt ovenfor.

## U-verdier

IDA ICE har et ukomplett materialregister. Tabellen under viser materialer som har blitt lagt til for å kunne lage bygningskomponenter som skal være mest lik dokumentasjonsgrunnlaget.

Material	Termisk konduktivitet [ $\frac{W}{m \cdot K}$ ]	Densitet [ $\frac{kg}{m^3}$ ]	Spesifikk varmekapasitet [ $\frac{J}{kg \cdot K}$ ]
Mineralull [43]	0,034	1*	1
Gips [18]	0,25	900	1050
Asfalt [18]	0,7	2100	1000
EPS [18] [44]**	0,036	34	1450
Betonghulldekke 2% stål [18]	2,5	2400	1000

\* ingen informasjon, setter denne lik 1

\*\* Termisk konduktivitet er fra Glava, densitet og spesifikk varmekapasitet er fra Hugo Hens, applied building physics

Gjennom dokumentasjon tilsendt fra GKs varmetappstallmatrise [36] fremkommer det ikke entydige hvilke u-verdiberegningene er gjort for. Plantegning femte etasje [45] hentyder ikke til mulighet for å identifisere varmetappsmatrisens komponenter. 3D-tegningene fra IFC fil [37] samsvarer heller ikke helt korrekt med verken plantegningene eller varmetappstallsmatrisens tykkelser og oppbygning av veggene. Det har blitt forsøkt å undersøke mulige årsaker til dette. Representant fra Rambøll som har vært med å prosjektere Miljøhuset GK svarer følgende på dette;

---

*Dette prosjektet var relativt tidlig ute med å bruke BIM, så det er ikke usannsynlig at en del ting er modellert nokså «grovt», f.eks. med totale tykkelser, og dermed kan det godt være mismatch mellom hva modellen sier og hvordan det ser ut i praksis. Et tips kan være å prøve å få tak i hele tegningsmappa med planer snitt og detaljer, det er disse det er bygget etter.*

---

Ettersom dokumentasjonsgrunnlaget oppleves noe usikkert velges det å bruke følgende forutsetninger; Plantegningene gir veggkomponenters tykkelser mens varmetappsmatrisen brukes til å antyde tykkelse for isolasjonsmengder. Differanse mellom målt tykkelse og isolasjonstykkelse brukes videre til å gjøre anslag av resterende materiallagstykkelser til bygningskomponentene. Det forenkles videre med at alle yttervegger settes lik hverandre samt standard gulv fra IDA ICE som settes til adiabatisk barriere.

Ut fra informasjon som fremkommer ovenfor er etterprøvnbarheten fra U-verdi dokumentasjonen ikke entydig som medfører tolkningsfrihet. Total oppbygning av indre og ytre vegger forenkles til følgende;

Tabell 50 Antatt yttervegg for Miljøhuset GK

<i>Material</i>	<i>Tykkelse [mm]</i>
<i>Trekkledning</i>	56
<i>Luftspalte</i>	30
<i>Gips</i>	12
<i>Mineralull</i>	273
<i>Gips</i>	26

Tabell 51 Antatt betongvegg for Miljøhuset GK

<i>Material</i>	<i>Tykkelse [mm]</i>
<i>Betong</i>	200

Tabell 52 Antatt sjaktvegg for Miljøhuset GK

<i>Material</i>	<i>Tykkelse [mm]</i>
<i>Gipsvegg</i>	17,5
<i>Mineralull</i>	220
<i>Gipsvegg</i>	17,5

Tabell 53 Antatt etasjeskiller for Miljøhuset GK\*

Material	Tykkelse [mm]
Floor coating (example)	40
Avrettningsmasse av betong	10
Betonghulldekte	265

\* Antagelse pga dårlig dokumentasjon om hvordan etasjeskilleren er bygd opp.

Tabell 54 Antatt lettvegg for Miljøhuset GK

Material	Tykkelse [mm]
Gips	21
Mineralull	110
Gips	21

Nedenunder er det beskrevet gjeldende vinduer for femte etasje med noen nøkkelinformasjon. Informasjon om vindustyper til bygningskropp er i henhold til dokumenterte vinduer fra GK [46] [47] [48]. Dette er satt i tabellen nedenfor.

Tabell 55 Informasjon om vinduer for Miljøhuset GK

Vindusnavn	Totalt areal [ $m^2$ ]	Profilandel [%]	U-verdi glass [ $\frac{W}{m^2K}$ ]	U-verdi karm [ $\frac{W}{m^2K}$ ]
V01	3,24	12,69	0,6	1,2
V02	3,24	3,24	0,6	1,2
V03	4,10	11,40	0,6	1,2
V04	4,10	11,40	0,6	1,2
GLF-3A*	6,732	7,67	0,6	1,1
GLF-3B	7,39	7,28	0,6	1,1
GLF-11	4,812 (kun 5 etg)	9,37	0,6	1,1

\* Er beregnet ut fra kun vindu 3 etg.

