

Løeng , Matias  
Skogen, Sander Lid

## Varmestyring for effektreduksjon

Bacheloroppgåve i Elkraft og bærekraftig energi

Rettleiar: Hoff, Kai Erik

Medretteiar: Rekdalsbakken, Webjørn

Mai 2022



Løeng, Matias  
Skogen, Sander Lid

# Varmestyring for effektreduksjon

Bacheloroppgåve i Elkraft og bærekraftig energi  
Rettleiar: Hoff, Kai Erik  
Medretteiar: Rekdalsbakken, Webjørn  
Mai 2022

Noregs teknisk-naturvitskaplege universitet  
Fakultet for informasjonsteknologi og elektroteknikk  
Institutt for IKT og realfag





## SAMMENDRAG

Våren 2021 vedtok Olje- og Energi departementet å endre nettleigemodellen basert på NVE sitt forslag. NVE foreslår at nettleiga i større grad må legge til rette for bedre utnytting av straumnett, samt ei rimelegare fordeling av kostnaden mellom kundane [1]. Dette gjer det ønskeleg å optimalisere effektbruken i bygg.

Denne bacheloroppgåva er ei vidareutvikling av ein eksisterande modell utvikla av Mathworks» [2]. Modellen tek føre seg termisk simulering av bygg ved hjelp av Simulink og Matlab.

Målet med bacheloroppgåva er å bruke den eksisterande modellen til å lage ein generisk modell som kan nyttast for å optimalisere effektbruken for varme i bygg, samt avgrense effekttoppar i ugunstige tider. Det blir også simulert tradisjonelle styringsmetodar i ulike typar bygg med ulike termiske eigenskapar for å granske korleis desse blir påverka av den nye nettleigemodellen.

Oppgåva tek også føre seg strukturen i arbeidet med oppgåva, og korleis samarbeidet gjekk føre seg.

Simuleringane viser at det framleis vil vere lønnsamt med tradisjonelle styringsmetodar for alle bygg omfatta av nettleigemodellen, dette gjeld for bustad og næringsbygg med forbruk over 100 000kWh. For nokre av bygga omfatta av nettleigemodellen for næringsbygg under 100 000kWh vil den nye modellen gjere at effekt spart ved hjelp av styringsmetodene ikkje resultera i eit lønnsamt resultat. Det er spådd at straumprisen vil auke den komande tida. Dette vil resultere i at simuleringsresultata i rapporten er veiledande, og den faktiske innsparinga vil auke i forhold til straumprisen.

Undervegs i oppgåva vart det vedtatt at den aktuelle nettleigemodellen skulle skrotast, og det ville kome ein alternativ modell. Dette gjer at den generiske modellen og simuleringane moglegvis ikkje vil vere representative for den nye nettleigemodellen, men med generell kunnskap i Matlab, Simulink og Excel vil det vere mogleg å tilpasse denne til den nye nettleigemodellen.

## SUMMARY

In the spring of 2021, The Oil and Energy Department approved a fundamental change in the transfer tariff based on a proposal by NVE. NVE suggest that the transfer tariff in a larger extent should cater to a better optimization of the power grid, as well as a fairer structure of cost between users [1]. This makes effect optimization desirable in buildings.

This bachelor thesis is a further development of an already existing model developed by Mathworks [2]. The model does thermal simulations of buildings using MATLAB and Simulink.

The goal of the thesis is to use the existing model to make a more generic model that can be used to optimize the power used for heat in buildings and limit the power peaks in unwanted hours. It will also be done simulations of traditional control methods in different buildings with different thermal properties to further understand how the new transfer tariff will affect these.

The thesis also structures the work and cooperation done in conjunction with the thesis. The simulations show that traditional control methods are still profitable in all buildings included in the transfer tariff of residence housing and commercial buildings with an energy consumption of over 100 000kWh per month. For a couple of the buildings included in the transfer tariff of commercial buildings under 100 000kWh per month, the traditional control methods will not result in a profit. This is due to the extra cost related to the higher power peaks associated with the control methods being higher than the amount saved.

It is predicted that the electricity prices will rise in the coming time. This makes the simulation results in the thesis only indicative, as the profits of the control methods will rise with a rising cost of electricity.

In the middle of the thesis, it was approved that the tariff used for the thesis would be scrapped and replaced with an alternate model. This makes the generic model and simulation results in the thesis outdated in terms of the new tariff.

With knowledge in MATLAB, Simulink, and Excel it will be possible to adapt the generic model to the new tariff.

## FORORD

Denne rapporten er sluttproduktet av ei bachelor oppgåve med belastning på 20 studiepoeng, våren 2022. Rapporten tek føre seg reduksjon av effekttoppar i bustad og næringsbygg ved hjelp av varmestyring, og er gjort ved Instituttet for IKT og realfag ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) i samarbeid med Norconsult. Hensikta med oppgåva var å kome med ein generisk modell for effektstyring i bustad og næringsbygg, for å unngå effektledd og høge straumprisar. Det er også simulert tradisjonelle styringsmetode for å lettare implementere varmestyring i diverse bygg utan behov for dataverktøy.

Grappa vil rette ein stor takk til veiledarane ved NTNU, Kai Erik Hoff, Webjørn Rekdalsbakken og Egil Viken, samt kontaktpersonen i Norconsult Christopher Stern. Desse har bidratt med god fagleg kunnskap, samt god veiledning til oppsett og rapportskriving.

# INNHALD

## Innhold

|                                      |             |
|--------------------------------------|-------------|
| <b>SAMMENDRAG</b> .....              | <b>I</b>    |
| <b>SUMMARY</b> .....                 | <b>II</b>   |
| <b>FIGUR-LISTE</b> .....             | <b>VI</b>   |
| <b>TABELL-LISTE</b> .....            | <b>VII</b>  |
| <b>TERMINOLOGI</b> .....             | <b>VIII</b> |
| BEGREP.....                          | VIII        |
| FORKORTINGAR .....                   | VIII        |
| <b>1 INNLEDNING</b> .....            | <b>1</b>    |
| 1.1 BAKGRUNN .....                   | 1           |
| 1.2 PROBLEMSTILLING .....            | 1           |
| 1.3 OMFANG OG BEGRENSINGAR .....     | 1           |
| 1.4 RAPPORTENS STRUKTUR.....         | 2           |
| <b>2 TEORETISK GRUNNLAG</b> .....    | <b>3</b>    |
| 2.1 NETTLEIGEMODELL.....             | 3           |
| 2.1.1 Bustad .....                   | 3           |
| 2.1.2 Næringsbygg .....              | 4           |
| 2.2 STRAUMPRISAR .....               | 6           |
| 2.2.1 Bustad .....                   | 6           |
| 2.2.2 Næringsbygg .....              | 6           |
| 2.3 FORBRUKSMØNSTER.....             | 7           |
| 2.3.1 Bustad .....                   | 7           |
| 2.3.2 Næringsbygg .....              | 7           |
| 2.4 TYPA EFFEKTBRUK.....             | 9           |
| 2.4.1 Effektbruk i bustad .....      | 9           |
| 2.4.2 Effektbruk i Næringsbygg ..... | 9           |
| 2.5 INNEKLIMA.....                   | 11          |
| 2.5.1 Bustad .....                   | 11          |
| 2.5.2 Næringsbygg .....              | 11          |
| 2.6 UTANDØRS TEMPERATUR .....        | 11          |
| 2.7 VARMEKJELDER .....               | 12          |
| 2.7.1 Elektriske varmeomnar .....    | 12          |
| 2.7.2 Fjernvarme .....               | 12          |
| 2.7.3 Golvvarme .....                | 13          |
| 2.7.4 Varmepumpe.....                | 13          |
| 2.7.5 Sentralvarme.....              | 13          |
| 2.8 STYRESYSTEM.....                 | 14          |
| 2.8.1 Termostat .....                | 14          |
| 2.8.2 Effektreulator.....            | 14          |
| 2.9 STYRINGSMETODAR .....            | 15          |



|          |                                     |           |
|----------|-------------------------------------|-----------|
| 2.9.1    | Dag og nattsenking .....            | 15        |
| 2.9.2    | Diverse styringsmetodar .....       | 15        |
| 2.10     | TERMISKE EIGENSKAPAR.....           | 16        |
| <b>3</b> | <b>MATERIAL OG METODE.....</b>      | <b>18</b> |
| 3.1      | ORGANISERING.....                   | 18        |
| 3.1.1    | Ansvar gruppemedlem .....           | 18        |
| 3.1.2    | Avtaler.....                        | 19        |
| 3.1.3    | Organisering av prosess.....        | 19        |
| 3.2      | FRAMGANGSMÅTE.....                  | 20        |
| 3.3      | OPPSETT .....                       | 20        |
| 3.3.1    | Simuleringsmodell.....              | 20        |
| 3.3.2    | Simulering bustad .....             | 27        |
| 3.3.3    | Simulering Næringsbygg .....        | 30        |
| <b>4</b> | <b>MODEL .....</b>                  | <b>35</b> |
| 4.1.1    | Matlab .....                        | 35        |
| 4.1.2    | Simulink .....                      | 35        |
| 4.1.3    | Excel .....                         | 38        |
| <b>5</b> | <b>RESULTAT .....</b>               | <b>39</b> |
| 5.1      | BUSTADAR: .....                     | 39        |
| 5.1.1    | 100 kvadratmeter .....              | 39        |
| 5.2      | NÆRINGSBYGG.....                    | 43        |
| 5.2.1    | Næringsbygg under 100 000 kWh ..... | 43        |
| 5.2.2    | Næringsbygg over 100 000 kWh .....  | 47        |
| <b>6</b> | <b>DRØFTING .....</b>               | <b>49</b> |
| 6.1      | «TEKNISK OPPNÅDD RESULTAT» .....    | 49        |
| 6.1.1    | Modellen .....                      | 49        |
| 6.1.2    | Simuleringsresultat .....           | 50        |
| 6.2      | «SJØLVE PROSJEKTET» .....           | 51        |
| <b>7</b> | <b>KONKLUSJON.....</b>              | <b>52</b> |
| 7.1      | VIDARE ARBEID .....                 | 52        |
| <b>8</b> | <b>BIBLIOGRAFI.....</b>             | <b>54</b> |
|          | <b>VEDLEGG.....</b>                 | <b>56</b> |

## FIGUR-LISTE

|  |    |
|--|----|
| Figur 2.1 Trinnsats kapasitetsledd bustad BKK [6] .....  | 3  |
| Figur 2.2 Satsar energiledd bustad BKK [6] .....   | 4  |
| Figur 2.3 Satsar nettleigemodell under 100 000kWh [6] .....  | 5  |
| Figur 2.4 Satsar nettleigemodell næring over 100 000kWh [6] .....  | 5  |
| Figur 2.5 Forbruksmønster bustad [8] .....   | 7  |
| Figur 2.6 Effekt-forbruk kontorbygg [9] .....  | 8  |
| Figur 2.7 Tabell som viser oversikt til effektbruk i bustad .....  | 9  |
| Figur 2.8 Forbuksoversikt for ulike næringsbygg [11] .....   | 10 |
| Figur 2.9 Gjennomsnittleg forbruk av frå dei ulike næringsbygga [11] .....                               | 10 |
| Figur 2.10 Konvektorovn med wifi [14] .....  | 12 |
| Figur 2.11 fjernvarme [15] .....   | 13 |
| Figur 2.12 U-verdi vindauge og dører [21] .....  | 17 |
| Figur 3.1 Flytskjema .....   | 21 |
| Figur 3.2 Justering av størrelse .....   | 22 |
| Figur 4.1 Modell oppsett .....   | 35 |
| Figur 4.2 hovudsystem Simulink .....   | 36 |
| Figur 4.3 Subsystem 1 tilført varme .....  | 37 |
| Figur 4.4 Subsystem 2, termisk modell av bygg .....  | 37 |
| Figur 4.5 Subsystem 3, termostat .....   | 38 |
| Figur 5.1 Besparing bustad 100 m <sup>2</sup> .....  | 39 |
| Figur 5.2 Reduksjon i brukstimar mellom 12 og 18 for nybygg Case 1.5 .....                               | 40 |
| Figur 5.3 90% reduksjon av effektbruk til varme mellom 12 og 18 for nybygg Case 1.6                      | 40 |
| Figur 5.4 Reduksjon i brukstimar mellom 12 og 18 for bygg mellom 1955-1987 Case 1.7                      | 41 |
| .....  | 41 |
| Figur 5.5 90% reduksjon av effektbruk til varme mellom 12 og 18 for bygg mellom 1955-1987 Case 1.8 ..... | 41 |
| Figur 5.6 Besparing næringsbygg 500 m <sup>2</sup> .....   | 43 |
| Figur 5.7 Besparing næringsbygg 1000 m <sup>2</sup> .....  | 44 |
| Figur 5.8 Besparing næringsbygg 2500 m <sup>2</sup> .....  | 45 |
| Figur 5.9 Besparing næringsbygg 50 000 m <sup>2</sup> .....  | 47 |

## TABELL-LISTE

|   |    |
|---|----|
| Tabell 3.1 Oversikt antal vindauge og dører .....                 | 25 |
| Tabell 3.2 Effektbehov bygg .....                                 | 26 |
| Tabell 3.3 Simuleringsoppsett Bustadbygg .....                    | 27 |
| Tabell 3.4 U verdier nytta nye bustadar 2018-2022 Case 2.1a ..... | 27 |
| Tabell 3.5 Effektbehov oppvarming nye bustadar 2018-2022 .....    | 27 |
| Tabell 3.6 U-verdier nytta bustadar 2007-2018 .....               | 28 |
| Tabell 3.7 U-verdier nytta bustadar 1997-2007 .....               | 28 |
| Tabell 3.8 U-verdier nytta bustadar 1987-1997 .....               | 28 |
| Tabell 3.9 Effektbehov oppvarming 1987-1997.....                  | 28 |
| Tabell 3.10 U-verdier nytta bustadar 1955-1987 .....              | 29 |
| Tabell 3.11 Effektbehov oppvarming 1955-1987.....                 | 29 |
| Tabell 3.12 Simuleringsoppsett Næringsbygg under 100 000kWh ..... | 30 |
| Tabell 3.13 U-verdier nytta Næringsbygg 2018-2021 .....           | 30 |
| Tabell 3.14 Effektbehov oppvarming 2018-2021.....                 | 30 |
| Tabell 3.15 U-verdier nytta Næringsbygg 2007-2018 .....           | 31 |
| Tabell 3.16 U-verdier nytta Næringsbygg 1997-2007 .....           | 31 |
| Tabell 3.17 U-verdier nytta næringsbygg 1987-1997 .....           | 31 |
| Tabell 3.18 Effektbehov oppvarming næringsbygg 1987-1997.....     | 31 |
| Tabell 3.19 U-verdier nytta næringsbygg 1955-1987 .....           | 32 |
| Tabell 3.20 Effektbehov oppvarming næringsbygg 1955-1987.....     | 32 |
| Tabell 3.21 Simuleringsoppsett Næringsbygg over 100 000kWh .....  | 32 |
| Tabell 3.22 U-verdier nytta Næringsbygg 2018-2021 .....           | 32 |
| Tabell 3.23 Effektbehov oppvarming 2018-2021.....                 | 33 |
| Tabell 3.24 U-verdier nytta Næringsbygg 2007-2018 .....           | 33 |
| Tabell 3.25 U-verdier nytta Næringsbygg 1997-2007 .....           | 33 |
| Tabell 3.26 U-verdier nytta næringsbygg 1987-1997 .....           | 34 |
| Tabell 3.27 Effektbehov oppvarming 1987-1997.....                 | 34 |
| Tabell 3.28 U-verdier nytta næringsbygg 1955-1987 .....           | 34 |
| Tabell 3.29 Effektbehov oppvarming 1955-1987.....                 | 34 |
| Tabell 5.1 Resultat 100 kvadrat Case 1.4.....                     | 39 |
| Tabell 5.2 Resultat 500 kvadrat Case 2.1.....                     | 43 |
| Tabell 5.3 Resultat 1000 kvadrat Case 2.2 .....                   | 44 |
| Tabell 5.4 Resultat 2500 kvadrat Case 2.3 .....                   | 45 |
| Tabell 5.5 Resultat 50 000 kvadrat Case 3.4 .....                 | 47 |

## TERMINOLOGI

### ***Begrep***

|              |   |
|--------------|---|
| U-verdi      | Ein verdi som angir byggingsdelens varmeisolerande evne.  |
| R-verdi      | Eit mål på termisk motstand.  |
| Næringsbygg  | Bygg med privat eller offentlig verksemd.   |
| Timeseries   | Ein tidsserie med resultat, verdier som endrar seg med tida.  |
| Workspace    | Arbeidsrom, her vert alle verdiane til variablane i Matlab oppbevart.                                     |
| Subsystem    | Eit delsystem med funksjonar som ikkje er nødvendige å vise i hovudsystemet. Eventuelt større funksjonar. |
| Integratorar | Ein integrator i Symbolab som summera verdier som endrar seg med tid.                                     |

### ***Forkortingar***

|     |  |
|-----|--|
| COP | coefficient of performance (varmefaktor) |
| kWh | kilowatttime                             |

# 1 INNLEDNING

## 1.1 Bakgrunn

Kraftmarknaden i Noreg er stadig i utvikling. Tørrare klima og fleire internasjonale straumkablær fører til ein større variasjon i kraftprisen. Kortsiktig vil kablane virke ugunstige for den Norske marknaden, men langsiktig vil det føre til mindre sesongvariasjon og heller meir døgnvariasjon i kraftprisen [3].

Norges vassdrags- og energidirektorat(NVE) estimerer at kraftforbruket i Noreg vil auke med 36TWh fram mot 2040 [3].

Lange planleggings- og konsesjonsbehandlingsprosessar for ny kraftproduksjon, fører til at forbruket i det Norske kraftnettet vil auke kjappare enn produksjonen fram mot 2030 [4]. Dette utgjær kraftnettet meir sårbart mot effekttoppar.

NVE anslår at energieffektiviseringstiltak med hovudfokus på romoppvarming og belysning vil minke energibehovet i bygg frå dagens 66 TWh, til 60 TWh i 2040 [4]. Resultatet av dette er ein ny nettleigemodell som skal oppfordre til effekteptimaliserande tiltak for å redusere effekttoppar både i bustad og næringsbygg.

Den nye nettleiga vil gjere det billigare å bruke effekt i typiske lavlast-tider, men gjere det dyrare å bruke mykje effekt samtidig.

På bakgrunn av dette var det interessant å gå djupare inn i korleis varmebehovet i bygg blir påverka av den nye modellen, ved hjelp av ein simuleringsmodell og simuleringar.

## 1.2 Problemstilling

Problemstillinga er gitt som:

Å finne ein generisk termisk modell av bygg som privatpersonar og elektroingeniørar kan nytte for å finne korleis den nye nettleigemodellen påverkar effektbehov og pris for forskjellige varmestyringsmetodar, og deretter foreta generelle simuleringar av standard styresystem for vanlege bygg.

## 1.3 Omfang og begrensingar

Formålet med prosjektet er å lage ein termisk modell som simulerer pris for oppvarming av diverse bygg. Modellen vil bli brukt til å simulere forskjellige varmestyringsprinsipp i forskjellige bygningar. Og også til etter finne ei optimal styring både for pris og for å unngå effekttoppar, utan å påverke levestandarden i bygga.

Resultata vil også bli optimalisert i ein generisk modell som vil gjere det lettare å implementere forskjellige styringsmetoder i forskjellige bygg, utan behov for kompetanse innan dataverktøy.

For å avgrense omfanget av oppgåva vart det bestemt å fokusere på varmedelen av effekteptimalisering. Det vil heller ikkje bli teke omsyn til forskjellige varmetypar eller

korleis dei individuelt påverkar effektbruken. I staden vil det bli brukt ein generell modell for eigenskapane til oppvarmingssystemet.

### **1.4 Rapportens struktur**

Oppgåva er strukturert slik:

- Kapittel 2 Teori: Dette kapitlet forklarar den relevante teorien for å forstå den generiske modellen og resultatata.
- Kapittel 3 Metode: Beskriv dei forskjellige metodane og utstyret som er brukt for å bygge under kapittel 2 og gi resultatata i kapittel 5
- Kapittel 4 Modell: Skildring av korleis den generiske modellen samkøyrer med forskjellige programmeringsspråk
- Kapittel 5 Resultat: Her blir resultatata frå simuleringane presentert
- Kapittel 6 Drøfting: Resultata frå kapittel 5 bli her diskutert og drøfta
- Kapittel 7 Konklusjon: Her kjem konklusjonen til oppgåva, samt forslag for vidare arbeid

## 2 TEORETISK GRUNNLAG

I dette kapitlet vert relevant informasjon og teori til problemstillinga presentert. Det vil vert gitt informasjon om nettleigemodellen, straumprisar, forbruksmønster, inneklima, varmekjelder, styresystem, styringsmetodar og termiske eigenskapar til forskjellige bygg.

### 2.1 Nettleigemodell

Nettleige er det ein betalar for å frakte straumen i straumnettlet frå produksjonsplass, fram til forbrukaren. Nettleiga skal dekke drift, vedlikehald og nye investeringar i nettet. Nettleiga inkluderer også statlege avgifter i form av meirverdiavgift, avgift på elektrisk kraft, og bidrag til energifondet Enova. Statnett tek også ein del av nettleiga for leige av bruk av sentralnettlet dei eig [5].

Våren 2021 vedtok Olje- og Energi departementet å endre nettleigemodellen, basert på NVE sitt forslag om at nettleiga i større grad må legge til rette for betre utnytting av straumnettlet, samt ei rimelegare fordeling av kostnaden i mellom kundane [1].

Prisane i nettleiga vil variere frå selskap til selskap, og prisane her er difor rettleiande. Det er i denne oppgåva nytta BKK sine prisar.

#### 2.1.1 Bustad

Den nye nettleigemodellen vil dele nettleiga for bustad i to delar:

- **Kapasitetsledd/effektledd:** Kapasitetsleddet er eit fast månadleg beløp som tek utgangspunkt i gjennomsnitt-effekt nytta i løpet av ein time, den timen i månaden der dette er på det høgste. Før vart kapasitetsledd berre nytta i bustader med årsforbruk over 100 000KWh. Satsane for kapasitetsledd er gitt i figur 2.1

|         |       | Kapasitetsledd inkl. mva |       |
|---------|-------|--------------------------|-------|
|         | kW    | Kr/mnd                   | Kr/år |
| Trinn 1 | 0-5   | 175                      | 2 100 |
| Trinn 2 | 5-10  | 290                      | 3 480 |
| Trinn 3 | 10-15 | 405                      | 4 860 |
| Trinn 4 | 15-20 | 520                      | 6 240 |
| Trinn 5 | 20-25 | 635                      | 7 620 |

Figur 2.1 Trinnsats kapasitetsledd bustad BKK [6]

BKK nett oppgir at 35% av kundane deira vil ligge i trinn 1, medan 85% aldri vil kome over trinn 2 [6].

- **Energiledd:** Energileddet blir bestemt i forhold til kor mykje effekt som blir brukt totalt, samt når den vert nytta. Prisen blir lågare i lavpris-tider, om natta (2200-0600) og helg. Energileddet vil også være forskjellig fra høgsesong til lavsesong. Dette er vist i figur 2.2.

|              | Energiledd øre/kWh<br>eks avgifter | Energiledd øre/kWh<br>(jan - mars) inkl.<br>avgifter | Energiledd øre/kWh<br>(april - des) inkl.<br>avgifter |
|--------------|------------------------------------|--|---|
| Dag          | 18                                 | 34,89  | 43,01   |
| Natt og helg | 10                                 | 24,89  | 33,01   |

Figur 2.2 Satsar energiledd bustad BKK [6]

## 2.1.2 Næringsbygg

Næringsbygg har hatt nettleige med kapasitetsledd, men den nye nettleigemodellen tek sikte på å gjere nettleiga meir rettferdig. Nettleigemodellen for næringsbygg blir delt inn i 2 modellar, ein for dei med eit årleg forbruk under 100 000kWh og ein for dei over.

### 2.1.2.1 Under 100 000kWh

Den nye nettleiga tek sikte på å vere meir rettferdig, ved å ta utgangspunkt i det reelle effektbruket, i staden for størrelsen på hovudsikringa slik som før.

Nettleiga blir delt i 2.

- **Fastledd:** Denne er lik kapasitetsleddet i bustad, og er ein trinnsats basert på gjennomsnitt effekt nytta i løpet av ein time, den timen i månaden med høgst forbruk. Satsane for dette er gitt i figur 2.3



- **Energiledd:** Energileddet vert bestemt av kor mykje effekt som blir nytta, og når den blir nytta. Satsene er her også gitt i figur 2.3. Natt er 2200 til 0600.

| kW       | Fastledd |        | Energiledd øre/kWh |      |
|----------|----------|--------|--------------------|------|
|          | Kr/mnd   | Kr/år  | Dag                | Natt |
| 0-5      | 140      | 1 680  | 18                 | 10   |
| 5-10     | 232      | 2 784  | 18                 | 10   |
| 10-15    | 324      | 3 888  | 18                 | 10   |
| 15-20    | 416      | 4 992  | 18                 | 10   |
| 20-25    | 508      | 6 096  | 18                 | 10   |
| 25-50    | 964      | 11 568 | 18                 | 10   |
| 50-75    | 1 420    | 17 040 | 18                 | 10   |
| 75-100   | 1 876    | 22 512 | 18                 | 10   |
| Over 100 | 3 700    | 44 400 | 18                 | 10   |

Figur 2.3 Satsar nettleigemodell under 100 000kWh [6]

### 2.1.2.2 Over 100 000kWh

For kundar som nyttar over 100 000kWh blir det nytta ein meir rettferdig modell, men som er enklare enn i dag. I dag er nettleiga tredelt, avhengig av hovudsikringsstørrelse. Den nye nettleiga vil framleis vere tredelt, men avhengig av reelt effektbrukt.

- **Fastledd:** Den nye nettleiga vil innehalde ein fast sats på årsbasis gitt i figur 2.4
- **Effektledd:** Effektleddet tek utgangspunkt i maksimal kW nytta i løpet av ein måned. Forskjellen frå kapasitetsleddet i bustad er at her vil det ikkje vere snakk om timesforbruk, men maksimalforbruk. Dette gjer at viss det blir nytta maksimalt 100kW i 20 minutt i løpet av ein måned, er det dette som er grunnlaget for effektleddet. Satsen er forskjellig frå sommar til vinter, og er gitt i figur 2.4.
- Det vil også her bli nytta eit energiledd som nyttar ein fast sats effekt nytta, denne er også forskjellig frå sommar til vinter, og er gitt i figur 2.7.

| Fastledd kr/år | Årstid | Effektledd kr/kW/mnd | Energiledd øre/kWh |
|----------------|--------|----------------------|--------------------|
| 10 500         | Sommer | 49                   | 4,0                |
|                | Vinter | 60                   | 5,0                |

Figur 2.4 Satsar nettleigemodell næring over 100 000kWh [6]

## 2.2 Straumprisar

Straum er i likheit med olje og gass ei handelsvare. I Noreg kjem rundt 90% av all kraftproduksjon frå vasskraft, noko som gjer kraftproduksjonen i Noreg avhengig av nedbørmengda frå år til år, og sesong til sesong [7]. For å gjere desse variasjonane mindre, har Noreg i dag utenlandskablar til blant anna Storbritannia, Danmark, Tyskland, Nederland og Sverige, samt fleire som er oppe for høyring [7]. Dette skal gi mindre varierte straumprisar, både frå sesong til sesong, men også frå år til år.

Foreløpig har dette ført til svært store variasjonar i straumprisane, og denne variasjonen vil fortsette dei neste åra. Straumprisane vil difor variere veldig, noko som resulterer i varierte simuleringsresultat.

Straumprisane er rekna ut frå kWh, slik som energiledda i nettleiga.

### 2.2.1 Bustad

Straumprisane til bustadmarknaden er avhengig av straumleverandør og kva avtaletype som blir vald. Det er den nordiske kraftbørsen NordPool som avgjer straumprisane, basert på tilbod og etterspørsel. Deretter kjøpar Straum-leverandørar straum, og sel vidare med påslag til kundane. Det vil i oppgåva ikkje bli tatt omsyn til prisane nytta av dei forskjellige leverandørane, men heller nytta prisar direkte frå NordPool [8]. NordPool inkluderer ikkje skattar og avgifter i prisane sine. Dette vil vere mogleg å legge til i modellen ved seinare anledning.

### 2.2.2 Næringsbygg

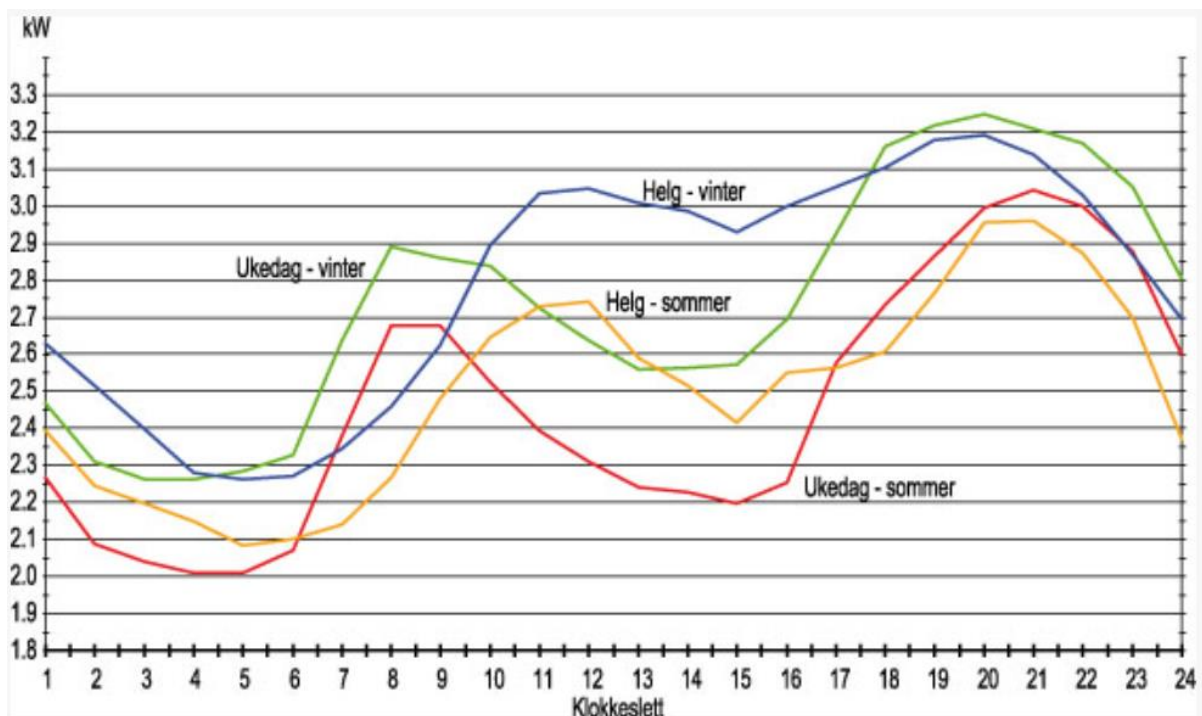
For næringsbygg blir straumprisane delt inn i 3 forskjellige sektorar, tenesteytande næring, industri unntatt kraftintensiv industri, og kraftintensiv industri. For kraftintensiv industri vil effektbruken frå oppvarming vere minimal i forhold til effekttoppar, og vil difor ikkje inngå i simuleringa. Forskjellen på tenesteytande industri og industri unntatt kraftintensiv industri er minimal, og vart difor slått saman.

For desse vart det også tatt utgangspunkt i prisane frå NordPool. Det ikkje tatt med diverse skattar og avgifter, men desse varierer frå bedrift til bedrift og modellen vil bli meir generisk utan desse. Det vil også vere mogleg å legge til skattar og avgifter ved ei seinare anledning.

## 2.3 Forbruksmønster

For å vite korleis varmesystem skal bli nytta for å unngå effektledd, er det viktig å vite korleis effekten i forskjellige bygg blir nytta.

### 2.3.1 Bustad



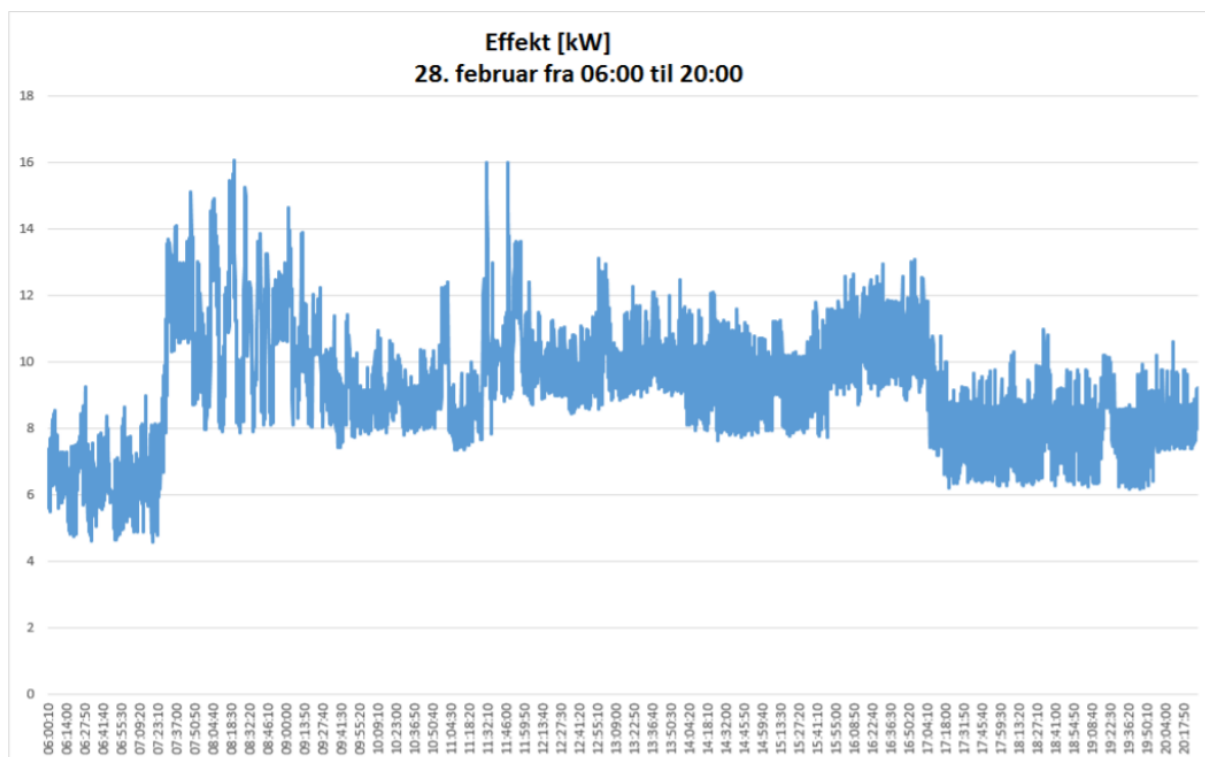
Figur 2.5 Forbruksmønster bustad [8]

Effektforbruket i ein vanleg bustad vil vere på sitt høgaste på morgonen, samt frå middagstider fram til kveld. Det er generelt lite forbruk på natta, frå seks tida stig forbruket kjapt, før det igjen synk i 8-9 tida. Deretter vil det starte å stige igjen rundt 15:00 og fortsette å stige fram til 21:00, før det synk gjennom natta, og prosessen starta på nytt. Det er litt variasjonar i forbruket frå kvardag til helg, samt mellom vinter og sommar. Dette er presentert i figur 2.5.

Det vil difor vere ynskjeleg å redusere effektbruken frå oppvarming mest mogleg i desse høglast-periodene.

