

Linn Gundersen  
Yvonne Kojen

## **Energi-og kostnadsanalyse ved oppgradering av borettslag**

Energy and cost analysis when upgrading apartment buildings

Rapporten er ÅPEN

Bacheloroppgave i Bachelor ingeniørfag bygg  
Veileder: Laurina C. Felius, Runar Skippervik og Erland Olsen  
Mai 2019



Linn Gundersen  
Yvonne Kojen

## **Energi-og kostnadsanalyse ved oppgradering av borettslag**

Energy and cost analysis when upgrading apartment buildings

Rapporten er ÅPEN

Bacheloroppgave i Bachelor ingeniørfag bygg  
Veileder: Laurina C. Felius, Runar Skippervik og Erland Olsen  
Mai 2019

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for bygg- og miljøteknikk



## **Prosjektbeskrivelse**

Gruppen skal gjennom analyser av prosjekt som utføres av boligbyggelaget TOBB studere utbedringstiltak ved oppgraderinger med fokus på kostnader, og undersøke dets sammenheng med energibruk. Grunnlaget for denne oppgaven er tre oppgraderingsprosjekter, borettslagene Brundalen, Flatåsaunet og Nardo Søndre. Det er utført diverse tiltak som blant annet utbedring av ventilasjon og etterisolering. Gruppen ønsker å se nærmere på et utvalg tiltak og analysere disse med fokus på kostnader og energibesparelse. Resultatene fra analysen kan benyttes til videre diskusjon av hvilke løsninger som er optimale og hvordan dette kan videreformidles til beboerne i borettslagene.

Resultatmålet for dette prosjektet er en rapport som skal omhandle energibruk og kostnader ved oppgradering av borettslag. Det er ønskelig at denne rapporten er av så god kvalitet at høyeste mulig karakter i faget oppnås. En viktig faktor ved denne oppgaven er også at oppdragsgiver, TOBB, blir fornøyd med sluttproduktet.

### **Stikkord for prosjektet:**

- Borettslag
- Oppgradering
- Energisimuleringer
- Strømbesparelse
- Kostnadsanalyse
- Tiltaksanalyse



## Forord

Denne bacheloroppgaven er utarbeidet som en del av emnet «*TBYG3016 Bacheloroppgave Bygg*». Rapporten er resultatet av det avsluttende arbeidet på byggingeniørutdanningen, ved Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet i Trondheim. Oppgaven vil utgjøre hele vurderingsgrunnlaget for bacheloremnet som gir 20 studiepoeng.

Hensikten med denne rapporten er å se nærmere på energibruk og kostnader ved oppgradering av borettslag. Gruppen skal analysere virkningen av tiltak og diskutere hvordan prosjektkostnaden kan påvirke den totale lønnsomheten til prosjektene. Prosjektoppgaven er skrevet i samarbeid med boligbyggelaget TOBB.

Gruppen vil takke boligbyggelaget TOBB, ved Runar Skippervik og Erland Olsen, for god veiledning og oppfølging i hele prosjektperioden. Fra NTNU ønsker gruppen å takke intern veileder, Laurina C. Felius, som har kommet med gode råd og innspill. Til slutt skal alle andre bidragsytere og prosjektansvarlige takkes for hjelp til oppgaven.

Trondheim, den 16.05.2019

*Linn Gundersen*

---

Linn Gundersen

*Yvonne Kojen*

---

Yvonne Kojen





## Sammendrag

Som Midt-Norges største boligbyggelag ønsker TOBB å kartlegge virkningene av tre oppgraderte borettslag de forvalter. Det er viktig å analysere temaet fordi mange eldre boliger har behov for vedlikehold og oppgradering. Beboerne i borettslagene har siste ord når det kommer til beslutning om oppgradering, og dokumentasjon på virkningene av oppgraderinger er derfor viktig å kunne legge frem.

De tre ulike borettslagene som er benyttet til analyser i denne oppgaven er Brundalen, Flatåsaunet og Nardo Søndre. Disse borettslagene har tidligere blitt analysert med fokus på energibruk og inn klima. Denne oppgaven skal derfor se nærmere på energibruk og kostnader, som gir en annen innfallsvinkel på oppgraderinger. Borettslagene utfører forskjellige oppgraderingstiltak, som gjør det mulig å se nærmere på individuelle tiltak og effekten av dem.

Ved alle borettslagene oppgraderes deler av bygningskroppen, men noen i større grad enn andre. Det er derfor lagt vekt på analyser som viser virkningen av utvalgte tiltak. Oppgaven har opprettet tilfeller, som representerer en oppdeling av valgte tiltak. Energianalysene viser endringene i levert energi, og resultatene tilsier at full oppgradering gir størst energibesparelse. Derimot er det noen tiltak som ikke gir like store besparelser som ventet, noe som ligger til grunn ved flere diskusjoner i denne rapporten.

En rekke kostnadsanalyser presenteres i oppgaven, blant annet forventet prosentvis besparelse av strømkostnad og tilbakebetalingstid. Forventet prosentvis besparelse av strømkostnad er en sammenligning der den årlige strømkostnadsbesparelsen settes mot strømkostnaden for bygget før oppgradering. Resultatene fra denne analysen viser at alle borettslagene vil ha størst besparelse ved full oppgradering, med Nardo Søndre som oppnår den høyeste besparelsen. Tilbakebetalingsmetoden viser at Brundalen og Nardo Søndre borettslag vil være lønnsomme investeringer ved full oppgradering, mens Flatåsaunet borettslag vil være en ulønnsom investering.

Analysene presentert i denne rapporten vil være et bidrag til vurdering av fremtidige oppgraderingsprosjekter. Det er vanskelig å fastslå om en løsning er bedre enn en annen, da oppgraderingsprosjekter er komplekse og individuelle. For hvert prosjekt er det nødvendig å vurdere kostnader og energibruk mot andre relevante faktorer, og dermed finne ut hvilken løsning som egner seg best.



## Summary

TOBB, central Norway's largest co-operative housing association, wanted to map out the effects of upgrading apartment buildings. It is important to analyse this topic because there are many older homes that need maintenance and upgrading. The residents of the housing cooperatives have the final say when it comes to deciding whether to execute the upgrading or not. Therefore, it is important to have documentation of the effects of upgrades when trying to convince the residents.

The three different apartment buildings that have been used for analyses in this assignment are Brundalen, Flatåsaunet and Nardo Søndre. These buildings have previously been analysed with a focus on energy use and indoor climate. That is why this project will focus on energy consumption and costs, which gives a different view on upgrades. The apartment buildings carry out various upgrading measures, which make it possible to look more closely at individual measures and their effects.

All the apartment buildings have upgraded parts of the building structure, but some to a greater extent than others. Emphasis has therefore been placed on analysis that show the effect of selected measures. This assignment has created cases, which represent different measures. The energy analysis shows the changes in delivered energy, and the results indicate that full upgrading gives the greatest energy savings. There are some measures that provide lesser savings than expected, which is the basis for several discussions in this project report.

A number of cost analyses are presented in this thesis, including the saving of electricity costs in percentage and payback time. The analysis on electricity costs is a comparison where the annual cost saving is compared to annual electricity cost before upgrading the building. The results of this analysis show that all apartment buildings will have the greatest savings with full upgrading, with Nardo Søndre achieving the highest savings. The payback method shows that Brundalen and Nardo Søndre housing cooperatives will be profitable investments when fully upgraded, while Flatåsaunet housing cooperatives will be an unprofitable investment.

The analyses presented in this project report will be a contribution to the assessment of future upgrading projects. It is difficult to conclude whether one solution is better than another, as upgrading projects are complex and individual. For each project it is necessary to evaluate costs and energy consumption with other relevant factors, and thus find out which solution is best suited.



# Innholdsfortegnelse

Forord .....	i
Sammendrag .....	iii
Summary .....	v
Innholdsfortegnelse .....	vii
Figurliste.....	xi
Tabelliste .....	xii
Begrepsliste .....	xiii
1. Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
1.2 Formål.....	2
1.3 Omfang og avgrensninger .....	2
1.4 Oppgavens videre oppbygging .....	3
1.5 Orientering.....	3
1.5.1 Brundalen Borettslag.....	4
1.5.2 Flatåsaunet Borettslag .....	5
1.5.3 Borettslaget Nardo Søndre .....	6
2. Teori .....	7
2.1 Boligbyggelag.....	7
2.2 Borettslag.....	8
2.2.1 Leilighet i borettslag.....	8
2.2.2 Beslutningsprosess .....	9
2.3 Energibruk i husholdninger .....	12
2.3.1 Historiske strømpriser .....	12
2.4 U-verdi.....	14
2.5 Lekkasetall.....	15
2.6 Oppgradering .....	16
2.7 Etterisolering .....	16

2.7.1	Etterisolering av tak .....	16
2.7.2	Etterisolering av yttervegger .....	18
2.7.3	Etterisolering av grunnmur.....	21
2.8	Nye vinduer og dører .....	22
2.8.1	Montering .....	22
2.9	Inneklima .....	24
2.9.1	Luftfuktighet.....	24
2.9.2	Lufttemperatur.....	25
2.9.3	CO <sub>2</sub> -nivå.....	25
2.10	Ventilasjon.....	26
2.10.1	Naturlig ventilasjon .....	26
2.10.2	Mekanisk avtrekksventilasjon .....	26
2.10.3	Balansert ventilasjon .....	27
2.11	Investeringskalkyle.....	28
2.11.1	Usikkerhet .....	29
2.11.2	Metoder .....	29
3.	Superisolasjon .....	32
3.1	Superisolasjonsmaterialer.....	32
3.1.1	Lukket celledum .....	32
3.1.2	Vakuumisolasjon.....	32
3.1.3	Gassfylte panel .....	33
3.1.4	Aerogel.....	33
3.1.5	Fasadeendringsmaterialer (PCM).....	33
3.2	Analyse: Tradisjonelle isolasjonsmaterialer mot superisolasjon.....	33
3.2.1	Termiske egenskaper.....	34
3.2.2	Brannreaksjon.....	34
3.2.3	Miljøpåvirkning.....	34
3.3	Superisolasjon som tiltak ved oppgradering.....	35

4.	Metode.....	36
4.1	Grunnlag.....	37
4.1.1	Simuleringer.....	37
4.1.2	U-verdiberegninger.....	38
4.1.3	Kontraktsgrunnlag.....	39
4.1.4	Inneklimamålinger.....	39
4.2	Bearbeiding av tall.....	42
4.2.1	Microsoft Office Excel.....	42
4.2.2	Matlab.....	42
4.3	Reduksjon av lekkasjetall.....	43
4.4	Inndata i Simien.....	44
4.5	Tilbakebetalingsmetoden.....	45
5.	Resultater.....	46
5.1	Investeringskostnader.....	46
5.1.1	Total investering.....	47
5.2	Reduksjon i lekkasjetall.....	48
5.3	Levert energi.....	49
5.4	Sammenligning av tiltak.....	50
5.4.1	Forventet prosentvis besparelse av investering.....	50
5.4.2	Forventet prosentvis besparelse av strømkostnad.....	52
5.5	Tilbakebetalingstid.....	54
5.5.1	Brundalen.....	54
5.5.2	Flatåsaunet.....	54
5.5.3	Nardo Søndre.....	55
6.	Drøfting.....	56
6.1	Metode.....	56
6.1.1	Oppdeling i tilfeller.....	56
6.1.2	Reduksjon av lekkasjetall.....	57

6.1.3	Simien.....	57
6.1.4	Tilbakebetalingsmetoden .....	58
6.2	Problemstilling.....	59
6.3	Energibehov .....	60
6.3.1	Valg av ventilasjon.....	60
6.3.2	Bytte av vinduer .....	61
6.3.3	Valg av tiltak .....	62
6.4	Kostnader.....	64
6.4.1	Fordeling av kostnader .....	64
6.4.2	Total investering.....	64
6.4.3	Valg av strømpris .....	65
6.4.4	Forventet prosentvis besparelse av investering.....	65
6.4.5	Forventet prosentvis besparelse av strømkostnad .....	66
6.4.6	Tilbakebetalingstid .....	67
6.4.7	Sammenligning av kostnadsanalysene .....	69
6.5	Inneklima .....	70
6.5.1	Brundalen borettslag .....	70
6.5.2	Flatåsaunet borettslag.....	70
6.5.3	Nardo Søndre borettslag.....	71
6.6	Videreformidling .....	72
6.7	Kildekritikk.....	73
6.8	Samfunnsnytte .....	74
6.9	Videre arbeid .....	75
7.	Konklusjon .....	76
8.	Referanseliste .....	77
9.	Vedlegg .....	80



## Figurliste

Figur 1: Brundalen borettslag før oppgradering (6) og Brundalen borettslag etter oppgradering (Foto: Yvonne Kojen). .....	4
Figur 2: Flatåsaunet borettslag før oppgradering (7) og Flatåsaunet borettslag etter oppgradering (Foto: Linn Gundersen). .....	5
Figur 3: Nardo Søndre borettslag før oppgradering og Nardo Søndre etter oppgradering (8)...	6
Figur 4: Tidslinje som viser milepæler i beslutningsprosessen for oppgradering i boligselskaper (19). .....	9
Figur 5: Historiske strømpriser i Norge. ....	13
Figur 6: Prinsippskisse av oppbygging av oppfôret tretak (37). ....	17
Figur 7: Oppbygging av takkonstruksjonen på Flatåsaunet borettslag (Figur: Linn Gundersen, tegnet etter grunnlag gitt fra oppdragsgiver). .....	18
Figur 8: Prinsippskisse for etterisolering med kontinuerlig isolasjon (34). ....	19
Figur 9: Prinsippskisse av utvendig etterisolering (35). .....	20
Figur 10: Alternativene for vindusinnsetting i bindingsverk. I: sporet i bunnkarmen er plassert jevnt med vindspærren. II: vinduet plasseres lenger inn i isolasjonssjiktet (44). ....	23
Figur 11: To alternativ for innsetting. I: Vinduet plassert jevnt med isolasjonssjiktet i veggen. II: Vindu med plassering lenger inn i veggen (45). .....	23
Figur 12: Oppbyggingen av Lunos e2 standard (57) og Flexit UNI 2 ventilasjonsaggregat (56). .....	28
Figur 13: Eksempel på oppsett i Simien. ....	38
Figur 14: Eksempelkode i Matlab. ....	42
Figur 15: Strømningskarakteristika for forskjellige typer vindu (64). ....	43
Figur 16: Sammenstilling av spesifikk levert energi for hvert borettslag. ....	49
Figur 17: Prosentvis besparelse av investering inkludert renter. ....	51
Figur 18: Prosentvis besparelse av strømkostnad. ....	53