## Kuldebro

Kuldebroregnskapet er i henhold til dokumenterte verdier [49] og har blitt brukt inn i IDA ICE thermal bridges:

Tabell 56 Kuldebroer for Miljøhuset GK, til 4. etasje del A

<i>Thermal bridges</i>	<i>Kuldebro</i>	<i>Kommentar</i>
<i>External Wall / internal slab</i>	0,05	Kuldebroregnskap
<i>External Wall/ internal Wall</i>	0	Antar godt isolert
<i>External Wall / external Wall</i>	0	Antar godt isolert
<i>External Window perimeter</i>	0,0265	Gjennomsnitt for kuldebro til alle vinduer i 3 etg
<i>External doors perimeter</i>	0	Ingen ytterdør i 3 etg
<i>Roof / external Wall</i>	0	Ikke aktuelt for denne etasje
<i>External slab / external Walls</i>	0	
<i>Balcony floor / external Walls</i>	0	Ingen balkong
<i>External slab / inner Walls</i>	0	Ikke aktuelt for denne etasje
<i>Roof / internal Walls</i>	0	Antar godt isolert
<i>External Walls / inner corner</i>	0,3	Kuldebroregnskap
<i>External slab /external Walls, inner corner</i>	0	Ikke aktuelt for denne etasje
<i>Roof / external Walls, inner corner</i>	0	Ikke aktuelt for denne etasje

## Luftlekkasje

Miljøhusets luftlekkasje er dokumentert til å være 0,23 oms/h ved 50 Pa for prøving ved undertrykk [50]. Denne luftlekkasjeverdien brukes videre i modellen. Det velges å bruke standard verdier for trykkoeffisienter for alle fasader fra IDA ICE. «Semi-exposed» og «auto fill» brukes med hensyn på omliggende terreng.

## Bruksmønster

Helligdager i Norge fra 2018 som brukes til IDA ICE modell er vist i Figur 50. Det antas at 24 og 31 desember ikke har noen ansatte tilstede.

Tabell 57 Helligdager 2018, Norge

<i>Dato</i>	<i>Helligdag</i>
<i>1 januar</i>	1. nyttårsdag
<i>29 mars</i>	Skjærtorsdag
<i>30 mars</i>	Langfredag
<i>1 mai</i>	Offentlig høytidsdag
<i>10 mai</i>	Kristi himmelfartsdag
<i>17 mai</i>	Grunnlovsdag
<i>21 mai</i>	2. pinsedag
<i>24 desember</i>	Julaften
<i>25 desember</i>	1. juledag
<i>26 desember</i>	2. juledag
<i>31 desember</i>	Nyttårsaften

## Vedlegg U Gjennomsnittlig effektforbruk, spisslast i ukedager

Tabell 58 Gjennomsnittlig effektforbruk [Wh], spisslast i ukedager

<b>Klokkelsett</b>	<b>jan</b>	<b>feb</b>	<b>mar</b>	<b>apr</b>	<b>mai</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>aug</b>	<b>sep</b>	<b>okt</b>	<b>nov</b>	<b>des</b>
00	1173	1235	1005	1095	826	667	241	222	0	0	0	0
01	1161	1263	1013	1220	1000	795	318	233	0	0	0	0
02	1178	1291	981	1340	1132	919	355	286	0	0	0	0
03	1195	1305	1010	1400	1295	995	400	317	0	0	0	0
04	1202	1313	1020	1485	1426	1088	441	322	0	0	0	0
05	1203	1316	1030	1510	1550	1187	450	339	0	0	0	0
06	1200	1320	1015	1560	1595	1186	455	348	0	0	0	0
07	1264	1405	1110	1528	1324	900	334	283	0	4	0	0
08	1373	1435	1088	1216	862	543	263	152	0	0	0	0
09	914	950	800	945	621	519	209	161	0	0	0	0
10	755	820	733	590	405	429	191	159	0	0	0	0
11	659	660	611	475	337	371	155	132	0	0	0	0
12	627	570	535	425	326	348	145	122	0	0	0	0
13	686	540	495	395	242	302	127	113	5	0	0	0
14	568	490	490	345	282	275	102	104	0	0	0	0
15	559	485	480	360	247	319	109	91	0	4	0	0
16	586	533	478	360	226	352	118	87	0	0	0	0
17	882	704	606	315	242	343	64	85	0	0	0	13
18	977	880	620	380	258	314	82	70	0	0	0	0
19	1005	1035	700	403	321	362	66	52	0	0	0	6
20	1086	1125	815	544	342	340	67	70	10	4	5	0
21	1118	1165	870	725	389	381	77	83	0	0	0	0
22	1166	1168	940	860	511	481	130	126	0	0	0	6
23	1126	1069	928	1028	526	569	178	130	0	0	0	0