### 2.3.2 Næringsbygg

Det er mange forskjellige typar næringsbygg. I kapittel 2.2.2 vart det lagt til grunn at kraftintensiv industri ikkje vil bli teken med i simuleringane. Dei fleste andre næringsbygga slik som kontorbygg og skular vil ha eit nokså likt forbruksmønster, då arbeidstidene er like. Det er fleire unntak her, slik som for eksempel sjukehus, som har drift heile døgnet. Men dei største effekttoppane vil også her skje i dei normale arbeidstidene med høgast aktivitet. Dei fleste næringsbygg opplever effekt-toppar i arbeidstida imellom 0700-1700. Dette er presentert i figur 2.6.



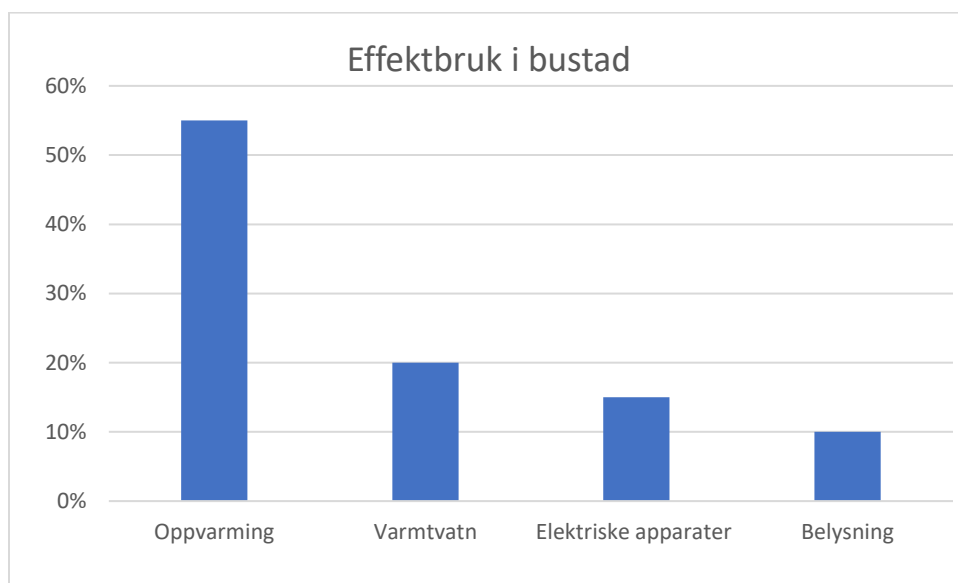
Figur 2.6 Effekt-forbruk kontorbygg [9]

Det vil vere ynskjeleg å redusere effektbruken i denne perioda.

## 2.4 Typa effektbruk

### 2.4.1 Effektbruk i bustad

I nyare tid har behovet for effekt i bustad auka drastisk, som følgje av elektrifisering og behovet for nye elektriske apparat. Dette har ført til at straumnettet har opplevd ei overbelastning frå privatmarknaden. I dette del-kapittelet blir effektbruken i bustadar beskrive.



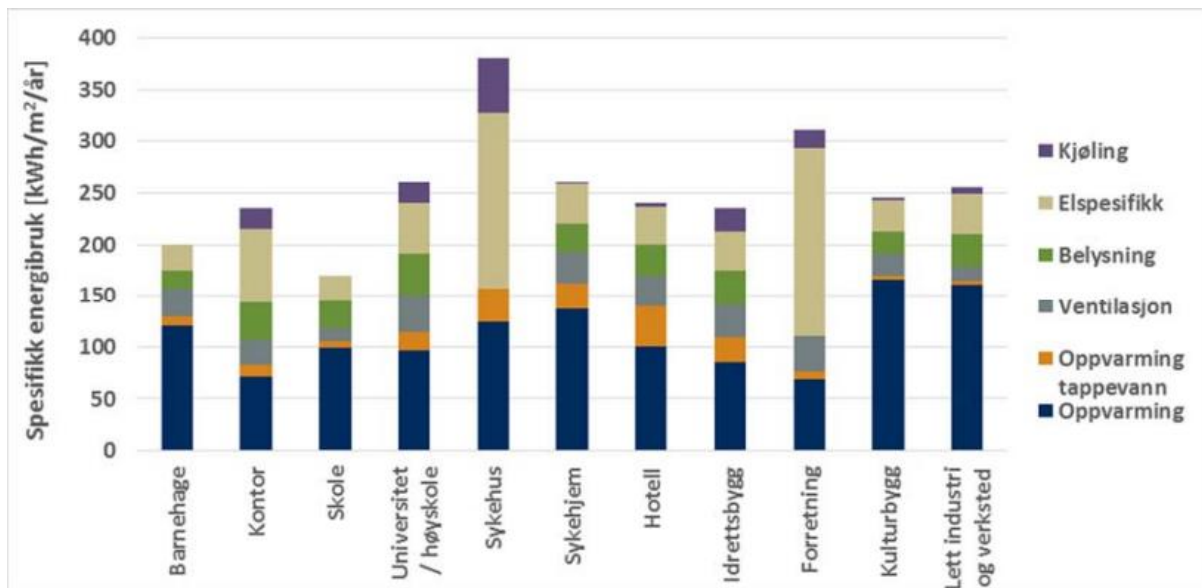
Figur 2.7 Tabell som viser oversikt til effektbruk i bustad

I bustadar i dag er det mykje elektrisk utstyr som krev mykje effekt, men framleis er oppvarming av bustaden ansvarleg for den største delen av brukt effekt. Elvia estimerer at 50-60% av gjennomsnitts-forbruket til ein tilfeldig bustad i Noreg går til oppvarming, og at ca 20% går til varmtvatn [10]. Figur 2.7 viser ei oversikt over alt forbruket i ein bustad.

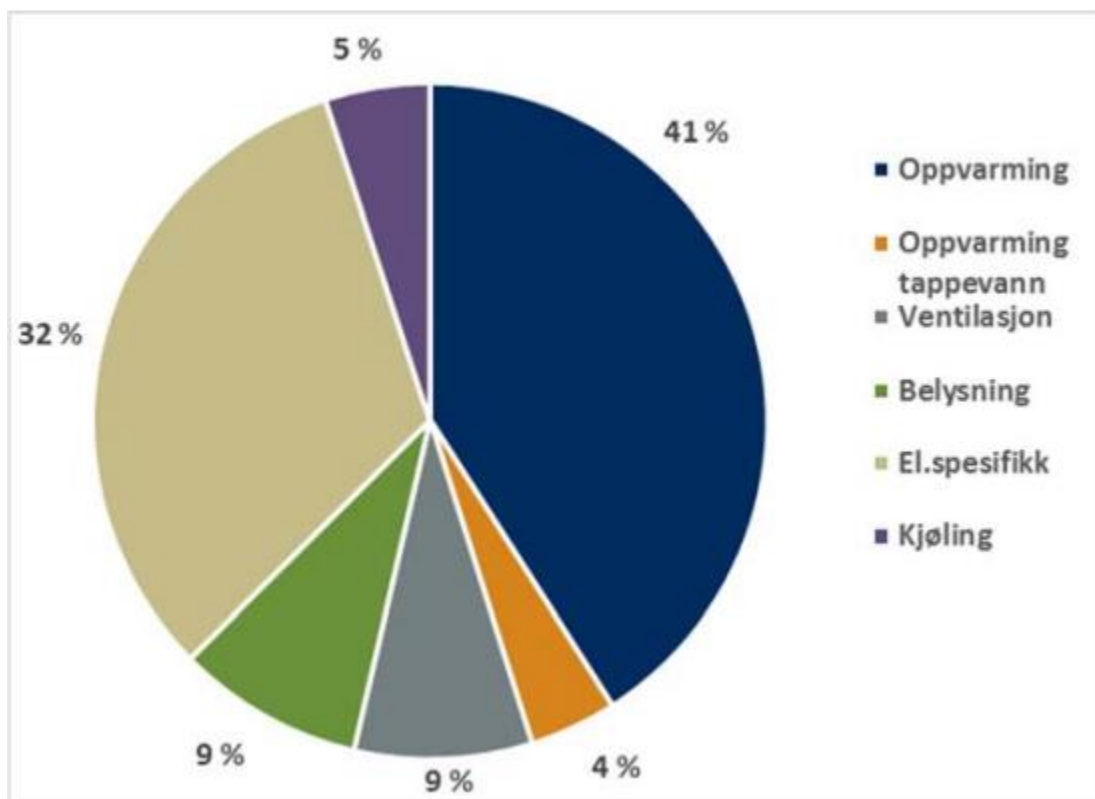
### 2.4.2 Effektbruk i Næringsbygg

Næringsbygg vert delt inn i ulike delar, frå industri til kontor.

I desse bygga er det ofte menneske som har behov for komforten gitt av varme. Figur 2.8 viser ei oversikt for effektforbruket til dei ulike offentlege bygga.



Figur 2.8 Forbruksoversikt for ulike næringsbygg [11]



Figur 2.9 Gjennomsnittleg forbruk av frå dei ulike næringsbygga [11]

Figur 2.9 viser det gjennomsnittlege forbruket til næringsbygg i 2016. Diagrammet viser at oppvarming står for 41% av all effektbruk i næringsbygg.

## **2.5 Inneklima**

### **2.5.1 Bustad**

Bustad har ingen lovpålagt innetemperatur, men det finst anbefalingar som er avgjerande for trivsel og velferd. FHI anbefalar at temperaturen om vinter er mellom 20 og 24 grader, og mellom 23-26 grader om sommaren.

### **2.5.2 Næringsbygg**

Arbeidsplassforskrifta § 2-14 regulerer ventilasjon, luft og inneklima i arbeidslokaler. Ein studie frå Harvard i 2016 viste at eit godt inneklima kan resultere i ei auke på 288% for strategisk tenking i forhold til eit dårleg inneklima for arbeidstakarar og skuleelevar [12]. Det er fleire parametrar som avgjer kvaliteten til inneklimaet, blant anna forskjellige gassar og temperatur. For denne oppgåva var berre temperatur relevant, og det er ikkje fastsett krav til temperatur for verken arbeidsplassar eller skular. Arbeidstilsynet anbefala at temperaturen blir halden under 22 grader ved fysisk lett innearbeid, medan temperaturar under 19 og over 26 grader skal bli unngått [13].

## **2.6 Utandørs temperatur**

Temperaturane utandørs i Noreg variera stort alt etter årstid, samt kva landsdel man oppheld seg i. Dette gjer at effekt nødvendig for å halde temperaturen i dei forskjellige bygga vil variere basert på desse parametera. Det vil i dette prosjektet bli tatt utgangspunkt i ein vanleg aprildag i Ålesund.

## 2.7 Varmekjelder

I dag er det mange ulike måtar å varme opp bustadar og bygg. Nokre av metodane er meir energieffektive enn andre, og vil bli beskrivne under.

### 2.7.1 Elektriske varmeomnar

Elektriske varmeomnar er populært å bruke til oppvarming. Det finst ulike typar varmeomnar som kan festast på vegg eller stå fritt i rommet. Desse varmeomnane eignar seg fint til oppvarming då dei kjem i ulike effektstørrelsar. Desse omnane er ofte regulerte ved hjelp av termostat. Nokre av varmeomnane gir også ei moglegheit for effektstyring i form av eit nivåstille som bestemmer effekten omnen skal gi når den er på. Dyrare omnar kjem også ofte med nattsinking, og gir ei moglegheit for fjernstyring. Figur 2.10 viser ein varmeomn med fjernstyring.



reddot design award  
winner 2019

#### Mill konvektorovn 1200W m/ wifi

- Integrert vifte
- Styres med app

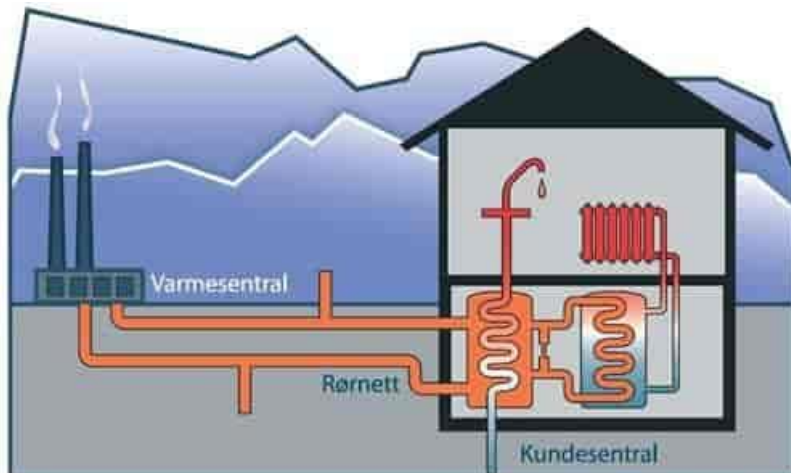


Figur 2.10 Konvektorovn med wifi [14]

### 2.7.2 Fjernvarme

Ved bruk av fjernvarme får kundar tilført varme ved hjelp av eit røyrssystem frå eit fjernt lager. Fjernvarme baserer seg på å bruke biobrensel og restvarme frå lokal industri. Dette gir ei god fornybar energikjelde som ikkje belastar straumnett, slik som mange andre energikjelder. Fjernvarmen brukar to parallelle rør fylt med vatn, vatnet blir varma opp i varmesentralen før det går til kunden og varmar opp radiatorar i bygget. Når vatnet blir kaldt blir det ført tilbake til ein varmesentral for å bli oppvarma på nytt. Figur 2.11 viser oppsettet til eit typisk fjernvarmeanlegg.





Figur 2.11 fjernvarme [15]

### 2.7.3 Golvvarme

Golvvarme blir lagt i form av kablar, matter eller folie under golvet for å varme opp. Kablar er vanleg på badarom, våtrom og inngangar mens matter og folie ofte blir nytta på opphaldsrom. Kablar blir nytta som primæroppvarming, mens matter og folier blir mest nytta for å unngå eit kaldt golv.

Varmekablar kan også bli nytta som snøsmelteanlegg og for å unngå fryste rør. Kravet til golvvarme er satt av produsentane av utstyret, samt diverse krav frå golvprodusent til montering.

### 2.7.4 Varmepumpe

Varmepumper er i dag eit normalt utstyr for oppvarming av bustadar og kontorbygg, og blir klassifisert som ei fornybar kjelde for varme. Pumpa nyttar energi frå temperaturen ute, og bruker den til å varme opp innandørs. Ei varmepumpe gir ein god produksjon av varme i forhold til den elektriske energien nytta.

Varmefaktoren (COP) til varmepumpene varierer i forhold til ute temperaturen og klimaet. Ei typisk varmepumpe har ein varmfaktorverdi lik 5,0 ved ute temperatur lik 7 grader. Varmefaktoren er bestemt etter kor effektivt eit apparat transformera elektrisk effekt til varme. Ein varmfaktor lik 5 betyr at varmepumpa nyttar 1 kW elektrisk effekt for å produsere 5 kW varme.

### 2.7.5 Sentralvarme

Sentralvarme er eit varmeanlegg der oppvarminga skjer i eit bestemt rom i eit bygg eller i ein bustad. Frå dette rommet vert det distribuert varme kvart enkelt rom i bygget. Sentralvarme er mykje brukt i næringsbygg for å sørge for lik temperatur i heile bygget. Sentralvarme kan hente varmeenergien frå mange kjelder, ofte brukt er større varmepumper.

## **2.8 Styresystem**

### **2.8.1 Termostat**

Termostat er eit apparat som måler temperatur, og har moglegheit til å styre varmesystem basert på temperaturmålingar. Termostatar er det mest vanlege styresystemet til oppvarming i dag, og blir brukt både i bustad og næringsbygg.

Termostatar er billige, og enkle å integrere i varmeapparat og utstyr. Brukaren kan enkelt stille inn ønska temperatur, deretter vil termostaten føle på temperaturen i rommet eller ønska stad, og med eit sett temperaturintervall vil termostaten skru på eller av varmekjelda basert på målingane.

Dette gjer at temperaturen ikkje vil halde seg på ein konstant temperatur, men heller variere med eit intervall i løpet av ei gitt periode.

### **2.8.2 Effektregulator**

Medan ein termostat justerer effekt basert på målt temperatur, har effekt-regulatorar ein konstant effekt. Dei blir styrt av ein skala frå 0-10 eller 0-100, og stilt inn manuelt. For å styre regulatorane i forhold til skalaen blir det nytta intervalltid. Det vil seie at om ein regulator har ei intervalltid på 30 minutt og regulatoren er stilt inn på stille nr 5 av 10, vil det bli gitt varme i 15minutt, og deretter ingen varme i 15 minutt.

Ein fordel med effektregulatorar er brukarvennlegheit, då det ikkje er nødvendig med noko programmering eller andre innstillingar. Det trengst berre å sette ønska effekt. Dette gjer at det ikkje er like lett å regulere varmen til ein sett temperatur som med ein termostat. Det er difor i dag oftast brukt på plassar der det ikkje er moglegheit for å nytte ein følar til ein termostat.

## 2.9 Styringsmetodar

Det er diverse styringsmetodar som allereie har blitt undersøkt mykje og som gir eit godt utgangspunkt for oppgåva. Dette er i hovudsak dag og nattsenking, men andre styringsmetoder kan også gi mindre effektbruk.

### 2.9.1 Dag og nattsenking

Dag og nattsenking baserer seg på å skru ned varmen i dei periodane varmebehovet ikkje er like høgt som elles. Dette er då typisk om natta når bygg står tomme eller folk søv. For bustad gjeld dette også på dagtid når folk er på arbeid, samt på ettermiddag i næringsbygg, når folk er ferdige med arbeidet.

Det er ein del forskjellige metoder for å oppnå optimal dag og nattsenking. Ein tommelfingerregel seier at 1 °C reduksjon i temperatur, svarar 5% reduksjon av effektbehov i tida det blir senka. Ved for mykje senking er det ein fare for at bygget vil oppleve for stort tap av varmelagera, slik at det vil bli nødvendig med meir effekt for å varme oppatt bygget i forhold til det ein sparte ved hjelp av senkinga. Det er difor anbefalt å halde seg til ei moderat senking på 4 til 5 grader [16].

Senkinga burde også ta omsyn til kva rom som er mest hensiktsmessig å nytte. Store rom med eit kjent bruksmønster er ofte der det er mest å hente, ofte gangar, soverom, stue og kjøkken. Desse har ofte mykje installert effekt for varme, samt har eit forbruksmønster som gjer at det er lett å vite når varmen kan senkast. Mindre rom som vaskerom og oppbevaringsrom har ofte mindre nytte av å bli senka. Dette er som følge av eit mindre kjend bruksmønster, samt mindre installert effekt. Baderom har eit godt potensial for å bli senka for å spare effekt, men det er ofte ønska å halde temperaturen oppe heile døgnet slik ein slepp ubehagelege toalettbesøk om natta. Dette er individuelt, og det kan vere eit alternativ om effektreduseringa er nødvendig.

Ein annan ting å tenke på er kor lenge senkinga skal vare. Dette er avhengig av fleire faktorar, der den viktigaste faktoren er kva type varmeoppsett som er i bygget, samt kva materiale som må varmast opp. For betong er det ofte ikkje nyttig med korte senkingsintervall, då betongen inneheld mykje termisk masse som resulterer i ei treigheit i svinginga av temperatur. For andre typar material kan kortare senkingsintervall også vere aktuelt, avhengig av den termiske massen. Dette er variabelt frå bygg til bygg, og denne oppgåva tok kun utgangspunkt i ein total u-verdi i bygga.

### 2.9.2 Diverse styringsmetodar

Det er andre styringsmetodar som ikkje er relevante for oppgåva, men som kan bli nytta elles.

- Feriemodus/Frostsikring: Beheld ein liten lunk i bygget når ein er vekk, slik at røy og diverse ikkje frys.
- Ope vindu deteksjon: Detektera om eit vindauge blir opna i rommet som vert varma opp. Om eit vindauge er ope vil termostaten redusere effekta gitt.
- Smartlæring: Styrings-einheiten lærer mønsteret i dei aktuelle romma, og justerer varmen basert på resultatata. Like trekk som ved dag og nattsenking, men meir automatisk.
- Smartstyring: Nye smartstyringar tillèt kommunikasjon imellom smartsystem og straumleverandør. Det er enda ikkje oppretta nokon god protokoll på dette, men dette opnar moglegheita for eit varmestyringsystem som er slik som det nye

elbilsystemet. Det vil seie at det kan bli varma opp meir når straumen er billig og heller redusere effekt når straumen er dyr.

## 2.10 Termiske eigenskapar

Dei termiske eigenskapane til bygget er eit mål for å angi byggets varmeisolerande evne, gitt som ein «U-verdi» med eininga  $\frac{W}{m^2K}$ . U-verdien angir mengda varme som for kvar tidseining passerer ein kvadratmeter av bygget per kelvin frå ei side til den andre [17]. Ein finn U-verdiar ved å nytte formel 1. Denne kan ein også snu, slik at ein finn R-verdiar som vist i formel 2.

$$U_{vegg} = \frac{1}{R_{vegg}} \left( \frac{W}{m^2K} \right) \quad (1)$$

$$R_{vegg} = \frac{1}{U_{vegg}} \left( \frac{K}{Wm^2} \right) \quad (2)$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots \quad (3)$$

$R_{vegg}$  er definert som termisk motstand mot varme-straumen. Kvart materialsjikt vil representere ein eigen delmotstand, og den totale termiske motstanden er eit resultat av alle dei forskjellige motstandane. Ein vegg er vanlegvis delt opp i forskjellig typa materiale. Her blir den termiske motstanden delt opp i serie og parallellkopling. Seriekoplinga er gitt som  $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ , og er den termiske motstanden til materiala gitt ved å gå direkte frå veggenn innandørs til veggenn utandørs. Parallellkoplinga er gitt som  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_n}$ , og er korleis veggenn er bygd opp på side om side. Det kan då være at veggenn er bygd opp av gipsplater, stenderar og vindaug.

Det blir simulert og samanlikna u-verdiar frå typiske hus frå 1950 og fram til i dag. Nokon av dei typiske verdiane er gitt som følger:

Bindingsverk med 100 mm isolasjon, mineralull (ca 1955): 0,35

Bindingsverk med 150 mm isolasjon, mineralull (ca 1985): 0,28

Bindingsverk med 200 mm isolasjon, mineralull (ca 1997): 0,2

Bindingsverk med 250 mm isolasjon, mineralull (ca 2007): 0,15 [17] [18].

Når ein starta å nytte isolasjon på 50-talet, vart u-verdiane til veggjar i hus halvert. Sidan dette har det vore ein sakte men sikker progresjon i u-verdiane. I Tek 17 kom det for første gong direkte krav til u-verdiar i nybygg. Kravet tilseier---- ein maks verdi på  $0.18 \left( \frac{W}{m^2K} \right)$  for ytterveggjar [19]. For å oppnå dagens krav har ytterveggjar typisk ein u-verdi på mellom 0.1 og  $0.15 \left( \frac{W}{m^2K} \right)$  [20]. Det vart her nytta  $0.1 \left( \frac{W}{m^2K} \right)$  som utgangspunkt.

Store delar av varmetapet i bygg kjem frå vindaug og dører, spesielt eldre vindaug og dører har ein dårleg termisk motstand. Byggeforskriftene har hatt gitte u-verdiar for vindaug og dørar sidan 40 talet, og desse er gitt som:

| Utvikling av U-verdi for vinduer | U-verdi |
|----------------------------------|---------|
| Passivhus (NS 3700)              | 0,8     |
| Nye forskrifter 2007             | 1,2     |
| Byggeforskriftene 1997           | 1,6     |
| Byggeforskriftene 1987           | 2,4     |
| Byggeforskriftene 60-70-tallet   | 2,6     |
| Byggeforskriftene 40-tallet      | 2,8     |

Figur 2.12 U-verdi vindauge og dører [21].

Næringsbygg har ofte store vindaugsflater som medfører ein høgare u-verdi. Næringsbygg må også forhalda seg til dei verdiane gitt i TEK og byggforskriftene, og gjer u-verdiane lik bustad.

Forskjellig byggemateriale har forskjellig varmelagringssevne. Varmelagringssevna til materialet avgjer hastigheita til temperaturendringa i materialsjiktet. Betong har ei god varmelagringssevne som vil sei at betongen held varmen lengre enn for eksempel tre, men det tek også lengre tid å varme opp. Denne tida det tek å varme opp og redusere varmen blir kalla ein termisk tidskonstant. Som nemnt over blir byggmateriale inkludert i utrekninga av U-verdi, men det er verdt å nemne at ved estimering av u-verdi vil det vere forskjell på type byggemateriale.

## 3 MATERIAL OG METODE

Bacheloroppgåva bygg på data innhenta frå Nordpool, BKK samt diverse kjelder frå nettet. Med bakgrunn av denne dataen er det gjort simulering i ein termisk-modell i Matlab og Simulink. Simuleringa blei gjort på grunnlag av den teoretiske delen av oppgåva. Kapittelet material og metode viser korleis simuleringane er gjort, samt kva vurderingar som er teke undervegs.

Simuleringane har teke utgangspunkt i ein vekedag i vintermånadane. Det er i denne perioda det vil gi best utbytte av å nytte varmestyring både med tanke på straumprisane men også nettleiga.

Kapittelet er delt i to. Ein del for korleis prosjektet er planlagt og organisert, samt ein del som tek føre seg framgangsmåten til sjølve simuleringane som er tatt. Simuleringsmodellen baserast på eit firkanta bygg utan skille-veggar, dette er gjort for enkelheits skyld og medfører litt unøyaktigheit då dei fleste bygg er utforma på ulike måtar. Modellen tok heller ikkje omsyn til varmeeffekt som blir lagra i bygningsmaterialet eller oppvarming frå sol.

### 3.1 Organisering

Prosjektet bestod av diverse leveringar og presentasjonar undervegs. Det vart levert og godkjend ein forprosjektrapport, halden ein «pitch» på engelsk, laga ein «poster» av prosjektet samt ein presentasjon av prosjektet etter innlevering. For å halde kontrollen på alle delane av prosjektet, var organiseringa viktig.

#### 3.1.1 Ansvar gruppemedlem

Det vart delt opp i to roller for gruppemedlemene, prosjektleiar og sekretær med gitt ansvar.

Prosjektleiar:

- Overordna ansvar for at ønska resultat vart oppnådd
- Halde kontroll på tidsfristar
- Ansvar for oppsett av arbeidstid
- Ansvar for handtering av eventuelle avvik

Sekretær:

- Ansvarleg for rapportar
  - Møterapportar
  - Vekes rapportar
- Ansvarleg for møter
  - Referat

Rollene gav berre eit overordna ansvar, alle medlemmene i gruppa var ansvarlege for å halde arbeidet innafor dei gitte rammene.

### 3.1.2 Avtaler

Det vart gjort diverse avtaler og normer for samarbeid, samt arbeidsstad og ressursar for å halde ein god struktur på samarbeidet.

#### 3.1.2.1 Arbeidsstad og ressursar

Grunna Covid-19 vart arbeidsstaden i løpet av prosjektet halden til heimekontor med samarbeid over Microsoft Teams og Discord. Dette gjor samarbeid og kommunikasjon vanskelegare enn i ein ordinær situasjon, men med ein pandemi gåande vart dette risikovurdert til å vere fornuftig med tanke på ein eventuell smittesituasjon innad i gruppa.

Det vart nytte diverse kjelder i prosjektet. Dei teoretiske kjeldene nytta kom frå nettet, mens dei fysiske ressursane kom i form av personar frå NTNU og Norconsult desse danna ei styringsgruppe. Det vart i utgangspunktet haldt eit møte med styringsgruppa kvar 2. veke, men med diverse avvik då faget Ingeniørfaget Systemtenking og ein eksamen i Matematiske Metoder 3 gjekk parallelt med delar av prosjektet.

Styringsgruppa hadde eit ekstra ansvar for å halde prosjektet i rute, samt kome med gode innspel og vere ein avgjerande part for oppgåvene aktuelle for prosjektet.

#### 3.1.2.2 Gruppenormer

For å halde motivasjonen og progresjonen i gruppa, vart det forventa eit par normer, reglar og haldningar.

- Avtale om 8 timars arbeidsdagar, måndag til fredag frå 0800-1600 for prosjektet.
- Eventuelle avvik skulle meldast ifrå om tidlegast mogleg.
- Det vart sett av 10 minutt på slutten av dagen til å reflektere over arbeidet gjort den gitte dagen, samt planen for neste dag.
- Kveld og helgearbeid måtte påreknast, då spesielt i periodane med undervisning i systememnet, samt ved ferdigstilling av rapporten.
- Det vart forventa at gruppe-medlemmar viste respekt for kvarandre, gjorde sitt beste for å løyse konflikter, og halde eit godt samarbeid gjennom heile oppgåva.
- Ved enden av kvar arbeidsveke vart det sett av tid til ein veker-rapport, samt planlegging for den følgjande veka.
- Det vart også forventa at medlemmane viste respekt for veiledarane, slik det er forventa at ein NTNU-ingeniør skal i forhold til dei etiske retningslinjene lært i Ingengiørfagleg-innføringsemne.

### 3.1.3 Organisering av prosess

Prosjektet vart organisert ved hjelp av ei prosjektstyringsmetode kalla Kritisk Bane. Kritisk Bane metoda tek føre seg å identifisere dei oppgåvene som er nødvendige for ferdigstilling og identifisera fleksibilitetar i oppgåva.

Metoda gir ei god innføring i strukturen nødig for god framgang, samt gjer det lettare å identifisere små og store delar ved oppgåva som kan forhindre andre oppgåver.

Ei av ulempene ved å nytte metoda er at det er vanskeleg å estimere tidsbruken samt kven som er ansvarleg for dei ulike delane. For å minimere dette mest mogleg vart alle oppgåvene i prosjektet lista opp i eit Gantt-diagram. Dette hjalp med å prøve å estimere tida til dei forskjellige oppgåvene, samt fordele ansvaret. Gantt-diagrammet ligg som vedlegg.

## 3.2 Framgangsmåte

Formålet med oppgåva var å redusere effekttoppar ved hjelp av varmestyring, utan at reduksjonen gjekk utover levestandarden. Delkapittel 2.3 viste at dei høgaste effekttoppane skjedde i periodane 0600-0900 og 1500-2100 i bustadar og 0700-1730 for næringsbygg. Deretter vart det i delkapittel 2.5 funnet akseptable grenser for temperatur i bustad og næringsbygg. Etter dette kunne det simulerast fleire scenarior for varmestyring i forhold til parameter gitt i delkapittel 2.3 og 2.5

Simuleringane blei gjort strategisk og lineært. Det vart nytta 5 forskjellige termiske eigenskapar for å representere bygningar frå forskjellige tidsepokar. Det vart starta med å sjå på temperaturendringa i dei forskjellige bygga. Dette vart gjort ved å redusere effektbruken til varme og sjå korleis dei forskjellige U-verdiane påverka varmetapet i bygg. Alle bygga vart deretter simulert med dei forskjellige termiske eigenskapane. Simuleringane vart gjort med systemet som normalt, deretter nattsenk ved optimal temperatur, dag og nattsenk med dagsenk til 20 grader for å oppbevare ønske om eit godt inneklimate og til slutt dag og nattsenk til optimal temperatur for å samanlikne om inneklimate ikkje er i prioritet.

Det vart også eksperimentert med å redusere bruken av varmeomnen i høglast tider, med eit 10% intervall frå 0-100.

Resultata frå desse simuleringane vart deretter sjekka og vurdert for tydelege mønster i effekten av dei forskjellige styringane både for eit økonomisk men også temperaturmessig aspekt. Når sjekken var gjort, vart det føretatt nye simuleringar basert på ein kombinasjon av styringane allereie føreteken. Det er uendeleg mange kombinasjonar som er moglege å foreta, og det vart difor nytta ei prøv å feile metode på dei forskjellige tidsepokane representert for å avgrense dei moglege kombinasjonane kjappast moglege. Dette gav gode estimat som deretter kunne justerast meir nøyaktig.

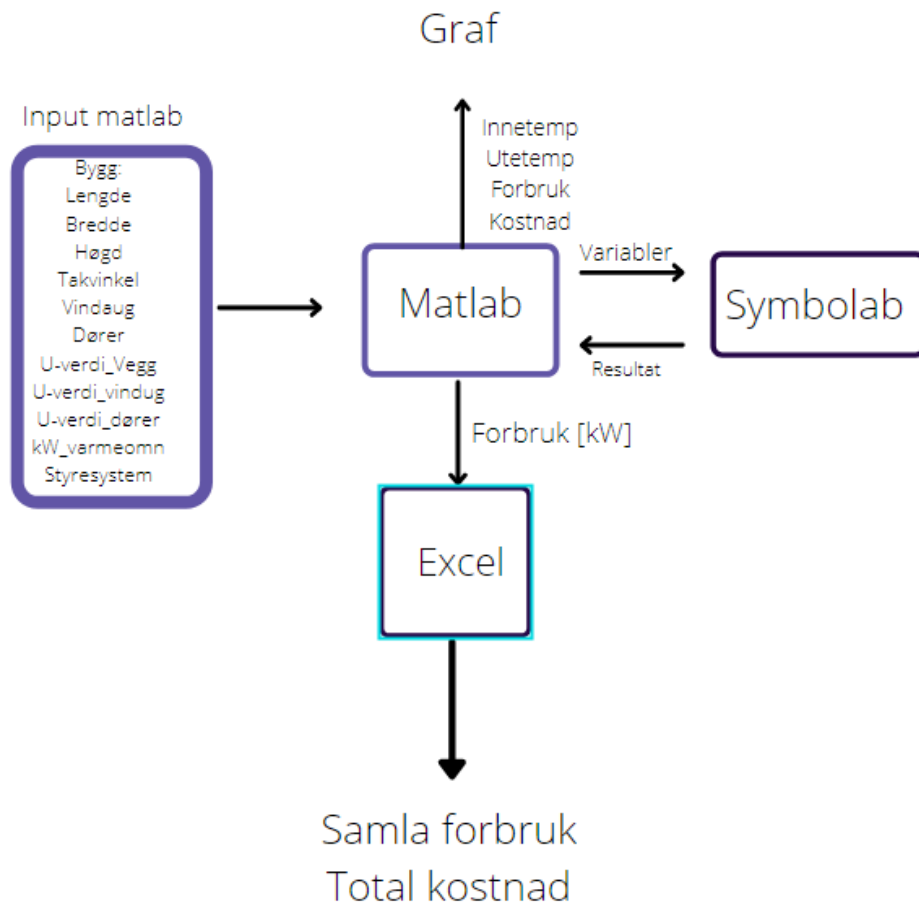
## 3.3 Oppsett

### 3.3.1 Simuleringsmodell

I Matlab-modellen var målet å kunne simulere kostnad og effektbehov ved oppvarming. Modellen basera seg på nødvendig energi per grade oppvarma.

Modellen er ei påbygging av ei ferdiglaga eksempelkode i Matlab. Modellen er nokså enkel, men vil gi realistiske resultat for forbruk og prisar. Øvst i koda blir størrelsen på bygget som simulerast bestemt. Her leggst inn lengde, bredde, høgde, antal vindauger og størrelse til vindauga. Med desse verdiane blir volumet til bygget kalkulert. Vidare må U-verdiar for vegg, vindauger og dører skrivast inn slik at det totale varmetapet i bygget kan finnast. I modellen er det ein variabel som tilsvara ein varmeomn, her leggst effekt til oppvarming til i kW. Elles blir det gitt verdiar for luft-tettheit og luftsirkulasjon, begge desse er satt til typiske verdiar. Figur 3.1 viser flytskjema til systemet.