## Tabelliste

Tabell 1: Minimumskrav til u-verdi (25-27). .....	14
Tabell 2: Typiske u-verdier for konstruksjoner basert på byggeår (28). .....	14
Tabell 3: Lekkasjetall etter byggeforskrift (25-27, 31). .....	15
Tabell 4: Anbefalte temperaturer etter ulike rom (49) .....	25
Tabell 5: Oversikt over hvilke tiltak som gjelder for tilfellene. ....	36
Tabell 6: Inneklimamålinger for Brundalen borettslag (3). .....	39
Tabell 7: Inneklimamålinger for Flatåsaunet borettslag (3). .....	40
Tabell 8: Inneklimamålinger for Nardo Søndre borettslag (3). .....	41
Tabell 9: Inndata Simien, u-verdier, lekkasjetall og ventilasjonssystem, Brundalen. ....	44
Tabell 10: Inndata Simien, u-verdier, lekkasjetall og ventilasjonssystem, Flatåsaunet. ....	44
Tabell 11: Inndata Simien, u-verdier, lekkasjetall og ventilasjonssystem, Nardo Søndre. ....	44
Tabell 12: Teknisk levetid for bygningsdeler. ....	45
Tabell 13: Oppgraderingskostnader per blokk [NOK]. .....	46
Tabell 14: Oppgraderingskostnader fordelt på tilfeller [NOK]. .....	47
Tabell 15: Investeringskostnader inkludert renter [NOK]. .....	47
Tabell 16: Reduksjon i lekkasjetall. ....	48
Tabell 17: Netto levert energi [kWh] og netto spesifikk levert energi [kWh/m <sup>2</sup> ]. .....	49
Tabell 18: Prosentvis reduksjon fra tilfelle 1. ....	49
Tabell 19: Forventet prosentvis besparelse av investeringen for Brundalen borettslag. ....	50
Tabell 20: Forventet prosentvis besparelse av investeringen for Flatåsaunet borettslag. ....	50
Tabell 21: Forventet prosentvis besparelse av investeringen for Nardo Søndre borettslag. ....	51
Tabell 22: Forventet prosentvis besparelse av strømkostnad for Brundalen borettslag. ....	52
Tabell 23: Forventet prosentvis besparelse av strømkostnad for Flatåsaunet borettslag. ....	52
Tabell 24: Forventet prosentvis besparelse av strømkostnad for Nardo Søndre borettslag. ....	52
Tabell 25: Tilbakebetalingstid for Brundalen. ....	54
Tabell 26: Tilbakebetalingstid for Flatåsaunet. ....	54
Tabell 27: Tilbakebetalingstid for Nardo Søndre. ....	55

## Begrepsliste

Begrep	Forklaring
Generalforsamling	Borettslagets høyeste organ. Et møte mellom andelseierne der saker drøftes og avgjørelser blir tatt.
Forhåndskonferanse	Et møte der tiltakshaver gjør rede for rammer og innhold i det planlagte prosjektet i samråd med kommune og andre berørte parter. Dette møtet holdes før innsendelse av søknad.
Forprosjekt	Mindre prosjekt som utføres før et større prosjekt. Dette prosjektet brukes til beslutning om hovedprosjektet skal gjennomføres. Forprosjektet vurderer faktorer som gjennomførbarhet og lønnsomhet.
Rammetillatelse	Del av en to-trinnsøknad. Angir de ytre rammene for byggeprosjektet, med grunnlag i forprosjekt.
Detaljprosjekt	Et prosjekt med grunnlag i forprosjektet som inneholder detaljerte prosjektdokumenter, eksempelvis funksjonsbeskrivelse og fremdriftsplan.
Konkurransesgrunnlag	Brukes som grunnlag når tilbydere skal konkurrere om å få ansvaret for utførelsen, og/eller prosjekteringen av hele eller deler av prosjektet.
Igangsettelsestillatelse	Siste del av en to-trinnsøknad. Tillatelse for oppstart av byggeprosjekt, med grunnlag i innsendt detaljprosjekt.
Middelstråletemperatur	Er den middeltemperaturen målt på alle overflatene i det utvalgte rommet, sett fra betraktningpunktet.
Termisk diffusivitet	Et mål på hvor hurtig et temperatursjokk forplanter seg i en gass ved varmeledning.
Toksisitet	Giftige egenskaper til kjemiske stoffer som bestemmes under enkelte forutsetninger.
Kuldebro	Et felt i en konstruksjon der isolasjonsevnen er lavere enn i resten av konstruksjonen.
U-verdi	Varmegjennomgangskoeffisient, den varmeisolerende evnen til en bygningsdel.
Måleenhet: ppm	Parts per million (deler per million)
Utrangeringsverdi	Verdien et investeringsobjekt har når objektet skal selges videre på grunn av eksempelvis slitasje.
Termisk ledningsevne	En overføring av varme gjennom et stoff der temperaturen er ulik i forskjellige deler av stoffet.



# Innledning

## 1.1 Bakgrunn

TOBB er et boligbyggelag som ble opprettet i 1945, med et ønske om å gjenoppbygge Trondheim etter krigen (1). Per 2019 har selskapet nærmere 63 000 medlemmer og er dermed Midt-Norges største boligbyggelag (2). Det er derfor interessant for TOBB å se nærmere på oppgraderingsprosjektene de har utført og analysere virkningen de har for beboerne. En bacheloroppgave vil kunne hjelpe til med dette, samtidig som TOBB får mulighet til å ivareta to av sine interesser. De ønsker å støtte opp under utdanning og ta del i forskning og utvikling.

Denne oppgaven bygger videre på en tidligere oppgave utført for TOBB med fokus på energibruk og inneklima. Oppgaven analyserte blant annet inneklimatesting og benyttet seg av beboerundersøkelser for å se på virkningen av oppgraderingene i utvalgte prosjekter. De samme prosjektene er grunnlaget i denne oppgaven, men fokuset vil ligge på kostnadsanalyser. Energisimuleringene fra det tidligere arbeidet brukes som grunnlag, og bygges videre på i denne oppgaven.

Det er store kostnader knyttet til rehabilitering og oppgradering av borettslag. Alle bygninger vil ha behov for rehabilitering i løpet av sin levetid, mens oppgradering av bygget er et valg som gjøres for å tilføre økte egenskaper. Derfor er det sett nærmere på hvordan ulike oppgraderingstiltak vil påvirke borettslagene energi- og kostnadsmessig. Kostnadsanalyser og energisimuleringer kan derfor være viktige hjelpemidler for TOBB ved presentasjon av mulige oppgraderingstiltak til beboerne.

## 1.2 Formål

Formålet med denne oppgaven er å analysere hvilke virkninger oppgraderinger av borettslag har på energibruk og kostnader. Derfor har gruppen utformet følgende problemdefinering, som legger grunnlaget for videre arbeid med denne rapporten:

*Gruppen skal gjennom analyser av prosjekt som utføres av boligbyggelaget TOBB studere utbedringstiltak ved oppgradering med fokus på kostnader, og undersøke dets sammenheng med energibruk.*

## 1.3 Omfang og avgrensninger

Emnet «TBYG3016 Bacheloroppgave Bygg» har et omfang på 20 studiepoeng som skal fullføres vårsemesteret 2019. I tidsbruk tilsvarer dette omtrent 500 arbeidstimer per student, som resulterer i en utarbeidet bachelorrappport. Valgt oppgave vil ta for seg oppgraderinger og se på hvilke virkninger de har for kostnader i korte og lange perspektiv. Under dette vil oppgaven også ta for seg energibruken, hvordan den påvirkes av oppgraderingene, og videre hvordan den påvirker kostnadene.

For å avgrense denne oppgaven er det valgt å se nærmere på tre forskjellige oppgraderingsprosjekter. Disse prosjektene har både likheter og ulikheter som gjør det mulig å sammenligne og analysere dem. Prosjektene ble valgt på grunnlag av en tidligere bacheloroppgave som oppdragsgiver ønsket at det skulle arbeides videre med. De tre prosjektene er Brundalen, Flatåsaunet og Nardo Søndre, som alle befinner seg i Trondheim kommune.

Det ble viktig for gruppen å avgrense oppgaven slik at fokuset ble på kostnader og ikke inneklimate. Dette for å skape et tydelig skille mellom denne oppgaven og den tidligere bacheloroppgaven som hadde inneklimate som fokus. Gruppen har derfor valgt å presentere temaet inneklimate og diskutere hvordan oppgraderingene vil kunne påvirke det, men det vil ikke være en sentral del av oppgaven.

Det er også tatt utgangspunkt i de oppgraderingstiltakene som faktisk er og blir utført på de ulike prosjektene. Derfor er det ikke valgt å se nærmere på alternative tiltak som eksempelvis vinduer med andre u-verdier, installering av sentralisert balansert ventilasjon på alle borettslagene og vurdering av optimal etterisoleringmengde. Denne avgjørelsen ble tatt på grunnlag av mangel på tid og ressurser.

## 1.4 Oppgavens videre oppbygging

Denne oppgaven har en tradisjonell rapportstruktur der det først presenteres teori som er lagt til grunn for arbeidet. Deretter vil metodene studentene har benyttet for å produsere resultatene bli beskrevet. Resultatene av analysene kommer frem i eget kapittel, og diskusjon og konklusjon vil komme til slutt i oppgaven.

## 1.5 Orientering

Denne bacheloroppgaven omfatter oppgradering av tre borettslag og sammenhengen de ulike tiltakene har med kostnadene. Bakgrunnen for oppgraderingene er tilstandsrapporter, anbefalinger fra Tobb og ønsker fra beboerne.

Gruppen deltok i begynnelsen av prosjektperioden på befaringer hos de valgte borettslagene. På disse befaringene deltok ekstern veileder og på Flatåsaunet var i tillegg en representant for ansvarlig utførende for ventilasjon tilstede. Dette gjorde at gruppen fikk oppleve hvordan oppgraderingen foregikk, se hvordan arbeidet utføres og fikk informasjon til videre arbeid med rapporten.

Det var nødvendig med en del vedlikehold av byggene, i tillegg til at det ble valgt å utføre oppgraderingstiltak. Det er i denne oppgaven valgt å se nærmere på oppgraderingstiltakene og ikke vedlikeholdet. Dette ble gjort etter anbefaling fra oppdragsgiver og fordi det er disse tiltakene som vil føre til bedre bygningsegenskaper.

Informasjon om borettslagene er hovedsakelig hentet fra rapporten «*Effekten av totalrehabilitering: Et studie om energibruk og inneklima*» (3) og tegninger mottatt fra oppdragsgiver. Det er også felles for alle borettslagene at de er lokalisert under den marine grense, som gir grunnlag for å anta at grunnen består av silt og leire (4).

### 1.5.1 Brundalen Borettslag

Brundalen Borettslag består av 552 boenheter fordelt på 54 blokker, derav 32 med 3 etasjer, og 22 med 4 etasjer. Denne oppgaven tar for seg blokken i Aunegrenda 9, en blokk i 3 etasjer med 9 boenheter. Borettslaget ble bygget i 1964 i henhold til byggeforskrift 1949. Hovedkilde for oppvarming er elektrisitet, med biobrensel som tilleggskilde. Bæresystemet i blokkene er av betong, og de ikke-bærende ytterveggene består av bindingsverk i tre.

Før oppgradering var betongveggene isolert med 100mm murplate, og øvrige yttervegger hadde 100mm isolasjon. Fasaden besto av teglkledning, og taket er et oppforet tretak på dekke av betong. På 90-tallet ble alle vinduene byttet og nye balkonger ble bygget, men det er ikke utført andre oppgraderinger siden byggeåret.

Ved oppgradering ble teglkledningen og gammel isolasjon revet. Betongveggene ble isolert med 200mm Rockwool isolasjon. Bindingsverket fikk ny isolasjon, samt at det ble krysslektet og isolert med 2x50mm. Deretter ble ny teglfasade montert, med noen felt med fasadeplater, se Figur 1. Balkongene ble ikke oppgradert, men veggene ble tilpasset i overgangen mellom vegg og balkong. I tillegg ble naturlig ventilasjon beholdt, men noen av beboerne valgte å installere balansert ventilasjon på eget initiativ (5). Vinduene og dørene ble byttet til nye med u-verdi 0,8 og vinduene har en innsetting der de plasseres jevnt med isolasjonssjiktet i veggen. Grunnmuren ble etterisolert utvendig med 100mm langs hele grunnmurens høyde, og drenering ble oppgradert. På taket ble det blåst inn cirka 150mm isolasjon i den eksisterende takkonstruksjonen. Dette er varierende på grunn av takets fall.



Figur 1: Brundalen borettslag før oppgradering (6) og Brundalen borettslag etter oppgradering (Foto: Yvonne Kojen).



### 1.5.2 Flatåsaunet Borettslag

Flatåsaunet borettslag består av 164 boenheter fordelt på 4 blokker med 4 etasjer. Denne oppgaven tar for seg Romolslia 23, som består av 46 boenheter. Borettslaget ble bygget i 1972 etter byggeforskrift 1969. Oppvarmingskilden i borettslaget er elektrisitet. Bæresystemet består av betong, og resterende yttervegger består av bindingsverk i tre.

Før oppgradering var veggene isolert med 100mm isolasjon, og taket var isolert med 100mm isolasjon. Fasadene før oppgradering var kledd med fasadeplater i lyse farger, med kontraster over inngangspartiene. Dette preget ble videreført ved oppgradering, se Figur 2. I 1995 ble vinduer byttet og det ble etterisolert med 50mm.

Ved oppgradering av borettslaget ble balkongene bygget inn i stuen, og nye balkonger etablert med et utvendig selvstendig bæresystem som tillater et kontinuerlig isolasjonssjikt på utsiden av vegg. Dette førte til at stuearealet økte med 9,1 m<sup>2</sup>. De nye ytterveggene ble isolert med 150+100mm isolasjon. På de eksisterende ytterveggene ble kledning revet, og det ble etterisolert med 100mm. Nye fasadeplater av typen Fundermax ble montert. Taket ble etterisolert med 200mm, og nye vinduer og dører med u-verdi 0,8 ble montert. Vinduene ble montert med innsetting der sporet i bunnkarmen av vinduet er plassert jevnt med vindspærren. Grunnmuren ble utvendig etterisolert med 50mm over terreng. I tillegg ble det montert sentralisert balansert ventilasjon i alle leilighetene, med varmegjenvinningsgrad 80%.



Figur 2: Flatåsaunet borettslag før oppgradering (7) og Flatåsaunet borettslag etter oppgradering (Foto: Linn Gundersen).

### 1.5.3 Borettslaget Nardo Søndre

Nardo Søndre består av 224 boenheter fordelt på 8 blokker med 4 etasjer. Denne oppgaven tar for seg blokken i Tors veg 9, som består av 32 boenheter. Borettslaget ble bygget i 1963 i henhold til byggeforskrift 1949. Hovedkilden til oppvarming er elektrisitet, med biobrensel som tilleggskilde. Bæresystemet består av betong, og øvrige yttervegger er av bindingsverk i tre.

Før oppgradering var ytterveggene isolert med 100mm og taket var isolert med 100mm. I 1986 ble ytterveggene etterisolert med 50mm og taket ble etterisolert med 100mm. Vinduene ble også byttet i denne perioden.