## Vedlegg V Gjennomsnittlig effektforbruk, spisslast i helg/helligdager

Tabell 59 Gjennomsnittlig effektforbruk [Wh], spisslast i helgg/helligdager

<b>Klokkelsett</b>	<b>jan</b>	<b>feb</b>	<b>mar</b>	<b>apr</b>	<b>mai</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>aug</b>	<b>sep</b>	<b>okt</b>	<b>nov</b>	<b>des</b>
00	1167	1325	1000	1400	933	567	289	138	0	0	13	0
01	1211	1350	1000	1478	1133	700	389	163	0	0	0	0
02	1267	1400	1000	1611	1279	778	433	175	0	0	0	0
03	1378	1513	1075	1700	1458	889	444	213	0	0	0	0
04	1350	1513	1030	1778	1592	989	467	263	0	0	0	0
05	1347	1556	1050	1800	1725	1056	556	300	0	0	0	0
06	1322	1638	1050	1856	1758	1100	500	350	0	0	0	0
07	1322	1575	1100	1844	1667	911	417	313	0	0	0	0
08	1311	1600	1090	1778	1367	689	303	275	0	0	0	0
09	1300	1600	1000	1667	1117	522	189	200	0	0	0	0
10	1311	1575	765	1411	883	444	167	175	0	0	0	0
11	1289	1438	643	1178	633	300	122	125	0	0	0	0
12	1200	1313	570	1000	558	233	122	113	0	0	0	0
13	1144	1213	510	811	492	206	133	100	0	0	0	0
14	1167	1225	480	733	442	219	61	75	0	0	0	0
15	1144	1288	490	678	367	222	122	88	0	0	0	0
16	1144	1338	480	522	400	211	89	63	0	0	0	0
17	1289	1425	550	444	300	200	89	88	0	0	0	0
18	1289	1500	680	433	400	211	89	50	0	0	0	0
19	1411	1538	710	544	375	244	139	88	0	0	0	0
20	1356	1650	800	700	425	244	108	50	0	0	0	0
21	1289	1675	870	889	475	300	178	113	0	0	13	0
22	1311	1725	940	1111	567	389	233	138	0	0	0	0
23	1311	1713	940	1322	733	478	272	213	0	0	0	0



## Vedlegg W Beregnet effektforbruk internlast for IKT/Serverrom, ukedager

Tabell 60 Beregnet effektforbruk internlast for IKT/Serverrom, ukedager

<b>Klokken</b>	<b>Datarom W/m2</b>
00	690,50
01	690,79
02	690,50
03	689,44
04	690,00
05	692,10
06	689,03
07	696,83
08	710,80
09	722,19
10	726,30
11	727,14
12	729,71
13	727,85
14	722,91
15	716,28
16	708,11
17	698,01
18	692,12
19	690,70
20	687,72
21	689,09
22	689,34
23	689,15

## Vedlegg X Beregnet effektforbruk internlast for IKT/Serverrom, helg/helligdager

Tabell 61 Beregnet effektforbruk internlast for IKT/Serverrom, helg helligdager

<b>Klokken</b>	<b>Datarom W/m2</b>
00	690,40
01	689,80
02	690,56
03	691,08
04	698,86
05	693,48
06	692,82
07	689,50
08	688,10
09	688,65
10	689,60
11	687,98
12	687,69
13	686,86
14	686,60
15	685,26
16	684,23
17	685,43
18	685,98
19	686,18
20	686,62
21	687,92
22	688,04
23	688,39