Figur 3.1 Flytskjema

### 3.3.1.1 Justering av U-verdi

Endring av U-verdi i simuleringa gir ei praktisk tilnærming til korleis forskjellige typar isolasjon, byggmateriell og vindaug kan påverke varmetap i eit bygg. I Matlab er «input» for å endre U-verdien delt opp slik at det er mogleg å endre U-verdi for vegg/tak, vindaug og dører separat. Ved bruk av formel  $R_{vegg} = \frac{1}{U_{vegg}} \left( \frac{K}{Wm^2} \right)$  (2) blir dei ulike U-verdiane omgjort til R verdier slik at det er mogleg å samle dei til ein total R-verdi ved hjelp av formel  $\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots$  (3).

I forsøket blei U-verdiane frå dei forskjellige tidsepokane kombinert med krava for vindaug og dører i same periode. Ved reduksjon i U-verdi var det forventa at varmetapet i bygget minkar slik at bygget blir meir energieffektivt.

### 3.3.1.2 Endring i størrelse

Bygget blir varma av ei konstant varmekjelde, dette gjer det interessant å sjå korleis størrelsen til bygget påverka effektbruken og inne-temperaturen til bygget. Endringa i størrelse gjerast ved å justere lengda, breidda, høgda og takvinkel på bygget. Ved endring av antal vindaug og dører samt størrelsane til desse var det forventa at bygget ville få eit større varmetap. Figur 3.2 viser området i Matlab-koda der det er mogleg å endre størrelsane til bygget.

```
% lengde til bustad/bygg i meter
lenHouse = 10;% [M]
% breidde til bustad/bygg i meter
widHouse = 10;% [M]
% høgde til bustad/bygg i meter
htHouse = 2.4;% [M]

% takvinkel i grader /r2d
pitRoof = 20/r2d;

% Antall vindug
numWindows = 8;
% Høgde vindu i meter
htWindows = 1;% [M]
% Breidde vindu i meter
widWindows = 1;% [M]

%Antall dører
numDoors=2;
%Høgd dør i Meter
htDoors=2.1; %[M]
%Bredde dør i meter
widDoors=1; %[M]
```

Figur 3.2 Justering av størrelse

### 3.3.1.3 Nattsenk og reduksjon i brukstimar

Hovudmålet med å teste nattsenk og reduksjon i brukstimar var å sjå korleis dette påverka effektbruken gjennom ein heil dag. Nattsenk gir innsikt i korleis effektbruken på morgonen endrar seg i forhold til utan nattsenk. Reduksjon i brukstimar betyr at varmetilførselen kuttast ved gitte tidspunkt i løpet av dagen for å unngå ekstra effekt i tidspunkt der andre elektriske apparat har stort forbruk. Dette vert gjort for å sjå om det er mogleg å få ein reduksjon i effektledda i løpet av ein månad.

Dag og nattsenk blei gjort ved å redusere ønska temperatur til ønska verdi ved ønska tidspunkt.

Reduksjon i brukstimar er ei innstilling der ein kan bestemme kva timar varmeomnen ikkje skal vere i bruk.

Nattsenk frå 00.00-0600    Dagsenk 1600-2000

### 3.3.1.4 Endring i varme-effekt

I Matlab er det mogleg å endre effekt frå varmeomnen. Dette gjer det mogleg å simulere korleis størrelsen på varmeomnen påverkar det totale effektbruket og inneklimate. Dette gir også innsikt i kor mykje tilført varme eit bygg eller bustad må ha for å kunne oppretthalde ein komfortabel temperatur. Om tilført varme er nok til å oppretthalde temperaturen i bygget, vart det forventat at ei auke i størrelsen på omnen ikkje ville resultere i meir nytta effekt.

### 3.3.1.5 Utandørs temperatur

Vinter i Noreg byr på mange ulike temperaturar. I simuleringane er det nytta temperaturen til ein typisk vinterdag. Temperaturen vil variere mellom null og fem grader celsius, og endringa er gjort ved hjelp av ei sinus-kurve. Sinuskurva gjer at det i simuleringa vil vere kaldast om natta og varmest på dagtid.

### 3.3.1.6 Innandørs temperatur

Diverse anbefalingar til innandørs temperatur for næringsbygg og bustadar er gitt i kapitel 2.5. Det vart forsøkt å halde temperaturen innafor rammene gitt her i periodane då det er aktivitet i bygga, og deretter redusere i forhold til anbefalingane gitt i kapitel 2.8.

Det vart sett på korleis eit avvik frå anbefalingane om innandørstemperatur ville påverke den totale oppvarmingsprisen. Om det er mykje å hente på å redusere denne temperaturen i visse periodar, kan det være aktuelt for folk i situasjonar der levestandard må bli ein baktanke.

I simuleringa blei det gjort forsøk med inne temperatur lik 22 grader, nattsenk lik 18 grader og dagsenk lik 20 og 18 grader.

### 3.3.1.7 Straumpris

Det vart nytta historiske prisar frå Nordpool og datoen nytta var 5 April 2022. Straumprisane vart importert til Excel og deretter importert vidare til modellen i Matlab.

### 3.3.1.8 Implementering av nettleigemodell

Dei forskjellige nettleige-parameterna blei skildra i kapitel 2.1. Nettleigemodellen måtte delast opp og simulerast for 3 forskjellige typar bygg. Bustad, næringsbygg under 100 000kWh. og næringsbygg over 100 000kWh.

Bustaddelen bestod av to steg for nettleigemodellen, kapasitetsledd og energiledd. For å få dette til å fungere med modellen måtte modellen vite eit par ting.

- Når på døgnet simuleringane vart tatt.
- Kva månad det var.
- Maksimal kWh i løpet av den gitte dagen.

Energileddet gir ein gitt sats basert på når på døgnet det er, samt kva månad det er. Detaljane til energileddet er gitt i kapitell 2.1.

Prisane for kWh og energiledd for dei ulike tidene på døgnet blei satt opp i tabellar, slik at alle tidspunkt hadde ein pris. Vidare blei desse prisane lagt saman og gonga inn med

effektforbruket for ein time. Matlab skriv inn ein tabell i Excel som inneheld oversikt over forbruk gjennom ein heil dag. Frå denne tabellen blir høgast forbruk i løpet av ein time henta. Vidare er det ein funksjon som les maksforbruket og bestemmer kva effektledd oppvarming aktiverer. Denne ekstra kostnaden blir lagt til total kostnaden for ein måned.

For næringsbygg delen blir det delt opp i to. For bygg med forbruk under 100 000kWh blir nettleiga delt opp i fastledd og energiledd. Fastleddet blir bestemt utifrå maksimal kWh nytta i løpet av ein time per måned. Energileddet er ein fast sats per kWh og er avhengig av om det er dag eller natt. Nettleigemodellen for næringsbygg under 100 000kWh blei sett opp på same måte i Excel som bustad, men med prisane og verdiane som stemmer for næringsbygg.

For bygg med forbruk over 100 000kWh er nettleiga tre delt. Eit fastledd med ein gitt sats på årsbasis, eit effektledd som tek utgangspunkt i maksimal kilowatt nytta på eit tidspunkt i løpet av månaden, og eit energiledd som nyttar ein gitt sats per kWh. Satsen for effekt- og energileddet er avhengig av om det er sommar eller vinter. For næringsbygg over 100 000 kWh blei Excel-arket litt ulikt, her blei det framleis brukt den same straumprisen, men med nye energiledd. I tillegg er det no ein tilleggskostnad som gjer at kundar må betale for den maksimale effekta nytta på eit gitt tidspunkt. I Excel-arket blei denne kostnaden rekna ut i frå kor stor varmeeffekt det var nytta i bygget. Til slutt er det også ein årleg tilleggskostnad, denne blei delt på tolv og lagt til i månedssummen.

### 3.3.1.9 Størrelse bygg

Det vart simulert forskjellige scenario for forskjellige bygg med forskjellige størrelsar. For å få ei god oversikt vart desse størrelsane simulert:

Bustad: (40-50-75-100-125-150-200)  $m^2$

Næringsbygg under 100 000kWh: (500 - 1000 - 2500)  $m^2$

Næringsbygg over 100 000kWh: (5000 - 10000 - 25000 - 50000)  $m^2$

### 3.3.1.10 Antal vindauge og dører

I TEK 17 vart kravet om % vindauge og dørareal av oppvarma bruksareal endra frå 20% til 25% [19]. Det vart gjort forenklingar her og sett ein standard på 15% for alle simuleringane for bustad.

Næringsbygg har ofte ein høgare andel %vindauge, og det vart simulert med ein andel på 20%. Tabell 3.1 viser en oversikt over dei ulike bygg størrelsane med tilhøyrande mengd vindauge og dører.

Tabell 3.1 Oversikt antal vindauge og dører

| Størrelse [ $m^2$ ] | Vindauge [ $m^2$ ] | Antal dører (2,1m*1m) |
|---------------------|--------------------|-----------------------|
| Bustad              |                    |                       |
| 40                  | 5                  | 1                     |
| 50                  | 6                  | 1                     |
| 75                  | 7                  | 1                     |
| 100                 | 8                  | 2                     |
| 125                 | 9                  | 2                     |
| 150                 | 9                  | 2                     |
| 200                 | 10                 | 2                     |
| Næringsbygg         |                    |                       |
| 500                 | 72                 | 5                     |
| 1000                | 84                 | 10                    |
| 2500                | 150                | 15                    |
| 5000                | 180                | 20                    |
| 10000               | 240                | 25                    |
| 25000               | 420                | 50                    |
| 50000               | 720                | 75                    |

### 3.3.1.11 Installert effektbehov

For å rekne ut det nøyaktige effektbehovet for oppvarming, trengde modellen nokre omtrentlege verdiar.

I oppgåva vart det nytta ein dimensjonerande effekt per kvadrat for forskjellige byggjeår i Ålesund. Verdiane nytta var:  $30 \frac{W}{m^2}$  for bygg etter 1997,  $45 \frac{W}{m^2}$  for bygg imellom 1987 til 1997 og  $60 \frac{W}{m^2}$  for bygg før 1987 [22].

Effektbehovet for kvart bygg blir då enkelt rekna ut med formelen  $m^2 * \frac{W}{m^2}$ . Tabell 3.2 viser effektbehov til dei relevante størrelsane.

Tabell 3.2 Effektbehov bygg

| $m^2 \downarrow \frac{W}{m^2} \rightarrow$ | 30        | 45        | 60        |
|--|-----------|-----------|-----------|
| 40   | 1200      | 1800      | 2400      |
| 50   | 1500      | 2250      | 3000      |
| 75   | 2250      | 3375      | 4500      |
| 100  | 3000      | 4500      | 6000      |
| 125  | 3750      | 5625      | 7500      |
| 150  | 4500      | 6750      | 9000      |
| 200  | 6000      | 9000      | 12 000    |
| 500  | 15 000    | 22 500    | 30 000    |
| 1000                                       | 30 000    | 45 000    | 60 000    |
| 2500                                       | 75 000    | 112 500   | 150 000   |
| 5000                                       | 150 000   | 225 000   | 300 000   |
| 10000                                      | 300 000   | 450 000   | 600 000   |
| 25000                                      | 750 000   | 1 125 000 | 1 500 000 |
| 50000                                      | 1 500 000 | 2 225 000 | 3 000 000 |

### 3.3.2 Simulering bustad

I dei første simuleringane blei alle bustad størrelsane testa med ulike U verdjar og ulike styringsmetode.

I alle testane blei det gjort følgande:

- utan styring.
- Med nattsenk.
- Med natt og dag-senk (Nattsenk 18 grader og dagsenk 20 grader).
- Med natt og dag-senk( Nattsenk 18 grader og dagsenk 18 grader).

For alle bustadstørrelsar blei det nytta ein takvinkel lik 27 grader og ei takhøgde lik 2.4 meter.

Simuleringane vart delt opp basert på U-verdjar, oppsettet er vist i Tabell 3.3.

Tabell 3.3 Simuleringsoppsett Bustadbygg

| Simuleringsrunde | U-verdi frå årstal     | Størrelse [ $m^2$ ]      |
|------------------|------------------------|--------------------------|
| 1                | 2018-2022              | 40-50-75-100-125-150-200 |
| 2                | 2007-2018              | 40-50-75-100-125-150-200 |
| 3                | 1997-2007              | 40-50-75-100-125-150-200 |
| 4                | 1987-1997              | 40-50-75-100-125-150-200 |
| 5                | 1955-1987              | 40-50-75-100-125-150-200 |
| 6                | 2018-2022 og 1955-1987 | 100                      |

#### 3.3.2.1 Første simuleringsrunde

Her blei alle bustadstørrelsane testa med dagens U-verdi standardar for å sjekke kva den mest optimale metoden for å redusere effektbruk samtidig som temperaturen vert halden innanfor ein komfortabel verdi.

U verdjar nytta:

Tabell 3.4 U verdjar nytta nye bustadar 2018-2022 Case 2.1a

| Utstyr   | U-verdi [ $\frac{W}{m^2K}$ ] |
|----------|------------------------------|
| Vegg     | 0.1                          |
| Dør      | 0.8                          |
| Vindauge | 0.8                          |

Tabell 3.5 Effektbehov oppvarming nye bustadar 2018-2022

| Areal [ $m^2$ ] | Effekt til oppvarming [W] |
|-----------------|---------------------------|
| 40              | 1200                      |
| 50              | 1500                      |
| 75              | 2250                      |
| 100             | 3000                      |
| 125             | 3750                      |
| 150             | 4500                      |
| 200             | 6000                      |

### 3.3.2.2 Andre simuleringsrunde

Her blei alle bustadstørrelsane testa med (2007-2018) U-verdi standardar.

Tabell 3.6 U-verdiar nytta bustadar 2007-2018

| Utstyr   | U-verdi [ $\frac{W}{m^2K}$ ] |
|----------|------------------------------|
| Vegg     | 0.15                         |
| Dør      | 1.1                          |
| Vindauge | 1.1                          |

Det vart nytta same effekt til oppvarming som i første simuleringsrunde.

### 3.3.2.3 Tredje simuleringsrunde

Her blei alle bustadstørrelsane testa med (1997-2007) U-verdi standardar

Tabell 3.7 U-verdiar nytta bustadar 1997-2007

| Utstyr   | U-verdi [ $\frac{W}{m^2K}$ ] |
|----------|------------------------------|
| Vegg     | 0.2                          |
| Dør      | 1.6                          |
| Vindauge | 1.6                          |

Det vart også her nytta same effekt til oppvarming som i første og andre simuleringsrunde gitt i Tabell 3.5.

### 3.3.2.4 Fjerde simuleringsrunde

Her blei alle bustadstørrelsane testa med (1987-1997) U-verdi standardar

Tabell 3.8 U-verdiar nytta bustadar 1987-1997

| Utstyr   | U-verdi [ $\frac{W}{m^2K}$ ] |
|----------|------------------------------|
| Vegg     | 0.28                         |
| Dør      | 2.4                          |
| Vindauge | 2.4                          |

Tabell 3.9 Effektbehov oppvarming 1987-1997

| Areal [ $m^2$ ] | Effekt til oppvarming [W] |
|-----------------|---------------------------|
| 40              | 1800                      |
| 50              | 2250                      |
| 75              | 3375                      |
| 100             | 4500                      |
| 125             | 5625                      |
| 150             | 6750                      |
| 200             | 9000                      |



### 3.3.2.5 Femte simuleringsrunde

Her blei alle bustadstørrelsane testa med (1955-1987) U-verdi standardar

Tabell 3.10 U-verdiar nytta bustadar 1955-1987

| Utstyr   | U-verdi [ $\frac{W}{m^2K}$ ] |
|----------|------------------------------|
| Vegg     | 0.35                         |
| Dør      | 2.6                          |
| Vindauge | 2.6                          |

Tabell 3.11 Effektbehov oppvarming 1955-1987

| Areal [ $m^2$ ] | Effekt til oppvarming [W] |
|-----------------|---------------------------|
| 40              | 2400                      |
| 50              | 3000                      |
| 75              | 4500                      |
| 100             | 6000                      |
| 125             | 7500                      |
| 150             | 9000                      |
| 200             | 12 000                    |

### 3.3.2.6 Siste simuleringsrunde

I denne simuleringsrunda blei det gjort forsøk på ein 100 kvadrats bustad med den beste og dårlegaste u-verdien. I simuleringa vart det testa korleis bygg med ulike isolasjonsegenskapar held på inne temperaturen ved ingen tilført varme i 6 timar og 10% tilført varme i 6 timar. Grunnlaget for simuleringa er for å sjå effekta u-verdi har på varmebevaringsegenskapen til eit bygg.

### 3.3.3 Simulering Næringsbygg

Simuleringane for næringsbygg vart delt opp i to omgangar, over og under 100 000kWh. Antal vindauge vart rekna basert på veggarealet til bygget. Anbefalingane seier at 20% av veggarealet bør bestå av vindauge. Takvinkelen for næringsbygg blei satt til 20 grader.

I Simuleringane var normal innandørs temperatur 22 grader. Vidare blei det simulert med nattsenk frå kl. 00:00 til 06:00 ved 18 grader, så blei det lagt til ein dagsenk frå 17:00 til 24:00 ved 20 grader. Til slutt er det simulering med natt og dagsenk lik 18 grader.

Simuleringane vart her delt opp etter U-verdiar, og oppsettet såg slik ut:

Tabell 3.12 Simuleringsoppsett Næringsbygg under 100 000kWh

| Simuleringsrunde | U-verdi frå årstal | Størrelse [ $m^2$ ] |
|------------------|--------------------|---------------------|
| 1                | 2018-2022          | 500-1000-2500       |
| 2                | 2007-2018          | 500-1000-2500       |
| 3                | 1997-2007          | 500-1000-2500       |
| 4                | 1987-1997          | 500-1000-2500       |
| 5                | 1955-1987          | 500-1000-2500       |

#### 3.3.3.1 Under 100 000kWh

##### 3.3.3.1.1 Første simuleringsrunde

Her blei alle byggstørrelsane testa med (2018-2021) U-verdi standardar

Tabell 3.13 U-verdiar nytta Næringsbygg 2018-2021

| Utstyr   | U-verdi [ $\frac{W}{m^2K}$ ] |
|----------|------------------------------|
| Vegg     | 0.1                          |
| Dør      | 0.8                          |
| Vindauge | 0.8                          |

Tabell 3.14 Effektbehov oppvarming 2018-2021

| Areal [ $m^2$ ]              | Effekt til oppvarming [W] |
|------------------------------|---------------------------|
| 500, 5 dører, 72 vindauge    | 15 000                    |
| 1000, 10 dører, 84 vindauge  | 30 000                    |
| 2500, 15 dører, 150 vindauge | 75 000                    |

### 3.3.3.1.2 Andre simuleringsrunde

Her blei alle byggstørrelsane testa med (2007-2018) U-verdi standardar

Tabell 3.15 U-verdiar nytta Næringsbygg 2007-2018

| Utstyr   | U-verdi [ $\frac{W}{m^2K}$ ] |
|----------|------------------------------|
| Vegg     | 0.15                         |
| Dør      | 1.1                          |
| Vindauge | 1.1                          |

Effektbehovet her likt Tabell 3.14.

### 3.3.3.1.3 Tredje simuleringsrunde

Her blei alle byggstørrelsane testa med (1997-2007) U-verdi standardar

Tabell 3.16 U-verdiar nytta Næringsbygg 1997-2007

| Utstyr   | U-verdi [ $\frac{W}{m^2K}$ ] |
|----------|------------------------------|
| Vegg     | 0.2                          |
| Dør      | 1.6                          |
| Vindauge | 1.6                          |

Effektbehovet her også likt Tabell 3.14.

### 3.3.3.1.4 Fjerde simuleringsrunde

Her blei alle byggstørrelsane testa med (1987-1997) U-verdi standardar

Tabell 3.17 U-verdiar nytta næringsbygg 1987-1997

| Utstyr   | U-verdi [ $\frac{W}{m^2K}$ ] |
|----------|------------------------------|
| Vegg     | 0.28                         |
| Dør      | 2.4                          |
| Vindauge | 2.4                          |

Tabell 3.18 Effektbehov oppvarming næringsbygg 1987-1997

| Areal [ $m^2$ ] | Effekt til oppvarming [W] |
|-----------------|---------------------------|
| 500             | 22 500                    |
| 1000            | 45 000                    |
| 2500            | 112 500                   |

### 3.3.3.1.5 Femte simuleringsrunde

Her blei alle byggstørrelsane testa med (1955-1987) U-verdi standardar

Tabell 3.19 U-verdiar nytta næringsbygg 1955-1987

| Utstyr   | U-verdi [ $\frac{W}{m^2K}$ ] |
|----------|------------------------------|
| Vegg     | 0.35                         |
| Dør      | 2.6                          |
| Vindauge | 2.6                          |

Tabell 3.20 Effektbehov oppvarming næringsbygg 1955-1987

| Areal [ $m^2$ ] | Effekt til oppvarming [W] |
|-----------------|---------------------------|
| 500             | 30 000                    |
| 1000            | 60 000                    |
| 2500            | 150 000                   |

### 3.3.3.2 Over 100 000kWh

Simuleringane her vart også delt opp etter U-verdi, og oppsettet vart som følger:

Tabell 3.21 Simuleringsoppsett Næringsbygg over 100 000kWh

| Simuleringsrunde | U-verdi frå årstal | Størrelse [ $m^2$ ]       |
|------------------|--------------------|---------------------------|
| 1                | 2018-2022          | 5000-10 000-25 000-50 000 |
| 2                | 2007-2018          | 5000-10 000-25 000-50 000 |
| 3                | 1997-2007          | 5000-10 000-25 000-50 000 |
| 4                | 1987-1997          | 5000-10 000-25 000-50 000 |
| 5                | 1955-1987          | 5000-10 000-25 000-50 000 |

#### 3.3.3.2.1 Første simuleringsrunde

Her blei alle byggstørrelsane testa med (2018-2021) U-verdi standardar

Tabell 3.22 U-verdiar nytta Næringsbygg 2018-2021

| Utstyr   | U-verdi [ $\frac{W}{m^2K}$ ] |
|----------|------------------------------|
| Vegg     | 0.1                          |
| Dør      | 0.8                          |
| Vindauge | 0.8                          |

Tabell 3.23 Effektbehov oppvarming 2018-2021

| Areal [ $m^2$ ]              | Effekt til oppvarming [W] |
|------------------------------|---------------------------|
| 5000, 180 vindauge, 20 dører | 150 000                   |
| 10 000 25 dør                | 300 000                   |
| 25 000 50 dør                | 750 000                   |
| 50 000 75 dør                | 1 500 000                 |

### 3.3.3.2.2 Andre simuleringsrunde

Her blei alle byggstørrelsane testa med (2007-2018) U-verdi standardar

Tabell 3.24 U-verdiar nytta Næringsbygg 2007-2018

| Utstyr   | U-verdi [ $\frac{W}{m^2K}$ ] |
|----------|------------------------------|
| Vegg     | 0.15                         |
| Dør      | 1.1                          |
| Vindauge | 1.1                          |

Effektbehovet er lik Tabell 3.23.

### 3.3.3.2.3 Tredje simuleringsrunde

Her blei alle byggstørrelsane testa med (1997-2007) U-verdi standardar

Tabell 3.25 U-verdiar nytta Næringsbygg 1997-2007

| Utstyr   | U-verdi [ $\frac{W}{m^2K}$ ] |
|----------|------------------------------|
| Vegg     | 0.2                          |
| Dør      | 1.6                          |
| Vindauge | 1.6                          |

Effektbehovet her også likt Tabell 3.23.

### 3.3.3.2.4 Fjerde simuleringsrunde

Her blei alle byggstørrelsane testa med (1987-1997) U-verdi standardar

Tabell 3.26 U-verdiar nytta næringsbygg 1987-1997

| Utstyr   | U-verdi [ $\frac{W}{m^2K}$ ] |
|----------|------------------------------|
| Vegg     | 0.28                         |
| Dør      | 2.4                          |
| Vindauge | 2.4                          |

Tabell 3.27 Effektbehov oppvarming 1987-1997

| Areal [ $m^2$ ] | Effekt til oppvarming [W] |
|-----------------|---------------------------|
| 5000            | 225 000                   |
| 10 000          | 450 000                   |
| 25 000          | 1 125 000                 |
| 50 000          | 2 250 000                 |

### 3.3.3.2.5 Femte simuleringsrunde

Her blei alle byggstørrelsane testa med (1955-1987) U-verdi standardar

Tabell 3.28 U-verdiar nytta næringsbygg 1955-1987

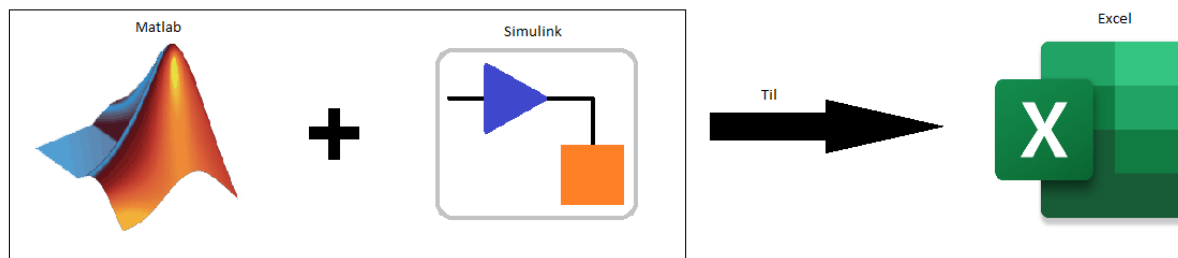
| Utstyr   | U-verdi [ $\frac{W}{m^2K}$ ] |
|----------|------------------------------|
| Vegg     | 0.35                         |
| Dør      | 2.6                          |
| Vindauge | 2.6                          |

Tabell 3.29 Effektbehov oppvarming 1955-1987

| Areal [ $m^2$ ] | Effekt til oppvarming [W] |
|-----------------|---------------------------|
| 5000            | 300 000                   |
| 10 000          | 600 000                   |
| 25 000          | 1 500 000                 |
| 50 000          | 3 000 000                 |

## 4 MODEL

I dette kapittelet blir modellen vist i Figur 4.1 og rollene dei ulike programma har i simuleringsmodellen skildra.



Figur 4.1 Modell oppsett

Matlab og Simulink-modellen er basert på ei eksempelkode frå «Mathworks» [2], som gav eit generelt utgangspunkt. Med forbetringar og tilpassingar var det mogleg å nytte koda til simuleringane. Modellen i Simulink simulerar over tidsperiode på 24 sekund, dette gjer at alle tidsavhengige variablar i Matlab vart skalert til per time i staden for per sekund.

### 4.1.1 Matlab

Matlab har ansvaret for alle parameterar nytta i simuleringane. Her blir verdiar bestemt basert på type bygg, størrelse og klima. I Matlab blir det også generert grafar som representerer resultatata til simuleringa. Ved simulering blir variablane og resultatata sendt frå Simulink til «workspace» i Matlab, og deretter ein forenkla versjon frå Matlab til Excel. Resultata frå simuleringane blir lagra i ein «timeseries», og ved bruk av kommando «timeseries2timetable» blir resultatata gjort om til ein tidstabell. Tidstabellen gir moglegheit til å redusere antal resultat slik at resultatata blir gitt i per sekund, time og liknande, der etter blir tabellen sendt vidare til Excel.

vedlegg A viser Matlab koda

### 4.1.2 Simulink

Parameterane frå Matlab gjer det mogleg å simulere ein tilsynelatande realistisk modell i Simulink. Modellen består av eit hovudsystem og tre «sub» system. Hovudsystemet koplar saman «sub» systema og gjer det mogleg å utføre berekningar og målingar. «Sub» systema består av termostat, hus og varmeapparat. I termostaten er det eit rele som skruer seg på og av avhengig av temperaturen i huset. I hus systemet blir det gjort berekningar for lufttemperaturen i huset, avhengig av varmetap og tilført varme. I det siste systemet, varmeapparat er det ein modell som representera varmekjelda i bygget, her blir varmeomnen og styresystemet funnet. I Simulink vert målingane gjort i løpet av ei simulering lagra, og blir sendt tilbake til Matlab for vidare arbeid. Temperaturen i bygget til ei kvar tid er berekna via formlar henta frå Mathworks [2], i figurane nedanfor kan ein sjå at variablane frå formlane er brukt på same måte som i formlane.

$$\frac{dQ}{dt} = (T_{Heater} - T_{Room}) * M_{dot} * c \quad (4)$$

$$\left(\frac{dQ}{dt}\right)_{losses} = \frac{T_{Room} - T_{Out}}{R_{eq}} \quad (5)$$

Som gir

$$\frac{dT_{Room}}{dt} = \frac{1}{M_{air} * c} * \left( \frac{dQ_{heater}}{dt} - \frac{dQ_{losses}}{dt} \right) \quad (6)$$

### Variabel liste:

$\frac{dQ}{dt}$  = Varmluft sirkulasjon

$c$  = varmekapasitansen til lufta i bygget

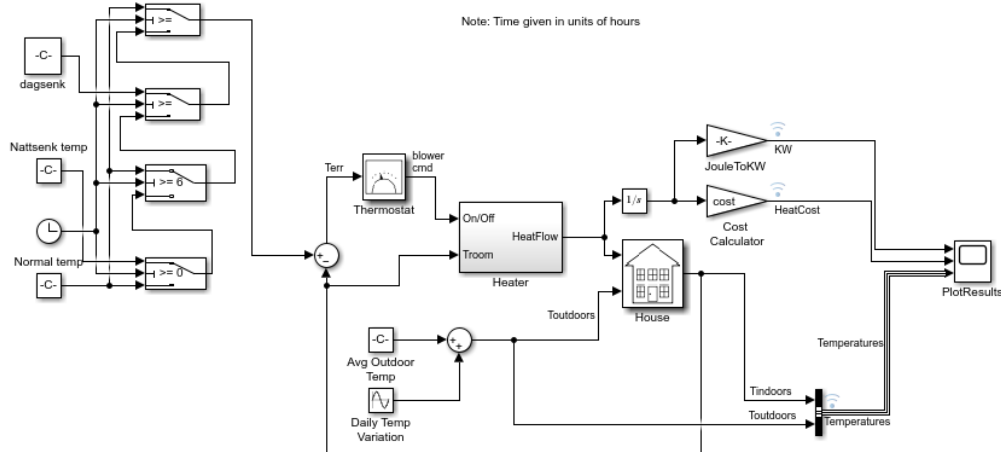
$M_{dot}$  = luftsirkulasjon i kg/time

$T_{heater}$  = temperaturen til varmlufta

$T_{room}$  = lufttemperaturen i rommet

$M_{air}$  = massen til lufta i bygget

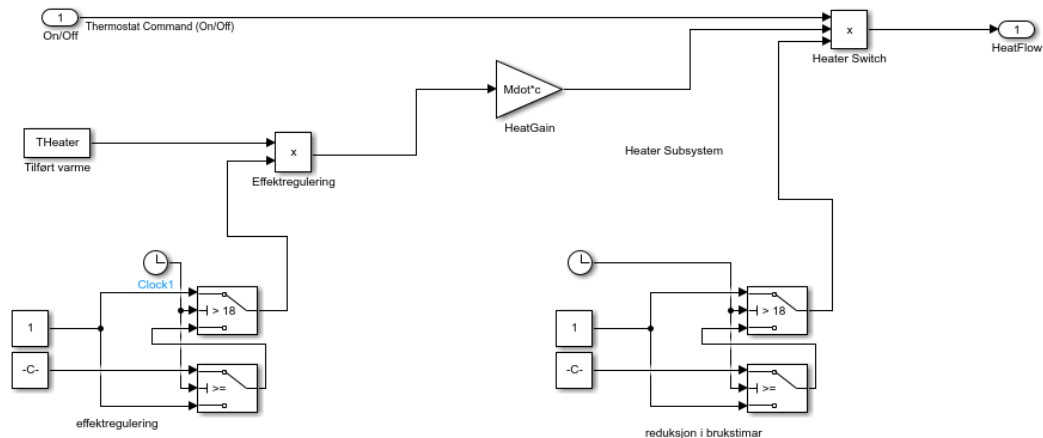
$R_{eq}$  = den ekvivalente termiske motstanden til bygget



Figur 4.2 hovudsystem Simulink

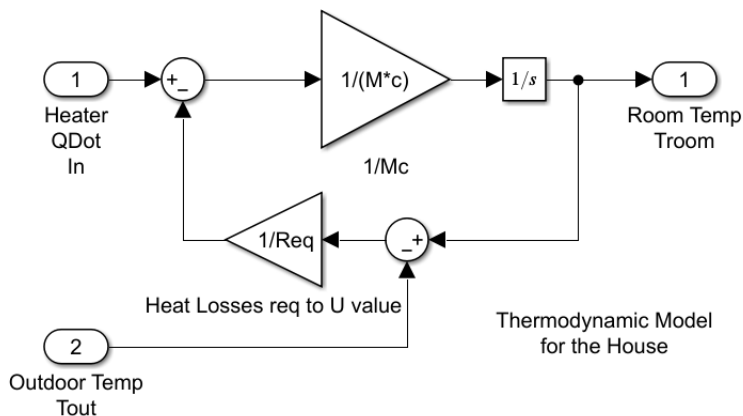
Figur 4.2 visar hovudsystemet i Simulink. Systemet består av ein ønska innetemperatur som ein finn til venstre i figur 4.2, her ligg også brytarane som gjer det mogleg å regulere innetemperaturen i form av dag og nattsenk. Systemet har også ein utetemperatur som blir variert av «Daily temp variation». Hovudsystemet består av tre «sub» system. Det er samansettinga av desse som gjer det mogleg å simulere den termiske påverknaden i eit bygg. I hovudsystemet ligg det også «integratorar» som reknar det totale effektforbruket for anlegget.





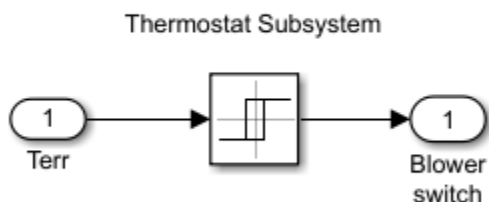
Figur 4.3 Subsystem 1 tilført varme

Subsystemet for tilført varme, vist i Figur 4.3, viser systemet som står for oppvarming av luft i bygget. I systemet ligg det brytarar som gjer det mogleg å styre effekt i bygget til gitte tidspunkt, det er også mogleg å stille brytarane slik at bygget ikkje får tilført varme i gitte tidspunkt. «Theater» er varmeomnen i systemet, og størrelsen blir bestemt i Matlab i eininga kW. Vidare blir størrelsen ganga med luftflyten og varmekapasiteten til lufta i bygget. Termostaten vist i Figur 4.5 styrar når varmeomnen skal vere på.



Figur 4.4 Subsystem 2, termisk modell av bygg

Figur 4.4 viser den termiske modellen i Simulink. I dette systemet vert innetemperaturen kalkulert, basert på tilført varme, varmetap og eksisterande varme i bygget. Modellen bygg på lufttemperaturen i rommet, og tek ikkje omsyn for lagra varme i konstruksjonen.



Figur 4.5 Subsystem 3, termostat

Figur 4.5 viser subsystemet termostat. Termostaten får gitt informasjon om temperaturvariasjonen frå ønska til faktisk temperatur i rommet, og basert på dette avgjer om varmeomnen skal gi varme eller ikkje.

### 4.1.3 Excel

Excel har ansvaret for å behandle informasjonen om effektforbruk. Frå Matlab og Simulink blir det gitt ein tabell til Excel, som inneheld totalt forbruk til bygget gitt i kWh. Frå tabellen reknar Excel ut kWh forbruk per time, slik at det er mogleg å få ei oversikt over når på døgnet det blir nytta mest effekt. Etter at programmet har funne det største forbruket i løpet av ein time, blir denne verdien nytta til å finne kva effektledd og energiledd som må leggjast på månadsprisen. Det blir også laga ein tabell som viser det totale forbruket, samt forbruket per time.