Under oppgradering ble balkonger og fasadekledning revet, og gamle vinduer og dører ble byttet til nye med u-verdi 0,8. Ved innsetting ble vinduene plassert lenger inn i isolasjonssjiktet. Ytterveggene ble etterisolert med 100mm og det ble montert ny fasadekledning av typen Swizzpearl, se Figur 3. Taket ble ikke etterisolert, mens grunnmuren ble utvendig etterisolert med 100mm langs hele grunnmurens høyde. Videre ble det montert nye balkonger med utvendig selvstendig bæresystem i massivtre. I tillegg ble det montert desentralisert balansert ventilasjon med varmegjenvinningsgrad 90,6%.



*Figur 3: Nardo Søndre borettslag før oppgradering og Nardo Søndre etter oppgradering (8).*

## **2. Teori**

I dette kapitlet vil relevant teori, lover og retningslinjer det er blitt tatt hensyn til presenteres. Teorien brukes som grunnlag for videre analyser og diskusjon. Store deler av den byggetekniske teorien er hentet fra Sintef Byggforsk. Lovene og retningslinjene brukes for å sette verdier i simuleringene.

### **2.1 Boligbyggelag**

Boligbyggelag i Norge har opprinnelse fra midten av 1800-tallet da det var dårlige forhold og bolignød i datidens Christiania. Først i slutten av 1920-årene ble det formulert en organisering som ligner på den boligbyggelagene bruker i dag. Selskapet Bygningsarbeidernes Boligproduksjon mente at produksjonen burde bli atskilt fra eierforholdet til boligene, og at boligselskapene skulle forvalte de oppførte byggene (9). Etter andre verdenskrig ble det behov for å gjenoppbygge landet. Rundt 20.000 bolighus ble ødelagt som følge av krigen. Boligbyggelagene sto for store deler av gjenoppbyggingen, og flere nye boligbyggelag ble stiftet over hele landet (10).

Et boligbyggelag defineres i dag som et samvirkeforetak som har til hovedoppgave å opprette borettslag og oppføre boligblokker for andelseierne. Boligbyggelaget er også ansvarlig for forvaltning av boligene på vegne av andelseierne (11). Statistikk fra 2018 viser at over 610 000 boliger i Norge er i boligblokker (12). I 2017 var 42 boligbyggelag tilsluttet Norske Boligbyggelags Landsforbund, og boligbyggelagene forvalter om lag 490 000 boliger (13). Dette viser at interessen for boliger utviklet og forvaltet av boligbyggelag fortsatt er stor.

## **2.2 Borettslag**

Borettslag er et samvirkeforetak som har til formål å gi andelseierne bruksrett til egen bolig i foretakets eiendom. Andelene i borettslaget skal være like store, og hver andelseier kan bare eie én andel i borettslaget. Medlemmer i boligbyggelag har forkjøpsrett til borettslagsleiligheter som skal selges, bortsett fra ved særskilte forhold som er beskrevet i borettslagsloven (14). Eierformen kjennetegnes ved at de fleste utgiftene betales felles av borettslaget. Utgiftene dekker oftest vedlikehold, vaktmestertjenester, lekeplasser, betaling av kommunale avgifter, og andre lignende tjenester (15).

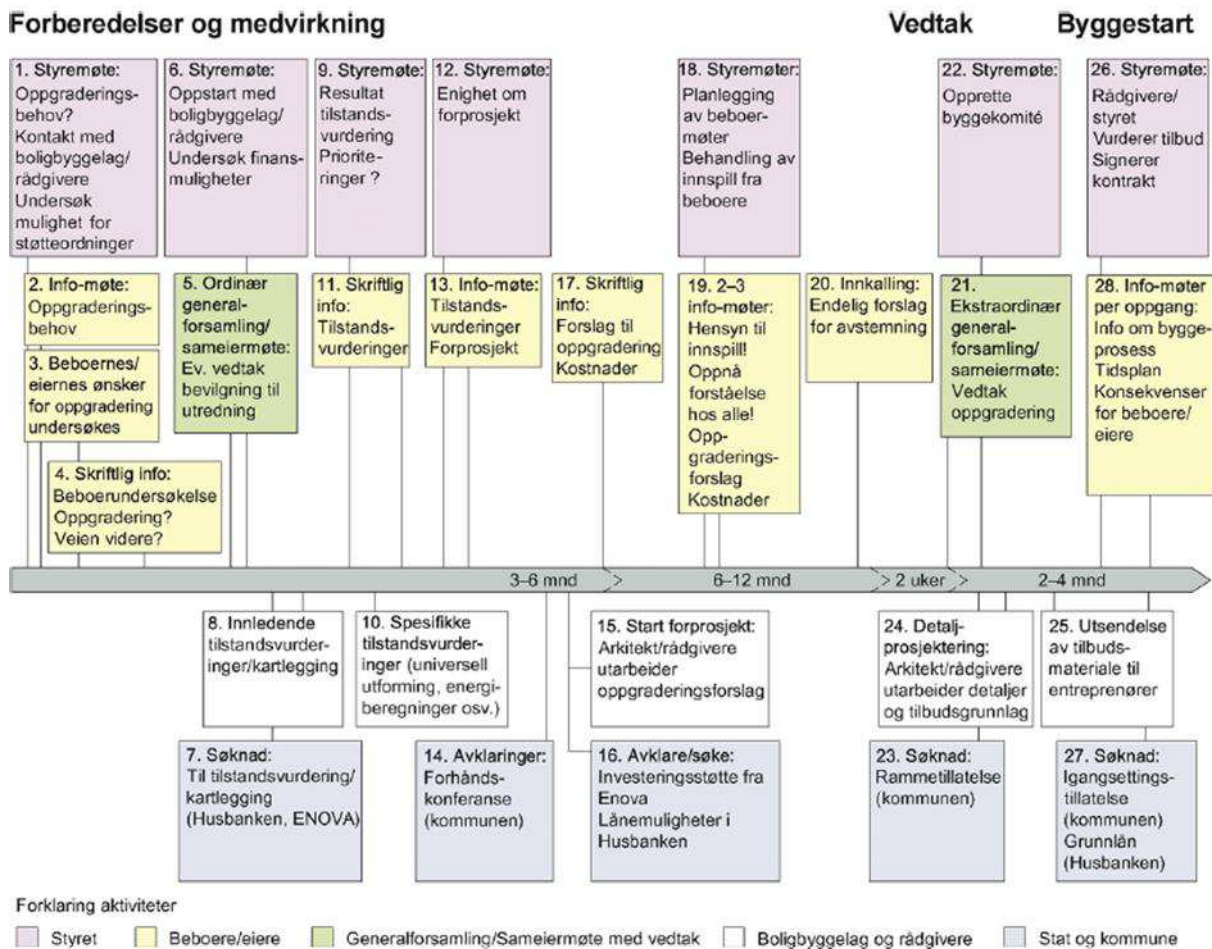
Borettslaget skal holde generalforsamling hvert år hvor årsregnskap, årsmelding og andre foreslåtte saker tas opp. På generalforsamlingen har alle andelseiere rett til å møte og uttale seg om de aktuelle sakene. Her skal det velges en eller flere revisorer i tillegg til et styre med minimum tre medlemmer. Styrets oppgaver er å lede virksomheten etter norske lover og vedtak vedtatt i generalforsamlingen. Dersom styret eller revisor finner det nødvendig skal det holdes en ekstraordinær generalforsamling. Dette gjelder også dersom minst to andelseiere med minimum én tiendedel av andelseiernes stemmer finner det nødvendig. Styret trenger samtykke fra generalforsamlingen ved blant annet utførelse av rehabilitering, oppgradering og utbygging. I slike tilfeller trenger styret et flertall på to tredjedeler (14).

### **2.2.1 Leilighet i borettslag**

Når det skal kjøpes leilighet i et borettslag må det betales et innskudd, i tillegg til boligens andel av fellesgjelden. Nedbetalingen av fellesgjelden er en del av felleskostnadene som må betales månedlig (16). Statistikk fra 2019 viser at fellesgjelden gjennomsnittlig utgjør 13,2% av totalkostnaden for boligen. Denne statistikken viser også at gjennomsnittlig kvadratmeterpris for boliger i borettslag i Trondheim er 39 597 kr (17).

## 2.2.2 Beslutningsprosess

Som tidligere nevnt må det være flertall for en oppgradering av borettslaget. Forslaget om oppgradering kommer enten fra boligbyggelaget eller beboerne, gjerne med grunnlag i en tilstandsrapport. Det vil da bli styrets oppgave å få gjennomslag for oppgraderinger i generalforsamlingen. Denne prosessen kan være lang og arbeidsom, med mange informasjonsmøter og avstemninger. I tillegg er det svært viktig at alle beboerne får god informasjon om alt som foregår i prosessen (18). Sintef byggforsk beskriver den anbefalte prosessen i 28 trinn, men dette kapitlet vil ta for seg en overordnet gjennomgang av beslutningsprosessen. Figur 4 illustrerer trinnene Sintef byggforsk anbefaler at skal gjennomgås i en beslutningsprosess over en tidslinje (19).



Figur 4: Tidslinje som viser milepæler i beslutningsprosessen for oppgradering i boligselskaper (19).

### **2.2.2.1 Oppstart**

Ved oppstarten av beslutningsprosessen i et borettslag må styret først holde et styremøte, hvor det diskuteres om det er behov for oppgraderinger. Dersom det er enighet for et behov, må styret ta kontakt med boligbyggelaget og eventuelt andre rådgivere. Videre kan beboerundersøkelser være et nyttig hjelpemiddel for at styret skal kunne ta hensyn til alle innspill og meninger. Resultatet av denne undersøkelsen bør deles med alle andelseierne, før det igjen legges frem på generalforsamling. På generalforsamlingen må det vedtas bevilgning av midler til oppstarten av oppgraderingen. Dette inkluderer blant annet tilstandsvurderinger og et forprosjekt (19).

### **2.2.2.2 Utredelser**

Når borettslaget har vedtatt bevilgning av midler til utredning av oppgraderinger, skal styret sammen med boligbyggelaget planlegge videre fremdrift av prosessen. Boligbyggelaget gjennomfører tilstandsvurdering og innhenting av annen relevant grunnlagsdokumentasjon. Resultatene av tilstandsvurderingene må gjennomgås på et styremøte og styremedlemmene må sammen med boligbyggelaget komme frem til aktuelle oppgraderingstiltak. Videre bør denne informasjonen deles med andelseierne, slik at alle kan sette seg inn i det som vurderes (19).

Etter informasjonen er delt med andelseierne må styret ha et styremøte og komme til enighet om hvilke oppgraderingstiltak som skal foreslås som hovedfokus for beboerne. Igjen må det holdes et informasjonsmøte der andelseierne får mulighet til å komme med innspill eller kommentarer til planene. For å sikre at søknadsprosessen skal være god bør boligbyggelaget avtale forhåndskonferanse med kommunen, slik at rammene for prosjektet avklares (19).

### **2.2.2.3 Oppstart av forprosjekt**

Når rammene er avklart med kommunen og beboerne, kan prosessen med å utarbeide forprosjektet starte. Boligbyggelaget må da kontakte konsulenter for å utarbeide forslag til oppgraderingene, samt tegninger og kostnadsoverslag. Disse forslagene med tilhørende kostnader bør igjen presenteres til andelseierne, slik at alle kan komme med innspill (19). Innspillene fra andelseierne må tas opp på styremøter, hvor også videre planlegging av informasjonsmøter skal foregå. Etter hvert som andelseierne har fått nok informasjon kan styret innkalle til ekstraordinær generalforsamling, og legge frem forslagene for avstemning. Dersom det ikke blir flertall for oppgradering må saken tas opp på nytt med eventuelle endringer, helt til generalforsamlingen kommer til enighet (19).

#### **2.2.2.4 Klargjøring for byggestart**

Før oppstarten av detaljprosjekteringen bør det holdes et oppstartsmøte med andelseierne. Det vil være viktig å informere om hvor arbeidet starter, hvilket arbeid som skal foregå, og generelt informere om hvordan leilighetene påvirkes i de forskjellige periodene. Styret må opprette en byggekomite med én person som vil fungere som hovedkontakt til prosjektlederen. I tillegg bør én person i styret ha ansvar for beboerkontakt. Boligbyggelaget har ansvar for prosjekt- og byggeledelse i oppgraderingsprosjektet (19).

Forprosjektet sendes inn når det skal søkes om rammetillatelse fra kommunen. Prosjektleder fungerer ofte som ansvarlig søker i denne prosessen. Boligbyggelaget, med hjelp av engasjerte rådgivere, utarbeider konkurransegrunnlag med beskrivelser og tilhørende tegninger. Konkurransegrunnlaget baserer seg på forprosjektet, men er mer detaljert. For å få flere tilbud å vurdere, sendes konkurransegrunnlaget til flere entreprenører slik at det beste tilbudet kan velges. Når prosjektleder har mottatt tilbudene må det holdes styremøte, der styret og boligbyggelaget vurderer tilbudene. Videre er det styret som skal inngå kontrakt med entreprenørene. Som siste ledd før byggestart sendes detaljprosjektet til kommunen sammen med søknad om igangsettelsestillatelse (19).

## 2.3 Energibruk i husholdninger

I 2014 utgjorde energibruk i husholdninger 21% av sluttforbruket i Norge. Dette er en økning på 8% fra 1990, og må ses i sammenheng med økning i boareal og økonomiske forhold. I denne perioden har forbruket doblet seg og boarealet har økt med 25% per person, mens energibruken er redusert med 4% per person. Faktorer som har påvirket dette er blant annet bedre isolering av bygg, energieffektive apparater og en økning i bruk av varmekilder som varmepumper (20).

Oppvarming utgjør den største delen av energibruken i bygg, med omtrent 78% som går til romoppvarming og varmtvann. Elektrisitetsbruk står for den største delen av energibruken i husholdningene, og kommer av at det brukes elektrisitet for romoppvarming. Etter elektrisitet er det bruk av biobrensel som står for oppvarming, som vedfyring, pellets og bioolje. Dette gjør at klimagassutslipp fra husholdningene er lave (20).

Husholdningenes utgifter til energibruk vil over tid endres og har fra 1991 vært økende. Inntektene til husholdningene har også økt i samme periode, slik at konsekvensene av økte energiutgifter har vært lave. Elektrisitetsbruken i europeiske husholdninger er betraktelig lavere enn i Norge. Husholdningene har et gjennomsnittlig forbruk på mellom 2 500 og 5 000 kWh i året, mot en husholdning i Norge som har et gjennomsnittlig forbruk på rundt 16 000 kWh. I tillegg er energiprisene i Europa høyere enn i Norge, så på denne måten vil forskjellene i noen grad utjevnes (20).