## Vedlegg Y Beregnet effektforbruk internlast for kantine/kjøkken, ukedager

Tabell 62 Beregnet effektforbruk internlast for kantine/kjøkken, ukedager

<b>Klokken</b>	<b>El forbruk Kjøkken [Wh]</b>	<b>El forbruk Kjøkken W/m2</b>	<b>Fratrekk lys [Wh/m2]</b>	<b>Fratrekk, nødlys W/m2</b>	<b>Sum kjøkken med fratrekk lys [Wh/m2]</b>
00	3394,38	6,06	-0,09	-0,04	5,93
01	3441,77	6,14	-0,08	-0,04	6,02
02	3451,25	6,16	-0,06	-0,04	6,06
03	3719,28	6,64	-0,05	-0,04	6,55
04	3646,18	6,51	-0,06	-0,04	6,41
05	3546,06	6,33	-0,08	-0,04	6,21
06	5204,02	9,29	-0,29	-0,04	8,96
07	16508,03	29,47	-1,21	-0,04	28,22
08	19617,01	35,02	-2,11	-0,04	32,87
09	19137,75	34,16	-2,42	-0,04	31,70
10	21806,83	38,93	-2,45	-0,04	36,43
11	24147,44	43,11	-2,40	-0,04	40,67
12	25870,68	46,18	-2,42	-0,04	43,72
13	20254,62	36,16	-2,43	-0,04	33,68
14	12842,74	22,93	-2,42	-0,04	20,46
15	7583,13	13,54	-2,39	-0,04	11,11
16	5714,46	10,20	-2,21	-0,04	7,95
17	4939,00	8,82	-1,68	-0,04	7,09
18	4401,20	7,86	-1,09	-0,04	6,73
19	4132,93	7,38	-0,69	-0,04	6,65
20	3922,31	7,00	-0,43	-0,04	6,53
21	3789,96	6,77	-0,29	-0,04	6,43
22	3598,39	6,42	-0,22	-0,04	6,17
23	3463,90	6,18	-0,14	-0,04	6,00

## Vedlegg Z Beregnet effektforbruk internlast for kantine/kjøkken, helg/helligdager

Tabell 63 Beregnet effektforbruk internlast for kantine/kjøkken, helg/helligdager

<b>Klokken</b>	<b>El forbruk Kjøkken [Wh]</b>	<b>El forbruk Kjøkken [W/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Fratrekk lys [W/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Fratrekk, nødlys [W/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Sum kjøkken med fratrekk lys [W/m<sup>2</sup>]</b>
00	3396,55	6,06	-0,06	-0,04	5,97
01	3348,28	5,98	-0,04	-0,04	5,90
02	3317,70	5,92	-0,04	-0,04	5,84
03	3325,86	5,94	-0,06	-0,04	5,84
04	3377,16	6,03	-0,07	-0,04	5,92
05	3402,83	6,07	-0,05	-0,04	5,99
06	3356,03	5,99	-0,06	-0,04	5,89
07	3271,55	5,84	-0,07	-0,04	5,73
08	3285,09	5,86	-0,05	-0,04	5,77
09	3273,28	5,84	-0,10	-0,04	5,71
10	3390,52	6,05	-0,11	-0,04	5,90
11	3459,13	6,17	-0,10	-0,04	6,03
12	3537,07	6,31	-0,12	-0,04	6,15
13	3552,59	6,34	-0,13	-0,04	6,17
14	3556,14	6,35	-0,15	-0,04	6,15
15	3509,48	6,26	-0,17	-0,04	6,06
16	3631,03	6,48	-0,18	-0,04	6,26
17	3727,93	6,65	-0,16	-0,04	6,45
18	3651,72	6,52	-0,08	-0,04	6,40
19	3665,09	6,54	-0,11	-0,04	6,40
20	3579,65	6,39	-0,11	-0,04	6,24
21	3448,28	6,16	-0,10	-0,04	6,02
22	3435,34	6,13	-0,08	-0,04	6,01
23	3412,28	6,09	-0,04	-0,04	6,01

## Vedlegg Æ Beregnet effektforbruk teknisk utstyr, arealvektet snitt, ukedager

Tabell 64 Beregnet effektforbruk teknisk utstyr, arealvektet snitt, ukedager

<b>Klokk</b>	<b>Kontor</b> [W/m <sup>2</sup> ]	<b>Kjøkken</b> [W/m <sup>2</sup> ]	<b>Datarom</b> [W/m <sup>2</sup> ]	<b>kontor + kjøkken</b> [W/m <sup>2</sup> ]	<b>Kontor + Datarom</b> [W/m <sup>2</sup> ]	<b>Kontor + Kjøkken + Datarom</b> [W/m <sup>2</sup> ]
00	1,38	5,93	690,50	1,71	3,96	4,10
01	1,37	6,02	690,79	1,71	3,95	4,10
02	1,37	6,06	690,50	1,71	3,95	4,10
03	1,38	6,55	689,44	1,76	3,95	4,14
04	1,37	6,41	690,00	1,73	3,94	4,12
05	1,39	6,21	692,10	1,74	3,97	4,14
06	1,38	8,96	689,03	1,93	3,95	4,32
07	1,70	28,22	696,83	3,63	4,30	6,04
08	2,44	32,87	710,80	4,66	5,09	7,11
09	3,16	31,70	722,19	5,24	5,85	7,73
10	3,30	36,43	726,30	5,72	6,00	8,22
11	2,90	40,67	727,14	5,66	5,61	8,17
12	2,97	43,72	729,71	5,95	5,69	8,46
13	3,09	33,68	727,85	5,32	5,80	7,83
14	3,07	20,46	722,91	4,34	5,77	6,84
15	2,93	11,11	716,28	3,53	5,60	6,00
16	2,32	7,95	708,11	2,73	4,96	5,18
17	1,87	7,09	698,01	2,25	4,47	4,67
18	1,59	6,73	692,12	1,96	4,17	4,36
19	1,47	6,65	690,70	1,85	4,05	4,24
20	1,46	6,53	687,72	1,83	4,03	4,21
21	1,43	6,43	689,09	1,79	4,00	4,18
22	1,40	6,17	689,34	1,75	3,98	4,13
23	1,39	6,00	689,15	1,72	3,96	4,11