Informasjonen laga i Excel er den informasjonen som er mest relevant for forskingsarbeidet i rapporten. Denne informasjonen gir eit innblikk i korleis varmestyring, isolasjonsmateriale og andre variablar kan redusere effektforbruken i eit bygg, samtidig som ein unngår effekttoppar og livskvaliteten vert oppretthalden.

Grunna dei tre ulike nettleigemodellsystema gitt i kapittel 2.1 var det nødvendig å lage tre ulike Excel-ark, slik at kvart bygg fekk rett nettleige-modell.

## 5 RESULTAT

I dette kapitlet blir resultatene for alle simuleringene presentert i tabellform. Tabellene er strukturert slik at «Original» rada viser kva forbruket for bygget og u-verdien er utan nokon endringar og reduksjonar. Dei andre radene, «nattsenk», «natt og dagsenk 20 grader» og «natt og dagsenk 18 grader» viser reduksjonen i antal kWh og NOK ved dei forskjellige styringane. Positive tall beskriv ein reduksjon og negative tall beskriv ei auking. Prisar og forbruk er gitt i formatet per måne med ein antagelse at månen har 30 dagar. Resultata inneheld utvalde tabellar og grafar. Tabellar for andre simuleringar ligg som vedlegg C.

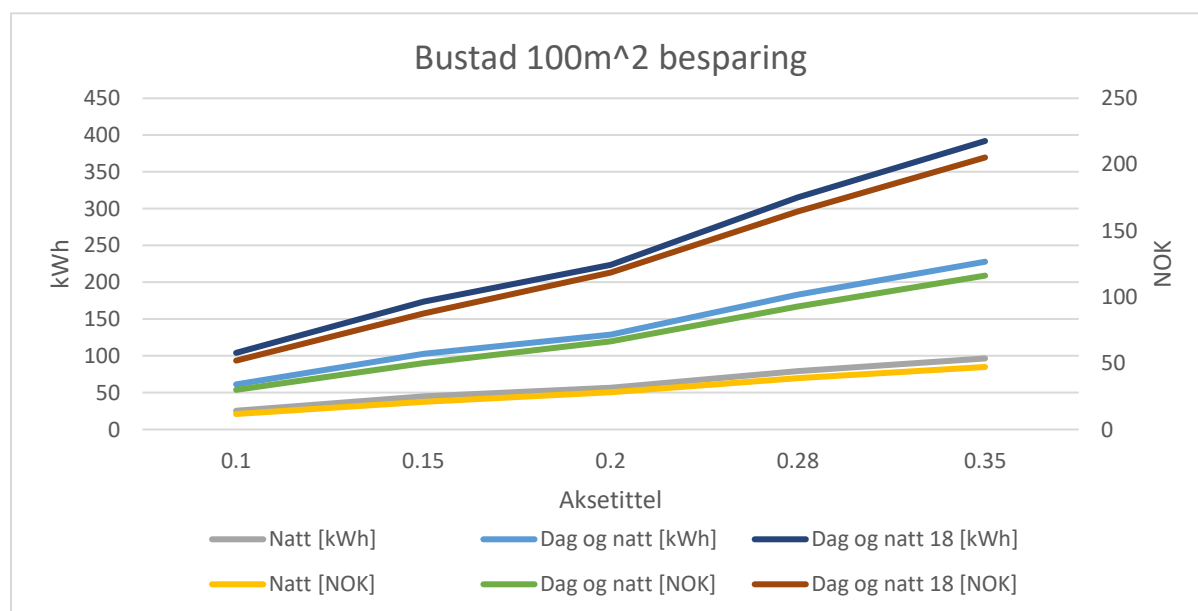
### 5.1 Bustadar:

#### 5.1.1 100 kvadratmeter

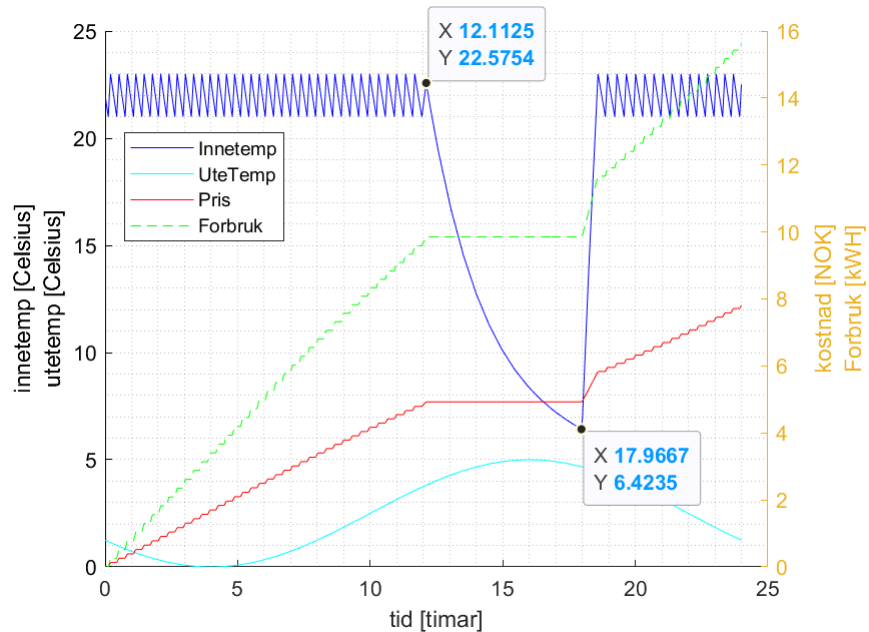
Tabell 5.1 og Figur 5.1 viser simuleringresultata for 100kvm bustad.

Tabell 5.1 Resultat 100 kvadrat Case 1.4

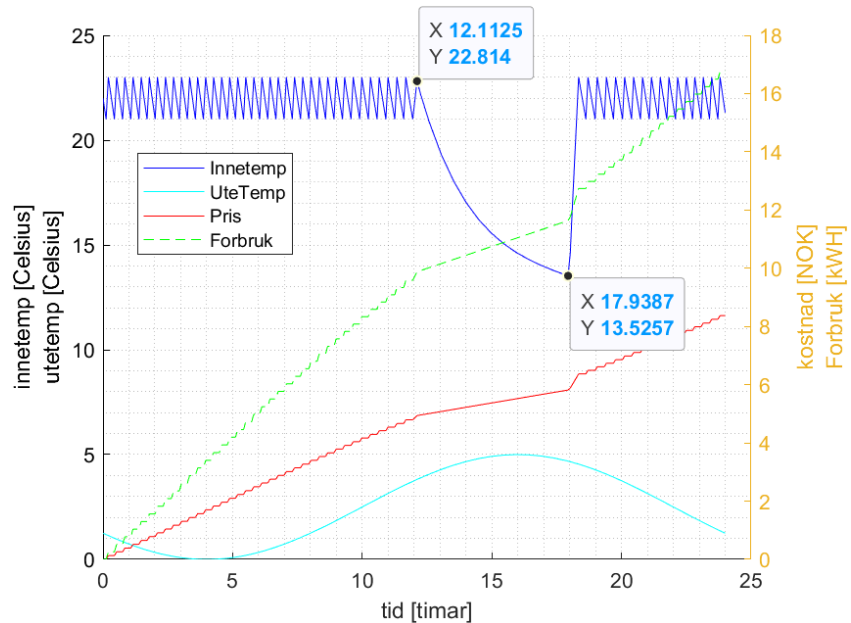
| 100kvm            | 0.1                    | 0.15                   | 0.2                    | 0.28                    | 0.35                     |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Original          | 555,71kWh<br>515,28NOK | 818,58kWh<br>676,77NOK | 1111,8kWh<br>856,36NOK | 1568,8kWh<br>1136,05NOK | 1892,96kWh<br>1334,84NOK |
| Natt              | 25,47kWh<br>11,701NOK  | 44,8kWh<br>20,889NOK   | 56,56kWh<br>28,081NOK  | 79,13kWh<br>38,724NOK   | 96,51kWh<br>47,181NOK    |
| Dag og natt       | 35,79kWh<br>18,21NOK   | 57,8kWh<br>29,19NOK    | 72,12kWh<br>38,53NOK   | 103,93kWh<br>54,16NOK   | 131,42kWh<br>68,96NOK    |
| Dag og natt<br>18 | 42,88kWh<br>22,08NOK   | 71,2kWh<br>37,57NOK    | 95,11kWh<br>51,86NOK   | 132,38kWh<br>71,67NOK   | 164,03kWh<br>89,17NOK    |



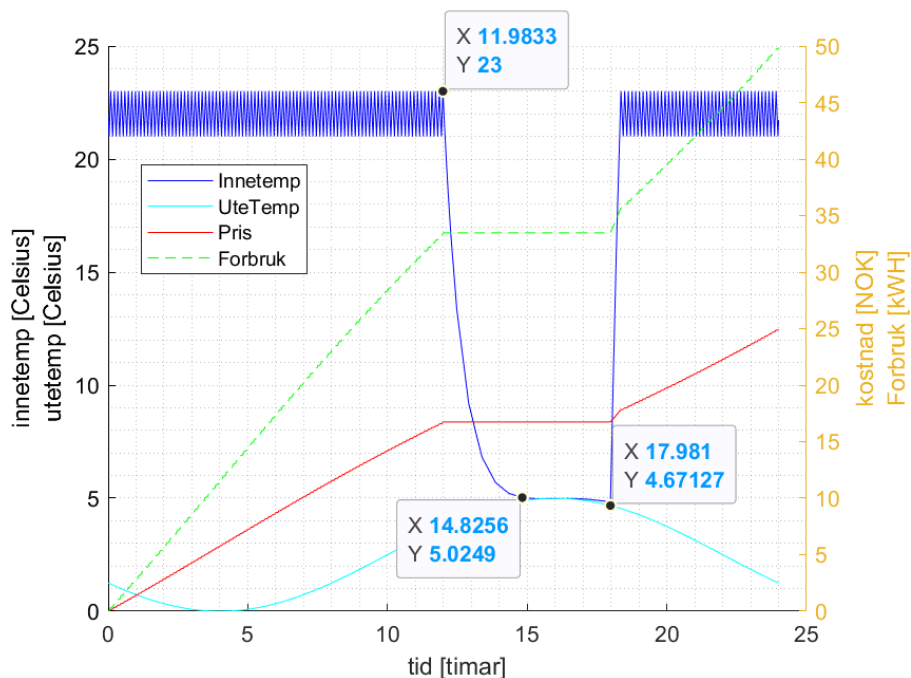
Figur 5.1 viser kor mykje dei ulike styringsmetodene redusera forbruk og kostnad for dei ulike U-verdiane.



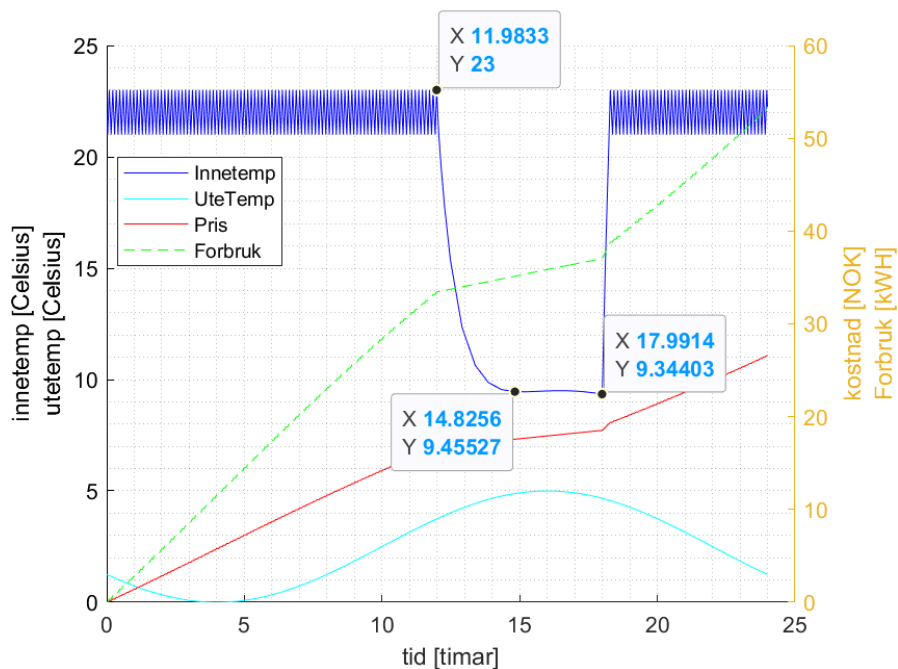
Figur 5.2 Reduksjon i brukstimar mellom 12 og 18 for nybygg Case 1.5



Figur 5.3 90% reduksjon av effektbruk til varme mellom 12 og 18 for nybygg Case 1.6



Figur 5.4 Reduksjon i brukstimar mellom 12 og 18 for bygg mellom 1955-1987 Case 1.7



Figur 5.5 90% reduksjon av effektbruk til varme mellom 12 og 18 for bygg mellom 1955-1987 Case 1.8

Figur 5.1 til 5.4 viser korleis U-verdien påverkar varmetapet i eit bygg. Figur 5.1 viser korleis temperaturen i bustaden endrar seg når varmekjelda blir skrudd av, for eit bygg mellom 2018-2022. Figur 5.2 viser temperaturen, men med varmekjelda ned justert til 10% av optimal effekt. Figur 5.3 og 5.4 visar det same som 5.1 og 5.2, men her med U-verdiar for eit bygg bygd mellom 1955-1987.

Simuleringane viser at alle kombinasjonane av størrelsar, styringsmodellar og isolasjonsverdiane vil resultere i både kWh og pengar spart. Større bygg og dårlegare isolasjon vil resultere i mest spart per månad.

Den nye nettleigemodellen gir ei lita endring i effektiviteten av tradisjonelle styringssystem i form av dag og nattsinking. Det vil i nokre av tilfella resultere i at det maksimale forbruket vil stige som følgje av oppvarminga av eit kaldare bygg, men det vil framleis vere lønnsamt med ein alternativ styringsmodell. Med aukande straumprisar vil marginen her fortsette å auke.

Dei forskjellige styringsmodellane gjer at det største effektforbruket skjer om morgonen og kvelden, når varmen går mot 22 grader igjen. Dette er ofte perioder med lite alternativ effektbruk, som gjer at det er gunstige tider å nytte den ekstra effekta nødvendig for å nå ønska temperatur. Det kan i enkelt tilfelle være aktuelt å justere grensene og tidspunkta for styringa basert på eigen effektbruk, då modellen ikkje tek høgde for annan effektbruk i bygget.

Resultata gir også eit innblikk i kva investeringar som er lønnsame for dei alternative bygga i forhold til innkjøp av oppdaterte varmestyringssystem, men også oppgradering av den termiske eigenskapen til bygget.

Det vart også simulert eit par scenario med reduksjon av brukstid for oppvarming og ein reduksjon av effektbruken nytta til varme i 100kvm bustaden. Det vart simulert både for bygg med dagens byggstandardar, og bygg frå 1955-1987. Alle scenarioa viste at det i forhold til effektleddet ikkje vil vere hensiktsmessig å justere desse parameterane, då det vil oppstå eit for stort behov for effekt når varmeomnen etter kvart slår inn. Dette vil resultere i eit unormalt høgt forbruk av effekt. Det er også interessant å merke seg at eit moderne bygg vil i løpet av 4 timar tape 16 grader, mens bygget frå 1955-1987 vil tape 18 grader i løpet av 3 timar. Dette er eit eksempel på den termiske tidskonstanten skildra i kapittel 2.10. Det vil ved forskjellige tidskonstantar vere mogleg å tilpasse styringsmetodane enda meir basert på dette.

## 5.2 Næringsbygg

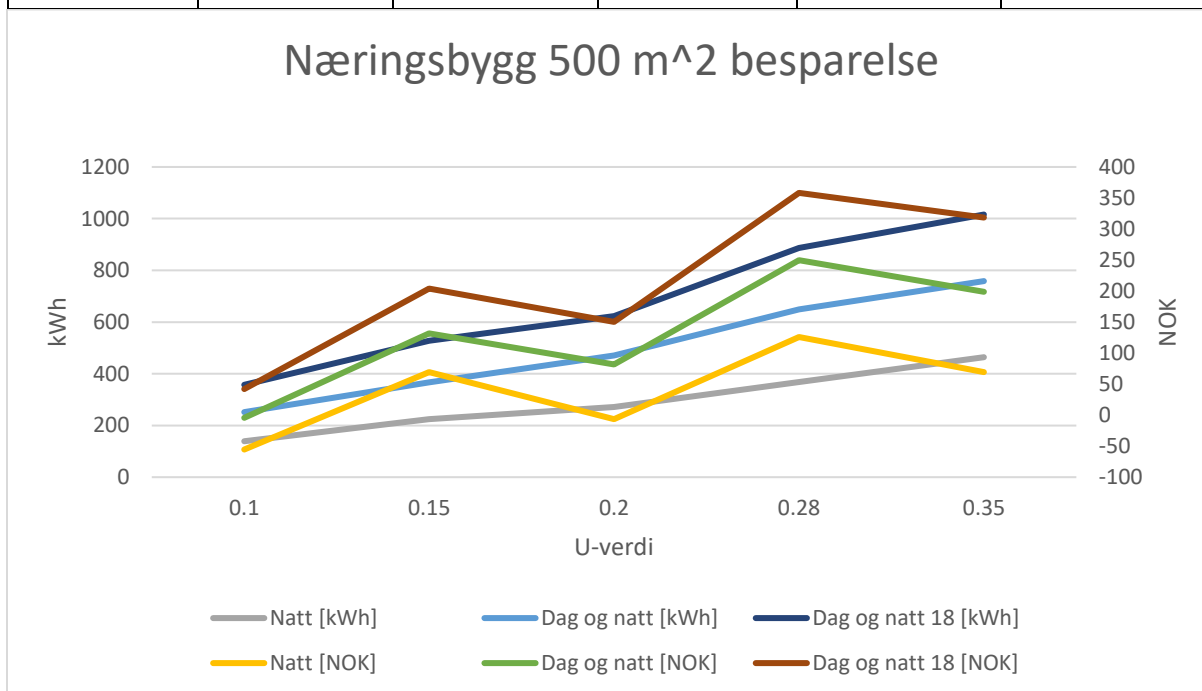
### 5.2.1 Næringsbygg under 100 000 kWh

#### 5.2.1.1 500 kvadratmeter

Tabell 5.2 Figur 5.6 viser simuleringsresultata for 500kvm næringsbygg.

Tabell 5.2 Resultat 500 kvadrat Case 2.1

| 500kvm            | 0.1                      | 0.15                     | 0.2                     | 0.28                     | 0.35                     |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Original          | 2734,61kWh<br>1373,62NOK | 4013,99kWh<br>2041,81NOK | 5260,6kWh<br>2603,17NOK | 7535,31kWh<br>3723,11NOK | 8951,01kWh<br>4362,13NOK |
| Natt              | 139,04kWh<br>-55,414NOK  | 223,94kWh<br>69,118NOK   | 271,58kWh<br>-6,666 NOK | 367,67kWh<br>125,919NOK  | 464,09kWh<br>69,098NOK   |
| Dag og natt       | 251,74kWh<br>-4,33NOK    | 366,74kWh<br>131,52NOK   | 471,05kWh<br>81,61NOK   | 648,66kWh<br>249,72NOK   | 758,52kWh<br>198,9 NOK   |
| Dag og natt<br>18 | 357,28kWh<br>42,07NOK    | 528,17kWh<br>203,98NOK   | 622,93kWh<br>150,2NOK   | 887,23kWh<br>358,2 NOK   | 1015,99kWh<br>318,25NOK  |



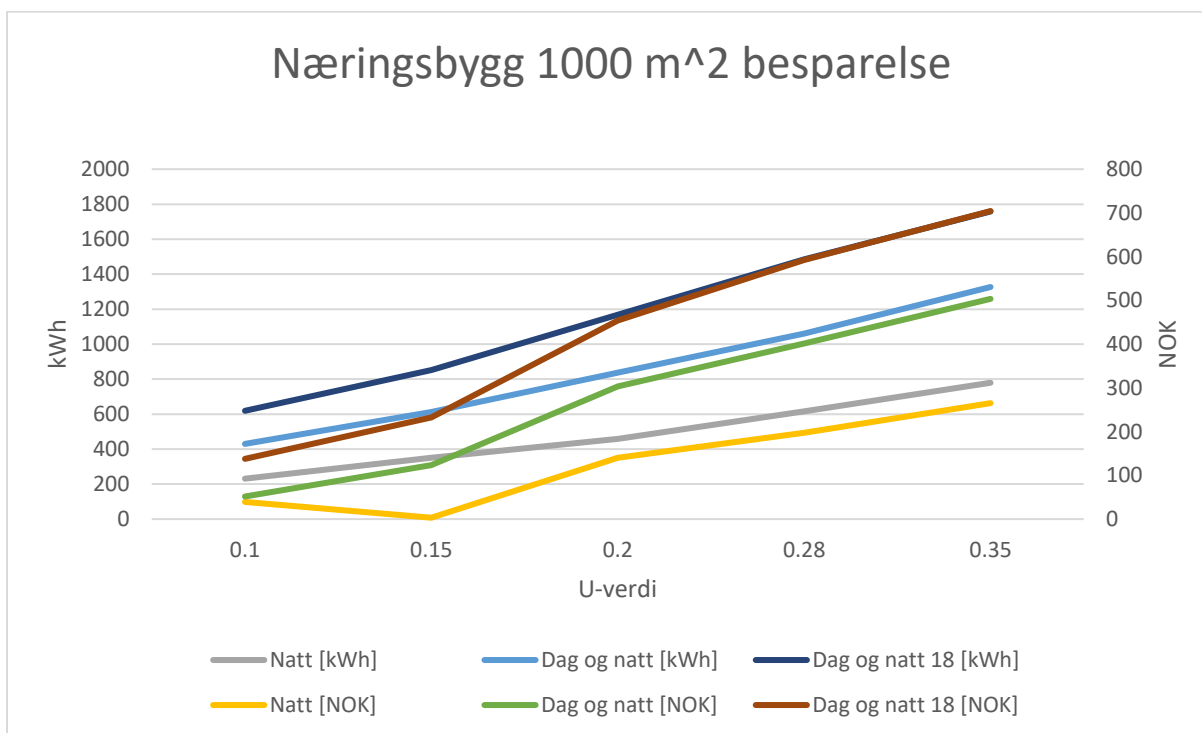
Figur 5.6 Besparing næringsbygg 500 m<sup>2</sup>

### 5.2.1.2 1000 kvadratmeter

Tabell 5.3 og Figur 5.7 viser simuleringresultata for 1000kvm næringsbygg.

Tabell 5.3 Resultat 1000 kvadrat Case 2.2

| 1000kvm        | 0.1                      | 0.15                     | 0.2                     | 0.28                     | 0.35                     |
|----------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Original       | 4442,19kWh<br>2236,49NOK | 6561,68kWh<br>3282,93NOK | 8995,72kWh<br>4469,4NOK | 12769,83kWh<br>6265,6NOK | 15369,8kWh<br>7897,27NOK |
| Natt           | 231,22kWh<br>39,532NOK   | 350,81kWh<br>3,226NOK    | 458,67kWh<br>140,391NOK | 616,51kWh<br>197,17NOK   | 779,28kWh<br>265,107NOK  |
| Dag og natt    | 429,99kWh<br>51,72NOK    | 612,11kWh<br>123,14NOK   | 837,39kWh<br>303,09NOK  | 1059,65kWh<br>401,67NOK  | 1326,59kWh<br>503,48NOK  |
| Dag og natt 18 | 619,09kWh<br>137,78NOK   | 852,25kWh<br>232,5NOK    | 1167,53kWh<br>454,33NOK | 1484,13kWh<br>592,02NOK  | 1758,23kWh<br>704,21NOK  |



Figur 5.7 Besparing næringsbygg 1000 m<sup>2</sup>

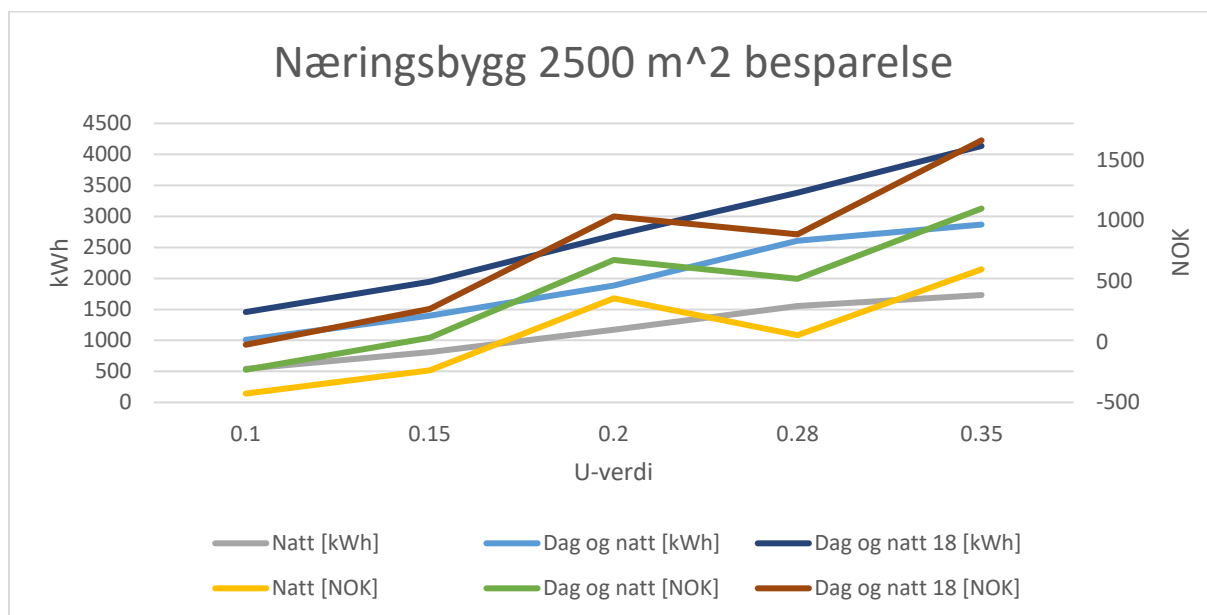


### 5.2.1.3 2500 kvadratmeter

Tabell 5.4 og Figur 5.8 viser simuleringsresultata for 2500kvm næringsbygg.

Tabell 5.4 Resultat 2500 kvadrat Case 2.3

| 2500kvm        | 0.1                      | 0.15                      | 0.2                       | 0.28                       | 0.35                       |
|----------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Original       | 9959,25kWh<br>4899,45NOK | 14728,82kWh<br>7143,81NOK | 20030,69kWh<br>9985,95NOK | 28402,48kWh<br>13770,08NOK | 34419,12kWh<br>16931,77NOK |
| Natt           | 541,42kWh<br>-427,24NOK  | 812,25kWh<br>-234,767NOK  | 1170,94kWh<br>357,464NOK  | 1552,23kWh<br>53,258NOK    | 1732,11kWh<br>596,982NOK   |
| Dag og natt    | 1009,32kWh<br>-230,38NOK | 1400,92kWh<br>33,29 NOK   | 1886,1kWh<br>674,12NOK    | 2608,09kWh<br>517,61NOK    | 2868,3kWh<br>1098,12NOK    |
| Dag og natt 18 | 1457,43kWh<br>-24,41 NOK | 1948,7kWh<br>270,72NOK    | 2694,44kWh<br>1032,47NOK  | 3379,36kWh<br>885,31NOK    | 4136,58kWh<br>1660,32NOK   |



Figur 5.8 Besparing næringsbygg 2500 m<sup>2</sup>

Resultata av simuleringane for næringsbygg under 100 000kWh visar at det framleis er pengar å spare ved å nytte typiske styringsmodellar, men den nye nettleigemodellen vil i større grad påverke dette.

Spesielt ved større bygg med god isolasjon er det verdt å påpeike seg at auken av største effektforbruk vil påverke fastledda i nettleiga og utgjere ein større forskjell enn senkinga i seg sjølv.

Det vil vere individuelle faktorar som påverkar balansen imellom fastledda og månadssummen for oppvarminga. Sjølv om aukinga av maksimalt effektforbruk som følgje av styringa vil auke i tider det typisk er lite annan aktivitet, har det blitt meir og meir vanleg å nytte alternative styringsmodellar for andre effektkjelder som elbil-lading. Desse er ofte nytta i same tidsrom som varmestyringa og kan medføre at den ekstra aukinga i maksimal effektforbruk som følgje av varmestyringa kan resultere i ekstra fastledd kostnadar og kan gjer at varmestyringa ikkje er lønnsam.

Det kan også være motsett. Det kan i nokon tilfelle være slik at dei alternative styringane vil føre til at det ekstra fastleddet som varmestyringa aktiverer vil bli aktivert uavhengig, og difor føre til at der modellen visar at det ikkje er lønnsamt, vil vere det likevel.

Det er verdt å merke seg at det i dei fleste tilfeller vil vere lønnsamt å nytte dei tradisjonelle styringsmetodene, sjølv med ein ny nettleigemodell. Ved aukande straumprisar kan dette auke.

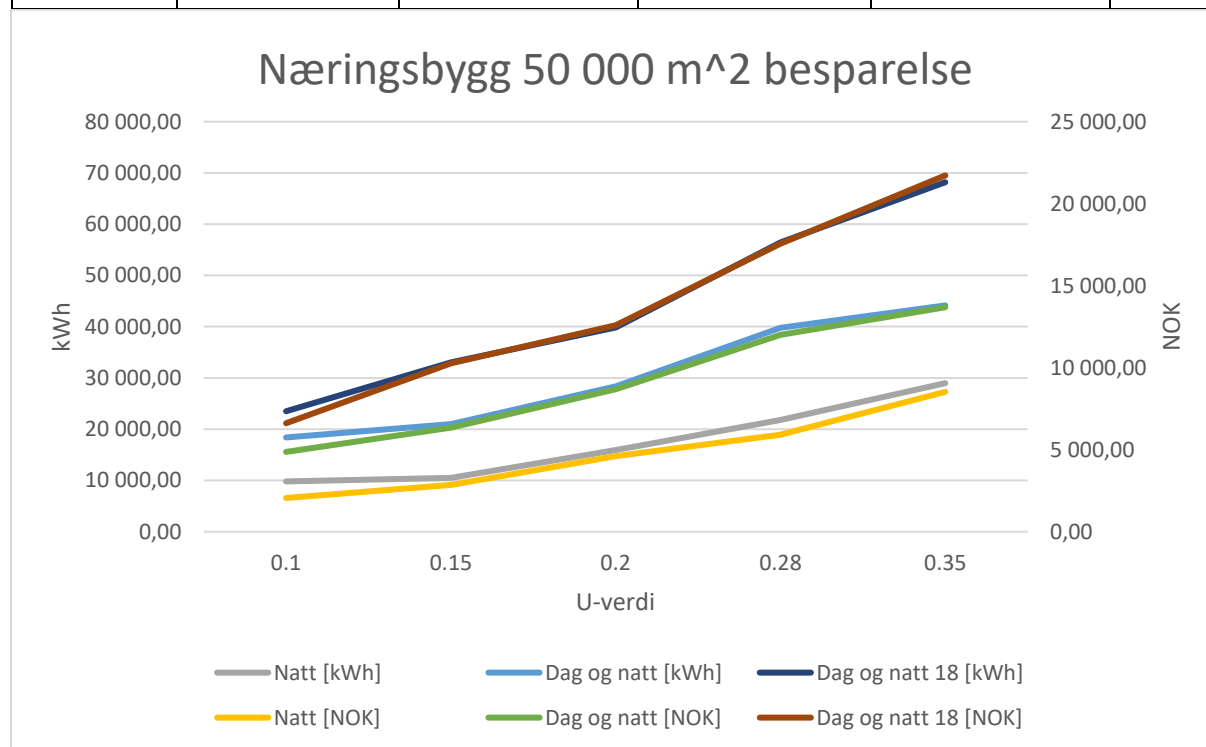
## 5.2.2 Næringsbygg over 100 000 kWh

### 5.2.2.1 50 000 kvadratmeter

Tabell 5.5 og Figur 5.9 viser simuleringresultata for 50000kvm næringsbygg.

Tabell 5.5 Resultat 50 000 kvadrat Case 3.4

| 5000kvm        | 0.1                          | 0.15                         | 0.2                         | 0.28                         | 0.35                         |
|----------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Original       | 157527,35kWh<br>145817,57NOK | 233588,48kWh<br>172799,66NOK | 311351,3kWh<br>199946,26NOK | 440568,42kWh<br>290082,42NOK | 545337,58kWh<br>371822,21NOK |
| Natt           | 9811,97kWh<br>2055,357NOK    | 10504,08kWh<br>2857,233NOK   | 15942,36kWh<br>4606,739NOK  | 21832,21kWh<br>5920,058NOK   | 28975,16kWh<br>8527,005NOK   |
| Dag og natt    | 18390,61kWh<br>4865,04NOK    | 21011,44kWh<br>6338,96NOK    | 28357,02kWh<br>8684,16NOK   | 39783,56kWh<br>11998,11NOK   | 44145,45kWh<br>13684,35NOK   |
| Dag og natt 18 | 23495,42kWh<br>6613,18NOK    | 33013,84kWh<br>10267,26NOK   | 39835,24kWh<br>12593,19NOK  | 56472,99kWh<br>17556,36NOK   | 68177,97kWh<br>21721,27NOK   |



Figur 5.9 Besparing næringsbygg 50 000 m<sup>2</sup>

Resultata frå simuleringane av bygg over 100 000kW/h viser at alle dei forskjellige styringsmetodene er lønnsame med alle kombinasjonane av bygg og isolasjon. Nettleigemodellen her nyttar ikkje fastledd med faste satsar, men heller ein sum som er eit resultat av det høgste forbruket i løpet av ein måned.

Dette gjer at dei ekstra effekttoppane som følgje av varmestyringsmetodene ikkje vil ha like stor betydning for straumrekninga i slutten av månaden, men heller vere meir proporsjonal med forbruket.

Summen i kWh og NOK spart ved hjelp av styringsmodellane er her proporsjonale med størrelsane på bygget samt isolasjonsevna til bygget. Det gjer at det vil vere individuelt kva tiltak som er lønnsame for dei aktuelle bygga, her også i form av oppgradering/programmering av styringssystem eller oppgradering av isolasjon. Som med dei andre tilfella vil marginen her også auke med aukande straumprisar.

## 6 DRØFTING

### 6.1 «Teknisk oppnådd resultat»

#### 6.1.1 Modellen

Oppnådd modell vart mindre «generisk» enn først tiltenkt. Modellen kan framleis nyttast for å tilpasse meir individuelle bygg, men for å få til dette krevst det ei viss kompetanse i Matlab/simulink. Det vart innsett at gruppa mangla tid og kompetanse for å oppnå alle måla sette ved prosjektstart.

For å oppnå ein modell med gode simuleringar, måtte det bli nytta typiske verdiar for alle dei justerbare parametera. Dette medførte ein del usikkerheiter i mellom teorien og praksis.