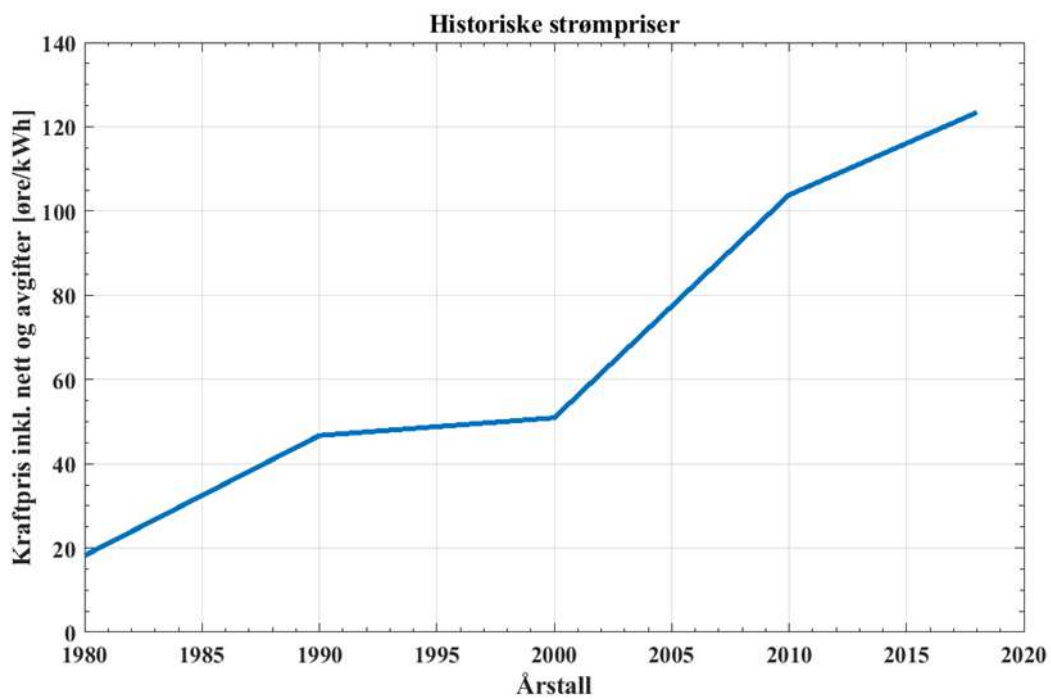
Utviklingen i energibruk mot 2030 vil i hovedtrekk være et høyere effektforbruk, mer effektiv bruk av energi, fortsatt økning i elektrisitetsbruk og en lavere vekst i den samlede energibruken. Økonomisk vekst og befolkningsvekst vil medføre høyere etterspørsel av tjenester, og dermed også et høyere energiforbruk (20).

### 2.3.1 Historiske strømpriser

Strømmen som kunder betaler består av tre hovedkomponenter; strømprisen, nettleien og avgifter til staten. Det som må betales for den faktiske leverte energien er strømprisen, som betales til kraftleverandøren. Denne prisen fastsettes av kraftbørsen, og ulike strømvtales med kundene kan utgjøre en forskjell i pris. Disse strømvtalene kan være spotpris/innkjøpspris, standard variabel pris eller fastpris. Ved en spotprisavtale vil strømprisen variere fra måned til måned (21).



Den andre komponenten av strømregningen er nettleien. Denne prisen er fastsatt av nettselskapet og kostnaden forbruker må betale for å få fraktet energien til boligen. Den siste delen av regningen er avgifter til staten. Disse avgiftene er forbruksavgift og merverdiavgift (21). Siden alle komponentene av strømregningen vil variere over tid, er det behov for en historisk fremstilling av prisen. Denne fremstillingen kan benyttes til videre vurdering av strømprisen i denne oppgaven. Figur 5 viser utviklingen av strømprisen fra 1980 frem til 2019 (22-24).



Figur 5: Historiske strømpriser i Norge.

## 2.4 U-verdi

U-verdien sier noe om varmeisolasjonsevnen til en bygningskomponent. Myndighetene stiller krav til energieffektiviteten hos forskjellige bygningsdeler. Derfor er det strenge krav til u-verdien på eksempelvis bygningsdeler som yttervegg, tak, vinduer og dører. Kravene skjerpes ofte i løpet av årene, da det er et økende fokus byggets energieffektivitet i dagens samfunn. Kravene er gitt i Tabell 1 (25).

Tabell 1: Minimumskrav til u-verdi (25-27).

Bygningsdel	Yttervegg W/(m <sup>2</sup> K)	Tak W/(m <sup>2</sup> K)	Gulv på grunn og mot det fri W/(m <sup>2</sup> K)	Vindu og dører W/(m <sup>2</sup> K)
TEK 17	0,22	0,18	0,18	1,2
TEK 10	0,22	0,18	0,18	1,2
Byggeforskrift 1987	0,30	0,20	0,30/0,20	2,40/2,00

Ved oppgradering av eksisterende bygninger bør energiberegningene være konservative, og typiske u-verdier som baseres på byggeåret og den tekniske forskriften bør benyttes. Tabell 2 viser typiske u-verdier for forskjellige konstruksjonsdeler etter byggeåret. Disse verdiene er anslagsverdier som legger til grunn at bygget er godt vedlikeholdt (28).

Tabell 2: Typiske u-verdier for konstruksjoner basert på byggeår (28).

Bygningsdel	1949-1969 W/(m <sup>2</sup> K)	1969-1985 W/(m <sup>2</sup> K)	1985-1997 W/(m <sup>2</sup> K)	Fra 1997 W/(m <sup>2</sup> K)
Vegg mot det fri	Mur/betong: 1,20 Tre: 0,90	Mur/betong: 1,00 Tre: 0,60	0,45* Småhus: 0,35	0,22
Vegg under grunn	1,60	1,00	0,45 Småhus:0,8	0,15
Tak	1,00	0,60	0,23	0,15
Gulv, uspesifisert	2,60	0,50	-	0,15
Gulv mot det fri	-	-	0,23	-
Gulv mot grunn	-	-	0,30	-
Dør	3,00	3,00	2,70	1,60
*Verdien gjelder for hele fasaden til bygget, inkludert vinduer o.l.				

## 2.5 Lekkasjetall

Lekkasjetallet sier noe om bygningens forutsetning for å oppfylle de kravene som stilles til energieffektivitet i forskriftene. Det er ønskelig med et lavt lekkasjetall, da luftlekkasjer i bygget påvirker energibalansen, komfort og luftkvaliteten. Et kontinuerlig sperresjikt der sammenføyninger og overganger er tilstrekkelig tettet, er med på å sikre byggets lufttetthet (29). Dette påvirker også byggets varmetap som ofte er et betydelig problem. Luftlekkasjer vil føre til at ukontrollerte mengder med kald luft tilføres bygget som da må varmes opp. I tillegg vil lekkasjer føre til en svekkelse i isolasjonsevne, og at ventilasjon med varmegjenvinner benytter mer energi til å varme opp den kalde luften (30).

Andre konsekvenser som kommer av store luftlekkasjer er lavere komfort på grunn av trekk og lave overflatetemperaturer. Det kan også oppstå fuktproblematikk som følge av at fuktig inneluft trekker inn i konstruksjonen og kondenserer, samt at regnvann kan lekke inn på grunn av utettheter. Luftkvaliteten påvirkes ved at ufiltrert luft trekker inn og tilførselen av radon kan øke (30). På grunn av disse faktorene stiller myndighetene krav til lufttetthet. For å finne lufttettheten til et bygg, utføres målinger for å finne lekkasjetallet. Kravene som stilles til lekkasjetall i de ulike forskriftene er vist i Tabell 3, og gjelder for bygninger over to etasjer.

Tabell 3: Lekkasjetall etter byggeforskrift (25-27, 31).

Byggeforskrift	Minimumskrav til lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell [ $\text{h}^{-1}$ ]	Energiltak til lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell [ $\text{h}^{-1}$ ]
TEK17	1,5	0,6
TEK10	1,5	0,6
Byggeforskrift 1987	1,5	-
Byggeforskrift 1969	1,5	-

## **2.6 Oppgradering**

I 2018 var det omtrent 2,55 millioner boliger i Norge, av dette var som tidligere nevnt over 610 000 i boligblokker (12). Blokkene som ble bygd i etterkrigstiden begynner å bli gamle, og trenger oppgraderinger for å tilfredsstille kjøperes forventninger. Ny teknologi gjør at nye boliger bruker mindre energi på oppvarming enn eldre boliger. Dette kommer gjerne av at eldre boligblokker eksempelvis har naturlig eller mekanisk ventilasjon, som ved anbefalt luftmengde kan gi stort ventilasjonsvarmetap. Det var ikke før på tidlig 2000-tallet at det ble vanlig med balansert ventilasjon i boligblokker (32). De ulike ventilasjonssystemene vil bli beskrevet i kapittel 2.10.

Når det er snakk om å forbedre et bygg er det flere begrep som brukes. Ofte brukes rehabilitering og oppgradering om hverandre, selv om det er vesentlig forskjell mellom begrepene. Rehabilitering defineres som utbedringsarbeid hvor målet er istandsettelse til opprinnelig standard, mens oppgradering defineres som arbeid som skal heve bygningens standard (18). Det er flere tiltak som faller under begrepet rehabilitering, blant annet utskifting av fasadekledning (33). Videre vil begrepet oppgradering omhandle tiltakene utskifting av vinduer, dører, etterisolering og ventilasjonssystemer.

## **2.7 Etterisolering**

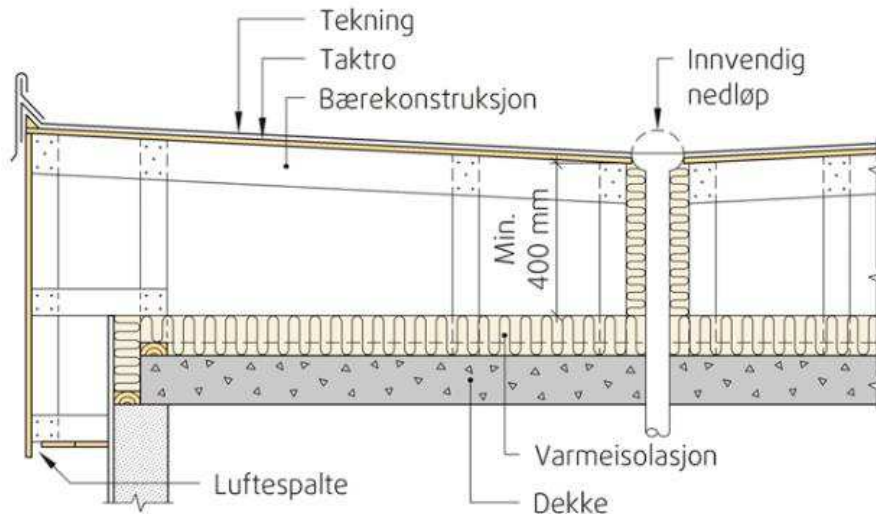
Etterisolering er et tiltak som effektivt kan senke energibehovet i et bygg (34). Dette tiltaket bør utføres i sammenheng med andre oppgraderingstiltak for å redusere varmetapet. Eksempler på slike oppgraderingstiltak er et bedre ventilasjonssystem, da etterisolering gjør bygget mye tettere, og behovet for utskifting av luft blir større (35). Alle de tre prosjektene i denne rapporten inkluderer etterisolering i ulik grad.

### **2.7.1 Etterisolering av tak**

Etterisolering av takkonstruksjoner som isolerer dårlig kan redusere varmetapet og dermed oppvarmingskostnadene. I tillegg vil redusert varmegjennomstrømming i takkonstruksjonen kunne føre til mindre snøsmelting og isdannelse på taket (36). To av prosjektene denne rapporten tar utgangspunkt i inkluderer dette tiltaket.

### 2.7.1.1 Etterisolering av oppfôret tretak på dekke av betong

På Brundalen borettslag blåses det inn isolasjon i eksisterende takkonstruksjon, som er et oppfôret tretak. Oppbygningen av denne typen tak består av et dekke av betong med et isolert og luftet tak av tre over, som vist i Figur 6. Denne taktypen har ikke vært særlig utbredt i Norge, men ble brukt i perioden fra mellomkrigstiden til 1980 (37).

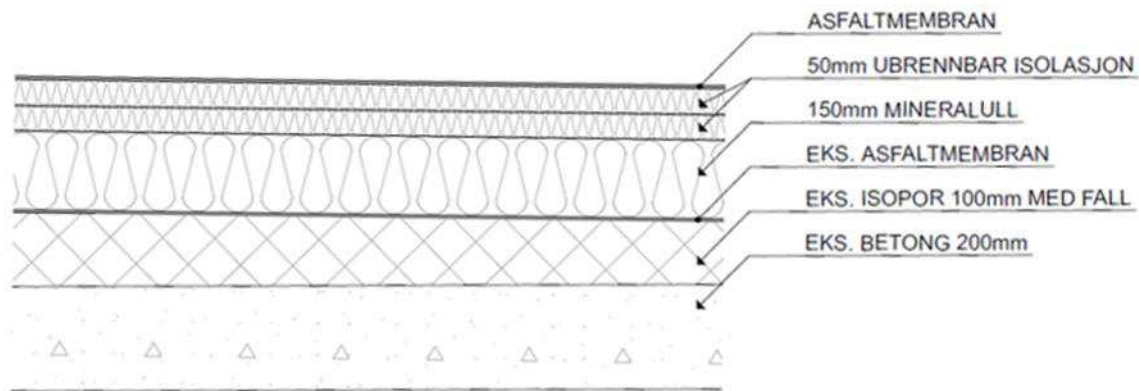


Figur 6: Prinsippkisse av oppbygging av oppfôret tretak (37).

Ved etterisolering av et slikt tak anbefaler Sintef Byggforsk å erstatte hele konstruksjonen med et kompakt tak, spesielt dersom takutstikket ikke er stort nok til å sikre god lufting (34). Sammenlignet med innblåst isolasjon vil en slik ombygging være et vesentlig større inngrep, i tillegg til at kostnadene ville vært mye høyere. Innblåsing av isolasjon vil kunne gi mindre varmetap, men det kan være problematisk da det er vanskelig å opprettholde anbefalt avstand mellom isolasjon og taktro. Ved innblåsing av isolasjon vil det være vanskelig å ha kontroll på hvor mye isolasjon som ligger i alle områdene, og det kan bli begrenset lufting (37).

### 2.7.1.2 Etterisolering av kompakte tak

På Flatåsaunet beholdes store deler av eksisterende takkonstruksjon, og etterisoleringen etableres oppå. Dette gjør at taket kan klassifiseres som duotak. Det som kjennetegner denne taktypen er at det er membran mellom isolasjonssjiktene. Forskjellen fra tradisjonelle duotak er at det legges asfaltmembran øverst i stedet for tyngre ballast eller slitelag. Bruksområdene for duotak er terrasser og ombygging fra rettvendt tak til duotak ved etterisolering. Byggforsk anbefaler at ny membran legges selv om den eksisterende membranen er i god stand (38).