## Vedlegg Ø Beregnet effektforbruk teknisk utstyr, arealvektet snitt, helg/helligdager

Tabell 65 Beregnet effektforbruk teknisk utstyr, arealvektet snitt, helg/helligdager

<b>Klokk</b>	<b>Kontor [W/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Kjøkken [W/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Datarom [W/m<sup>2</sup>]</b>	<b>kontor + kjøkken [W/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Kontor + Datarom [W/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Kontor + Kjøkken + Datarom [W/m<sup>2</sup>]</b>
00	1,46	5,97	690,40	1,79	4,03	4,17
01	1,43	5,90	689,80	1,75	4,00	4,14
02	1,43	5,84	690,56	1,75	4,01	4,14
03	1,44	5,84	691,08	1,76	4,02	4,15
04	1,43	5,92	698,86	1,76	4,04	4,17
05	1,45	5,99	693,48	1,78	4,04	4,18
06	1,44	5,89	692,82	1,76	4,02	4,16
07	1,42	5,73	689,50	1,74	4,00	4,12
08	1,44	5,77	688,10	1,76	4,01	4,14
09	1,45	5,71	688,65	1,76	4,02	4,14
10	1,44	5,90	689,60	1,76	4,01	4,15
11	1,46	6,03	687,98	1,79	4,03	4,17
12	1,45	6,15	687,69	1,79	4,02	4,17
13	1,45	6,17	686,86	1,80	4,02	4,17
14	1,47	6,15	686,60	1,81	4,03	4,19
15	1,45	6,06	685,26	1,79	4,01	4,16
16	1,45	6,26	684,23	1,80	4,00	4,17
17	1,44	6,45	685,43	1,81	4,00	4,18
18	1,44	6,40	685,98	1,80	4,00	4,18
19	1,43	6,40	686,18	1,80	4,00	4,17
20	1,43	6,24	686,62	1,78	3,99	4,16
21	1,44	6,02	687,92	1,77	4,01	4,15
22	1,43	6,01	688,04	1,76	4,00	4,15
23	1,43	6,01	688,39	1,76	4,00	4,15

## Vedlegg Å Filnavn til dokumenter brukt i hovedoppgaven

For tilgang til vedlegg må forfatter av oppgaven kontaktes. Vedlegg til innlevering.zip inneholder følgende filer og dokumenter:

- Arealer og kontorplasser.xlsx
- Kuldebro 5 etg.xlsx
- Materialldata.xlsx
- Internlaster for el og lys og spisslast.xlsx
- Plotter romtemperaturer for 1-5 etg kontorer.xlsx
- Metabolisme høyde og vekt og Co2 produksjon.xlsx
- Tilstedeværelse Kontorer og hele bygget.xlsx
- Personlast.xlsx
- PMV\_PPD\_MC\_english\_prot.xls
- Bygg A vest temperatur fraluft.csv
- Bygg A øst Temp fraluft.csv
- Bygg B vest + kjøkken Temp fraluft.csv
- Bygg C nord Temp fraluft.csv
- Bygg C synd Temp fraluft.csv
- Plotter bygg A, B og C.xlsx
- Data for luftmengder.xlsx
- Dokumentert Vmin og Vmaks.xlsx
- klimafil sammenligning.xlsx
- click-delete.idm
- Hovin.PRN
- Hovin.xlsx
- Resultater fra energisimulering.xlsx
- Justert GK sone A 4 etg.idm
- Miljøhuset GK - Beregnede internlaster med hensyn på fellesferie.idm
- Miljøhuset GK - Beregnede internlaster.idm
- Miljøhuset GK - Standard NSTS 3031.idm