Desse usikkerheitene er:

- **Straumprisar:** Straumprisane nytta vart henta direkte frå Nordpool den 5 April 2022. Straumprisane frå kraftmarknaden Nordpool er avhengige av tilbod og etterspørsel innan kraftsektoren, og dette resulterer i ein straummarknad med prisar som varierer frå dag til dag. NVE har spådd at straumprisane vil variere meir enn normalt dei neste åra som følgje av ei omstilling av den europeiske kraftmarknaden med ein høgare del fornybare kjelder, samt fleire utanlandske kablar [3]. Dette gjer at straumprisen mest truleg vil auke, som vil føre til andre resultat i framtida. Sidan prisane mest truleg aukar, vil det føre til ei høgare innsparing ved hjelp av varmestyring. Straumprisane varierer også frå landsdel til landsdel, og det vil i tider vere store variasjonar imellom desse.
- **Nettleigemodell:** Sjølve strukturen bak nettleigemodellen for dei ulike systema er lik på landsbasis. Men dei forskjellige effektleda og satsane vil variere frå nettselskap til nettselskap.
- **Bygg:** Det vart tatt utgangspunkt i eit 1. etasjes bygg med eit gitt antal vindauge og dører for dei forskjellige størrelsane. Dette vil medføre at det kan oppstå avvik frå bygg med forskjellig geometri og antal dører og vindauge. Modellen tek først og fremst føre seg utrekningar basert på dei gitte U-verdiane. Ved eit godt estimat av desse til eit bygg vil det kunne bli samanlikna med resultatata gitt i oppgåva utan for store avvik.
- **Temperaturforskjellar:** Det vart nytta snitt temperaturar frå same dag som straumprisane. Temperaturane vil variere frå dag til dag, månad til månad og år til år, det er også store temperaturforskjellar i mellom dei forskjellige landsdelane. Simuleringane er difor best nytta mot bygg på vestlandet, men kan også målast mot dei forskjellige landsdelane med eit større avvik.
- **Styringssystem:** I simuleringane vart det nytta ein varmeomn som gir ein gitt varme med ein gitt effekt. I praksis vil det vere diverse varmekjelder nytta for oppvarming, og kvar av desse kan gi ein anna oppvarmingstemperatur per kilowatt nytta.
- **Bruksmønster:** Bruksmønstera nytta for dei forskjellige simuleringane er brukt basert på informasjonen gitt i kapitel 2.3. Dette er typiske forbruksmønster for dei forskjellige bygga, men desse kan også variere basert på dei daglege mønstera til dei som nyttar bygga. Det vil difor variere når det er best å senke temperaturen, og dette kan medføre avvik i det endelege resultatet.
- **Inneklima:** Det er i simuleringane nytta standard inne temperaturar basert på arbeidsmiljølova og anbefalingar frå FHI. Det vil for nokon vere ynskjeleg med høgare eller lågare temperaturar, og dette vil påverke det endelege resultatet.

- Effektbruk: I simuleringane er det teke omsyn til andre effektkjelder i bygga, desse effektkjeldene, samt når på døgnet dei blir nytta kan gi avvik i simuleringane. Den maksimale effektbruken kan skje ved ugunstige tider noko som resulterer i høgare effektledd som der igjen kan gjere at det ikkje er lønsamt.

Ei anna svakheit med modellen er at Simulink ikkje vil oppdatere verdiar automatisk, dette fører til at ved større simuleringssprosjekt vil det gå ekstra tid då alt må simulerast manuelt.

Undervegs i prosjektet kom det ei ny kunngjering frå Kraft-Noreg om ein ny nettleigemodell som skulle erstatte den som opphavelig var planlagt. Kunngjeringa kom for seint for at prosjektet kunne leggja til rette for dette, og resultatata i rapporten vil til dels vere utdatert. Om simuleringssmodellen skal nyttast i tida framover, må det difor bli gjort endringar slik at den er betre tilpassa den nye nettleigemodellen.

Modellen gir eit godt grunnlag for å tilpasse effektbruken i bygg slik at både effekttoppar og total effekt nytta blir optimalisert. Sett i eit berekraftig perspektiv vil dette føre til mindre behov for utviding av straumnett som påverkar naturen, samt eit lågare behov for import av utanlandsk effekt som ofte er produsert av mindre fornybare kjelder enn i Noreg.

### 6.1.2 Simuleringsresultat

Simuleringsresultata viste ein klar trend i innsparing av kWh og kroner ved styringsmetodene greia ut om i kapittel 2.9.1 og vald i kapittel 3.3.1.3, med unntak av nokre av resultatata gitt i Tabell 5.2 og Tabell 5.4. Dette gir ein klar indikasjon på at i dei fleste tilfelle vil dei ekstra effekttoppane styringsmetodene produserer ikkje resultere i ein negativ påverknad på den månadlege rekninga.

Som nemnt i kapittel 2.2 vil straumprisane variere, og ligg an til ein auke den komande tida. Ein auke i straumprisar vil resultere i ein generell auke i inntenings moglegheitene gitt av styringsmetodane. Med resultatata gitt i Tabell 5.4 som referanse vil det krevje ein auke av straumprisen på 266% prosent for å gå i null ved å nytte nattsenk for eit 2500 kvadratsbygg bygd imellom 2018-2022. Derimot vil det krevje ein auke på 23% for å gå i null ved natt og dagsenk. Det vil ved større bygg vere ei større innsparing av kWh nytta enn ved mindre bygg. Dette gjer at ein auke eller ein reduksjon i straumprisane vil ha ein større påverknad dess større bygget er og dess dårlegare isolert det er. Ved å nytte Tabell 5.1 som samanlikning, vil ein auke i straumprisen på 266% resultere i 20 kroner ekstra innsparing ved å nytte nattsenk på eit 100kvadrats bustadbygg bygd i mellom 2018-2022.

Det vil ikkje vere nokon ekstra effekttoppar ved å nytte dag og nattsenk i forhold til nattsenk. Forskjellen her vil vere at ved nattsenk opplever ein effekttopp om morgonen, mens dag og nattsenk vil oppleve ein om morgonen og ein om kvelden. Dette gjer at valet av styring ikkje vil resultere i noko ekstra effektledd i seg sjølv, men ein ekstra effekttopp kan kome i ei ugunstig tid som kan resultere i dette. Det vil ikkje vere nokon ekstra kostnad ved å nytte dag og nattsenk i staden for nattsenk, men simuleringane viser at det vil være lønnsamt å nytte dag og nattsenk. Det må difor takast eit individuelt val på kva styringsmetode som er å føretrekke basert på forskjellige faktorar som økonomi, moglegheit og levestandard.

Det vart utforska litt moglegheiter rundt redusert brukstid, men dette resulterte ikkje i nokon gode alternativ. Resultata frå dette er gitt i Figur 5.2 til og med Figur 5.5, og den reduserte brukstida resulterte i ei drastisk endring i innandørs temperatur. For å kompensere for reduksjonen i temperatur måtte varmeomnen kompensere noko som resulterte i høgare effekttoppar enn ved dei tradisjonelle styringsmetodane. Resultatet av effekttoppane og ekstra effekt nødvendig for å auke temperaturen resulterte i eit ikkje optimalt system utan noko nytte.

## **6.2 «Sjølve prosjektet»**

Ved organiseringa av prosjektet vart det nytta kritisk bane metode og eit Gantt-diagram for å betre estimere tidsbruken til dei forskjellige oppgåvene. Det vart som ved dei fleste prosjekt fleire moment som enten kom uventa, eller tok lengre tid enn planlagt. For å jobbe mot dette, vart det i starten av prosjektet lagt til ekstra tid for kvar oppgåve. Planen var da slik at uventa ting ikkje ville forseinke prosjektet for mykje, og om at alt gjekk slik det skulle, ville det heller vere betre tid til slutt.

Det vart haldt framgangsmøter og skrive framgangsrapportar på enden av kvar arbeidsveke. Der vart det lagt planar for veka som fylde. Dette førte til ei betre oversikt over kva begge gruppelemmane haldt på med, og gav ein betre ide om korleis framgangen skulle vidareførast utan at ein var til hinder for kvarandre sine planar, men heller komplimenterte kvarandre.

Gruppa vart også einige om ein del gruppenormer gitt i kapittel 3.1.2.2, desse hjalp til med å halde progresjonen og motivasjonen oppe.

Det vart også haldt møte med styringsgruppa med jamne mellomrom. Dette for å oppdatere om framgangen samt planlegge vidare arbeid med arbeidsgivar og veilederar. Dette gav ei god formeining om korleis prosjektet låg an i forhold til forventta framgang, samt resulterte i gode innspel for vidare arbeid, og idear for å betre oppgåva i heilheit.

Det var som nemnt eit par moment som gjorde at ting tok meir tid enn planlagt. I hovudsak var dette faget ingeniørfagleg systemtenking som gjekk parallelt med prosjektet, og ein ekstra eksamen i Matematiske Metoder 3. Dette resulterte i at det i lengre periodar ikkje var mykje framgang i prosjektet, og førte til at det i periodar etter vart meir arbeid. Den ekstra tida berekna ved hjelp av Gantt-diagrammet, samt ei estimering i at desse faga ville ta litt tid førte til at den ekstra belastninga ikkje vart for stor, og prosjektet kom raskt tilbake på rett spor.

## 7 KONKLUSJON

Kraftmarknaden er i stadig endring. Høgare straumprisar og ein ny nettleigemodell har vore mykje omtalt siste tida. Oppgåva tok føre seg å lage ein generisk modell som kunne verte nytta for å redusere effekttoppar og effektledd for privatpersonar og næringsdrivande, for å redusere den totale straumrekninga. Modellen gjer det lett å sjå på forskjellige styringsmetodar for forskjellige bygg, men modellen vart litt mindre generisk enn først planlagt. Den nye nettleigemodellen som kom undervegs i prosjektet gjorde at det vil vere stor sannsynlegheit for at resultatata i oppgåva er utdaterte, men det er lett å gjere endringar basert på den nye nettleigemodellen.

Modellen gir også eit godt berekraftig utbytte i form av ei vidare satsing på å optimalisere effektbruk og effekttoppar for å avgrense klimaavtrykket som kjem av utvidingar av straumnettet og import av utanlandsk straum.

Det vart simulert bygg med forskjellige størrelsar, isolasjonsegenskapar og nettleigemodellar. Resultata viste ein klar trend i at tradisjonelle styringsmetodar i form av nattsenk og dag- og nattsenk framleis vil utgjere ein forskjell i sluttsummen på straumrekninga, med unntak av eit par tilfelle for næringsbygg med nettleigemodell under 100 000kWh. Nyare bygg har ikkje eit like stort sparingspotensial som eldre bygg, men sjølv for nye bygg vil enkle tiltak utgjere ein forskjell på sluttsummen. Simuleringsresultata gir eit godt innblikk i kva investeringar som er verdt å utforske for dei forskjellige kombinasjonane av bygg. Simuleringane gir eit oversiktleg resultat på kva som kan sparast ved å oppgradere varmestyringssystemet og ved å forbetre isolasjonen i huset.

Vald Prosjektstyringsmetode var ei god støttebrikke for å halde kontroll på dei forskjellige aspekta i prosjektet. Dei forskjellige møta og rapportane som vart skrivne undervegs hjalp med å halde kontroll både på kva som var gjort, og kva som måtte gjerast. Ein god struktur på prosjektet var avgjerande for å komme i mål, men ein dårleg gruppedynamikk kunna gitt utfordringar knytt til dette. Heldigvis kjende gruppemedlemmane kvarandre godt på førehand, og var klar over kvarandre sine styrker og svakheiter.

### **7.1 Vidare Arbeid**

Som nemnt tidlegare kom det eit nytt forslag til nettleigemodell undervegs i oppgåva, dette medfører at ved vidare arbeid på modellen må dette utbetrast først.

Grappa hadde idear om eit meir avansert system, men tida strakk her ikkje til. For vidare arbeid blir det foreslått ei forbetring i simulerings-kommunikasjonen mellom Matlab og Simulink. I hovudsak slik at det kan bli tekne større simuleringar utan å måtte gjere dette manuelt.

Vidare kan det verte oppretta eit betre interface system til modellen. Dette kan ein gjere ved å lage ein app, slik at modellen lettare kan bli nytta av vanlege folk. Ein app vil også gjere det mogleg å samkøyre varmestyringssystemet med andre appar, som for eksempel Tibber og Mill. Dette vil gjere at systemet kan verte betre tilpassa, utifrå dei aktuelle



straumprisane, og også lære seg bruksmønstera til dei individuelle kundane. Heretter kan dette då verte styrt automatisk ved ei direkte tilkopling til smarte varmestyrings-einheitar, og skape eit heilautomatisert system ved hjelp av modellen. Dette er ein stor jobb, men ein jobb som kan gi stor nytte for å betre effektoptimaliseringa på eit meir individuelt nivå.

## 8 BIBLIOGRAFI

- [1] NVE, «RME Rapport,» 2020.
- [2] MathWorks, «<https://se.mathworks.com/>,» [Internett]. Available: <https://se.mathworks.com/help/simulink/slref/thermal-model-of-a-house.html>. [Funnet 20 Januar 2022].
- [3] NVE, «Kraftmarkedsanalyse 2016-2030,» Norges vassdrags- og energidirektorat, 2017.
- [4] NVE, «LANGSIKTIG KRAFTMARKEDSANALYSE,» Norges vassdrags- og energidirektorat, 2021.
- [5] «ELVIA,» 2021. [Internett]. Available: <https://www.elvia.no/nettleie/ny-nettleie-fra-2022-sporsmal-og-svar/>.
- [6] BKK, «BKK,» 2021. [Internett]. Available: <https://nett.bkk.no/artikkel/c3d57593-068d-4c37-814b-d418c5007c83>.
- [7] Statkraft, «Statkraft,» 2022. [Internett]. Available: <https://www.statkraft.no/var-virksomhet/vannkraft/>.
- [8] NordPool, «Nordpool,» 2022. [Internett]. Available: <https://www.nordpoolgroup.com/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/NO/Monthly/?dd=NO3&view=table>.
- [9] M. S. Olsen, «Reduksjon av effekttopper i kontorbygg,» 2018.
- [10] Elvia, «<https://www.elvia.no/>,» [Internett]. Available: <https://www.elvia.no/smart-forbruk/forbruk-og-sparing/normalt-stromforbruk/>. [Funnet 26 01 2022].
- [11] NVE, «Analyse av energibruk i yrkesbygg,» Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo, 2016.
- [12] P. M. U. S. S. J. V. a. J. D. S. Joseph G. Allen, «Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments,» 2016.
- [13] Arbeidstilsynet, 2022. [Internett]. Available: <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/temperatur/>.
- [14] Monter, «<https://www.monter.no/>,» [Internett]. Available: <https://www.monter.no/tips-og-inspirasjon/varme/alt-om-varmeovner/>. [Funnet 30 01 2022].
- [15] SNL, «<https://snl.no/>,» 26 01 2021. [Internett]. Available: <https://snl.no/fjernvarme>. [Funnet 30 01 2022].
- [16] Micromatic, 2022. [Internett]. Available: <https://www.micromatic.no/artikkel/verdt-a-vite-om-dag-og-nattsinking-av-varme>.
- [17] Bygg og Bevar, «Byggogbevar,» 2021. [Internett]. Available: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/vindu-doer/artikler/hva-er-u-verdi>.
- [18] Byggogbevar(vegg), 2021. [Internett]. Available: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/vindu-doer/artikler/hva-er-u-verdi>.
- [19] Direktoratet for byggkvalitet, 2018. [Internett]. Available: <https://dibk.no/verktoy-og-veivisere/energi/dette-er-energikravene-i-byggteknisk-forskrift/>.
- [20] Tekna, 2020. [Internett]. Available: <https://www.tekna.no/fag-og-nettverk/bygg-og-anlegg/byggbloggen/losninger-for-yttervegger-over-terreng/>.

- [21] Norgesvinduet, 2022. [Internett]. Available: <https://norgesvinduet.no/no/u-verdi-1-0/>.
- [22] Byggebolig, «Varmebok,» 2022.
- [23] NVE, «NVE,» 02 09 2020. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/nytt-fra-rme/nyheter-reguleringsmyndigheten-for-energi/nve-rme-legger-fram-forslag-til-ny-nettleiemodell/>. [Funnet 27 01 2022].
- [24] Strømtest, «Strømtest,» 2022. [Internett]. Available: <https://www.xn--strmtest-74a.no/strompriser/ofte-stilte-sporsmal-om-strompriser/>.
- [25] Byggogbevar, 2021. [Internett]. Available: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/vindu-doer/artikler/hva-er-u-verdi>.
- [26] Glassmester1, 2022. [Internett]. Available: <https://glassmester1.no/blogg/vinduer-med-2-eller-3-lags-glass>.
- [27] Direktoratet for byggkvalitet, 2018. [Internett]. Available: <https://dibk.no/verktoy-og-veivisere/energi/dette-er-energikravene-i-byggteknisk-forskrift/>.

## VEDLEGG

|           |                     |
|-----------|---------------------|
| Vedlegg A | Matlab koder        |
| Vedlegg B | Simulink oversikt   |
| Vedlegg C | Simuleringsresultat |
| Vedlegg D | Forprosjektrapport  |
| Vedlegg E | Vekerapportar       |
| Vedlegg F | Møtereferat         |
| Vedlegg G | Excel-ark           |

## Vedlegg A Matlab kode

```

clear
clc
close all

% converst radians to degrees
r2d = 180/pi;

%antall timar det skal simulerast for
timeInput=24;
% -----
% Beskriv størrelsa relevant til huset/bygget
% -----
% lengde til bustad/bygg i meter
lenHouse = 10;% [M]
% bredde til bustad/bygg i meter
widHouse = 10;% [M]
% høgde til bustad/bygg i meter
htHouse = 2.4;% [M]

% takvinkel i grader /r2d
pitRoof = 20/r2d;

% Antall vindug
numWindows = 8;
% Høgde vindu i meter
htWindows = 1;% [M]
% Bredde vindu i meter
widWindows = 1;% [M]

%Antall dører
numDoors=2;
%Høgd dør i Meter
htDoors=2.1; %[M]
%Bredde dør i meter
widDoors=1; %[M]

%-----%
% Areal berekningar
%Totalt areal av vindu
windowArea = numWindows*htWindows*widWindows;

%Totalt areal av dører
doorArea = numDoors*htDoors*widDoors;

% totalt veggareal (innkludert tak)
wallArea = 2*lenHouse*htHouse + 2*widHouse*htHouse + ...
           2*(1/cos(pitRoof/2))*widHouse*lenHouse + ...
           tan(pitRoof)*widHouse - windowArea-doorArea;
% -----

%Utrekning av motstand i vegg og tak -----
% hour is the time unit          k=j/m*k*s, *3600s = k=3600j/m*k
UverdiVegg=0.35;

```

```

RWall=1/(UverdiVegg*wallArea*3600);
%-----
% Utrekning av motstand i vindug-----

UverdiVindu=2.6;
RWindow=1/(UverdiVindu>windowArea*3600);
%-----

UverdiDoor=2.6;
RDoor=1/(UverdiDoor*doorArea*3600);

% -----
% den ekvivalente varmemotstanden til bygget:
% -----
%Req = RWall*RWindow/(RWall + RWindow);

Req=1/((1/RWall)+(1/RWindow)+(1/RDoor));

%spesifikk varmekapasitet til lufta i bygget [J/kg-k]
c = 1005.4;
% -----

%tilført varmeeffekt i bygget i KW

THeater = 6; % [kW]

% luftflyt i KG/time, 1 kg/sekund =3600kg/time
Mdot = 3600;

% -----
% Determine total internal air mass = M
% -----
% Density of air at sea level = 1.2250 kg/m^3
densAir = 1.2250;
%Den totale massa til luft i bygget
M = (lenHouse*widHouse*htHouse+tan(pitRoof)*widHouse*lenHouse)*densAir;
% -----

%joule til kW-t med antakelsen at all energi går til oppvarming
%kostnad per kW-t
cost = 0.5/3.6e6;
%omgjering frå joule til kW-t
jouleToKw=1/3.6e6; %konvertera joule til kW-t

%Innstilling som påverka oppvarming
TinIC = 22; % innetemperatur
TempOutdoor = 2.5; % utetemperatur
OutdoorFreq= 2*pi/24; % endringshastigheit temperaturendring utendørs

```

```

%Nattsenk
NattSenkTemp=22;          %Ønska nattsenktemperatur, sett lik TinIC for ingen nattsenk
NattsenkOn=0; %klokkeslett nattsenk startar (frå 0 til 24)
NattsenkOff=6;%klokkeslett nattsenk sluttar

%Dagsenk
DagSenkTemp=22;          %Ønska nattsenktemperatur, sett lik TinIC for ingen nattsenk
DagsenkOn=17; %klokkeslett nattsenk startar (frå 0 til 24)
DagsenkOff=24;%klokkeslett nattsenk sluttar

%Reduksjon i brukstimar
onOrOff=1; % sett lik 1 for av og 0 for på
ReductionStart=12;%klokkeslett reduksjon startar (frå 0 til 24)
ReductionStop=18;%klokkeslett reduksjon sluttar

%Effekt regulering
reducePower=1; % verdi=1 gir ingen reduksjon i effekt, 0.5 gir 50% redusert effekt
reducePowerStart=12; %klokkeslett effektregulering startar (frå 0 til 24)
reducePowerStop =18; %klokkeslett effektregulering sluttar (frå 0 til 24)

%kjører simulink automatisk
sim('sldemo_househeat.slx');

%-----Data frå simulink-----%
signal=ans.get('signalLogg');%hentar verdiar frå simuleringa
tout=ans.get('tout'); %hentar tid for simuleringa
temperature=signal(1);
innetempSim=signal(1).Values.Tindoors.Data(:,1);%hentar verdi for innetemp
utetempSim=temperature.Values.Toutdoors.Data(:,1);%hentar verdi for faktisk utetemp
kostnad=signal(2).Values.Data; %hentar verdi for kostnad
Forbruk=signal(3).Values.Data;%hentar verdi for forbruk [KW]

ForbrukTid=signal(3).Values.Time;

%-----tabell og skrivning til excel-----%
kostnadsTabell=timeseries2timetable(signal(3).Values); % gjer om tidsserien til ein
tidstabel
tt2=retime(kostnadsTabell, 'secondly');%reduserer antall samples slik av det er en KW
sats per time
writetimetable(tt2,'C:\Users\Matia\Desktop\bacheloroppgåve\Forbruks_Bolig.xlsx'); %
skriver tidstabellen til eit excel rekneark.
%uncomment xlswrite ved simuleringar til næringsbygg over 100 000kW
%xlswrite('C:\Users\Matia\Desktop\bacheloroppgåve\Forbruks.xlsx',THeater,'Ark1','H2');

%-----Graf-----%
figure Name 'verdiar'
hold on
plot(tout,innetempSim,'b',tout,utetempSim,'c')

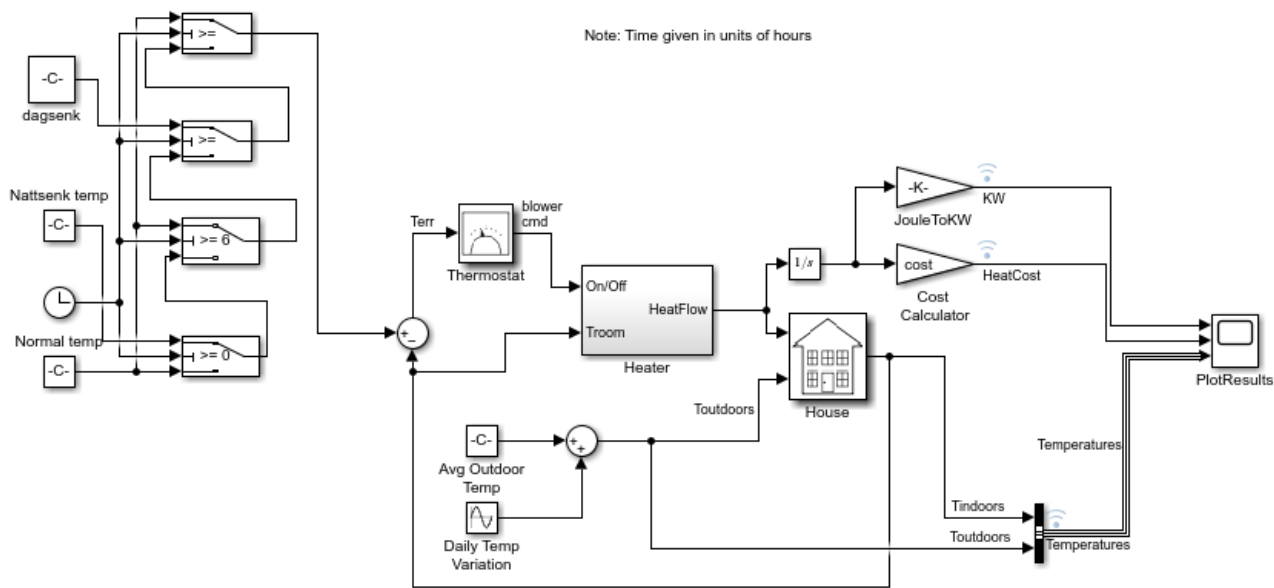
```

```
xlabel('tid [timar]')
ylabel({'inntemp [Celsius]', 'utetemp [Celsius]'})
yyaxis right
ylabel({'kostnad [NOK]', 'Forbruk [kWH]'})
plot(tout, kostnad, 'r', tout, Forbruk, 'g')
legend('Innetemp', 'UteTemp', 'Pris', 'Forbruk')
grid minor
%-----%
```

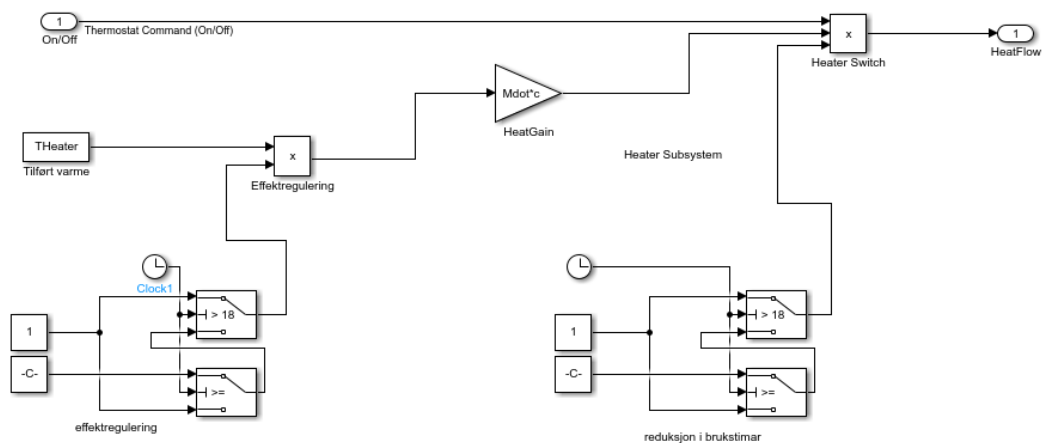


## Vedlegg B simulink

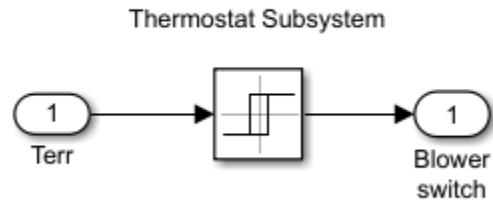
### Hovud system



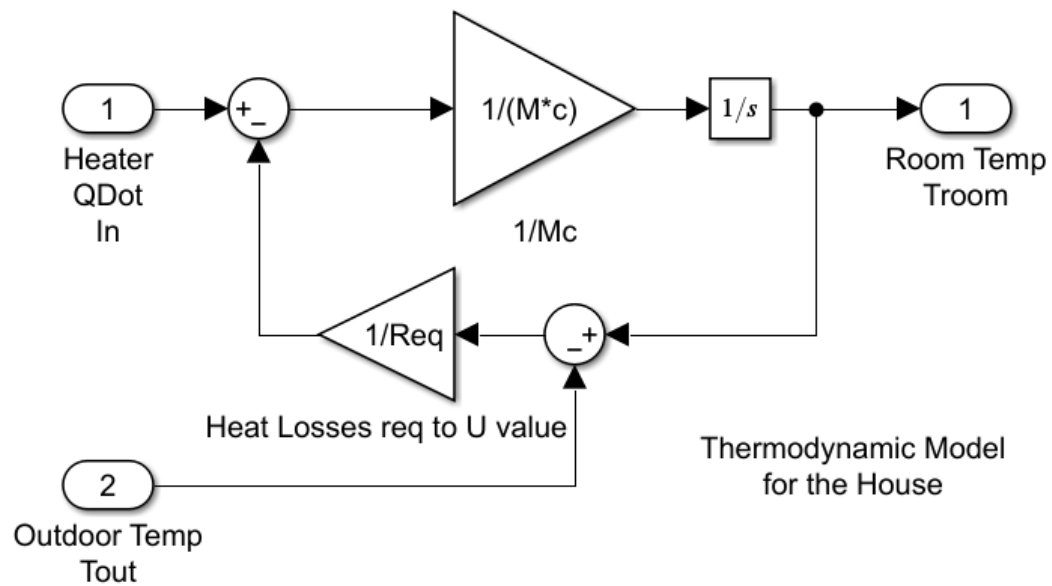
### Subsystem 1 Heater



## Subsystem 2 termostat



## Subsystem 3 termisk modell bygg



### Vedlegg C Simuleringsresultat

| 40kvm             | 0.1                  | 0.15                  | 0.2                    | 0.28                   | 0.35                   |
|-------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Original          | 280 kWh<br>346,4 NOK | 408,7kWh<br>425,11NOK | 559,59kWh<br>517,69NOK | 789,76kWh<br>658,74NOK | 947,11kWh<br>755,47NOK |
| Natt              | 15,05kWh<br>6,69NOK  | 20,42kWh<br>9,171NOK  | 30,25kWh<br>14,487NOK  | 40,37kWh<br>19,946NOK  | 48,69kWh<br>24,395NOK  |
| Dag og natt       | 20,29kWh<br>9,95NOK  | 27,57kWh<br>13,64NOK  | 38,38kWh<br>19,78NOK   | 54,08kWh<br>28,5NOK    | 63,39kWh<br>33,71NOK   |
| Dag og natt<br>18 | 24,4kWh<br>12,46NOK  | 34,38kWh<br>17,85NOK  | 49,14kWh<br>26,26NOK   | 65,87kWh<br>36,02NOK   | 80,93kWh<br>44,57NOK   |

| 50kvm             | 0.1                    | 0.15                   | 0.2                    | 0.28                  | 0.35                    |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Original          | 332,31kWh<br>378,68NOK | 486,97kWh<br>473,43NOK | 663,96kWh<br>581,48NOK | 938,8kWh<br>750,37NOK | 1128,94kWh<br>866,69NOK |
| Natt              | 15,83kWh<br>7,82NOK    | 25,3kWh<br>12,007NOK   | 33,59kWh<br>15,893NOK  | 48,44kWh<br>24,691NOK | 58,44kWh<br>29,075NOK   |
| Dag og natt       | 22,63kWh<br>11,79NOK   | 32,76kWh<br>16,62NOK   | 45,95kWh<br>23,54NOK   | 63,39kWh<br>34,04NOK  | 79,8kWh<br>42,3NOK      |
| Dag og natt<br>18 | 27,05kWh<br>14,65NOK   | 40,72kWh<br>21,53NOK   | 57,25kWh<br>30,6NOK    | 80,32 kWh<br>44,62NOK | 97,03kWh<br>53,19NOK    |

| 75kvm       | 0.1                    | 0.15                  | 0.2                    | 0.28                   | 0.35                     |
|-------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| Original    | 433,94kWh<br>440,67NOK | 635,34kWh<br>564,7NOK | 863,73kWh<br>704,38NOK | 1221,48kWh<br>923,4NOK | 1478,02kWh<br>1080,57NOK |
| Natt        | 22,06kWh<br>9,077NOK   | 32,64kWh<br>15,695NOK | 45,27kWh<br>21,371NOK  | 63,43kWh<br>31,294NOK  | 77,13kWh<br>39,046NOK    |
| Dag og natt | 30,71kWh<br>14,35NOK   | 42,12kWh<br>21,8NOK   | 57,7kWh<br>29,78NOK    | 81,97kWh<br>43,34NOK   | 102,07kWh<br>54,48NOK    |

|                   |                      |                      |                      |                      |                       |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| Dag og natt<br>18 | 42,78kWh<br>17,54NOK | 51,87kWh<br>27,94NOK | 72,85kWh<br>39,07NOK | 105,4kWh<br>57,43NOK | 127,89kWh<br>70,67NOK |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|

| 125kvm            | 0.1                    | 0.15                   | 0.2                     | 0.28                     | 0.35                     |
|-------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Original          | 651,24kWh<br>574,04NOK | 965,84kWh<br>765,87NOK | 1310,19kWh<br>978,34NOK | 1845,49kWh<br>1306,14NOK | 2235,24kWh<br>1544,19NOK |
| Natt              | 29,36kWh<br>11,318NOK  | 50,29kWh<br>22,446NOK  | 67,85kWh<br>34,372NOK   | 92,41kWh<br>45,802NOK    | 116,37kWh<br>56,235NOK   |
| Dag og natt       | 41,59kWh<br>18,74NOK   | 67,77kWh<br>33,15NOK   | 88,22kWh<br>46,62NOK    | 122,95kWh<br>64,95NOK    | 149,82kWh<br>77,81NOK    |
| Dag og natt<br>18 | 51,43kWh<br>25,17NOK   | 83,02kWh<br>42,67NOK   | 106,45kWh<br>58NOK      | 155,25kWh<br>84,83NOK    | 189,74kWh<br>102,5NOK    |

| 150kvm            | 0.1                   | 0.15                    | 0.2                      | 0.28                     | 0.35                     |
|-------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Original          | 745,08kWh<br>631,6NOK | 1099,56kWh<br>849,03NOK | 1487,31kWh<br>1085,59NOK | 2100,86kWh<br>1461,55NOK | 2544,74kWh<br>1733,86NOK |
| Natt              | 34,2kWh<br>14,11NOK   | 60,65kWh<br>28,26NOK    | 71,46kWh<br>34,649NOK    | 114,41kWh<br>54,85NOK    | 129,09kWh<br>62,157NOK   |
| Dag og natt       | 50,87kWh<br>24,1NOK   | 73,08kWh<br>36,07NOK    | 102,33kWh<br>52,78NOK    | 144,54kWh<br>74,48NOK    | 172,5kWh<br>89,11NOK     |
| Dag og natt<br>18 | 61,76kWh<br>30,86NOK  | 95,38kWh<br>49,62NOK    | 126,47kWh<br>68,59NOK    | 185,1kWh<br>98,91NOK     | 213,65kWh<br>114,85NOK   |

| 200kvm            | 0.1                   | 0.15                     | 0.2                      | 0.28                    | 0.35                     |
|-------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Original          | 945,2kWh<br>751,99NOK | 1394,43kWh<br>1028,34NOK | 1888,93kWh<br>1330,63NOK | 2657,8kWh<br>1802,15NOK | 3232,88kWh<br>2271,25NOK |
| Natt              | 50,44kWh<br>19,301NOK | 68,65kWh<br>29,26NOK     | 97,9kWh<br>45,235NOK     | 134,61kWh<br>63,862NOK  | 164,35kWh<br>80,721NOK   |
| Dag og natt       | 62,73kWh<br>27,64NOK  | 93,32kWh<br>44,72NOK     | 129,68kWh<br>64,95NOK    | 182,86kWh<br>93,66NOK   | 216,37kWh<br>113,21NOK   |
| Dag og natt<br>18 | 85,78kWh<br>40,34NOK  | 120,89kWh<br>61,21NOK    | 156,41kWh<br>81,44NOK    | 220,94kWh<br>117,76NOK  | 277,57kWh<br>149,78NOK   |

| 5000kvm        | 0.1                        | 0.15                       | 0.2                        | 0.28                       | 0.35                       |
|----------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Original       | 17772,71kWh<br>16072,32NOK | 26250,14kWh<br>19063,96NOK | 35524,63kWh<br>22323,68NOK | 50070,95kWh<br>31919,97NOK | 61347,66kWh<br>40349,55NOK |
| Natt           | 1028,87kWh<br>216,455NOK   | 1295,22kWh<br>328,101NOK   | 1926,38kWh<br>529,655NOK   | 2643,91kWh<br>764,934NOK   | 3163,84kWh<br>939,162NOK   |
| Dag og natt    | 1922,51kWh<br>511,55NOK    | 2383,74kWh<br>694NOK       | 3385,04kWh<br>1020,7NOK    | 4160,67kWh<br>1274,33NOK   | 4764,2kWh<br>1479,99NOK    |
| Dag og natt 18 | 2723,81kWh<br>779,75NOK    | 3407,1kWh<br>1037,42NOK    | 4797,82kWh<br>1488,15NOK   | 5704,52kWh<br>1796,26NOK   | 7475,85kWh<br>2391,5NOK    |

| 10000kvm       | 0.1                       | 0.15                      | 0.2                        | 0.28                       | 0.35                        |
|----------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Original       | 33479,16kWh<br>30596,3NOK | 49247,8kWh<br>36111,93NOK | 65947,16kWh<br>41955,59NOK | 93258,27kWh<br>60522,57NOK | 114974,72kWh<br>77128,11NOK |
| Natt           | 1674,38kWh<br>381,08NOK   | 2528,26kWh<br>604,623NOK  | 3083,39kWh<br>785,141NOK   | 4911,78kWh<br>1404,041NOK  | 6007,03kWh<br>1714,87NOK    |
| Dag og natt    | 3430,61kWh<br>977,53NOK   | 4631,14kWh<br>1304,17NOK  | 5901,12kWh<br>1732,77NOK   | 7830,03kWh<br>2391,03NOK   | 9928,96kWh<br>3033,62NOK    |
| Dag og natt 18 | 5127,26kWh<br>1517,22NOK  | 5372,06kWh<br>1561,9NOK   | 8635,88kWh<br>2651,23NOK   | 10753,69kWh<br>3383,01NOK  | 13649,64kWh<br>4286,8NOK    |

| 25000kvm       | 0.1                        | 0.15                        | 0.2                          | 0.28                         | 0.35                        |
|----------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Original       | 78975,34kWh<br>73478,08NOK | 118080,46kWh<br>87301,39NOK | 159209,31kWh<br>101672,07NOK | 224074,14kWh<br>146776,28NOK | 276444,1kWh<br>187651,21NOK |
| Natt           | 2662,43kWh<br>317,728NOK   | 5706,77kWh<br>1490,426NOK   | 8440,48kWh<br>2346,075NOK    | 11045,53kWh<br>3187,936NOK   | 14092,07kWh<br>4033,08NOK   |
| Dag og natt    | 6976,73kWh<br>1774,93NOK   | 10862,19kWh<br>3229,92NOK   | 14993,23kWh<br>4505,42NOK    | 20126,67kWh<br>6250,08NOK    | 22830,63kWh<br>6976,65NOK   |
| Dag og natt 18 | 11152,48kWh<br>3147,84NOK  | 13176,39kWh<br>4016,75NOK   | 21618,14kWh<br>6747,21NOK    | 28554,71kWh<br>9074,88NOK    | 33991,88kWh<br>10702,42NOK  |