Figur 7: Oppbygging av takkonstruksjonen på Flatåsaunet borettslag (Figur: Linn Gundersen, tegnet etter grunnlag gitt fra oppdragsgiver).

Figur 7 viser oppbyggingen av den nye takkonstruksjonen på Flatåsaunet. Kompakte tak utføres vanligvis ikke på denne måten, men isoleres med XPS, en isolasjonstype med lavt fuktoptak. I tillegg kan migreringssperre monteres over og under membranen som ligger mellom isolasjonssjiktene. Som tidligere nevnt er ofte duotak montert med slitelag eller ballast. Under dette monteres vanligvis også separasjonssjikt (38).

### 2.7.2 Etterisolering av yttervegger

På alle prosjektene etterisoleres ytterveggene. Dette tiltaket inkluderer også utbedring og modernisering av fasader. Resultatet av dette tiltaket er ofte at beboerne kan oppleve bedre inneklima og spare penger på grunn av lavere strømforbruk. Ved etterisolering kan det bli nødvendig å flytte vinduene lenger ut i veggen og kapittel 2.8 vil omtale vinduenes plassering i veggen. I tillegg inkluderer to av prosjektene bytte av balkong der den nye balkongen har bærekonstruksjon på utsiden av fasaden. Dette tiltaket gjør at hele ytterveggen får et kontinuerlig isolasjonssjikt med få kuldebroer (35).

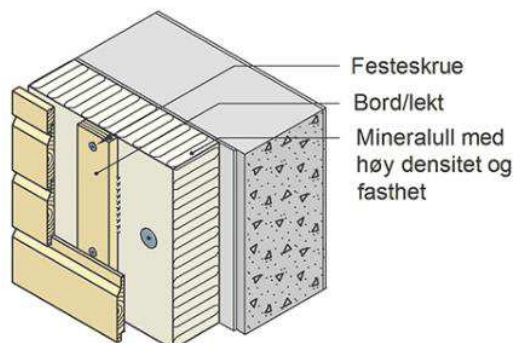
### 2.7.2.1 Etterisolering av betongvegger

Ved etterisolering av betongvegger er det flere metoder som brukes. Vegger av betong kan etterisoleres både utvendig og innvendig, men utvendig etterisolering ansees som den beste løsningen med tanke på fukt og energibruk (34). I tillegg kan denne metoden benyttes når fasadene skal oppgraderes.

Grunnen til at innvendig isolasjon ikke er den beste løsningen er at temperaturen i den opprinnelige veggen synker, noe som kan gi kondens og større risiko for nedbryting av fasaden. I tillegg er det økt fare for varmetap i kuldebroer dersom det ikke er mulig å etterisolere etasjeskillere og innervegger samtidig. Dette er mye enklere å unngå ved utvendig etterisolering fordi hele veggen blir isolert. Veggen blir da tørrere og eventuell korrosjon på eksisterende armering kan stanse. Innvendig isolasjon er også mindre egnet fordi det fører til tapt innvendig boareal, samtidig som det vil være mer sjenerende for beboerne under utførelsen (34).

I TEK 17 stilles det minimumskrav til u-verdi for yttervegger på  $0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , men det foreslås å følge verdiene angitt under energiltak for å tilfredsstille kravet om energieffektivitet (25). Der anbefales det en u-verdi på  $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  for ytterveggene, og dette oppnås ved å ha en isolasjonstykkelse på omtrent 200-250mm (34). Dette kan utføres ved hjelp av flere metoder, men denne oppgaven vil presentere metoden som er valgt for byggene.

På betongveggene i alle borettslagene har det blitt etterisolert med kontinuerlig isolasjon som festes til betongveggen med lange festeskruer. Denne metoden utføres med mineralull med høy densitet og fasthet som gjør at det kan monteres et tykt lag med isolasjon. For å klemme isolasjonen mot betongveggen monteres vertikale bord/lekt som også festes med lange skruer (34). Figur 8 viser oppbyggingen av en vegg som er etterisolert med kontinuerlig isolasjon.



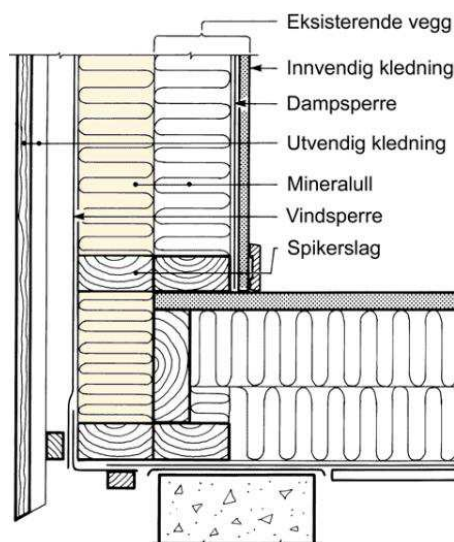
Figur 8: Prinsippskisse for etterisolering med kontinuerlig isolasjon (34).

### 2.7.2.2 Etterisolering av trevegger

Etterisolering av yttervegger i bindingsverk av tre kan også gjøres både utvendig og innvendig. Mange av de samme argumentene som gjelder for betongvegger gjelder også for yttervegger i tre, og det er utvendig etterisolering som anbefales. Ved utvendig etterisolering kan det monteres bindingsverk utenfor eksisterende vegg og isoleres med mineralull, eller blåses inn granulert mineralull eller cellulosefiber. På borettslagene denne oppgaven tar for seg er det blitt lektet ut horisontalt og isolert med mineralull. Denne typen krysslekting gjør at arealet av gjennomgående treverk blir minimert, noe som vil føre til mindre varmetap (35).

Før det kan lektes ut bør den eksisterende fasaden rives, slik at underlaget blir jevnt. Dette vil gjøre det enklere å oppnå god tetting i toppen og bunnen av veggen. I tillegg blir det mulig å bytte ut eksisterende isolasjon dersom den er i dårlig forfatning. Den horisontale utlektingen forankres i eksisterende veggkonstruksjonen med skruer, og kan monteres med en senteravstand på 900mm eller 600mm. Dette bør avgjøres av hvilken type vindsperre som skal monteres, for å sikre tilstrekkelig forankring av vindsperren (35).

I utlektingen monteres plater eller ruller av mineralull. Det er viktig at isolasjonen fyller alle hulrommene i veggen og legges tett mot treverket for å begrense naturlig konveksjon. Rundt gjennomføringer i veggen, som for eksempel rør, er dette spesielt viktig (39). Utenfor isolasjonen monteres vindsperre med tette skjøter. Dette er viktig for å unngå at kald luft trenger inn bak isolasjonen (35). Figur 9 viser en prinsippskisse av utvendig etterisolering av en yttervegg av bindingsverk i tre.



Figur 9: Prinsippskisse av utvendig etterisolering (35).



### **2.7.2.3 Kontinuerlig isolasjonssjikt**

Kontinuerlig isolasjonssjikt oppnås blant annet når balkongenes bæresystem monteres på utsiden av bygningskroppen. Isolasjonssjiktet brytes kun der bæresystemet forankres i bygget. Dette vil gi mindre kuldebroer på grunn av mindre gjennomgående materiale (35). Kuldebroer kan ha flere uheldige virkninger, som for eksempel økt varmetap, lave overflatetemperaturer og redusert komfort. I tillegg kan kuldebroer føre til kondens som videre kan føre til mugg og råte (40).

### **2.7.3 Etterisolering av grunnmur**

Før 1970 var det vanlig med uisolert eller mangelfull isolasjon av betong. For å redusere varmetapet til grunnen bør yttervegger mot grunn etterisoleres. Det er to måter å etterisolere vegg, utvendig og innvendig. Utvendig etterisolering er ansett som den beste metoden for å forhindre fuktproblemer, selv om dette krever at grunnen rundt hele bygningen graves opp. Ved valg av utvendig etterisolering og dermed oppgraving rundt bygningen, anbefales det at drenering og annen fuktsikring oppgraderes samtidig. Innvendig isolasjon er langt billigere, men har også en høyere risiko for at det skal oppstå fuktproblemer (41).

Etter at grunnen rundt bygningen er gravd opp må det legges grunnmursplater i plast med knaster eller riller på grunnmuren. Det er flere forskjellige isolasjonsprodukter som kan brukes, men for å unngå å bruke en type under terreng og en annen over terreng, anbefales det å bruke en type som er egnet til begge. Et eksempel på dette er ekstrudert polystyren, XPS, som monteres i hele veggens høyde. Deretter kan det legges puss eller plater på isolasjonen. Det er viktig at puss eller platene går ned under terreng og overlapper drensplatene som ligger inn mot kjellerveggen. Dette gjelder også dersom det kun etterisoleres over terreng (41).

## 2.8 Nye vinduer og dører

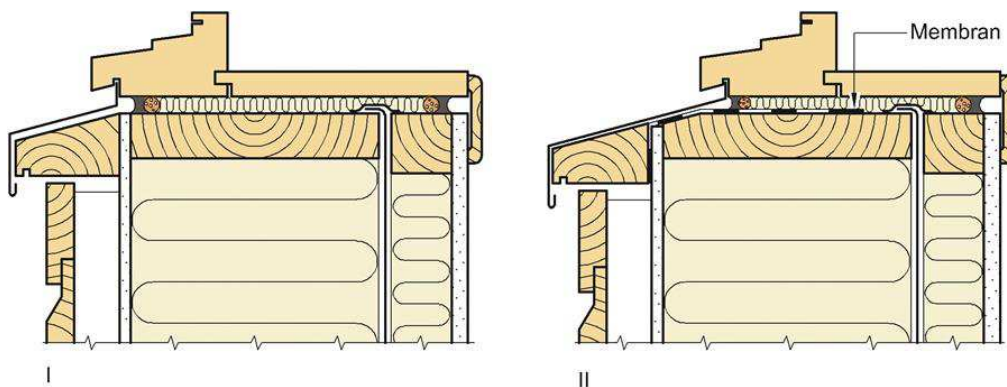
Vinduer står ofte for store deler av varmetapet i et bygg. Et godt isolert vindu, som monteres korrekt, vil bidra til å redusere varmetapet og brukere av bygget vil kunne oppleve mindre trekk (42). Det som kjennetegner energieffektive vindu på dagens marked er vindu med glass i flere lag med mellomliggende gass. Selve glassene har lavemisjonssjikt bestående av metalloksider og den mellomliggende gassen er edelgass av typen argon eller krypton (43). Vinduene må oppnå minstekravene til energieffektivitet gitt i byggteknisk forskrift, som betyr en u-verdi lavere enn  $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Det er vanlig å benytte 3-lags vindu ved utskiftning, da det kun er 3-lags vindu i dag som gir en u-verdi på 0,8 eller lavere. Isoleringsevnen til et 3-lags vindu er svært god og egner seg derfor i et kaldt klima (42).

### 2.8.1 Montering

Montering av vinduene er viktig for å oppnå ønsket u-verdi. Ved utskifting av vindu vil det være hensiktsmessig å følge anbefalingene for innsetting gitt av Sintef byggforsk. Det er ulike innsettingsmetoder for vinduer som skal settes inn i bindingsverk og i mur-/betongvegger.

For innsetting av vindu i bindingsverk er det to muligheter for plasseringen i selve veggen. Det første alternativet innebærer at vinduet plasseres slik at sporet i bunnkarmen ligger jevnt med vindspærren, se Figur 10. Fordeler med denne typen innsetting er at det blir større innslipp av dagslys på grunn av mindre avskjerming. Det vil også være bedre regn- og lufttetting som reduserer farene for fuktskader. Ulemper med en slik løsning er høyere kuldebroverdi, større vedlikeholdsbehov og økt fare for utvendig kondens (44).

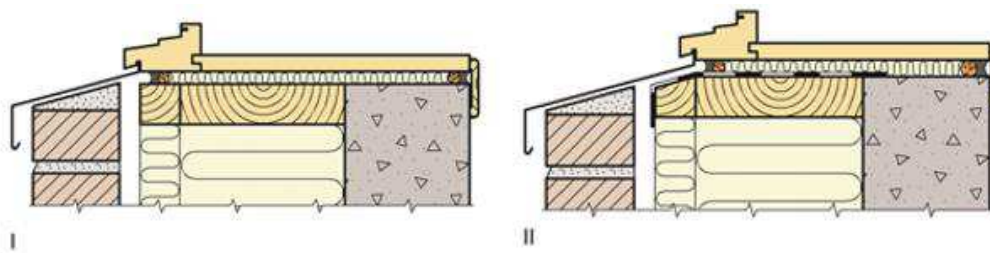
Det andre alternativet er at vinduet plasseres lengre inn i isolasjonssjiktet, se Figur 10. En viktig faktor ved slik innsetting er at membranen under vinduet må ha en korrekt utførelse for å unngå fuktskader. Fordeler er at det oppnås en lavere kuldebroverdi, samt at utvendig kondens har mindre sannsynlighet for å oppstå da det blir en avskjerming av vinduet. Vinduet vil være bedre skjermet mot nedbør og faren for innvendig kondens vil bli redusert. Ulemper vil være at faren for fuktskader vil være større om det skulle oppstå lekkasjer og vinduet ikke er utført med korrekt membran. Tettingen av vinduet vil være mer komplisert, samt at det vil være vanskeligere å komme til ved fugetetting rundt karmen (44).



Figur 10: Alternativene for vindusinnsetning i bindingsverk. I: sporet i bunnkarmen er plassert jevnt med vindspærren. II: vinduet plasseres lenger inn i isolasjonssjiktet (44).

For innsetning av vindu i mur-/betongvegg er det også to muligheter for plassering i vegg som bygger på de samme prinsippene som ved plassering i bindingsverk. Det første alternativet er vindusinnsetning med plassering der sporet i bunnkarmen er jevnt med isolasjonssjiktet, se Figur 11. Denne typen innsetning gjør at det er enkelt å utføre regntetting, samt at det blir mindre fare for fuktskader. Det vil slippe inn mer dagslys, da det er mindre avskjerming og det oppnås bedre drenering bak omrammingen utvendig. Ulemper som kommer med slik innsetning er at det oppstår en høyere kuldebroverdi, et større vedlikeholdsbehov og det kan være større risiko for utvendig kondens (45).

Det andre alternativet er plassering av vinduet lenger inn i isolasjonssjiktet, se Figur 11. Ved bruk av denne innsetningsmetoden kan risikoen for fuktskader øke. Dersom membranen ikke er montert korrekt kan det oppstå lekkasjer under vinduet. En slik innsetning vil føre til lavere varmetap, avskjerming mot nedbør og mindre oppvarming fra solen. Det vil også være mindre risiko for at kondens oppstår på utvendig vindusflate (45).



Figur 11: To alternativ for innsetning. I: Vinduet plassert jevnt med isolasjonssjiktet i vegg. II: Vindu med plassering lenger inn i vegg (45).

## 2.9 Inneklima

Inneklima er et viktig element når effekten av en oppgradering skal vurderes. Helseplager, trivsel og produktivitet påvirkes av kvaliteten på inneklimaet. Derfor må dette tas hensyn til både ved oppføring av nye bygg og oppgradering av eksisterende bygg. Det er fem forskjellige miljøer det snakkes om når det ses på inneklimaet; termisk, akustisk, mekanisk og atmosfærisk (46).

Det termiske miljøet omfatter blant annet luftfuktighet, romtemperatur, bekledding og aktivitetsnivået. Komfort er ofte et tema i dette miljøet, og personer har ofte individuelle behov, som påvirkes av trekk og termisk ubehag i kroppsdeler (47). Det mekaniske miljøet innebærer faktorer som sklisikkerhet og ergonomi. Aktinisk miljø handler om belysning, radongass og magnetiske felt som kan påvirke hvordan innemiljøet oppleves. Støy og lydoverføringer er også viktige elementer i vurderingen av godt inneklimaet er. Mye støy fra for eksempel ventilasjon vil være et irritasjonsmoment i permanente boliger og er en del av det akustiske miljøet (46).

Det siste miljøet handler om partikler i luften, lukt og gasser. Et atmosfærisk miljø har derfor betydning når det snakkes om muggsopp, asbeststøv, bakterier, kjemiske stoffer og lukt fra matlagning (46). Ved oppgradering av eksisterende bygg, er det hensiktsmessig å se nærmere på faktorer innenfor det atmosfærisk og termiske miljøet.

### 2.9.1 Luftfuktighet

Luftfuktigheten i en bolig kan påvirke inneklimaet på forskjellige måter. En luftfuktighet på over 70% vil medføre økt risiko for blant annet mugg. I motsatt ende av skalaen, med en luftfuktighet på under 20%, vil det være økt risiko for helseplager i form av blant annet uttørring av hud og øyeirritasjon (48).

Ved målinger av luftfuktigheten, avleses relativ luftfuktighet, som er et forhold mellom maksimal vanndamp ved mettet luft og vanndampmengden i luften. Når den relative luftfuktigheten er mellom 20-60% vil det ikke merkes forskjell i hvordan inneklimaet oppleves. Det er likevel anbefalt å ha en luftfuktighet mellom 20-40%. For å måle fuktigheten benyttes et slyngesykrometer eller en elektronisk fuktmåler. Et slyngesykrometer måler våt-temperatur der måleren er dekt med et fuktig klede og tørretemperatur, som er luftens temperatur. Deretter kan fuktigheten leses av på måleutstyret. Slike målinger vil gi et godt bilde på om ventilasjonen fungerer optimalt, samt om fukten kan være årsaken til blant annet mugg (48).

## 2.9.2 Lufttemperatur

Lufttemperaturen sier ofte mye om varmekomforten som oppleves i bygget. Temperaturen brukerne opplever er svært avhengig av alle faktorene innen termisk komfort, som aktivitetsnivå, bekledding og det termiske innklimaet. Det er derfor svært individuelt hvordan temperaturen oppfattes. Dette innebærer at oppvarmingssystemene, ventilasjonen og solavskjermingen må fungere optimalt for å oppnå god varmekomfort (46).

For å måle den temperaturen som oppleves kan operativ temperatur benyttes. Dette er en kombinasjon av lufttemperaturen og middelstrålingstemperaturen. Den operative temperaturen kan måles med bruk av blant annet et globetermometer eller beregnes fra luft- og middelstrålingstemperaturen. Det kan eksempelvis være lurt å bruke et globetermometer ved måling på en vegg ved kroppen, der det føles kjølig (46).

Anbefalte temperaturnivåer inne i boligen ligger mellom 16 – 23 °C. Ved temperaturer lavere enn 16 °C vil bygningsdeler bli kalde, og det er større risiko for at det kan oppstå kondens. Mens ved høye innetemperaturen kan brukerne av bygget oppleve nedsatt prestasjonsevne og tretthet. Det er kan derfor være hensiktsmessig med temperatursoner i boligen, hvor det er ulike komforttemperaturer etter bruksområde for rommet. I Tabell 4 vises de anbefalte komfort- og sparetemperaturene etter romfunksjon (49).

Tabell 4: Anbefalte temperaturer etter ulike rom (49)

Rom	Stue, kjøkken og barneværelse	Soverom	Bad	Boder, vaskerom o.l.
Komforttemperatur	21 °C	18 °C	23 °C	16 °C
Sparetemperatur	16 °C	16 °C	-	-

## 2.9.3 CO<sub>2</sub>-nivå

Karbondioksid, CO<sub>2</sub>, er en kjemisk forbindelse som dannes av stoffskiftet i kroppen til organismer. Dette stoffet slippes ut i luften og er derfor en måte å måle luftkvaliteten på. Hvor høy konsentrasjon det er av CO<sub>2</sub> sier noe om behovet for luftutskifting. Det er en anbefalt norm angitt av folkehelseinstituttet som sier at det bør være en maksimumsverdi på 1800 mg/m<sup>3</sup> i rommet, og dette tilsvarer 1000 ppm. Denne normen er satt på grunn av at høye verdier av CO<sub>2</sub>-forekomster kan føre til en følelse av tung luft og sjenerende lukt (50).

Det er ikke påvist at helseskader kommer som følge av for høye CO<sub>2</sub>-verdier. Studier har heller kommet frem til at høye konsentrasjoner kan føre til en oppfatning av dårlig inneklima, samt økte forekomster av helseplager som eksempelvis hodepine. Ved høye forekomster av CO<sub>2</sub>, indikeres det at ventilasjonen i rommet ikke er optimalt for den aktuelle personbelastningen. Det er vanlig å foreta målinger av CO<sub>2</sub>, for å kunne vurdere kvaliteten på luften i rommet (50).

## **2.10 Ventilasjon**

Ventilasjon er at luften i et rom skal erstattes med ny og frisk luft. Det er tre forskjellige ventilasjonsprinsipper: naturlig ventilasjon, mekanisk avtrekksventilasjon og balansert ventilasjon.

### **2.10.1 Naturlig ventilasjon**

Naturlig ventilasjon er et ventilasjonskonsept med luftskifte på grunn av temperaturforskjellen mellom inne- og uteluften. Det vil si at det oppstår en termisk oppdrift og et vindtrykk som sørger for utskifting av luft. Boliger har avtrekk i de rommene med luft som ofte blir forurenset, eksempelvis kjøkken og badrom, hvor luften føres ut gjennom en kanal opp over taket. Inntaket vil være åpninger og ventiler i ytterveggen eller spalter over vinduene (51).

Det er flere fordeler og ulemper ved slik type ventilasjon. Det er for eksempel en rimelig ventilasjonstype med tanke på lave investeringskostnader og lite vedlikeholdskostnader. Til tross for dette er det begrensede muligheter for filtrering og den er upålitelig på grunn av temperaturvariasjonene i løpet av året. Innekomforten vil være av dårligere kvalitet, da det kan bli trekk, og det er lettere at utvendig støy påvirker innvendig lydnivå (52). En annen utfordring med naturlig ventilasjon er varmetapet som kommer av at systemet ikke har varmegjenvinning (51).

### **2.10.2 Mekanisk avtrekksventilasjon**

Mekanisk avtrekksventilasjon er en blanding av naturlig ventilasjon og balansert ventilasjon. Den har tilluft gjennom ventiler og spalter, mens en mekanisk avtrekksvifte suger ut forurenset luft. Fordeler med denne typen ventilasjon er at installasjonskostnadene er lave og det får en regulering på avtrekksluften. Ulempene er at det ikke oppnås like god komfort som ved balansert ventilasjon da det kan oppstå ubehagelig trekk, samt at det blir et større varmetap. Det vil ikke være mulig for støydemping av systemet og det vil ikke være noen mulighet for filtrering av luften (52).

### **2.10.3 Balansert ventilasjon**

Balansert ventilasjon benytter kanalføringer og vifter for å fornye luften. Luftmengder av omtrent lik størrelse vil føres inn og ut av bygget, derav navnet balansert ventilasjon. Slike anlegg er utstyrt med forskjellige typer filter. Disse filtrene er med på å samle opp støv og lignende, som bedrer kvaliteten på inneluften (53).

Anleggene deles opp i individuelle anlegg og i sentrale anlegg. Individuelle anlegg er utført med et ventilasjonsaggregat i hver leilighet som følger prinsippene for oppbygning som anleggene i småhus. Sentrale anlegg er utført med ett større aggregat som dekker flere leiligheter. Aggregatet plasseres i et teknisk rom, ofte i kjeller, på tak eller på et loft (53).

Fordeler med balansert ventilasjon er muligheten til filtrering, kontroll på luftmengdene som tilføres og en støyreduksjon fra lyder utenifra. Videre er det varmegjenvinning av avtrekksluft og ved korrekt utførelse av anlegget, oppnås god komfort og muligheter til behovsstyring. Ulemper er at bygget ikke vil ha fungerende ventilasjonsanlegg ved strømbrudd, samt at det blir større vedlikeholdsbehov og støy ved feil utførelse av anlegget (52).

#### **2.10.3.1 Lunos e<sup>2</sup> standard**

Lunos e<sup>2</sup> standard er et balansert ventilasjonssystem som inkluderer varmegjenvinning. Systemet er desentralisert, som gjør det enkelt å montere og ventilasjonsenhetene jobber parvis. En enhet har et keramisk element som vil fungere som et varmegjenvinningselement med en effekt på 90,6%. En vifte vil reversere luftstrømningen omtrentlig hvert syttiende sekund. Dette gjør at det keramiske elementet varmes opp av den oppvarmede innendørsluften, som igjen brukes til å varme opp den tilførte uteluften. Selve oppbyggingen av en Lunos e<sup>2</sup> standard enhet vises i Figur 12 (54). Denne typen ventilasjon er enkel i bruk og systemet kan styres av brukeren selv. Det vil være behov for å bytte filter regelmessig for at enheten skal fungere optimalt. Systemet er lite og kan derfor benyttes både ved oppgradering av boliger og ved etablering av nybygg (55).

### 2.10.3.2 Flexit UNI 2

Flexit UNI 2, Figur 12, er et balansert ventilasjonsaggregat som egner seg i blant annet leiligheter og eneboliger. Dette systemet er et individuelt anlegg og har en roterende varmegjenvinner, samt lavenergivifter. Varmegjenvinneren kan få en temperaturvirkningsgrad opp til 85% og en spesifikk vifteeffekt som er mindre enn 1,5. Anlegget er enkelt å bruke, stillegående og har enkelt vedlikehold (56).



Figur 12: Oppbyggingen av Lunos e2 standard (57) og Flexit UNI 2 ventilasjonsaggregat (56).

## 2.11 Investeringskalkyle

Hensikten med en investeringskalkyle er å avgjøre lønnsomheten til investeringen. Den bygger på kontantstrømmen, altså årlige inn- og utbetalinger. Det er flere vurderinger som må gjøres i forbindelse med investeringskalkyler. Derfor er det nødvendig å se på faktorer som levetid, årlig innbetalingsoverskudd, kalkulasjonsrente, utrangeringsverdi og selve investeringsutgiften (58).

Det skilles mellom teknisk levetid og økonomisk levetid. Den tekniske levetiden til et objekt er den tiden det kan benyttes uten at det går på bekostning av kvalitet og ytelse. Derfor skiftes anleggsmidler ofte ut før den tekniske levetiden er over. I sammenheng med investeringskalkyler er det den økonomiske levetiden som er viktig. Det er levetiden som er optimal for prosjektet. Dette betyr at selv om anleggsmiddelet fortsatt kan produsere, så kan produksjonskostnadene være større enn markedsprisen. Når den økonomiske verdien reduseres kan dette skyldes blant annet nye tekniske løsninger eller produksjonsmetoder (58).



Det årlige innbetalingsoverskuddet er forskjellen mellom inn- og utbetalinger hvert enkelt år. Kalkulasjonsrenten forteller hvilken avkastning bedriften krever av investeringen for at den skal betraktes som lønnsom. Det er flere faktorer som spiller inn ved vurdering av hvor stor renten bør være. Risikoen i prosjektet, prisstigningen som vil forekomme hvert år, alminnelig lånerente og avkastning på andre prosjekter er faktorer som må tas hensyn til (58).

Ved utarbeidelse av investeringskalkyler må det vurderes om selve investeringsobjektet har en utrangeringsverdi ved slutten av levetiden. Om objektet antas å ha en utrangeringsverdi, vil denne fastsettes på et grunnlag av antagelser og komme som en innbetaling i det siste året av prosjektet (58).

Det sikreste elementet i en investeringskalkyle er investeringsutgiften. Dette er det beløpet bedriften må betale for å kunne utføre investeringen. For å ha en godt vurdert investeringsutgift må det innhentes opplysninger om alle ledd i investeringen. Det må tas hensyn til kostnader som montering, opplæring og igangsettingskostnader. Utgiften ved investeringen vil komme umiddelbart og må på investeringstidspunktet inneholde selve kostnaden for prosjektet (58).

### **2.11.1 Usikkerhet**

Ved investeringer må fremtidsutsiktene til prosjektet vurderes. Det vil alltid være usikkerhetsmomenter ved prosjekter, som må tas hensyn til ved en investering. Teknologisk utvikling, endring i energipriser, endring i lover og regler, tøffere konkurranse, politikken til myndighetene og levetiden til produkter er alle usikkerhetsmomenter som er relevante for mange prosjekter (58).

### **2.11.2 Metoder**

Når en investeringskalkyle skal settes opp er det flere metoder som kan benyttes. Metodene varierer i vanskelighetsgrad og noen egner seg bedre enn andre ved ulike investeringer.

#### **2.11.2.1 Nåverdimetoden**

Nåverdimetoden bygger på at det tas hensyn til renteeffekten. Det vil si at penger i dag ikke vil ha samme verdi i fremtiden. For å utføre denne metoden må alle innbetalingsoverskudd diskonteres. På denne måten vil alle fremtidige inn- og utbetalinger kunne sammenlignes med benyttet investeringsbeløp på investeringstidspunktet.

For å finne nåverdien må innbetalingsoverskuddene som er diskontert trekkes fra investeringsbeløpene. Er resultatet positivt vil det være en lønnsom investering, som vil si at det er en tilleggsavkastning over rentekravet som er stilt til investeringen.

Kalkyler som baserer seg på nåverdi beregnes ut ifra tre ulike forutsetninger; engangsinvestering med en situasjon, engangsinvestering med flere situasjoner og gjentatte investeringer. Den første forutsetningen går ut på at en investering ikke kan gjentas, samt at det er flere valgmuligheter for å dekke investeringsbehovet. Den andre forutsetningen er lik den første, med unntak av at det ikke er valgmuligheter. Den siste forutsetningen går ut på at det i løpet av en bedrifts levetid må fornyes eksempelvis anleggsmidler. Det vil si at en investering foretas gjentatte ganger (58).