## Vedlegg C Forprosjektrapport

|  |
|--|
| TITTEL:<br><b>Effektoptimalisering i næringsbygg og bustad</b> |
|--|

|  |                               |                                    |                                   |
|--|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| KANDIDATNUMMER(E):<br><b>517300, 517298</b>                  |                               |                                    |                                   |
| DATO:<br><b>12.01.2022</b>                                   | EMNEKODE:<br><b>IELEA2910</b> | EMNE:<br><b>Bacheloroppgåve</b>    | DOKUMENT TILGANG:<br>- Open       |
| STUDIUM:<br><b>BIELEKTRO - ELKRAFT OG BÆREKRAFTIG ENERGI</b> |                               | ANT<br>SIDER/VEDLEGG:<br><br>29/13 | BIBL. NR.:<br>- Ikkje i bruk<br>- |

|  |
|--|
| OPPDRAGSGIVAR/VEILEDERA:<br>Oppdragsgivar: Norconsult – Thomas Yksnøy og Christopher Stern<br>Veiledera: NTNU - Kai Erik Hoff, Webjørn Rekdalsbakken<br>Ressursperson: NTNU - Egil Viken |
|--|

|   |
|---|
| OPPGÅVE/SAMANDRAG:<br>I DENNE FORPROSJEKTRAPPORTEN PLANLEGGAST BACHELOROPPGÅVA EFFEKTOPTIMALISERING I NÆRINGSBYGG OG BUSTAD, OG DET BLIR GITT EI INNFØRING I KVA SOM SKAL GJERAST OG KVIFOR. STUDENTANE MATIAS LØENG OG SANDER LID SKOGEN HAR FÅTT I OPPGÅVE AV NORCONSULT AS Å SJÅ NÆRMARE PÅ KORLEIS EFFEKTTOPPAR OG EFFEKTBRUK I BUSTADAR OG NÆRINGSBYGG KAN REDUSERAST VED HJELP AV VARMESTYRING FOR Å UNNGÅ OVERBELASTNING AV NETTET, SAMT UNNGÅ EFFEKTLEDD I DEN NYE NETTLEIGE-MODELLEN. OPPGÅVA HAR BLITT SPISSA SLIK AT DET SKAL LAGAST EIN GENERISK MODELL |
|---|

FOR EFFEKTIV OPPVARMING FOR REDUKSJON AV DESSE EFFEKTTOPPANE, SAMT SIMULERING AV  
FORSKJELLIGE SCENARIO FOR Å FINNE EIN OPTIMALISERT MODELL FOR FORSKJELLIGE BYGG.

*Denne oppgåva er ein eksamensbesvarelse utført av student(er) ved NTNU i Ålesund.*

## Innholdsfortegnelse

|                                       |             |
|---------------------------------------|-------------|
| <b>SAMMENDRAG .....</b>               | <b>I</b>    |
| <b>FIGUR-LISTE .....</b>              | <b>VI</b>   |
| <b>TABELL-LISTE .....</b>             | <b>VII</b>  |
| <b>TERMINOLOGI .....</b>              | <b>VIII</b> |
| BEGREP .....                          | VIII        |
| FORKORTINGAR .....                    | VIII        |
| <b>1  INNLEDNING .....</b>            | <b>1</b>    |
| 1.1  BAKGRUNN .....                   | 1           |
| 1.2  PROBLEMSTILLING .....            | 1           |
| 1.3  OMFANG OG BEGRENSINGAR .....     | 1           |
| 1.4  RAPPORTENS STRUKTUR .....        | 2           |
| <b>2  TEORETISK GRUNNLAG .....</b>    | <b>3</b>    |
| 2.1  NETTLEIGEMODELL .....            | 3           |
| 2.1.1  Bustad .....                   | 3           |
| 2.1.2  Næringsbygg .....              | 4           |
| 2.2  STRAUMPRISAR .....               | 6           |
| 2.2.1  Bustad .....                   | 6           |
| 2.2.2  Næringsbygg .....              | 6           |
| 2.3  FORBRUKSMØNSTER .....            | 7           |
| 2.3.1  Bustad .....                   | 7           |
| 2.3.2  Næringsbygg .....              | 7           |
| 2.4  TYPA EFFEKTBRUK .....            | 9           |
| 2.4.1  Effektbruk i bustad .....      | 9           |
| 2.4.2  Effektbruk i Næringsbygg ..... | 9           |
| 2.5  INNEKLIMA .....                  | 11          |
| 2.5.1  Bustad .....                   | 11          |
| 2.5.2  Næringsbygg .....              | 11          |
| 2.6  UTANDØRS TEMPERATUR .....        | 11          |
| 2.7  VARMEKJELDER .....               | 12          |
| 2.7.1  Elektriske varmeomnar .....    | 12          |
| 2.7.2  Fjernvarme .....               | 12          |
| 2.7.3  Golvvarme .....                | 13          |
| 2.7.4  Varmepumpe .....               | 13          |
| 2.7.5  Sentralvarme .....             | 13          |
| 2.8  STYRESYSTEM .....                | 14          |

|          |                                     |           |
|----------|-------------------------------------|-----------|
| 2.8.1    | Termostat .....                     | 14        |
| 2.8.2    | Effektregulator .....               | 14        |
| 2.9      | STYRINGSMETODAR .....               | 15        |
| 2.9.1    | Dag og nattsinking .....            | 15        |
| 2.9.2    | Diverse styringsmetodar .....       | 15        |
| 2.10     | TERMISKE EIGENSKAPAR .....          | 16        |
| <b>3</b> | <b>MATERIAL OG METODE .....</b>     | <b>18</b> |
| 3.1      | ORGANISERING .....                  | 18        |
| 3.1.1    | Ansvar gruppemedlem .....           | 18        |
| 3.1.2    | Avtaler .....                       | 19        |
| 3.1.3    | Organisering av prosess .....       | 19        |
| 3.2      | FRAMGANGSMÅTE .....                 | 20        |
| 3.3      | OPPETT .....                        | 20        |
| 3.3.1    | Simuleringsmodell .....             | 20        |
| 3.3.2    | Simulering bustad .....             | 27        |
| 3.3.3    | Simulering Næringsbygg .....        | 30        |
| <b>4</b> | <b>MODEL .....</b>                  | <b>35</b> |
| 4.1.1    | Matlab .....                        | 35        |
| 4.1.2    | Simulink .....                      | 35        |
| 4.1.3    | Excel .....                         | 38        |
| <b>5</b> | <b>RESULTAT .....</b>               | <b>39</b> |
| 5.1      | BUSTADAR: .....                     | 39        |
| 5.1.1    | 100 kvadratmeter .....              | 39        |
| 5.2      | NÆRINGSBYGG .....                   | 43        |
| 5.2.1    | Næringsbygg under 100 000 kWh ..... | 43        |
| 5.2.2    | Næringsbygg over 100 000 kWh .....  | 47        |
| <b>6</b> | <b>DRØFTING .....</b>               | <b>49</b> |
| 6.1      | «TEKNISK OPPNÅDD RESULTAT» .....    | 49        |
| 6.1.1    | Modellen .....                      | 49        |
| 6.1.2    | Simuleringsresultat .....           | 50        |
| 6.2      | «SJØLVE PROSJEKTET» .....           | 51        |
| <b>7</b> | <b>KONKLUSJON .....</b>             | <b>52</b> |
| 7.1      | VIDARE ARBEID .....                 | 52        |
| <b>8</b> | <b>BIBLIOGRAFI .....</b>            | <b>54</b> |
|          | <b>VEDLEGG .....</b>                | <b>56</b> |



# 1 INNLEIING

I ein stadig endrande marknad blir effektoptimalisering viktigare. Endring i nettleige modellen, aukande straumprisar og elektrifisering gjer effektoptimalisering viktig og lønnsamt både for privatpersonar, bedrifter og nettselskap. To studentar ved NTNU Ålesund har av Norconsult AS fått i oppgåve å lage ein generisk modell for å redusere effekttoppar i næringsbygg og bustad.

Oppvarming er ansvarleg for ein vesentleg del av effektbruken i husstandar og næringsbygg. Bacheloroppgåva tek føre seg å lage ein generisk modell for optimalisering av varmestyring for husstandar og næringsbygg, for å unngå mest mogleg ekstra kostnadar knytt til effektledd. Det blir sett på forskjellige typar bygg og forskjellige typar varmestyring, desse blir samanlikna og sett kva som er mest lønnsamt for dei forskjellige kombinasjonane.

## 2 BEGREPER

Effekttopp – Momentan maksimalt effektuttak

Laststyring – Styring av elektrisk forbruk

Effektledd – Ekstra kostnad som reknast ut basert på anleggets høgaste effektuttak per kalendermånad.

## 3 PROSJEKTORGANISASJON

### 3.1 Prosjektgruppe

Gruppa består av to medlemmer.

| Studentnummer | Namn              |
|---------------|-------------------|
| 517298        | Matias Løeng      |
| 517300        | Sander Lid Skogen |

#### 3.1.1 Oppgåver for prosjektgruppa – organisering

For å dele oppgåvene i prosjektgruppa blir gruppa delt i to stillingar, prosjektleiar og sekretær.

| Stilling      | Namn         |
|---------------|--------------|
| Prosjektleiar | Matias Løeng |

Sekretær Sander Lid Skogen

### 3.1.2 Oppgaver for prosjektleder

- Hovudansvaret for at ønska resultat blir oppnådd.
  - Kontrollere at tidsfristar blir haldt
  - Ansvar for oppsett av arbeidstid
  - Ansvar for avviks handtering
- Hovudansvaret for forbereding til møter
  - Ansvar for innkalling til møter

### 3.1.3 Oppgaver for sekretær

- Ansvarleg for rapportar
  - Møterapportar
  - Vekes rapportar
- Ansvarleg for møter
  - Referat

## 3.2 Styringsgruppe

Kai Erik Hoff (NTNU), Webjørn Rekdalsbakken (NTNU) og Egil Viken (NTNU-ressursperson).

Thomas Yksnøy (Norconsult) og Christopher Stern (Norconsult).

## 4 AVTALER

### 4.1 Avtale med oppdragsgivar

Det har ikkje blitt avtalt noko kontrakt med arbeidsgivar, men det forventast at ei tausheits plikt-kontrakt angående informasjon frå arbeidsgivar kan komme.

### 4.2 Arbeidsstad og ressursar

Grunna Covid-19 vil arbeidsstad i hovudsak vere heimekontor og samarbeid over Microsoft Teams og Discord. Dette vil gjere samarbeid meir utfordrande og ved høve vil det bli gjort unntak i form av møte i grupperom ved NTNU Ålesund.

Ressursar til oppgåva vil i hovudsak kome frå Norconsult og diverse kjelder frå internett.

Ressursar i form av personar vil kome frå både Norconsult og NTNU, og viser til kapittel 3.5, Styringsgruppe.

Det vil i utgangspunktet bli haldt eit møte med styringsgruppa kvar 2. veke, men dette kan variere basert på behov, her vil det bli rapportert om framgang og eventuelle avvik.

### **4.3 Gruppenormer – samarbeidsregler – haldningar**

For å halde motivasjonen og progresjonen i gruppa blir det forventa eit par normer, reglar og haldningar.

- Avtale om 8 timars arbeidsdagar måndag til fredag frå 0800 til 1600.
- Det blir forventa å melde om eventuelle avvik frå dette tidlegast mogleg, uventa ting kan førekome men det er viktig å gi beskjed.
- Det blir såtte av 10 minutt kvar dag til å reflektere over kva som har blitt gjort den gitte dagen, og kva planen for neste dag er.
- Det må påreknast helg/kveldsjobbing til tider, då i hovudsak dei vekene der systememnet tek plass, og ved ferdigstilling av rapporten.
- Det forventast at gruppe-medlemmar viser respekt for kvarandre og gjer sitt beste for å løyse konflikter og halde godt samarbeid gjennom heile oppgåva.
- Ved vekeslutt blir det såtte av tid til veke-rapport og planlegging for veka som kjem.

Det må forventast meir arbeid utafør standard arbeidstid i perioda 24.01.22 til 23.03.22. Eit anna fag går parallelt med oppgåva, samt ein ekstra eksamen i Matematiske Metodar 3 og vil difor ta opp tid.

Gruppa skal også vise respekt for veiledarar og handtere seg slik det er forventa at ein NTNU-ingeniør skal i forhold til dei etiske retningslinjene gitt i ingeniørfagleg-innføringsemne.

## 5 PROSJEKTBEKRIVELSE

### 5.1 Problemstilling - målsetting – hensikt

Hovudproblemstillinga er å finne ein generisk modell som privatpersonar og elektroingeniørar kan bruke for å finne den optimale varmestyringa for næringsbygg og husstandar for å unngå effekttoppar og effektledd.

Det blir laga ein ferdig modell med fleire eksempel på styringar på diverse bygg, slik det blir lettare å implementere varmestyringsprinsippet utan å måtte ha kunnskap til Matlab eller Simulink.

### 5.2 Krav til løysning eller prosjektresultat – spesifikasjon

Oppgåva blir teoretisk utan behov for fysiske komponentar. Oppgåva blir sett som ferdigstilt når ein generisk modell som kan brukast til å anslå økonomisk effektivitet ved bruk av forskjellige varmestyringsprinsipp for å unngå effekttoppar i systema er oppnådd.

Det ferdige resultatet skal innehalde ein termisk modell som nyttar ein kombinasjon av Matlab og Simulink. Modellen skal kunne justere fleire parameter, desse parametrane er:

- Straumprisar
- Ønska inne temperatur
- Ute temperatur, med variasjonar
- Termiske verdiar til bygget
- Geometrien til bygget
- Termostatstyring
- Høgde over havet
- Karakteristikk til varmesystemet

Det skal også bli lagt ved ei oversikt over forskjellige kombinasjonar av varmestyring for forskjellige bygg. Dette for å gjere det lettare å nytte modellen utan å ha erfaring med Matlab eller Simulink.

### **5.3 Planlagt framgangsmåte(r) for utviklingsarbeidet – metode(r)**

Det blir nytta prosjektstyringsmetoda «Kritisk Bane» under dette prosjektet.

Kritisk Bane metoda tek føre seg å identifisere dei oppgåvene som er nødvendige for ferdigstilling og identifisera fleksibilitetar i planlegginga av oppgåva. Det er mange fordelar ved denne metoden, blant anna gir det ei god innføring i strukturen nødvendig for god framgong og det lettar problemet med å identifisere dei små eller store delane ved oppgåva som kan stå i veg for andre oppgåver.

Ei av ulempene med å nytte kritisk bane metoda er at det er vanskeleg å estimere tida det tek å ferdigstille dei forskjellige aktivitetane som er tatt hensyn til, og det blir ikkje klart kven som skal ta kva oppgåver. Det å estimere kor lang tid ei oppgåve tek er ikkje enkelt og tek ofte erfaring for meir nøyaktig estimering. Det er ikkje noko god løysing på dette som gruppa kan ta med ein gong, men heller prøve å utnytte at gruppa har jobba ilag med diverse prosjekt dei siste 7 åra og kjenner kvarandre sine sterke og svake sider godt.

Oppgåvene vart lista opp og deretter satte inn i eit Gantt-Diagram for å halde kontroll på oppgåvene og framdrifta i prosjektet.

### **5.4 Informasjonsinnsamling – utført og planlagt**

Det er funnet ein termisk modell i Matlab og Simulink som simulera kostnaden av oppvarminga i eit bygg. Denne modellen blir manipulert for å betre passe Norske tilstandar, effektforbruk og straumprisar.

For å skaffe vidare informasjon angående effektforbruket i diverse bygg, samt meir informasjon om den nye nettleige-modellen blir Norconsult og nettselskap ein viktig partner. Her er Mørenett ein naturleg partner for bustad delen av oppgåva, og Norconsult for næringsdelen. Det er også mykje informasjon å finne på internett.

### **5.5 Vurdering – analyse av risiko**

Prosjektet er teoretisk og medfører mindre risiko-moment som kan føre til forseinking. Prosjektet forgår i ein pandemi, og dette medfører ein risiko for sjukdom i gruppa som kan føre til dagar utan moglegheit til å arbeide. Vaksinestatusen til medlemar i gruppa,

samt bruken av heimekontor vil redusere risikoen for både smitte og sjukdom til eit lavt og akseptabelt nivå.

Sidan alt forgår digitalt, er det ein viss risiko for tap av informasjon som følgje av problem med utstyr. For å minimere denne risikoen blir det nytta skytjeneste ved hjelp av Microsoft Teams, dette gjer at dokumenta blir lagra fortløpande samt om noko skulle skje med personleg utstyr vil ikkje det bli påverka.

## 5.6 Hovudaktivitetar i vidare arbeid

Detaljert oversikt over alle aktivitetar i prosjektet er lista opp i Gantt-diagrammet vedlagt, det er også estimert tidsbruk for desse.

### Aktivitetsliste:

| Informasjon              | Ansvar |
|--------------------------|--------|
| Nettleigemodell          | SS     |
| Effektbruk for varme     | ML     |
| Styringsmodellar         | ML     |
| Termisk Modell Matlab    | SS     |
| Straumprisar Bolig       | SS     |
| Straumprisar Næring      | ML     |
| Forbruksmønster Bolig    | SS     |
| Forbruksmønster Næring   | ML     |
| Databehandling Matlab    | ML     |
| Samankobling informasjon | SS     |
| Samankobling informasjon | ML     |

### Utredning

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Innta informasjon ved matlab | ML |
| Ferdigstille termisk modell  | SS |
| Simulering Næringsbygg       | ML |
| Simulering Bolig             | SS |
| Oppsett resultat Næring      | ML |
| Oppsett resultat bolig       | SS |
| Oppsett effektivitet Næring  | ML |
| Oppsett effektivitet bolig   | SS |
| Samanlikning Næring          | ML |
| Samanlikning Bolig           | SS |

|                       |    |
|-----------------------|----|
| Optimalisering Næring | ML |
| Optimalisering Bolig  | SS |
| Ferdigstilling Næring | ML |
| Ferdigstilling Bolig  | SS |

## 5.7 Framdriftsplan – styring av prosjektet

### 5.7.1 Hovudplan

I løpet av prosjektet skal det simulerast og reknast ut forskjellige styringsmodellar for varme i bustad og næringsbygg for å unngå effekttoppar. Dette gjerast for å unngå unødig belastning på nettet, og å best mogleg unngå effekttledd i nettleiga. Prosjektet er delt opp i 5 ulike delar:

- **Forprosjekt**  
Forprosjektet gir gruppa ei betre oversikt over kva målet med oppgåva er, kva som skal gjerast og kva standardar som blir forventa frå individa på gruppa. Forprosjektet startar 11.01.22 og skal vere ferdig til 24.01.22
- **Rapport Bachelor**  
Rapportskrivinga er den «viktigaste» delen av prosjektet, og er det største vurderingsgrunnlaget. Rapporten fortel om målet, grunnlaget, metoda og resultatet til prosjektet. Rapportskrivinga vil føregå samtidig som informasjon, utredning og presentasjon delen av oppgåva og strekk seg frå 24.01.22 til 20.05.22.
- **Informasjon**  
For å få eit godt produkt og ein god rapport er informasjon ein viktig del. Ikkje berre er det viktig med god informasjon, men det er også viktig med rett informasjon. Her blir gruppa avhengig av Norconsult, nettselskap og gode kjelder frå internett. Informasjonsdelen skal føregå frå 25.01.22 til 25.02.22.
- **Utredning**  
Utredning er den delen av oppgåva der all informasjonen som er blitt funnet skal bli sydd saman og bli nytta til å lage eit godt ferdig produkt. For at det ferdige produktet skal bli i forhold til forventningane, er ei god utredning viktig. Dette vil gå frå 28.02.22 til 15.04.22.
- **Presentasjonar**  
Presentasjonsdelen av prosjektet er foreløpig litt under avklaring. Det skal vere ein presentasjon på engelsk, ein på norsk midtvegs og ein ved ferdigstilling. Dei ulike delane og tidspunkta for dette er foreløpig usikker, men den midlertidige planen er ein kort «pitch» på engelsk som tek fatt kva prosjektet skal omhandle, deretter ein «poster» med stand midtvegs der alle studentane skal samlast og deretter ein ferdig presentasjon om prosjektet, framgangsmåte og resultatet oppnådd. Datoane rundt dette er ikkje satt, og må difor takast litt slik det kjem.

Det er nokon milepæla som er kritiske for at prosjektet skal gå etter planen. Desse er:

- Funnet forbruksmønster til næring og bustad
- Ferdigstilling av termisk modell
- Oppsett av simuleringsresultat
- Optimalisering av simuleringsresultat

Meir detaljert fordeling av dei forskjellige oppgåvene og tidsrammene rundt er gitt i vedlagt Gantt-diagram.

## 5.7.2 Styringshjelpemidler

Det vil bli nytta følgende program for planlegging og utføring av prosjektet:

- Microsoft Word til skriving av vekerapportar og andre mindre dokument
- Microsoft Excel til rekning i tabell format og oppsett.
- Gantt-diagram, for komplett oversikt over arbeidsplan og planlagt tidsforbruk til enkelt oppgaver.
- Teams til fildeling, møter og samarbeid.

## 5.7.3 Utviklingshjelpemidler

For best mogleg resultat i prosjektet vil det bli nytta diverse digitale verktøy.

- Matlab og Simulink for simuleringsmodell
- Word til skriving av møterapportar, vekerapportar og diverse
- Overleaf, Latex til skriving av hovudrapporten. Litt usikkerheit rundt dette enda då det gruppa ikkje har nytta dette før. Forbehold om at det kan bli nytta Word i staden for.

## 5.7.4 Intern kontroll – evaluering

Det vil bli haldt minst eit møte i veka der det blir diskutert kva som er gjort og kva som skal gjerast vidare, det skal skrivast ein kort rapport frå møte.

Vidare vil det vere ein to stegs prosess for å bekrefte at innhald i hovudrapporten er ferdig stilt. Først skal den med hovudansvaret bekrefte at oppgåva er ferdig, deretter skal det bli lest over og bli gitt tilbakemelding frå den andre parten før oppgåva blir vurdert som ferdig.

Framdrifta blir kontrollert i gruppemøte ved hjelp av vedlagt Gantt diagram. Dette blir oppdatert kvar veke og kontrollert i forhold til planlagt tidsramme ved vekeslutt.

Deretter vil framdrifta bli kontrollert ved møte med styringsgruppa. Her vil det bli presentert veker rapportar og kontrollert i forhold til Gantt diagrammet, dette vil vere den viktigaste indikatoren på framgangen til prosjektet.



## 5.8 Beslutningar – beslutningsprosess

Beslutningar i den daglege prosjektgangen blir føretatt av prosjekt-medlemma. Ved mindre avgjersle er det medlemmet tildelt hovudansvaret for oppgåva som har siste ord. Ved større avgjersle som er kritiske for prosjektet, skal dette diskuterast og bli løyst i møte ved styringsgruppa. Det skal alltid bli forsøkt å komme fram til ei avgjersle som tilfredstillar gruppa i plenum.

Under forprosjektet jobbar gruppa tett, og det blei skrevet ein forprosjektrapport basert på einigheit, og lik tolking av oppgåva basert på informasjonen gitt i oppstartsmøtet.

## 6 DOKUMENTASJON

### 6.1 Rapportar og tekniske dokumenter

Det blir oppretta og nytta forskjellige typar rapportar og tekniske dokument i prosjektet. All dokumentasjon blir vedlagt, og det viktigaste blir omtalt i den ferdige rapporten.

Dokumenta dette gjeld er:

- Sluttrapport
- Forprosjektrapporten
- Statusrapport til styringsgruppa
- Vekerapporatar
- Timelister
- Møtereferat
- Rutinar
- Godkjenning
  - Viktige endringar krevjar godkjenning av styringsgruppa i plenum. Om endringa endra retninga til prosjektet, skal det opprettast eit dokument som stadfestar dette med grunngjeving, samt sendast ein kopi til styringsgruppa.
- Distribusjon / kopiering
- Oppbevaring av filer i forbindelse med prosjektet vil i hovudsak skje ved hjelp av skytjenester i teams. Filene skal også sikkerheitskopierast på eige lokalt utstyr minst ein gong i veka.
- Vedlikehald

- Alt personleg utstyr blir forventa å bli vedlikehaldd i form av oppdateringar.

## **7 PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER**

### **7.1 Møter**

#### **7.1.1 Møter med styringsgruppa**

I starten av prosjektet er det planlagt eit møte med styringsgruppa kvar veke. Det er forventa at dette blir redusert når prosjektet har kome seg i gong. Foreløpig plan er kvar andre veke, men dette kan endrast etter behov. Tidspunkt for møta er foreløpig faststempla, då tidspunkt må tilpassast veilederane og dette kan variere frå veke til veke.

#### **7.1.2 Prosjektmøter**

Det vil bli haldd eit gruppemøte kvar måndag klokken 10.00 samt etter behov. Møta har som mål å reflektere over arbeid og idear gjort over helga, og bekrefte planen for arbeidsveka.

Det blir også haldd eit møte kvar fredag klokke 1530 for å reflektere over arbeidsveka, og eventuelt legge ein plan for arbeid over helga om nødvendig.

### **7.2 Periodiske rapporter**

#### **7.2.1 Framdriftsrapporter (inkl. milepæl)**

Det blir skrevet ein veker rapport kvar fredag. Denne skal innehalde arbeidet utført den veka, samt ein plan for gjeremåla komande veke. Dette blir samanlikna med Gantt-diagrammet for ei betre oversikt over framdrifta kvar veke.

## 8 PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING

Om det oppstår avvik som gjer at framdriftsplanen ikkje kan holdast skal det gjerast følgande for å redusere omfanget til avviket.

- 1. Oppdage feil.
- 2. Kartlegge samt avgjere omfanget og viktigheita til avviket.
- 3. Oppdatere arbeidsplanen slik utreiinga av avviket ikkje påverkar andre arbeidsoppgåver.
- 4. Løse avvik utanfor normal arbeidstid.

Prosjektledar har ansvaret for at avvik blir behandla slik som planen viser og at avviket blir løyst.

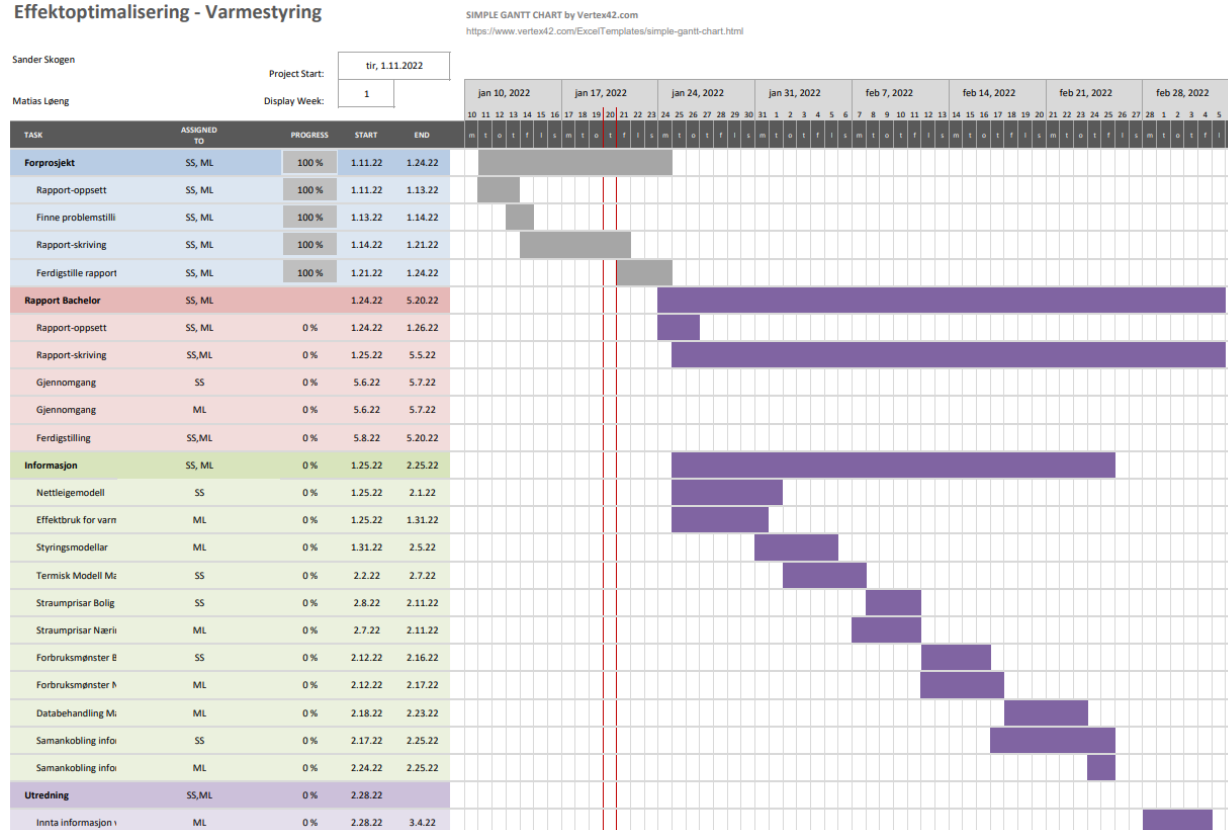
## 9 UTSTYRSBEHOV/FORUTSETNINGER FOR GJENNOMFØRING

Bacheloroppgåva er teoretisk og vil ikkje innehalde ein fysisk modell, dette gjer at behovet for materiale fell bort. Via NTNU har studentane tilgang på Matlab og Simulink, som vil vere verktøya nytta for rekning og simulering av oppgåva.

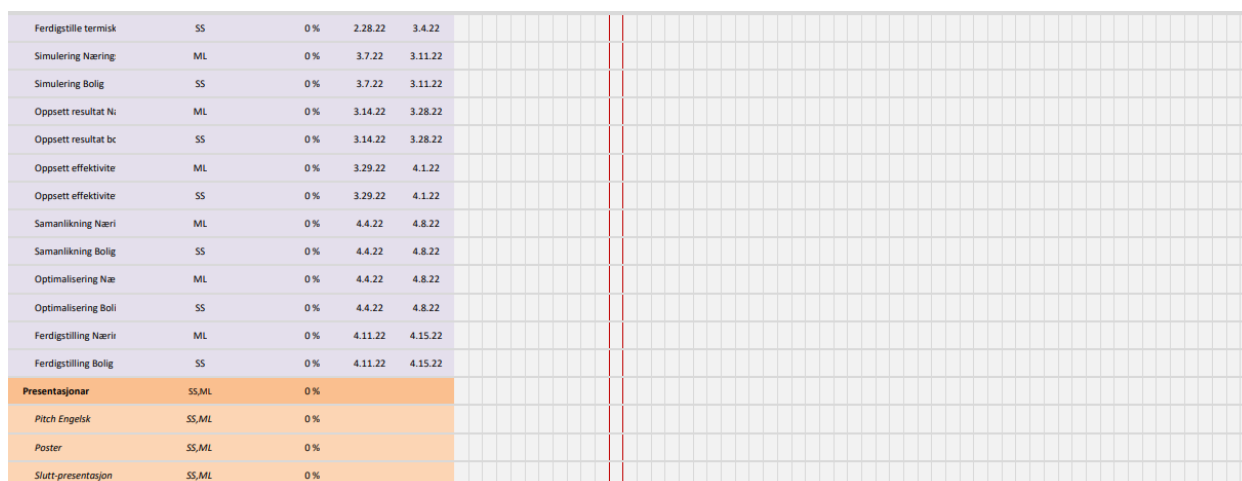
Det vil ikkje vere behov for bestilling av utstyr eller program for at oppgåva skal bli ferdig. blir ikkje nødvendig å bestille verken utstyr eller program for at studentane skal kunne gjennomføre oppgåva.