#### **2.11.2.2 Internrentemetoden**

Positiv nåverdi vil i prinsippet bety at det er en bedre rente enn det som egentlig kreves av investeringen. Det betyr at investoren har økonomisk kapasitet til å håndtere en høyere diskonteringsfaktor, enn det som kreves av renten. Det er her internrenten blir tatt hensyn til, da internrenten er den renten som vil gi null i nåverdi.

Internrenten vil som supplement til nåverdimetoden fortelle hvor stor sikkerhetsmargin det er. Den kan også benyttes ved direkte utregning for å finne hva investeringen vil kunne håndtere av kapitalrente. For å beregne internrenten benyttes enten grafisk løsning, eller interpolasjon. Ved grafisk løsning antas en lineær sammenheng mellom nåverdien og kalkulasjonsrenten. Mens ved interpolasjon beregnes nåverdien med ulike krav til renter, og en nåverdi som er både negativ og positiv finnes. For nøyaktighetens del bør det være et lite spenn mellom rentesatsene som benyttes (58).

#### **2.11.2.3 Annuitetsmetoden**

Annuitetsmetoden benyttes ofte når det er like store innbetalingsoverskudd hvert år. Metoden krever mindre regnearbeid og vil gi samme resultat som nåverdimetoden. Investeringsbeløpet deles opp i like store deler og spres utover levetiden, og sammenlignes med innbetalingsoverskuddene som også er like store (58).

#### **2.11.2.4 Tilbakebetalingstid**

Tilbakebetalingsmetoden er en enkel metode, og har flere svakheter som må tas hensyn til. Metoden tar utgangspunkt i at det beregnes hvor lang tid det tar før investeringen er inntjent. For å kunne benytte denne metoden må det anslås en maksgrense for tilbakebetalingstiden. Grensen settes ofte som den økonomiske levetiden for investeringen, og brukes derfor når lønnsomheten skal vurderes. Dersom tilbakebetalingstiden er mindre enn den økonomiske levetiden vil investeringen være lønnsom. Svakheter ved denne metoden er at det ikke tas hensyn til renten og at den ikke forteller noe om hva som vil hende etter endt tilbakebetalingstid (58).

### **3. Superisolasjon**

Isolering av bygg er en av dagens mest effektive måter å spare energi og varmebehov i et bygg. Dem termiske motstanden til et bygg vil øke ved å etterisolere og øke tykkelse på isolasjonen. Ved å etterisolere vil det kunne oppstå et punkt hvor kostnadene for etterisolering overstiger de økonomiske besparelsene. Derfor finnes det en optimal isolasjonstykkelse der innsparingen synker og kostnadene stiger (59).

Som nevnt i kapittel 2.2.2 er beslutningsprosessen for gjennomføring av oppgradering i borettslag lang. Dersom styret ikke får flertall for planene kan det være en mulig løsning å se på andre metoder for å oppgradere bygningskroppen. Det er i de siste tiårene forsket på nye isolasjonstyper som har mindre volum enn tradisjonell isolasjon, men som isolerer like godt. Det er mange forskjellige typer isolasjonsmaterialer, eks. fiberglass, mineralull og isolasjonsskum. Det har også vært teknologisk utvikling på dette området og superisolasjon har blitt resultatet (59).

#### **3.1 Superisolasjonsmaterialer**

##### **3.1.1 Lukket celleskum**

Closed cell foam, eller lukket celleskum, er en type kompakt isolasjon. Ved å minimere boblecellene og benytte en skummende gassinjeksjon vil det bli et tynnere isolasjonslag enn det som er vanlig i dag. Dette vil gi volumbesparelser på omtrent 40% sammenlignet med dagens materialer som eksempelvis mineralull. Ulempen med et slikt produkt er at det får en hard overflate som gjør det vanskelig å benytte til å fylle hulrom. Det er heller ideelt å benytte til utvendig isolasjon og til å isolere stålkonstruksjoner (59).

##### **3.1.2 Vakuumisolasjon**

Vakuumisolasjon er en type materiale som er avhengig av at gasstrykket inne i et åpent porøst materiale reduseres eller fraværer helt. Isolasjonsmaterialet består av et kjernemateriale, en gassbarriere og et tørkemiddel (59). Dette gjør at isolasjonen er hele 5-8 ganger mer effektivt enn vanlig isolasjon og vil derfor være svært plassbesparende. Et slikt materiale vil derfor være ideelt i kjeller og loft, hvor det ikke er ønskelig å miste kvadratmeter (60). Ulempene er at materialet er skjørt og kan være vanskelig bruke, om medfører høye kostnader. I tillegg kan de termiske egenskapene reduseres over tid (59).

### **3.1.3 Gassfylte panel**

Gassfylte panel består av reflekterende folier i lag som har en spesiell sammensetning for å kunne redusere varmetap. Gassen som benyttes i panelt kan være vanlig luft, men det er ønskelig å benytte gasser med lav termisk ledningsevne. Når det skal velges hvilken gass som skal benyttes bør faktorer som kostnad, brannmotstand og hvor giftig gassene er, vurderes. Desto tykkere panelet blir, jo høyere blir gassmengden og kostnaden, samt at den termiske ledningsevnen blir lavere (61).

### **3.1.4 Aerogel**

Aerogel produseres ved å trekke ut væsken av en gel gjennom en superkritisk tørking. Denne tørkeprosessen drar væsken ut av gelen uten at det fører til en kollaps av det faste materialet. Materialet som vanligvis brukes til denne typen isolasjon er silikagel (59). Dette isolasjonsmaterialet har et stort potensial, men kostnadene ved produksjon er fortsatt høye. Materialet har en høy kompresjonsstyrke men en lav strekkfasthet, som gjør det skjørt. En fordel med Aerogel er at det kan produseres i forskjellige former, som transparent og ugjennomsiktig. Dette gjør at det får flere bruksområder i byggeprosjekter (62).

### **3.1.5 Fasadeendringsmaterialer (PCM)**

Faseendringsmaterialer er egentlig ikke et isolasjonsmateriale, men brukes som et tynt lag utenpå isolasjonen. Dette laget skal kontrollere temperaturvariasjonen gjennom isolasjonen i en konstant temperatur (59). Eksempelvis kan parafiner brukes som et materiale, men på grunn av lav termisk ledningsevne og en stor volumendring under faseendring, vil dette begrense bruksområdene (62).

## **3.2 Analyse: Tradisjonelle isolasjonsmaterialer mot superisolasjon**

Det å sammenligne de tradisjonelle isolasjonsmaterialene mot superisolasjonen, kan gi et bedre bilde på materialenes kvaliteter. Termiske egenskaper, brannreaksjon og miljøpåvirkningen til materialene er analysert, og gjør de sammenlignbare. Det hadde vært interessant å se på de akustiske egenskapene til isolasjonsmaterialene, men det er svært komplekst og vil derfor være vanskelig å sammenligne (61).

### **3.2.1 Termiske egenskaper**

Den lave termiske ledningsevnen til superisolasjonsmaterialer er ofte det som karakteriserer dem. Derfor vil veldig tynne paneler redusere transmisjonen til bygningsdelene som inneholder panelene. Alle de andre tradisjonelle isolasjonsmaterialene har høyere termisk ledningsevne (61).

Materialer som LECA og resirkulert gummi har også høyere tetthet, som vil påvirke termisk diffusivitet og isolasjonsadferden i ustabil tilstand. Analyser har også vist at det er de kommersielle syntetiske materialene som har lavest termisk ledningsevne, men at eksempelvis resirkulerte materialer er mer bærekraftige (61).

### **3.2.2 Brannreaksjon**

Analyser viser at den beste brannytelsen oppnås ved bruk av ulike typer mineralull, ekspanderte mineraler og vakuumisolerte paneler. Disse materialene er omtrent ubrennbare og produserer ikke røyk eller dråper under branntester. I den andre enden av skalaen finnes det organiske materialer som kork og tre, som karakteriseres ved å ha lavere brannytelse. Branntoksisiteten har også blitt testet for å kunne sammenligne materialer. Det ble testet mineralull og noen organiske skummaterialer, ved høy temperatur og ulik ventilasjonstype. Resultatene har vist at mineralull har liten tendens til å ta fyr og produsere farlige gasser, mens de organiske skummaterialene har høyere risiko for å produsere giftige gasser under brann (61).

### **3.2.3 Miljøpåvirkning**

Ulike analyser er blitt utført på isolasjonsmaterialene der det er sett nærmere på faktorer som energibruk og globalt oppvarmingspotensial. Resultatene fra den ene analysen viste at selv om de naturlige materialene kan føre til mindre miljøpåvirkning, er det noen kunstige og resirkulerte materialer som også har gode miljøegenskaper. Eksempelvis har steinull og PET materialer bedre resultater enn noen andre naturlige materialer (61).

### **3.3 Superisolasjon som tiltak ved oppgradering**

Etterisolering av eksisterende bygg er et vanlig tiltak ved oppgradering av bygg. Det å velge et isoleringsmateriale som er plassbesparende, kostnadseffektivt og har gode termiske egenskaper vil være gunstig for bygget. Derfor er det svært relevant for utbyggere å se nærmere på nye isoleringsmaterialer, som eksempelvis vakuumisolasjon, gassfylte panel og Aerogel. Slike superisolasjonsmaterialer har fellestrekk som at de har gode termiske egenskaper og er plassbesparende, men de er fortsatt i en fase hvor kostnadene for materialene er høye.

Kvalitetene til de nye isolasjonsmaterialene må vurderes opp mot de tradisjonelle materialene for å finne den best mulige løsningen for hvert individuelle prosjekt. Termiske egenskaper og plassbesparelse er viktige faktorer, men brannreaksjonen og miljøpåvirkningen er også elementer som må tas hensyn til i en beslutningsprosess. Superisolasjon kjennetegnes ved den lave termiske ledningsevnen, men kan i ulike tilfeller være ugunstige i forhold til miljøpåvirkningen.

Ved oppgradering der bygget etterisoleres, vil det være en optimal tykkelse som kan benyttes der kostnadene ikke overstiger det økonomiske besparelsene. Superisolasjon kan være en god løsning i slike tilfeller. Videre forskning og utvikling vil bidra til nye løsninger som kan medføre bedre termiske egenskaper, og kostnadseffektive løsninger.

## 4. Metode

Dette kapittelet beskriver metodene som er brukt for å analysere problemstillingen, i tillegg til grunnlaget som er mottatt. For å kunne sammenligne effekten av de ulike tiltakene er kostnadene og simuleringene delt opp i følgende tilfeller:

- *Tilfelle 1:* Før oppgradering.
- *Tilfelle 2:* Etter bytte av vindu/dører, uendret vegg-/taktykkelse.
- *Tilfelle 3:* Etter oppgradering, beholdt gamle dører/vindu. Inkluderer alle tiltak som er utført på borettslaget, bortsett fra utskifting av vindu og dører.
- *Tilfelle 4:* Etter full oppgradering med naturlig ventilasjon. Inkluderer alle tiltak som er utført på borettslaget, men ventilasjonssystemet er uendret.
- *Tilfelle 5:* Etter full oppgradering.

Tabell 5: Oversikt over hvilke tiltak som gjelder for tilfellene.

Tiltak	Tilfelle				
	1	2	3	4	5
Bytte av vindu og dører		X		X	X
Etterisolering (vegger, tak og grunnmur)			X	X	X
Oppgradering av balkong			X	X	X
Oppgradering av ventilasjon*			X		X
*Flatåsaunet: Sentralt balansert ventilasjon. Nardo Søndre: Desentralisert balansert ventilasjonssystem. Brundalen: Ventilasjonssystem oppgraderes ikke, og borettslaget er ikke inkludert i tilfelle 5.					



## 4.1 Grunnlag

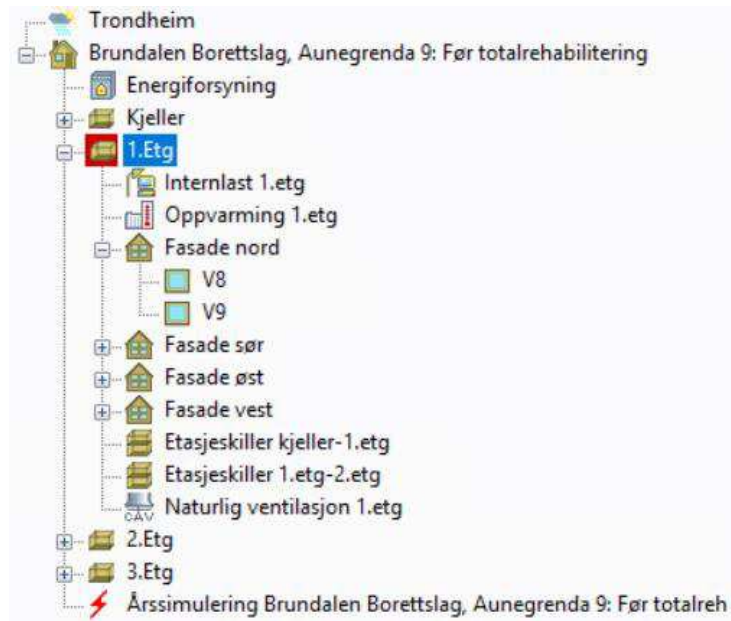
Denne oppgaven bygger videre på en bacheloroppgave produsert for TOBB av tidligere studenter, og gruppen mottok beregninger og simuleringer fra denne oppgaven (3). Simuleringene ble brukt som grunnlag, men justert der gruppen mente det var behov. U-verdiberegningene ble analysert og kontrollert før det ble besluttet hvilke verdier som skulle brukes. Kontraktsgrunnlag fra oppdragsgiver TOBB ble benyttet til å regne ut kostnaden av tiltakene, og vil ikke være vedlagt i denne oppgaven.

### 4.1.1 Simuleringer

Energisimuleringene er utført i programvaren Simien, og kontrollert før bruk. Grunnlaget ble vurdert til å være akseptabelt, noe som gjorde det mulig å benytte simuleringene i videre arbeid. Opprettelse av en simulering for et stort bygg med mange elementer er en tidkrevende oppgave, og fremgangsmåten vil bli beskrevet overordnet i dette kapitlet.

For å etablere en simulering må det først velges et klimasted. Deretter navngis bygningen, bygningskategori og antall boenheter oppgis. Videre oppgis hvilken type energiforsyning bygningen har, og eventuelt prosentandel dersom det er flere forsyningstyper. Grunnlaget er da lagt, og verdiene som er relevante for bygningen kan legges inn. I et leilighetsbygg vil det være temperaturvariasjon mellom boenhetene og trapperommet. For en optimal simulering må boenhetene og trapperommene deles inn i separate soner, slik at temperatur og annen informasjon kan legges inn. Under soneinndelingen oppgis retning og størrelse på fasade, samt at antall og størrelse på vindu legges inn.