## VEDLEGG D

### Vedlegg D – Gantt-diagram. Totalt seks bilder som viser heile prosessen Effekt optimalisering - Varmestyring



#### 10/6 Gant-diagram



#### 11/6 Gant-diagram

### Effekt optimalisering - Varmestyring

SIMPLE GANTT CHART by Vertex42.com  
<https://www.vertex42.com/ExcelTemplates/simple-gantt-chart.html>

Sander Skogen

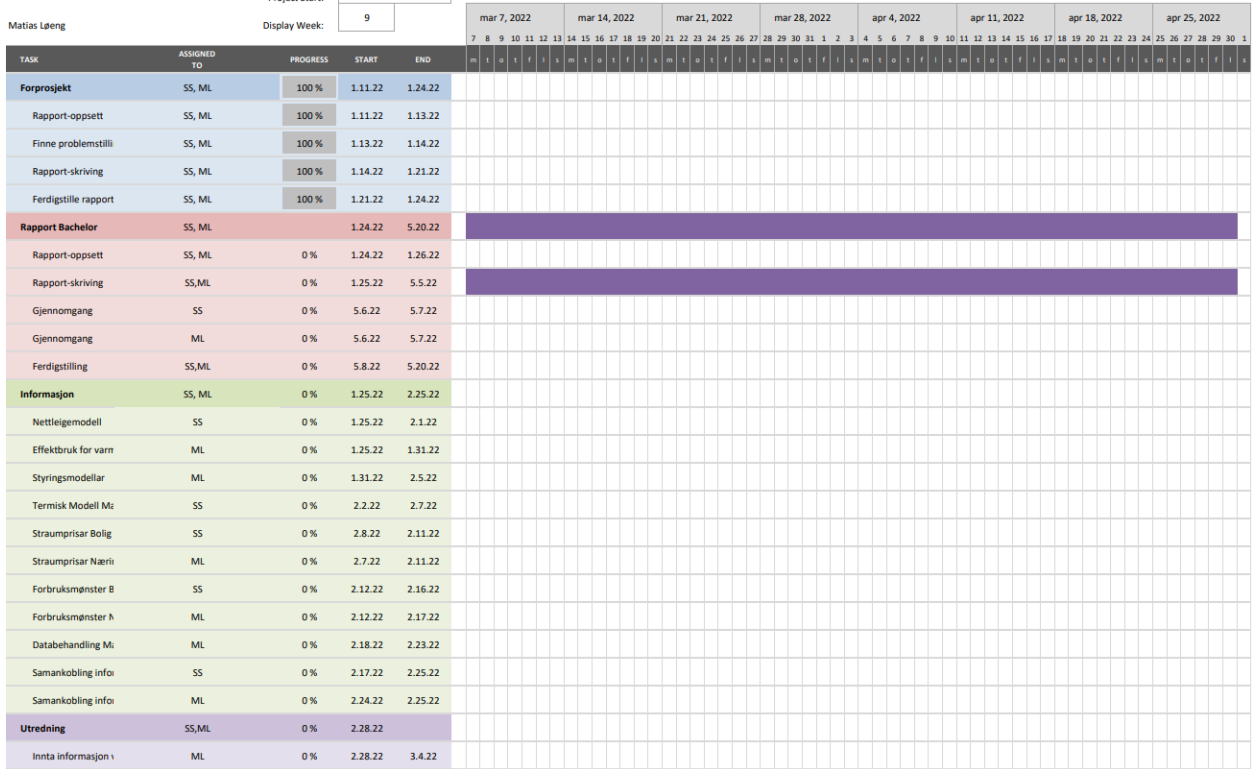
Project Start:

tir, 1.11.2022

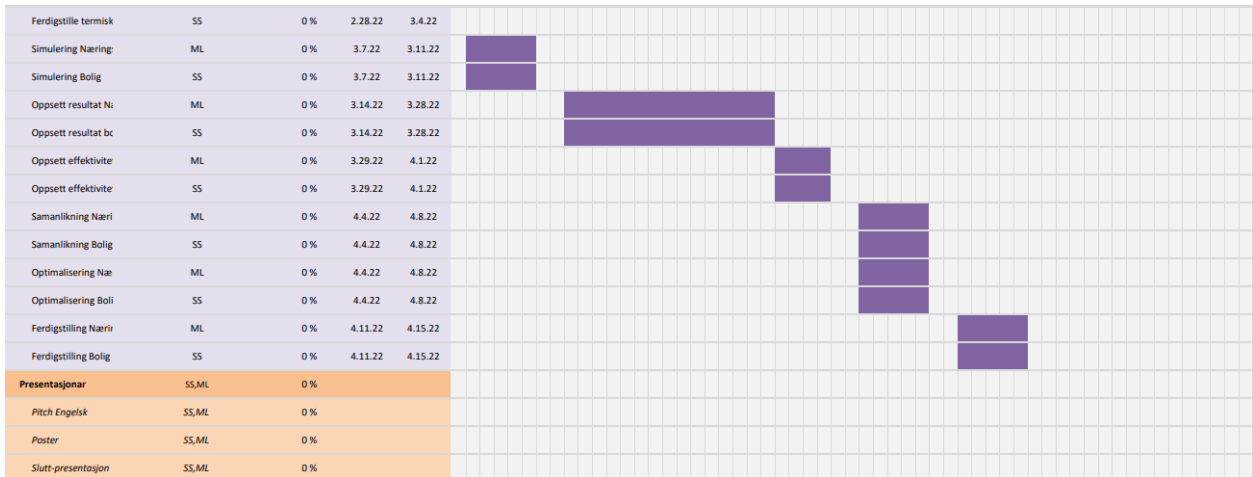
Matias Løeng

Display Week:

9



### 12/6 Gant-diagram



### 13/6 Gant-diagram

## Effekt optimalisering - Varmestyring

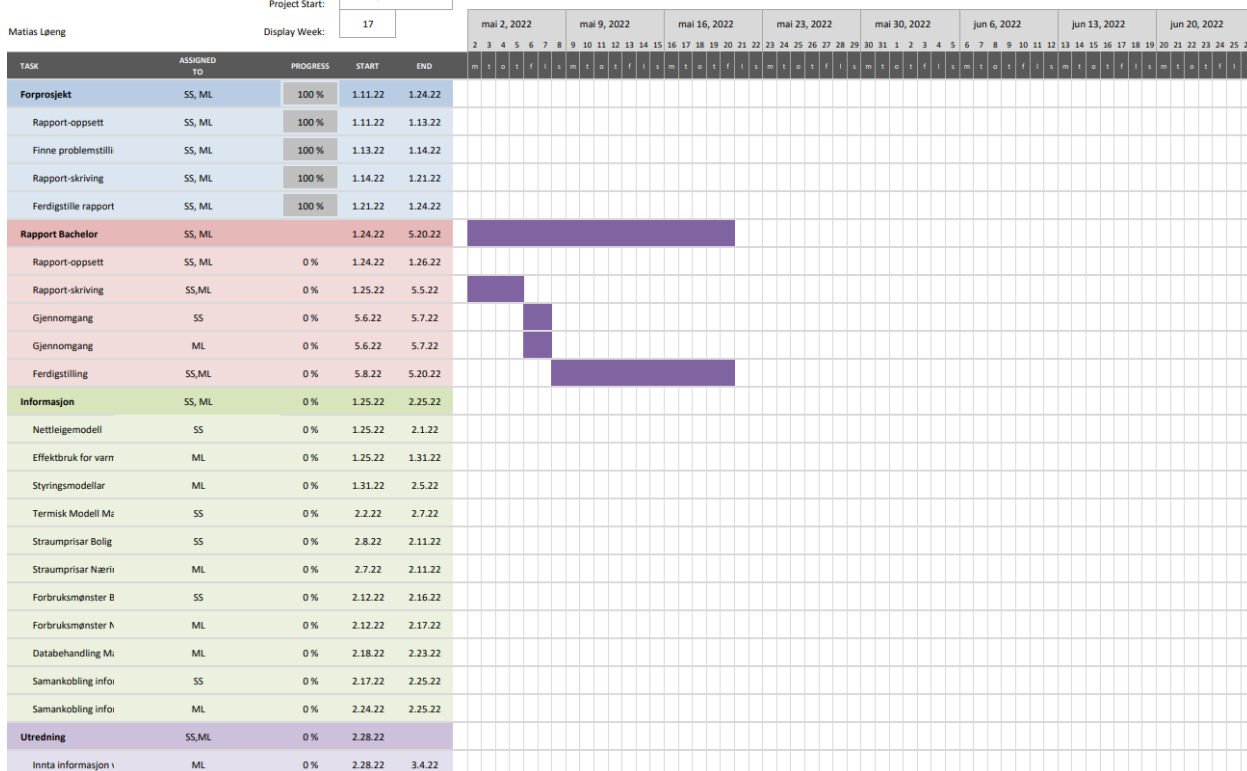
SIMPLE GANTT CHART by Vertex42.com  
<https://www.vertex42.com/ExcelTemplates/simple-gantt-chart.html>

Sander Skogen

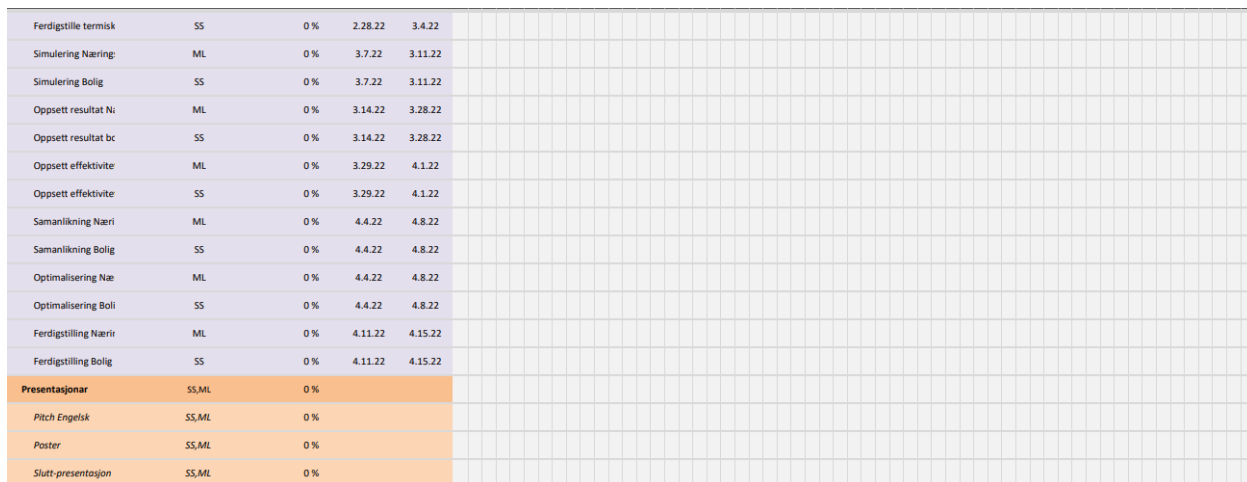
Project Start:

Matias Løeng

Display Week:



### 14/6 Gant-diagram



### 15/6 Gant-diagram

## VEDLEGG E VEKERAPPORTAR

|                          |  |                                       |  |                  |
|--------------------------|--|---------------------------------------|--|------------------|
| <b>ID301702</b>          | Prosjekt<br>Effektoptimalisering I Bustad og Næringsbygg | Antal møter i perioda 1).             | Firma - Oppdragsgiver<br>Norconsult                  | Side<br>1 av 2   |
| <b>Hovedprosjekt</b>     |  |                                       |  |                  |
| <b>Framdriftsrapport</b> | Periode/veker:<br>11.01 – 14.01<br>1 veke                | Timer brukt i perioda<br>Estimert: 30 | Prosjektgruppe (navn)<br>Sander Skogen, Matias Løeng | Dato<br>14.01.22 |

|  |
|--|
| <p>Hovudmål for perioda</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Få eit meir oversiktleg bilete av oppgåva</li> <li>- Starte med forprosjektrapport</li> </ul>   |
| <p>Planlagte aktivitetar</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Halde møte med styringsgruppa</li> <li>- Sette opp forprosjektrapporten</li> <li>- Starte med forprosjektrapporten</li> </ul>  |
| <p>Utførte aktivitetar</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vart haldt eit møte med styringsgruppa 13.01.22</li> <li>- Bestemte at oppgåva skulle fokuserast mot bustad og næringsbygg</li> <li>- Meir fokus på varmestyring og effektiviteten av forskjellige styringsprinsipp</li> <li>- Satt opp forprosjektrapporten</li> <li>- Starta med forprosjektrapporten</li> </ul> |
| <p>Beskrivelse av eventuelt avvik i mellom planlagt og utførte aktivitetar</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ingen avvik</li> </ul>   |
| <p>Beskrivelse/begrunnelse for endringar som er ønska i prosjektet eller den komande planen til prosjektet.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vart endra frå effektoptimalisering av næringsbygg, til meir spesifikt effektoptimalisering ved hjelp av varmestyring for bustad og næringsbygg</li> </ul>  |
| <p>Hovuderfaring frå perioda</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Viktigheita med styringsmøte for einigheit i oppgåva</li> <li>- Skrivning av rapport</li> </ul>  |

|   |                   |
|---|-------------------|
| Hovudfokus neste periode                                      |                   |
| - Ferdigstille forprosjektrapport                             |                   |
| Planlagte aktivitetar neste periode                           |                   |
| - Møte med styringsgruppa 19.01.22                            |                   |
| - Tilbakemelding angående første utkast av forprosjektrapport |                   |
| - Skrivning forprosjektrapport                                |                   |
| Andre ting:   |                   |
| Ønkse/behov for veileding                                     |                   |
| - Ikkje noko spessielt  |                   |
| Signatur prosjektleder  | Signatur sekretær |
| M.L   | S.S               |



|   |  |                                       |  |                  |
|---|--|---------------------------------------|--|------------------|
| <b>ID301702</b><br><b>Hovedprosjekt</b> | Prosjekt<br>Effekt optimalisering I Bustad<br>og Næringsbygg | Antal møter i perioda 1).<br>1        | Firma - Oppdragsgiver<br>Norconsult                  | Side<br>1 av 1   |
| <b>Framdriftsrapport</b><br><b>ort</b>  | Periode/veker:<br>17.01 – 20.01<br>1 veke                    | Timer brukt i perioda<br>Estimert: 60 | Prosjektgruppe (navn)<br>Sander Skogen, Matias Løeng | Dato<br>21.01.22 |

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Hovudmål for perioda  |                          |
| - Ferdigstille forprosjektrapport   |                          |
| Planlagte aktivitetar   |                          |
| - Halde møte med styringsgruppa<br>- Få tilbakemelding om første utkast av forprosjektrapport<br>- Ferdigstille forprosjektrapport  |                          |
| Utførte aktivitetar   |                          |
| - Vart haldt eit møte med styringsgruppa 19.01.22<br>- Gitt tilbakemelding angående forprosjektrapporten<br>- Ferdigstilte forprosjektrapporten i forhold til tilbakemeldingane |                          |
| Beskrivelse av eventuelt avvik i mellom planlagt og utførte aktivitetar   |                          |
| - Ingen avvik   |                          |
| Beskrivelse/begrunnelse for endringar som er ønska i prosjektet eller den komande planen til prosjektet.  |                          |
| - Ingen endringar, kun retting av forprosjektrapporten  |                          |
| Hovuderfaring frå perioda   |                          |
| - Rapportskriving<br>- Møter  |                          |
| Hovudfokus neste periode  |                          |
| - Starte med oppsett av hovudrapporten<br>- Bli kjendt med Overleaf<br>- Starte med innhenting av informasjon   |                          |
| Planlagte aktivitetar neste periode   |                          |
| - Ingen møte neste periode<br>- Skriving av hovudrapport<br>- Kommunikasjon med nødvendige aktørar for god informasjon  |                          |
| Andre ting:   |                          |
| Ønkse/behov for veileding   |                          |
| - Ikkje noko spesielt   |                          |
| Signatur prosjektleder<br>M.L   | Signatur sekretær<br>S.S |

|   |  |                                       |  |                  |
|---|--|---------------------------------------|--|------------------|
| <b>ID301702</b><br><b>Hovedprosjekt</b> | Prosjekt<br>Effekt optimalisering I Bustad<br>og Næringsbygg | Antal møter i perioda 1).<br>0        | Firma - Oppdragsgiver<br>Norconsult                  | Side<br>1 av 1   |
| <b>Framdriftsrapport</b><br><b>ort</b>  | Periode/veker:<br>24.01 – 28.01<br>1 veke                    | Timer brukt i perioda<br>Estimert: 50 | Prosjektgruppe (navn)<br>Sander Skogen, Matias Løeng | Dato<br>29.01.22 |

|  |                   |
|--|-------------------|
| Hovudmål for perioda   |                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kome i gang med informasjonsdelen av hovudrapporten, samt starte skriving av dette i teori delen.</li> <li>- Halde «pitch» angående prosjektet på engelsk.</li> </ul>   |                   |
| Planlagte aktivitetar  |                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Informasjonssamling</li> <li>- Framføring fredag 28.01.2022</li> <li>- Starte å skrive teori delen av rapporten</li> </ul>  |                   |
| Utførte aktivitetar  |                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Funnet informasjon om nettleigemodell og effektbruk</li> <li>- Skrevet innledning og forord til prosjektet</li> <li>- Utførte framføring</li> </ul>   |                   |
| Beskrivelse av eventuelt avvik i mellom planlagt og utførte aktivitetar  |                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ingen avvik</li> </ul>  |                   |
| Beskrivelse/begrunnelse for endringar som er ønska i prosjektet eller den komande planen til prosjektet.   |                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ingen endringar</li> </ul>  |                   |
| Hovuderfaring frå perioda  |                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Informasjonssamling, viktigheit med gode kjelder.</li> <li>- Kva ein «elevator pitch» er</li> </ul>   |                   |
| Hovudfokus neste periode   |                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fortsette med informasjonsdelen</li> <li>- Fortsette med teori delen i rapporten</li> </ul>   |                   |
| Planlagte aktivitetar neste periode  |                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Møte 02.02.2022</li> <li>- Skriving av hovudrapport</li> <li>- Informasjonsinnsamling</li> </ul>  |                   |
| Andre ting:  |                   |
| <p>Oppstart av ingeniørfagleg systemtenkning. Det vil her forgå eit prosjekt samtidig som bacheloren fram til 16 mars, og det vil også vere fleire arbeidskrav samt forelesning kvar måndag og onsdag. Dette medfører mindre tid til jobbing med hovudoppgåva og det er per no planlagt jobbing med dette måndag til og med onsdag. Dette vil medføre at det torsdag og fredag vil bli jobbing med oppgåva og det må påreknast arbeid gjøna helgene.</p> |                   |
| Ønkse/behov for veileding  |                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ikkje noko spesielt</li> </ul>  |                   |
| Signatur prosjektleder   | Signatur sekretær |
| M.L  | S.S               |

|   |   |                                       |  |                  |
|---|---|---------------------------------------|--|------------------|
| <b>ID301702</b><br><b>Hovedprosjekt</b><br><b>Framdriftsrapport</b> | Prosjekt<br>Effekt optimalisering i Bustad og Næringsbygg | Antal møter i perioda 1).<br>1        | Firma - Oppdragsgiver<br>Norconsult                  | Side<br>1 av 1   |
|   | Periode/veker:<br>31.01 – 04.02<br>1 veke                 | Timer brukt i perioda<br>Estimert: 30 | Prosjektgruppe (navn)<br>Sander Skogen, Matias Løeng | Dato<br>04.02.22 |

|  |  |
|--|--|
| Hovudmål for perioda   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortsette med informasjon og teoridelen av oppgåva</li> <li>• Halde møte med styringsgruppa</li> <li>• Starte å tenke på den termiske modellen</li> </ul>                                   |
| Planlagte aktivitetar  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informasjonssamling</li> <li>• Skrivning teoridel</li> <li>• Møte med styringsgruppa</li> </ul>   |
| Utførte aktivitetar  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Funnet informasjon om styringssystem, stråmprisar og forbruksmønster</li> <li>• Haldt møte med styringsgruppa 02.02.2022.</li> <li>• Starta med teorien av den termiske modellen</li> </ul> |
| Beskrivelse av eventuelt avvik i mellom planlagt og utførte aktivitetar                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingen avvik</li> </ul>  |
| Beskrivelse/begrunnelse for endringar som er ønska i prosjektet eller den komande planen til prosjektet. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingen endringar</li> </ul>  |
| Hovuderfaring frå perioda  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informasjonssamling, viktighet med gode kjelder.</li> </ul>   |
| Hovudfokus neste periode   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortsette/ferdigstille teoridel</li> <li>• Starte meir med utforminga av den termiske modellen</li> <li>• Siste del med informasjonsinnsamling</li> </ul>                                   |
| Planlagte aktivitetar neste periode  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utredning av termisk modell</li> <li>• Skrivning av hovudrapport</li> <li>• Informasjonsinnsamling</li> </ul>   |
| Andre ting:  | Ingeniørfaglig systememne tok opp ein god del av tida denne veka også, og vil fortsette med det dei komande vekene.  |
| Ønkse/behov for veileding  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ikkje noko spesielt</li> <li>• Det er mogleg det snart vil vere behov for veiledning med den termiske modellen</li> </ul>   |
| Signatur prosjektleder   | Signatur sekretær  |
| M.L  | S.S  |

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

|   |   |                                       |  |                         |
|---|---|---------------------------------------|--|-------------------------|
| <b>ID301702</b><br><b>Hovedprosjekt</b><br><b>Framdriftsrapport</b> | Prosjekt<br>Effektoptimalisering i Bustad og<br>Næringsbygg | Antal møter i perioda 1).<br>1        | Firma - Oppdragsgiver<br><b>Norconsult</b>           | Side<br><b>1 av 1</b>   |
|   | Periode/veker:<br><b>7.02 – 11.02</b><br><b>1 veke</b>      | Timer brukt i perioda<br>Estimert: 30 | Prosjektgruppe (navn)<br>Sander Skogen, Matias Løeng | Dato<br><b>11.02.22</b> |

|  |   |
|--|---|
| Hovudmål for perioda   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortsette/ferdigstille teoridel</li> <li>• Starte med utforming av termisk modell</li> <li>• Siste del med informasjonsinnsamling</li> </ul>               |
| Planlagte aktivitetar  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informasjonssamling</li> <li>• Ferdigstilling teoridel</li> <li>• Informasjonsinnsamling</li> </ul>  |
| Utførte aktivitetar  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sendt mail til diverse byggfirma angående U-verdiar</li> <li>• Arbeid med kode til modell</li> <li>• Omstrukturering teoridel</li> </ul>                   |
| Beskrivelse av eventuelt avvik i mellom planlagt og utførte aktivitetar                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teoridel ikkje 100% ferdig</li> </ul>  |
| Beskrivelse/begrunnelse for endringar som er ønska i prosjektet eller den komande planen til prosjektet. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniørfagleg systememne tek opp ein god del tid, samt litt utfordringar med teoridelen i forhold til den termiske modellen</li> </ul>                    |
| Hovuderfaring frå perioda  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Den termiske modellen blir moglegens meir utfordrande enn først antatt</li> <li>• Ingeniørfagleg systememne tek opp mykje tid</li> </ul>                   |
| Hovudfokus neste periode   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Starte med metodedelen av rapporten</li> <li>• Fortsette med den termiske modellen</li> <li>• Fortsette dialog med byggfirma angående U-verdiar</li> </ul> |
| Planlagte aktivitetar neste periode  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Møte med styringsgruppa 16.02.2022</li> <li>• Skrivning av hovudrapport</li> <li>• Utredning termisk modell</li> </ul>                                     |
| Andre ting:  |   |
| Ønkse/behov for veiledning   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ikkje noko spesielt</li> <li>• Det er mogleg det snart vil vere behov for veiledning med den termiske modellen</li> </ul>                                  |
| Signatur prosjektleder<br><b>M.L</b>   | Signatur sekretær<br><b>S.S</b>   |

|   |   |                                       |  |                         |
|---|---|---------------------------------------|--|-------------------------|
| <b>ID301702</b><br><b>Hovedprosjekt</b><br><b>Framdriftsrapport</b> | Prosjekt<br>Effektoptimalisering i Bustad og<br>Næringsbygg | Antal møter i perioda 1).<br>1        | Firma - Oppdragsgiver<br><b>Norconsult</b>           | Side<br><b>1 av 1</b>   |
|   | Periode/veker:<br><b>14.02 – 18.02</b><br><b>1 veke</b>     | Timer brukt i perioda<br>Estimert: 30 | Prosjektgruppe (navn)<br>Sander Skogen, Matias Løeng | Dato<br><b>18.02.22</b> |

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| Hovudmål for perioda   |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Starte metode av hovudrapport</li> <li>• Fortsette dialog med firma angående U-verdiar</li> <li>• Fortsette utforming av termisk modell</li> </ul>            |                                 |
| Planlagte aktivitetar  |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informasjonssamling</li> <li>• Starte metodedel</li> <li>• Utbetring termisk modell</li> <li>• Møte med styringsgruppa</li> </ul>                             |                                 |
| Utførte aktivitetar  |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Starta grovt med metodedel</li> <li>• Arbeid med kode til modell</li> <li>• Møte med styringsgruppa</li> </ul>  |                                 |
| Beskrivelse av eventuelt avvik i mellom planlagt og utførte aktivitetar  |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ikkje fått noko god informasjon frå nokon angående U-verdiar</li> </ul>   |                                 |
| Beskrivelse/begrunnelse for endringar som er ønska i prosjektet eller den komande planen til prosjektet.   |                                 |
| Hovuderfaring frå perioda  |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• U-verdiane blir moglegens vanskelegare å finne</li> <li>• Ingeniørfagleg systememne tek opp mykje tid</li> </ul>  |                                 |
| Hovudfokus neste periode   |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortsette med metodedelen av rapporten</li> <li>• Fortsette med den termiske modellen</li> <li>• Fortsette dialog med byggfirma angående U-verdiar</li> </ul> |                                 |
| Planlagte aktivitetar neste periode  |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Skrivning av hovudrapport</li> <li>• Utredning termisk modell</li> <li>• Ta kontakt med Trondheim angående kompetanse for den termiske modellen</li> </ul>    |                                 |
| Andre ting:  |                                 |
| Ønkse/behov for veileding  |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ikkje noko spesielt</li> </ul>  |                                 |
| Signatur prosjektleder<br><b>M.L</b>   | Signatur sekretær<br><b>S.S</b> |

|   |   |                                       |  |                  |
|---|---|---------------------------------------|--|------------------|
| <b>ID301702</b><br><b>Hovedprosjekt</b><br><b>Framdriftsrapport</b> | Prosjekt<br>Effektoptimalisering i Bustad og<br>Næringsbygg | Antal møter i perioda 1).<br>0        | Firma - Oppdragsgiver<br>Norconsult                  | Side<br>1 av 1   |
|   | Periode/veker:<br>21.02 – 25.02<br>1 veke                   | Timer brukt i perioda<br>Estimert: 10 | Prosjektgruppe (navn)<br>Sander Skogen, Matias Løeng | Dato<br>27.02.22 |

|  |   |
|--|---|
| Hovudmål for perioda   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortsette med metodelen av rapporten</li> <li>• Fortsette med termisk modell</li> <li>• Fortsette dialog med byggfirma angående U-verdiar</li> </ul> |
| Planlagte aktivitetar  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Skrivning av metodedel</li> <li>• Arbeid med termisk modell</li> </ul>   |
| Utførte aktivitetar  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeid med termisk modell</li> </ul>   |
| Beskrivelse av eventuelt avvik i mellom planlagt og utførte aktivitetar                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ikkje noko skrivning av metodedel</li> <li>• U-verdiar</li> </ul>  |
| Beskrivelse/begrunnelse for endringar som er ønska i prosjektet eller den komande planen til prosjektet. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stor arbeidsmengde i faget Ingeniørfagleg Systemtenking</li> <li>• Ikkje noko svar frå byggfirma angående u verdiar.</li> </ul>                      |
| Hovuderfaring frå perioda  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Det blir nytta ein god del tid til ingeniørfagleg, meir enn forventa.</li> </ul>   |
| Hovudfokus neste periode   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortsette å sjå på termisk modell</li> </ul>   |
| Planlagte aktivitetar neste periode  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortsette arbeid med termisk modell</li> <li>• Møte med styringsgruppa 02.03.2022</li> <li>•</li> </ul>  |
| Andre ting:  |   |
| Ønkse/behov for veileding  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ikkje noko spesielt</li> <li>• Hjelp med times inndeling på matlab/simulink</li> </ul>   |
| Signatur prosjektleder   | Signatur sekretær   |
| M.L  | S.S   |

|   |   |                                       |  |                         |
|---|---|---------------------------------------|--|-------------------------|
| <b>ID301702</b><br><b>Hovedprosjekt</b><br><b>Framdriftsrapport</b> | Prosjekt<br>Effektoptimalisering i Bustad og<br>Næringsbygg | Antal møter i perioda 1).<br>1        | Firma - Oppdragsgiver<br><b>Norconsult</b>           | Side<br><b>1 av 2</b>   |
|   | Periode/veker:<br><b>28.03 – 01.04</b><br><b>1 veke</b>     | Timer brukt i perioda<br>Estimert: 60 | Prosjektgruppe (navn)<br>Sander Skogen, Matias Løeng | Dato<br><b>01.04.22</b> |

|  |  |
|--|--|
| Hovudmål for perioda   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortsette med termisk modell</li> <li>• Fortsette metodedel</li> <li>• Gjære klart til simuleringer</li> </ul>  |
| Planlagte aktivitetar  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utredning termisk modell</li> <li>• Skrivning metodedel</li> </ul>  |
| Utførte aktivitetar  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nesten ferdigstilling av termisk modell</li> <li>• Skrevet metodedel</li> <li>• Utbedring teoridel</li> </ul>   |
| Beskrivelse av eventuelt avvik i mellom planlagt og utførte aktivitetar                                  |  |
| Beskrivelse/begrunnelse for endringar som er ønska i prosjektet eller den komande planen til prosjektet. |  |
| Hovuderfaring frå perioda  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimisme angående den termiske modellen og bacheloren generelt</li> <li>• Det hjelp å kun ha ein ting å fokusere på, istadenfor fag gåande vesidenav.</li> </ul> |
| Hovudfokus neste periode   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ferdigstilling termisk modell</li> <li>• Starte simulering</li> <li>• Fortsette metodedel</li> </ul>  |
| Planlagte aktivitetar neste periode  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Skrivning av hovudrapport</li> <li>• Simulering</li> </ul>  |
| Andre ting:  |  |
| Ønkse/behov for veileding  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ikkje noko spesielt</li> </ul>  |
| Signatur prosjektleder   | Signatur sekretær  |
| M.L  | S.S  |

|   |   |                                       |  |                         |
|---|---|---------------------------------------|--|-------------------------|
| <b>ID301702</b><br><b>Hovedprosjekt</b><br><b>Framdriftsrapport</b> | Prosjekt<br>Effektoptimalisering i Bustad og<br>Næringsbygg | Antal møter i perioda 1).<br>1        | Firma - Oppdragsgiver<br><b>Norconsult</b>           | Side<br><b>1 av 1</b>   |
|   | Periode/veker:<br><b>04.04 – 08.04</b><br><b>1 veke</b>     | Timer brukt i perioda<br>Estimert: 70 | Prosjektgruppe (navn)<br>Sander Skogen, Matias Løeng | Dato<br><b>08.04.22</b> |

|  |  |
|--|--|
| Hovudmål for perioda   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ferdigstilling simulering</li> <li>• Nesten ferdigstilling av metodedel</li> <li>• Starte resultatdel</li> </ul>        |
| Planlagte aktivitetar  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Skrivning hovudrapport</li> <li>• Simuleringer</li> </ul>   |
| Utførte aktivitetar  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulering vart ferdigstillt</li> <li>• Metodedel er so godt som ferdig</li> <li>• Resultatdel er godt igong</li> </ul> |
| Beskrivelse av eventuelt avvik i mellom planlagt og utførte aktivitetar                                  |  |
| Beskrivelse/begrunnelse for endringar som er ønska i prosjektet eller den komande planen til prosjektet. |  |
| Hovuderfaring frå perioda  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulering tok ein del tid og kunna vårte gjort kjappare med eit automatisert system.</li> </ul>                        |
| Hovudfokus neste periode   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortsette resultatdel</li> <li>• Ferdigstilling metodedel</li> </ul>  |
| Planlagte aktivitetar neste periode  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Skrivning av hovudrapport</li> <li>• Påskeferie, vil begrense tidsbruken</li> </ul>                                     |
| Andre ting:  |  |
| Ønkse/behov for veileding  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ikkje noko spesielt</li> </ul>  |
| Signatur prosjektleder<br><b>M.L</b>   | Signatur sekretær<br><b>S.S</b>  |



|   |   |  |  |                         |
|---|---|--|--|-------------------------|
| <b>ID301702</b><br><b>Hovedprosjekt</b><br><b>Framdriftsrapport</b> | Prosjekt<br>Effektoptimalisering i Bustad og<br>Næringsbygg | Antal møter i perioda 1).<br>1         | Firma - Oppdragsgiver<br><b>Norconsult</b>           | Side<br><b>1 av 2</b>   |
|   | Periode/veker:<br><b>18.04 – 24.04</b><br><b>1 veke</b>     | Timer brukt i perioda<br>Estimert: 120 | Prosjektgruppe (navn)<br>Sander Skogen, Matias Løeng | Dato<br><b>24.04.22</b> |

|  |  |
|--|--|
| Hovudmål for perioda   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ferdigstille resultatdel</li> <li>• Starte drøfting</li> </ul>  |
| Planlagte aktivitetar  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Skrivning hovudrapport</li> <li>• Møte 20.04</li> </ul>   |
| Utførte aktivitetar  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ferdigstilling første utkast av rapport</li> <li>• Møte 20.04</li> <li>•</li> </ul>   |
| Beskrivelse av eventuelt avvik i mellom planlagt og utførte aktivitetar                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Det vart nytta meir tid enn først antatt</b></li> </ul>  |
| Beskrivelse/begrunnelse for endringar som er ønska i prosjektet eller den komande planen til prosjektet. |  |
| Hovuderfaring frå perioda  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Det nærmar seg slutten</b></li> </ul>  |
| Hovudfokus neste periode   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Starte med poster/presentasjon</li> <li>• Forhåpentlegvis få «sensur» på første utkast</li> </ul>   |
| Planlagte aktivitetar neste periode  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jobbing med poster/presentasjon</li> <li>• Litt strukturarbeid med rapporten</li> <li>• Om mogleg, starte retting av første utkast</li> </ul> |
| Andre ting:  |  |
| Ønkse/behov for veileding  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Retting av første utkast</b></li> </ul>  |
| Signatur prosjektleder   | Signatur sekretær  |
| M.L  | S.S  |

|   |  |                                       |  |                         |
|---|--|---------------------------------------|--|-------------------------|
| <b>ID301702</b><br><b>Hovedprosjekt</b><br><b>Framdriftsrapport</b> | Prosjekt<br>Effekt optimalisering i Bustad og<br>Næringsbygg | Antal møter i perioda 1).<br>1        | Firma - Oppdragsgiver<br><b>Norconsult</b>           | Side<br><b>1 av 1</b>   |
|   | Periode/veker:<br><b>25.04 – 29.04</b><br><b>1 veke</b>      | Timer brukt i perioda<br>Estimert: 40 | Prosjektgruppe (navn)<br>Sander Skogen, Matias Løeng | Dato<br><b>01.05.22</b> |

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| Hovudmål for perioda   |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Starte med poster/presentasjon</li> <li>• Forhåpentlegvis starte retting av første utkast</li> </ul>        |                                 |
| Planlagte aktivitetar  |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeid med poster/presentasjon</li> <li>• Arbeid med første utkast</li> </ul>                               |                                 |
| Utførte aktivitetar  |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ferdigstilling poster</li> <li>• Starta arbeid med retting av første utkast</li> </ul>                      |                                 |
| Beskrivelse av eventuelt avvik i mellom planlagt og utførte aktivitetar  |                                 |
| Beskrivelse/begrunnelse for endringar som er ønska i prosjektet eller den komande planen til prosjektet.   |                                 |
| Hovuderfaring frå perioda  |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Første utkast såg bra ut, men treng små justeringar</li> </ul>  |                                 |
| Hovudfokus neste periode   |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ferdigstille retting av første utkast</li> <li>• Evt sende inn 2. utkast, eller til rettskriving</li> </ul> |                                 |
| Planlagte aktivitetar neste periode  |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeid med første utkast</li> <li>• Starte med presentasjon</li> <li>• Møte 03.05.2022</li> </ul>           |                                 |
| Andre ting:  |                                 |
| Ønkse/behov for veileding  |                                 |
| Signatur prosjektleder<br><b>M.L</b>   | Signatur sekretær<br><b>S.S</b> |

|   |   |                                       |  |                         |
|---|---|---------------------------------------|--|-------------------------|
| <b>ID301702</b><br><b>Hovedprosjekt</b><br><b>Framdriftsrapport</b> | Prosjekt<br>Effektoptimalisering i Bustad og<br>Næringsbygg | Antal møter i perioda 1).<br>1        | Firma - Oppdragsgiver<br><b>Norconsult</b>           | Side<br><b>1 av 2</b>   |
|   | Periode/veker:<br><b>02.05 – 06.05</b><br><b>1 veke</b>     | Timer brukt i perioda<br>Estimert: 20 | Prosjektgruppe (navn)<br>Sander Skogen, Matias Løeng | Dato<br><b>06.05.22</b> |

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| Hovudmål for perioda   |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jobbe med første utkast</li> <li>• Starte på presentasjon</li> </ul>  |                                 |
| Planlagte aktivitetar  |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeid med presentasjon</li> <li>• Arbeid med første utkast</li> </ul>  |                                 |
| Utførte aktivitetar  |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeid med presentasjon</li> <li>• Ferdigstilling første utkast</li> <li>• Første utkast vart sendt inn til rettskriving</li> </ul> |                                 |
| Beskrivelse av eventuelt avvik i mellom planlagt og utførte aktivitetar  |                                 |
| Beskrivelse/begrunnelse for endringar som er ønska i prosjektet eller den komande planen til prosjektet.   |                                 |
| Hovuderfaring frå perioda  |                                 |
| Hovudfokus neste periode   |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ferdigstille retting av rettskriving</li> <li>• Ferdigstilling presentasjon</li> </ul>  |                                 |
| Planlagte aktivitetar neste periode  |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retting av rettskrivinga</li> <li>• Gjere ferdig presentasjon</li> </ul>  |                                 |
| Andre ting:  |                                 |
| Ønkse/behov for veileding  |                                 |
| Signatur prosjektleder<br><b>M.L</b>   | Signatur sekretær<br><b>S.S</b> |

|   |   |                                       |  |                         |
|---|---|---------------------------------------|--|-------------------------|
| <b>ID301702</b><br><b>Hovedprosjekt</b><br><b>Framdriftsrapport</b> | Prosjekt<br>Effektoptimalisering i Bustad og<br>Næringsbygg | Antal møter i perioda 1).<br>1        | Firma - Oppdragsgiver<br><b>Norconsult</b>           | Side<br><b>1 av 1</b>   |
|   | Periode/veker:<br><b>09.05 – 13.05</b><br><b>1 veke</b>     | Timer brukt i perioda<br>Estimert: 20 | Prosjektgruppe (navn)<br>Sander Skogen, Matias Løeng | Dato<br><b>13.05.22</b> |

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| Hovudmål for perioda   |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retting av rettskrivinga</li> <li>• Ferdigstille presentasjon</li> </ul>      |                                 |
| Planlagte aktivitetar  |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeid med presentasjon</li> <li>• Arbeid med første utkast</li> </ul>        |                                 |
| Utførte aktivitetar  |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ferdigstilling rettskriving</li> <li>• Ferdigstilling presentasjon</li> </ul> |                                 |
| Beskrivelse av eventuelt avvik i mellom planlagt og utførte aktivitetar  |                                 |
| Beskrivelse/begrunnelse for endringar som er ønska i prosjektet eller den komande planen til prosjektet.               |                                 |
| Hovuderfaring frå perioda  |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Bacheloroppgåva er ferdigstilt</b></li> </ul>                              |                                 |
| Hovudfokus neste periode   |                                 |
| Planlagte aktivitetar neste periode  |                                 |
| Andre ting:  |                                 |
| Ønskje/behov for veileding   |                                 |
| Signatur prosjektleder<br><b>M.L</b>   | Signatur sekretær<br><b>S.S</b> |

# VEDLEGG F VEKERAPPORTAR

## Møterapport

**Dato:** 13.01.2022

**Lokasjon:** Videomøte, Teams

**Veiledere deltatt:** Kai Erik Hoff (NTNU), Webjørn Rekdalsbakken (NTNU), Egil Viken (NTNU) og Christopher Stern (Norconsult).

**Studentar deltatt:** Matias Løeng og Sander Skogen

### Samtaleemner:

Oppstartsmøte der vinkling av oppgåva var sentralt. Det vart bestemt å lage ein generisk modell for varmemanipulering i næringsbygg og privat-boligar. Ved å regulere effekten gitt til oppvarming, kan det være mogleg å unngå dei verste «peakane». Det skal bli sett på om dette er mogleg utan å redusere livskvaliteten til dei som oppheld seg i bygga på desse tidspunkta, og bli laga ein generisk modell som enkelt kan manipulerast for meir spesifikke tilfelle.

Vidare blei det diskutert framtidige møte, og lagt opp til neste møte 19.01.2022 med hovudtema forprosjektrapporten.

### Plan vidare

- Arbeide med forprosjektrapport
- Utforske styringsmetoder (MatLab)
- Neste møte 19.01.2022 kl 14.00

## Møterapport

**Dato:** 19.01.2022

**Lokasjon:** Videomøte, Teams

**Veiledere deltatt:** Webjørn Rekdalsbakken (NTNU), Christopher Stern (Norconsult).

**Studenter deltatt:** Matias Løeng og Sander Skogen

### Samtaleemner:

Møte med tilbakemelding angående forprosjektrapporten. Tilbakemelding frå Webjørn vart gitt med kommentarar på framdriftsplan, internkontroll, dokumentasjon, målsetting og krav-spec.

Christopher informerte vidare om liknande prosjekt i Norconsult, og skulle sette gruppa i kontakt med vedkommande med ansvaret for dette.

Vidare blei det diskutert framtidige møte. Kom fram til at det ikkje var nødvendig med møte kvar veke, og det vil heller bli såtte opp møte annakvar veke. Neste møtet er planlagt 02.02.2022 eller 04.02.2022

### Plan vidare

- Ferdigstille forprosjektrapport
- Starte hovudrapport
- Neste møte 16.02.22

## Møterapport

**Dato:** 02.02.2022

**Lokasjon:** Videomøte, Teams

**Veiledere deltatt:** Webjørn Rekdalsbakken (NTNU), Kai Erik Hoff (NTNU) og Christopher Stern (Norconsult).

**Studenter deltatt:** Matias Løeng og Sander Skogen

### Samtaleemner:

Progresjonsmøte med styringsgruppa. Diskutert framdriftsrapporten frå førre veke, samt diskusjon rundt progresjonen i prosjektet. Det meste omhandlar informasjonsinnsamling og teoridelen i rapporten, men plan om oppstart av utredning av den termiske modellen snarleg.

Det blei snakka om korleis strukturen til den termiske modellen er og skal vere, samt eit forlag om testregimet for resultat.

Gruppa treng fortsatt informasjon som er vanskeleg å framkalle, og det vart spurt Christopher om hjelp til å finne informasjon om forbruksmønster i næringsbygg samt diverse U-verdiar for forskjellige bygg.

Det vart også tatt opp alternative måtar for å redusere effekttoppar og då i hovudsak ved hjelp av batteri og dimensjonering av dette.

Vidare blei det diskutert framtidige møte og neste møtet er satt til 16.02.2022 kl 11.

### Plan vidare

- Fortsette informasjonsinnsamling
- Fortsette teoridel hovudrapport
- Starte med termisk modell
- Neste møte 16.02.2022

## Møterapport

**Dato:** 16.02.2022

**Lokasjon:** Videomøte, Teams

**Veiledere deltatt:** Webjørn Rekdalsbakken (NTNU), Kai Erik Hoff (NTNU) og Christopher Stern (Norconsult).

**Studenter deltatt:** Matias Løeng og Sander Skogen

### Samtaleemner:

Det vart diskutert framgangen til rapporten, samt kva som er planen vidare. Grappa treng fortsatt U-verdiar til forskjellige bygg til den termiske modellen, om det ikkje blir funnen i næraste framtid må det bli diskutert alternative metoder. Det vil då moglegens være å nytte minstekrava til U-verdiar i bygg, eller gjere estimeringar av U-verdiar basert på enkel utrekning ved forskjellige byggemåtar.

Det vart diskutert om energimerking i forskjellige bygg kunne være relevant for modellen, og dette må undersøkast meir.

Vidare vart det også diskutert rundt korleis den termiske modellen skulle utformast, og det vart avtalt å ta kontakt med NTNU i Trondheim for å finne ut om det var noko dei hadde kompetanse i.

Kai Erik ville også få tilsendt modellen slik han hadde moglegheita til å sette seg inn i systemet, og moglegens komme med gode råd.

Neste møtet er satt til 02.03.2022 kl 11.

### Plan vidare

- Fortsette informasjonsinnsamling
- Fortsette med metodedel av rapport
- Fortsette med termisk modell
- Neste møte 02.03.2022



## Møterapport

Dato: 02.03.2022

Lokasjon: Videomøte, Teams

Veiledere deltatt: Webjørn Rekdalsbakken (NTNU), Kai Erik Hoff (NTNU) og Christopher Stern (Norconsult).

Studentar deltatt: Matias Løeng og Sander Skogen

Samtaleemner:

Diskutert framgangen til den termiske modellen og kva planen er vidare.

Det blir lite arbeid med bacheloren dei neste vekene då det vil ta mykje tid med både ingeniørfagleg systemtenking rapport og eksamen, samt matteeksamen.

Det vart diskutert litt meir rundt U-verdiar, og gruppa skal ta kontakt med ENOVA og SINTEF i håp om noko konkret. Om ikkje vil det bli nytta standardkrav til verdiane for nybygg, og deretter gjort estimat ved eldre hus.

Litt problem med å dele inn simuleringa i MATLAB og SIMULINK til timesbasis istadenfor 24 timar. Kai Erik ville hjelpe med dette og koda skal bli sendt til han.

Plan vidare

- Ta kontakt med ENOVA og SINTEF
- Fortsette med Metode del
- Fortsette med termisk modell
- Neste møte 30.03.2022

## Møterapport

Dato: 30.03.2022

Lokasjon: Videomøte, Teams

Veiledere deltatt: Webjørn Rekdalsbakken (NTNU), Kai Erik Hoff (NTNU) og Christopher Stern (Norconsult).

Studentar deltatt: Matias Løeng og Sander Skogen

Samtaleemner:

Diskuterte framgangen til bacheloren etter ei tid utan arbeid. Det har blitt starta meir med metodedelen av rapporten og den termiske modellen har fått ein god struktur. Det vart diskutert meir korleis metodedelen skulle leggest opp, og det vart her kome fram til eit todelt system der eine delen tek føre seg sjølv framgangen til systemet, mens den andre delen tek meir føre seg samarbeidet og grunnlagen bak oppsettet til arbeidet.

Det vart stilld spørsmål angående posteren og når den skal vær, samt framføringa av bacheloroppgåva.

Det har kome eit nytt forslag til nettleige som kan øydelegge litt av formålet med den termiske modellen. Dette må studerast meir.

Den termiske modellen blei vist til styringsgruppa, og det vil bli nødvendig med eit enklare brukargrensesnitt. Det vart også diskutert og kome fram til at det er viktig å ha med eventuelle begrensinger i rapporten.

Lagt plan til neste møte 20 april.

Plan vidare

- Fortsette med Metode del
- Fortsette med termisk modell
- Moglegens starte med resultat del
- Neste møte 20.04.2022

## Møterapport

Dato: 20.04.2022

Lokasjon: Videomøte, Teams

Veiledere deltatt: Kai Erik Hoff (NTNU) og Christopher Stern (Norconsult).

Studentar deltatt: Matias Løeng og Sander Skogen

Samtaleemner:

Diskuterte framgangen til bacheloren. Det vart forklart kva som vart simulert og kvifor. Litt avvik frå den eigentlege planen, men gruppa var fornøgd med resultatet foreløpig. Metodedel og resultatdel er so godt som ferdig, og det vart diskutert ein eventuell gjennomgang av første utkast av rapporten. Gruppa håpa på å bli ferdig med første utkast i løpet av neste veke, og det vart planlagt eit møte 03.05.2022 for gjennomgang av utkastet.

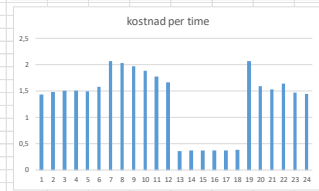
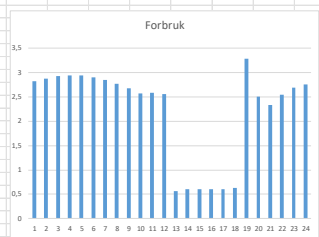
Plan vidare

- Skrive diskusjon/drøfting og konklusjon
- Bli ferdig med første utkast
- Neste møte 03.05.2022

# Vedlegg G Excel-ark

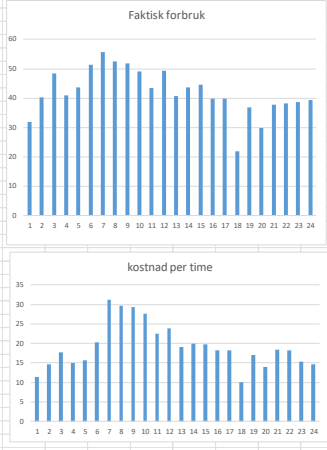
## Bustad

| Time             | KW          | faktisk forbruk per time (kWh) | Kostnad for timen (Jan-Mars)          | Kostnad for timen (April-Desember)     | Kvadrat_Uvegg=0.35                           |
|------------------|-------------|--------------------------------|---------------------------------------|--|--|
| 0 sek            | 0           | 0                              |                                       |  |  |
| 1 sek            | 2,828940073 | 2,828940073                    | 1,438091686                           | 1,66780162                             | høgast forbruk for en time: 3,285987383 KWH  |
| 2 sek            | 5,713018629 | 2,884078533                    | 1,485512316                           | 1,717699492                            |  |
| 3 sek            | 8,637118738 | 2,931160129                    | 1,508296824                           | 1,741535558                            | effektleidd:                                 |
| 4 sek            | 11,58205971 | 2,964949978                    | 1,511726953                           | 1,7528579                              | 0-5 175                                      |
| 5 sek            | 14,52642783 | 2,94416812                     | 1,49318956                            | 1,735263351                            | 5 til 10 290                                 |
| 6 sek            | 17,43004778 | 2,903619944                    | 1,582618951                           | 1,81839199                             | 10 til 15 405                                |
| 7 sek            | 20,27606035 | 2,846012573                    | 2,076678455                           | 2,30774676                             | 15 til 20 520                                |
| 8 sek            | 23,05199515 | 2,779394796                    | 2,03673112                            | 2,262137025                            | 20 til 25 635                                |
| 9 sek            | 25,77145598 | 2,485170333                    | 1,97653425                            | 2,194950222                            | ekstra kostnad [kr] per mÅne                 |
| 10 sek           | 28,31419447 | 2,57028486                     | 1,885943676                           | 2,09506389                             | 175  |
| 11 sek           | 30,90462942 | 2,59034956                     | 1,774991936                           | 1,98535255                             | 0  |
| 12 sek           | 33,47072947 | 2,586100052                    | 1,670531134                           | 1,878888458                            | 0  |
| 13 sek           | 34,0371225  | 0,569393024                    | 0,399899971                           | 0,406891084                            | 0  |
| 14 sek           | 34,6403625  | 0,60324                        | 0,377388944                           | 0,406370032                            | 0  |
| 15 sek           | 35,2436025  | 0,60324                        | 0,370160129                           | 0,419143217                            | 175 Kroner                                   |
| 16 sek           | 35,8468425  | 0,60324                        | 0,37790573                            | 0,426888818                            |  |
| 17 sek           | 36,4500825  | 0,60324                        | 0,378134962                           | 0,42711805                             | høgast forbruk for en time: 3,285987383 KWH  |
| 18 sek           | 37,0747292  | 0,60324                        | 0,385201792                           | 0,43922651                             | pris for oppvarm 1 dag (Jan-Mars)            |
| 19 sek           | 40,360711   | 1,285987383                    | 2,07145396                            | 2,383279761                            | 32,44693255 Kroner                           |
| 20 sek           | 42,86370513 | 2,502994126                    | 1,552980552                           | 1,796223675                            |  |
| 21 sek           | 45,20281447 | 2,33010344                     | 1,53533172                            | 1,725467399                            | Pris mÅne (Jan-Mars)                         |
| 22 sek           | 47,74575085 | 2,542936381                    | 1,642533467                           | 1,849019901                            | 1148,407947 NOK                              |
| 23 sek           | 50,44057804 | 2,694827187                    | 1,467791524                           | 1,686611492                            |  |
| 24 sek           | 53,20499225 | 2,764444028                    | 1,446992716                           | 1,670563149                            |  |
|                  |             | 53,20499225                    | 32,44693155                           | 36,76737692                            | totalt forbruk for en mÅne: 1506,149767 KW-1 |
|                  |             |                                |                                       |  | totalt forbruk for en dag: 52,20099225 KW-1  |
|                  | Pris per Mw | Pris per kW                    | Pris per kW inkl energileidd Jan-mars | Pris per kW inkl energileidd April-des |  |
| 00 - 01          | 265,45      | 0,25945                        | 0,50625                               | 0,58955                                |  |
| 01 - 02          | 265,48      | 0,26548                        | 0,51438                               | 0,59558                                |  |
| 02 - 03          | 265,48      | 0,26548                        | 0,51438                               | 0,59558                                |  |
| 03 - 04          | 264,43      | 0,26443                        | 0,51333                               | 0,59453                                |  |
| 04 - 05          | 259,25      | 0,25925                        | 0,50815                               | 0,58955                                |  |
| 05 - 06          | 296,15      | 0,29615                        | 0,54505                               | 0,62625                                |  |
| 06 - 07          | 380,78      | 0,38078                        | 0,72968                               | 0,81088                                |  |
| 07 - 08          | 384,81      | 0,38481                        | 0,73371                               | 0,81491                                |  |
| 08 - 09          | 387,2       | 0,3872                         | 0,7361                                | 0,8173                                 |  |
| 09 - 10          | 382,89      | 0,38289                        | 0,73179                               | 0,81299                                |  |
| 10 - 11          | 338,21      | 0,33821                        | 0,68211                               | 0,76641                                |  |
| 11 - 12          | 302,1       | 0,3021                         | 0,651                                 | 0,7322                                 |  |
| 12 - 13          | 288,29      | 0,28829                        | 0,63719                               | 0,71839                                |  |
| 13 - 14          | 276,7       | 0,2767                         | 0,6256                                | 0,7068                                 |  |
| 14 - 15          | 264,72      | 0,26472                        | 0,61362                               | 0,69482                                |  |
| 15 - 16          | 277,56      | 0,27756                        | 0,62646                               | 0,70766                                |  |
| 16 - 17          | 277,94      | 0,27794                        | 0,62684                               | 0,70804                                |  |
| 17 - 18          | 273,06      | 0,27306                        | 0,62196                               | 0,70316                                |  |
| 18 - 19          | 281,49      | 0,28149                        | 0,63039                               | 0,71159                                |  |
| 19 - 20          | 287,53      | 0,28753                        | 0,63643                               | 0,71763                                |  |
| 20 - 21          | 307,56      | 0,30756                        | 0,67956                               | 0,73786                                |  |
| 21 - 22          | 297,02      | 0,29702                        | 0,64592                               | 0,72712                                |  |
| 22 - 23          | 295,77      | 0,29577                        | 0,64467                               | 0,72587                                |  |
| 23 - 00          | 274,21      | 0,27421                        | 0,52311                               | 0,60431                                |  |
| Energil Jan-Mars | 0,3489      | 0,4301                         |                                       |  |  |
| Energileidd natt |             |                                |                                       |  |  |
| natt 29          | 0,2489      | 0,3301                         |                                       |  |  |
| 00 - 01          | 0,2489      | 0,3301                         |                                       |  |  |
| 01 - 02          | 0,2489      | 0,3301                         |                                       |  |  |
| 02 - 03          | 0,2489      | 0,3301                         |                                       |  |  |
| 03 - 04          | 0,2489      | 0,3301                         |                                       |  |  |
| 04 - 05          | 0,2489      | 0,3301                         |                                       |  |  |
| 05 - 06          | 0,2489      | 0,3301                         |                                       |  |  |
| 06 - 07          | 0,3489      | 0,4301                         |                                       |  |  |
| 07 - 08          | 0,3489      | 0,4301                         |                                       |  |  |
| 08 - 09          | 0,3489      | 0,4301                         |                                       |  |  |
| 09 - 10          | 0,3489      | 0,4301                         |                                       |  |  |
| 10 - 11          | 0,3489      | 0,4301                         |                                       |  |  |
| 11 - 12          | 0,3489      | 0,4301                         |                                       |  |  |
| 12 - 13          | 0,3489      | 0,4301                         |                                       |  |  |
| 13 - 14          | 0,3489      | 0,4301                         |                                       |  |  |
| 14 - 15          | 0,3489      | 0,4301                         |                                       |  |  |
| 15 - 16          | 0,3489      | 0,4301                         |                                       |  |  |
| 16 - 17          | 0,3489      | 0,4301                         |                                       |  |  |
| 17 - 18          | 0,3489      | 0,4301                         |                                       |  |  |
| 18 - 19          | 0,3489      | 0,4301                         |                                       |  |  |
| 19 - 20          | 0,3489      | 0,4301                         |                                       |  |  |
| 20 - 21          | 0,3489      | 0,4301                         |                                       |  |  |
| 21 - 22          | 0,3489      | 0,4301                         |                                       |  |  |
| 22 - 23          | 0,2489      | 0,3301                         |                                       |  |  |
| 23 - 00          | 0,2489      | 0,3301                         |                                       |  |  |



# Næringsbygg U100

| Time                | KW          | Faktisk forbruk per time | Kostnad for timen (Jan-Mars) | Effekt ledd [kW-t]                |                                 |                  |
|---------------------|-------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------|
| 0 sek               | 0           | 0                        | 0                            | 0-5                               |                                 | 140 NOK          |
| 1 sek               | 31,87320203 | 31,87320203              | 11,45592247                  | 5 til 10                          |                                 | 232 NOK          |
| 2 sek               | 72,06273295 | 40,18959092              | 14,68849796                  | 10 til 15                         |                                 | 324 NOK          |
| 3 sek               | 120,3984284 | 48,33569543              | 17,66572997                  | 15 til 20                         |                                 | 416 NOK          |
| 4 sek               | 161,3097355 | 40,91130714              | 14,90930766                  | 20 til 25                         |                                 | 508 NOK          |
| 5 sek               | 205,0747012 | 43,78496567              | 15,72256392                  | 25 til 50                         |                                 | 964 NOK          |
| 6 sek               | 256,3879136 | 51,11212138              | 20,31772908                  | 50 til 75                         |                                 | 1420 NOK         |
| 7 sek               | 312,0927261 | 55,70031253              | 21,28018477                  | 75 til 100                        |                                 | 1876 NOK         |
| 8 sek               | 364,5562255 | 52,46340994              | 20,63190090                  | over 100                          |                                 | 3700 NOK         |
| 9 sek               | 416,282805  | 51,72657952              | 20,39391159                  |                                   |                                 |                  |
| 10 sek              | 465,487381  | 49,20457598              | 27,69676377                  |                                   | Ekstra kostnad av effektledd    |                  |
| 11 sek              | 508,9924557 | 43,50507485              | 22,46210509                  | 140                               |                                 |                  |
| 12 sek              | 558,4229196 | 40,43048397              | 23,83042668                  | 232                               |                                 |                  |
| 13 sek              | 599,077461  | 40,86548336              | 20,08815171                  | 324                               |                                 |                  |
| 14 sek              | 642,660805  | 43,58189951              | 19,90453956                  | 416                               |                                 |                  |
| 15 sek              | 687,2685051 | 44,60764465              | 19,83791173                  | 508                               |                                 |                  |
| 16 sek              | 727,0540171 | 39,78551191              | 18,20425883                  | 964                               |                                 |                  |
| 17 sek              | 766,8398248 | 39,78507778              | 18,21951283                  | 1420                              |                                 |                  |
| 18 sek              | 788,8308833 | 21,99086043              | 9,963179228                  | 0                                 |                                 |                  |
| 19 sek              | 825,7157787 | 36,88590194              | 17,02219283                  | 0                                 |                                 |                  |
| 20 sek              | 855,5060366 | 29,79025994              | 13,92794023                  | 1420 NOK i tillegg fra effektledd |                                 |                  |
| 21 sek              | 893,1756806 | 37,60964399              | 18,36621162                  |                                   |                                 |                  |
| 22 sek              | 931,3778476 | 38,202167                | 18,2231977                   |                                   | Høgast forbruk iløpet av en dag | 55,70031253 kW-t |
| 23 sek              | 970,1314114 | 38,75355383              | 15,33749796                  |                                   | Pris for en dag                 | 461,7150306 NOK  |
| 24 sek              | 1009,417849 | 39,28849736              | 16,70137772                  |                                   | Pris for en måned               | 15271,45092 NOK  |
|                     |             | 1009,417849              | 461,7150306                  |                                   | forbruk en måned                | 30282,53546 kW-t |
|                     |             |                          |                              |                                   | Forbruk en dag                  | 1009,417849 kW-t |
|                     |             |                          |                              |                                   |                                 |                  |
|                     |             |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| Pris per Mw         |             | Pris per kW              | Pris per kW ink energiledd   |                                   |                                 |                  |
| 00 - 01             | 259,45      | 0,25945                  | 0,35945                      |                                   |                                 |                  |
| 01 - 02             | 265,48      | 0,26548                  | 0,36548                      |                                   |                                 |                  |
| 02 - 03             | 265,48      | 0,26548                  | 0,36548                      |                                   |                                 |                  |
| 03 - 04             | 264,43      | 0,26443                  | 0,36443                      |                                   |                                 |                  |
| 04 - 05             | 259,25      | 0,25925                  | 0,35925                      |                                   |                                 |                  |
| 05 - 06             | 296,15      | 0,29615                  | 0,39615                      |                                   |                                 |                  |
| 06 - 07             | 380,78      | 0,38078                  | 0,56078                      |                                   |                                 |                  |
| 07 - 08             | 394,81      | 0,39481                  | 0,56481                      |                                   |                                 |                  |
| 08 - 09             | 387,2       | 0,3872                   | 0,5672                       |                                   |                                 |                  |
| 09 - 10             | 382,89      | 0,38289                  | 0,56289                      |                                   |                                 |                  |
| 10 - 11             | 336,31      | 0,33631                  | 0,51631                      |                                   |                                 |                  |
| 11 - 12             | 302,1       | 0,3021                   | 0,4821                       |                                   |                                 |                  |
| 12 - 13             | 288,29      | 0,28829                  | 0,46829                      |                                   |                                 |                  |
| 13 - 14             | 276,7       | 0,2767                   | 0,4567                       |                                   |                                 |                  |
| 14 - 15             | 264,72      | 0,26472                  | 0,44472                      |                                   |                                 |                  |
| 15 - 16             | 277,56      | 0,27756                  | 0,45756                      |                                   |                                 |                  |
| 16 - 17             | 277,94      | 0,27794                  | 0,45794                      |                                   |                                 |                  |
| 17 - 18             | 273,06      | 0,27306                  | 0,45306                      |                                   |                                 |                  |
| 18 - 19             | 281,49      | 0,28149                  | 0,46149                      |                                   |                                 |                  |
| 19 - 20             | 297,53      | 0,29753                  | 0,46753                      |                                   |                                 |                  |
| 20 - 21             | 307,56      | 0,30756                  | 0,48756                      |                                   |                                 |                  |
| 21 - 22             | 297,02      | 0,29702                  | 0,47702                      |                                   |                                 |                  |
| 22 - 23             | 295,77      | 0,29577                  | 0,39577                      |                                   |                                 |                  |
| 23 - 00             | 274,21      | 0,27421                  | 0,37421                      |                                   |                                 |                  |
| Energiledd dag:0,18 |             | energiledd natt          | 0,1                          |                                   |                                 |                  |
|                     |             |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| natt 2200-0600      | 0,1         |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 00 - 01             | 0,1         |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 01 - 02             | 0,1         |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 02 - 03             | 0,1         |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 03 - 04             | 0,1         |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 04 - 05             | 0,1         |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 05 - 06             | 0,1         |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 06 - 07             | 0,18        |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 07 - 08             | 0,18        |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 08 - 09             | 0,18        |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 09 - 10             | 0,18        |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 10 - 11             | 0,18        |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 11 - 12             | 0,18        |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 12 - 13             | 0,18        |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 13 - 14             | 0,18        |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 14 - 15             | 0,18        |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 15 - 16             | 0,18        |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 16 - 17             | 0,18        |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 17 - 18             | 0,18        |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 18 - 19             | 0,18        |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 19 - 20             | 0,18        |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 20 - 21             | 0,18        |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 21 - 22             | 0,18        |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 22 - 23             | 0,1         |                          |                              |                                   |                                 |                  |
| 23 - 00             | 0,1         |                          |                              |                                   |                                 |                  |



# Næringsbygg O100

| Time              | KW          | Faktisk forbruk per time | Kostnad for timen (Jan-Mars) | Effektledd | 60 NOK per KW                  | Effekt oppvarming KW | 3000 (KW) |
|-------------------|-------------|--------------------------|------------------------------|------------|--------------------------------|----------------------|-----------|
| 0 sek             | 0           | 0                        | 0                            |            |                                |                      |           |
| 1 sek             | 442,6123098 | 442,6123098              | 136,9637793                  |            |                                |                      |           |
| 2 sek             | 1185,106895 | 742,4963853              | 234,2427596                  |            |                                |                      |           |
| 3 sek             | 1782,252754 | 597,1440584              | 188,3670076                  |            |                                |                      |           |
| 4 sek             | 2530,687175 | 748,4344216              | 235,3302352                  |            |                                |                      |           |
| 5 sek             | 3238,103643 | 707,4164079              | 218,7085408                  |            |                                |                      |           |
| 6 sek             | 3876,105243 | 638,0266502              | 201,8442589                  |            |                                |                      |           |
| 7 sek             | 4935,444022 | 1059,338779              | 456,3419593                  |            |                                |                      |           |
| 8 sek             | 5724,412536 | 788,9681138              | 343,0519395                  |            |                                |                      |           |
| 9 sek             | 6510,938918 | 786,524382               | 343,8684596                  |            |                                |                      |           |
| 10 sek            | 7278,941827 | 768,0488988              | 332,4616658                  |            |                                |                      |           |
| 11 sek            | 8043,293974 | 764,332142               | 295,7768778                  |            |                                |                      |           |
| 12 sek            | 8799,195408 | 755,9014134              | 266,1528947                  |            |                                |                      |           |
| 13 sek            | 9547,538377 | 748,3429891              | 253,156943                   |            |                                |                      |           |
| 14 sek            | 10141,75896 | 594,2208007              | 194,1318637                  |            |                                |                      |           |
| 15 sek            | 10860,63241 | 738,8736598              | 232,5302025                  |            |                                |                      |           |
| 16 sek            | 11470,07527 | 764,332142               | 193,0779571                  |            |                                |                      |           |
| 17 sek            | 12206,94629 | 736,8710177              | 241,6494815                  |            |                                |                      |           |
| 18 sek            | 12484,4436  | 277,4973108              | 89,64828123                  |            |                                |                      |           |
| 19 sek            | 13041,89478 | 557,4511881              | 184,7894943                  |            |                                |                      |           |
| 20 sek            | 13593,95979 | 552,9290337              | 186,3374878                  |            |                                |                      |           |
| 21 sek            | 14143,6281  | 548,6713089              | 196,5404732                  |            |                                |                      |           |
| 22 sek            | 14743,14566 | 599,5175033              | 208,0445388                  |            |                                |                      |           |
| 23 sek            | 15321,48102 | 578,3333653              | 199,9710193                  |            |                                |                      |           |
| 24 sek            | 15905,32027 | 583,8392488              | 189,2869228                  |            |                                |                      |           |
|                   |             | 15905,32027              | 5640,864721                  |            |                                |                      |           |
|                   | Pris per Mw | Pris per kW              | Pris per kW inkl energiledd  |            |                                |                      |           |
| 00 - 01           | 259,45      | 0,25945                  | 0,30945                      |            | Høgast forbruk løpet av en dag |                      |           |
| 01 - 02           | 265,48      | 0,26548                  | 0,31548                      |            | 1050,338779 kW-t               |                      |           |
| 02 - 03           | 265,48      | 0,26548                  | 0,31548                      |            | Pris for en dag                | 5640,864721 NOK      |           |
| 03 - 04           | 264,43      | 0,26443                  | 0,31443                      |            | Pris for en måned              | 350100,9416 NOK      |           |
| 04 - 05           | 259,25      | 0,25925                  | 0,30925                      |            | Forbruk en måned               | 477159,6081 kW-t     |           |
| 05 - 06           | 295,15      | 0,29515                  | 0,34515                      |            | Forbruk en dag                 | 15905,32027 kW-t     |           |
| 06 - 07           | 380,78      | 0,38078                  | 0,43078                      |            |                                |                      |           |
| 07 - 08           | 384,81      | 0,38481                  | 0,43481                      |            |                                |                      |           |
| 08 - 09           | 387,2       | 0,3872                   | 0,4372                       |            |                                |                      |           |
| 09 - 10           | 382,89      | 0,38289                  | 0,43289                      |            |                                |                      |           |
| 10 - 11           | 338,31      | 0,33831                  | 0,38831                      |            |                                |                      |           |
| 11 - 12           | 302,1       | 0,3021                   | 0,3521                       |            |                                |                      |           |
| 12 - 13           | 288,29      | 0,28829                  | 0,33829                      |            |                                |                      |           |
| 13 - 14           | 276,7       | 0,2767                   | 0,3267                       |            |                                |                      |           |
| 14 - 15           | 264,72      | 0,26472                  | 0,31472                      |            |                                |                      |           |
| 15 - 16           | 277,56      | 0,27756                  | 0,32756                      |            |                                |                      |           |
| 16 - 17           | 277,94      | 0,27794                  | 0,32794                      |            |                                |                      |           |
| 17 - 18           | 273,06      | 0,27306                  | 0,32306                      |            |                                |                      |           |
| 18 - 19           | 281,49      | 0,28149                  | 0,33149                      |            |                                |                      |           |
| 19 - 20           | 297,53      | 0,29753                  | 0,33753                      |            |                                |                      |           |
| 20 - 21           | 307,56      | 0,30756                  | 0,35756                      |            |                                |                      |           |
| 21 - 22           | 297,02      | 0,29702                  | 0,34702                      |            |                                |                      |           |
| 22 - 23           | 295,77      | 0,29577                  | 0,34577                      |            |                                |                      |           |
| 23 - 00           | 274,21      | 0,27421                  | 0,32421                      |            |                                |                      |           |
| Energiledd sommar |             | energiledd vinter        |                              |            |                                |                      |           |
| natt 2200-0600    |             |                          |                              |            |                                |                      |           |
| 00 - 01           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 01 - 02           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 02 - 03           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 03 - 04           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 04 - 05           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 05 - 06           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 06 - 07           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 07 - 08           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 08 - 09           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 09 - 10           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 10 - 11           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 11 - 12           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 12 - 13           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 13 - 14           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 14 - 15           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 15 - 16           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 16 - 17           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 17 - 18           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 18 - 19           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 19 - 20           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 20 - 21           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 21 - 22           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 22 - 23           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |
| 23 - 00           |             | 0,05                     |                              |            |                                |                      |           |