I Simien-filene denne oppgaven benytter er bygningene delt opp i soner der hver etasje utgjør en sone. Dette er gjort for å forenkle simuleringene, og tilpasse arbeidsmengden til oppgaveløsingen. Figur 13 viser et eksempel på hvordan oppsettet ser ut i Simien. Her er type energiforsyning og antall etasjer lagt inn, samt høyde og andre relevante verdier for ytterveggene. Grunnarealet er lagt inn i alle etasjene, som gulv på grunn i kjeller, og etasjeskiller i de andre etasjene. Videre er plassering, antall og størrelse på vindu og dører lagt inn. I tillegg er det lagt inn informasjon om hvilken type ventilasjon bygningen har, samt verdier for luftmengde. Til slutt er det lagt inn hvilken simulering som skal utføres.



Figur 13: Eksempel på oppsett i Simien..

For hver sone må det legges inn et lekkasjetall. De ulike lekkasjetallene er hentet fra byggeforskrifter, og endres ved behov etter beskrivelser i kapittel 4.3. Videre må u-verdier for vindu, dører, yttervegger og etasjeskillere legges inn. Informasjonen som legges inn under luftmengder er verdier for avtrekk, og ved balansert ventilasjon må det også fylles inn verdier for tilluft.

#### 4.1.2 U-verdiberegninger

Noen av u-verdiene benyttet i simuleringene er beregnet for den tidligere bacheloroppgaven. Verdiene er kontrollregnet ved utarbeidelse av denne oppgaven, noe som ga lignende verdier. Det ble derfor besluttet å bruke de fleste verdiene fra den tidligere bacheloroppgaven. I tillegg ble det mottatt beregninger fra intern veileder, som har skrevet oppgave om Flatåsaunet borettslag (63). Gruppen har valgt å erstatte den tidligere bacheloroppgavens verdier for Flatåsaunet med verdiene beregnet av intern veileder. Dette ble gjort på grunnlag av manglende dokumentasjon av beregninger i den tidligere bacheloroppgaven. Intern veileder har dokumentert valgte faktorer som gjør verdiene mer etterprøvbare.

### 4.1.3 Kontraktsgrunnlag

Gruppen mottok kontraktsgrunnlag for alle borettslagene fra oppdragsgiver TOBB, med forbehold om at grunnlaget skulle behandles konfidensielt. Grunnlaget besto av tilbydernes priser på alle detaljene i byggeprosjektene. Det er derfor valgt å ikke spesifisere alle kostnader som er under de ulike postene det er delt inn etter. I grunnlagene der det var flere tilbydere ble det valgt å benytte gjennomsnittspris.

### 4.1.4 Inneklimatemålinger

I forbindelse med de tre oppgraderingsprosjektene ble det utført inneklimatemålinger av TOBB og av Rambøll Norge AS. Disse målingene ser nærmere på endringer i CO<sub>2</sub>-nivå og luftfuktighet. Resultatene er blitt prosessert i tidligere bacheloroppgave og gjengis kort i denne oppgaven (3).

#### 4.1.4.1 Brundalen borettslag

Resultatene fra målinger på inneklimate utført på Brundalen borettslag, er presentert i Tabell 6. Disse målingene er utført av Rambøll Norge AS, som følge av misnøye blant beboere om dårlig inneklimate. Målingene er derfor gjennomført etter oppgradering og var lokalisert i den utvalgte leilighetens stue (3).

Tabell 6: Inneklimatemålinger for Brundalen borettslag (3).

	<b>CO<sub>2</sub>-nivå [ppm]</b>	<b>Luftfuktighet [% RF]</b>
Gjennomsnitt	876	39
Minimumsverdi	420	32
Maksimumsverdi	1560	50

#### 4.1.4.2 Flatåsaunet borettslag

Resultatene fra feltundersøkelsen utført i en utvalgt leilighet i Flatåsaunet borettslag er vist i Tabell 7. Målingene før oppgradering ble utført i en periode på seks døgn høsten 2017. Etter oppgradering ble det utført målinger i en periode på ni døgn våren 2018, i samme leilighet (3).

Tabell 7: Inneklimatemålinger for Flatåsaunet borettslag (3).

	CO <sub>2</sub> -nivå [ppm]		Luftfuktighet [% RF]	
	Før	Etter	Før	Etter
<b>Stue</b>				
Gjennomsnitt	914	759	36,0	32,7
Minimumsverdi	396	515	27,6	27,5
Maksimumsverdi	2316	1265	47,3	41,3
<b>Soverom</b>				
Gjennomsnitt	1011	760	40,8	34,5
Minimumsverdi	420	492	36,1	29,4
Maksimumsverdi	1076	1125	57,0	40,0

Målingene viser at både CO<sub>2</sub>-nivå og luftfuktigheten har blitt betydelig lavere etter oppgradering. Luftfuktigheten var blant annet høy med en maksimumsverdi på 57 %RF på soverommet før oppgradering. Denne maksimumsverdien har etter oppgradering blitt 40 %RF og havner derfor innenfor de anbefalte verdiene for luftfuktighet. CO<sub>2</sub>-nivået har på begge rom fått en lavere gjennomsnittsverdi, men høyere minimum- og maksimumsverdi (3).

#### 4.1.4.3 Nardo Søndre borettslag

Resultatene fra feltundersøkelsen utført i en utvalgt leilighet i Nardo Søndre borettslag, er vist i Tabell 8. Målinger før oppgradering ble utført med en varighet på fem døgn i mars 2018. Det ble i tillegg utført to etter-målinger, i en periode på fem døgn i april 2018 og i en periode på fire døgn i mai 2018. Disse målingene har ikke blitt utført i samme leilighet (3).

Tabell 8: Inneklimamålinger for Nardo Søndre borettslag (3).

	CO <sub>2</sub> -nivå [ppm]		Luftfuktighet [% RF]	
	Før	Etter	Før	Etter
<b>Stue</b>				
Gjennomsnitt	571	657	23	26
Minimumsverdi	413	396	19	19
Maksimumsverdi	1083	1218	31	33
<b>Soverom</b>				
Gjennomsnitt	625	690	30	26
Minimumsverdi	360	408	26	20
Maksimumsverdi	1486	1750	37	35
<b>Kjøkken</b>				
Gjennomsnitt	516	655	24	23
Minimumsverdi	369	400	42	36
Maksimumsverdi	980	1488	19	28

CO<sub>2</sub>-nivået på Nardo Søndre har økt etter oppgradering, i alle gjeldende rom. Luftfuktigheten på soverom og kjøkken har blitt mindre, men den har økt på stuen. Her er både maksimum-, minimums- og gjennomsnittsverdien innenfor anbefalt verdi på mellom 20-40 %RF (3).

## 4.2 Bearbeiding av tall

### 4.2.1 Microsoft Office Excel

I denne oppgaven er det valgt å benytte Microsoft Office Excel til tallbehandling. Det innebærer at programvaren er benyttet til å fremstille flere av resultatene. Investeringskostnadene i form av kontraktsgrunnlag for de ulike prosjektene ble tilsendt i excel-format, og det ble derfor naturlig å fortsette å bruke programmet videre. Kostnadene ble summert for hver post, og videre delt inn etter de ulike tilfellene som benyttes i denne rapporten.

Videre ble Excel brukt for å kalkulere hva investeringskostnaden til de ulike tilfellene ville bli etter endt løpetid på lånet, altså 30 år. Her ble den innebygde avdragsfunksjonen i Excel brukt for å finne det årlige avdraget på lånet, og summen av disse ble investeringskostnaden inkludert renter. I denne beregningen er det ikke tatt hensyn til andre skatter og avgifter på lånet. Excel ble også benyttet for å beregne reduksjon av lekkasjetallet med grunnlag i metoden forklart i kap. 4.3. Formelen ble skrevet inn, sammen med de ulike inndataene, som ga resulterende reduksjon. Deretter var det mulig å kalkulere det nye reduksjonstallet.

For å sammenligne tilfellene i prosjektene ble det besluttet å beregne den prosentvise besparelsen av investeringen og strømkostnaden. På denne måten ble det mulig å vurdere lønnsomheten til de ulike tilfellene. Excel ble derfor benyttet som behandlingsverktøy for prosentberegningen. Det siste av resultatene som ble produsert i Excel var tilbakebetalingstiden. Ved bruk av en enkel fremgangsmåte som går ut på å dele investeringskostnaden på den årlige kontantstrømmen, ble tilbakebetalingstiden kalkulert. Denne metoden er forklart ytterligere i kap. 4.5.

### 4.2.2 Matlab

For grafisk behandling av resultater ble det valgt å benytte programmet Matlab R2018a. Dette er et matematisk dataverktøy som benytter et scriptspråk og produserer grafiske fremstillinger. Scriptet føres inn i arbeidsfanen, hvor det deretter kjøres for å produsere ønsket figur. Et eksempel på kode som er benyttet i denne oppgaven er vist i Figur 14.

```
y = [4.1,7.5,6.5;7.0,0.7,2.7;7.5,2.2,3.4;0,2.2,3.9];
bar(y)
set(gca,'XTickLabel',{'2';'3';'4';'5'})
ax = gca;
ax.YAxis.Exponent = 0;
```

Figur 14: Eksempelkode i Matlab.

### 4.3 Reduksjon av lekkasjetall

Ved utskifting av vindu og dører vil lekkasjetallet påvirkes. I simuleringene der kun vinduene og dørene skiftes, er det behov for å redusere lekkasjetallet. Metoden som er brukt for å kalkulere reduksjonen er publisert av Ridley et al. (64). Formelen som benyttes er vist i Formel 1 og ser på endringen i luftlekkasjen. For å benytte denne ligningen må antall vindu som skal erstattes, byggets volum og strømningskoeffisienten for de gamle vinduene være kjent.

$$(A_o - A_n) = 1882 \left(\frac{N}{V}\right) C_o \quad (1)$$

$A_o$  = Luftutskiftningsrate for eldre vindu

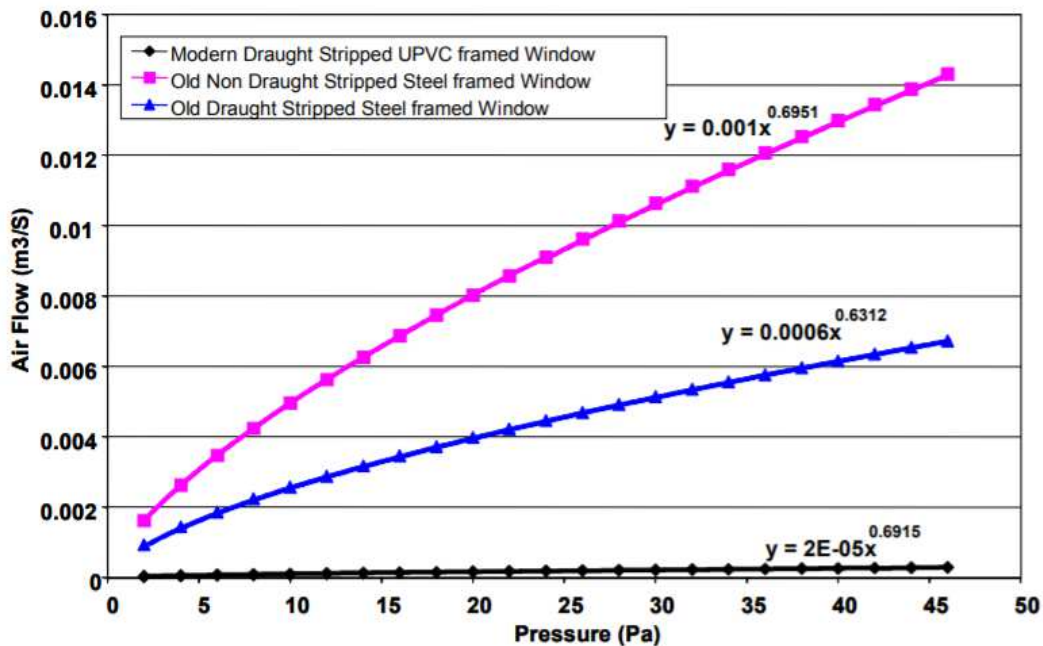
$A_n$  = Luftutskiftningsrate for nye vindu

$N$  = Antall vindu som skal utskiftes

$V$  = Byggets volum

$C_o$  = Strømningskoeffisient for eldre vindu

Strømningskoeffisienten finnes ved å benytte Figur 15. Strømningskoeffisienten er stigningstallet i funksjonsuttrykket til de ulike vinduene. Derfor må koeffisienten velges etter hvilke typer vinduer det jobbes med, og i denne oppgaven er det benyttet «Old draught stripped steel framed window».



Figur 15: Strømningskarakteristika for forskjellige typer vindu (64).

## 4.4 Inndata i Simien

De viktigste inndataverdiene for Simien-simuleringene er presentert i Tabell 9, Tabell 10 og Tabell 11. Disse verdiene har opphav i ulike kilder, og er derfor samlet i denne kapittelet for å gi en oversiktlig fremstilling av benyttede data. Øvrige verdier finnes i vedlegg D.

Tabell 9: Inndata Simien, u-verdier, lekkasjetall og ventilasjonssystem, Brundalen.

<b>Brundalen</b>								
	U-verdi						Annet	
	Yttervegger				Dør	Vindu	Lekkasjetall	Ventilasjon
	Nord	Øst	Sør	Vest				
Tilfelle 1	0,38	0,33	0,32	0,36	2,7	2,4	1,5	Naturlig
Tilfelle 2	0,38	0,33	0,32	0,36	0,8	0,8	0,78	Naturlig
Tilfelle 3	0,17	0,19	0,19	0,18	2,7	2,4	0,6	Naturlig
Tilfelle 4	0,17	0,19	0,19	0,18	0,8	0,8	0,6	Naturlig

Tabell 10: Inndata Simien, u-verdier, lekkasjetall og ventilasjonssystem, Flatåsaunet.

<b>Flatåsaunet</b>								
	U-verdi						Annet	
	Yttervegger				Dør	Vindu	Lekkasjetall	Ventilasjon
	Nord	Øst	Sør	Vest				
Tilfelle 1	0,30	0,33	0,30	0,33	1,9	2,0	1,50	Naturlig
Tilfelle 2	0,30	0,33	0,30	0,33	0,8	0,8	0,65	Naturlig
Tilfelle 3	0,15	0,15	0,15	0,15	1,9	2,0	0,60	Balansert
Tilfelle 4	0,15	0,15	0,15	0,15	0,8	0,8	0,60	Naturlig
Tilfelle 5	0,15	0,15	0,15	0,15	0,8	0,8	0,60	Balansert

Tabell 11: Inndata Simien, u-verdier, lekkasjetall og ventilasjonssystem, Nardo Søndre.

<b>Nardo Søndre</b>								
	U-verdi						Annet	
	Yttervegger				Dør	Vindu	Lekkasjetall	Ventilasjon
	Nord	Øst	Sør	Vest				
Tilfelle 1	0,37	0,28	0,37	0,28	2,7	2,4	1,50	Naturlig
Tilfelle 2	0,37	0,28	0,37	0,28	0,8	0,8	0,83	Naturlig
Tilfelle 3	0,18	0,15	0,18	0,15	2,7	2,4	0,60	Lunos
Tilfelle 4	0,18	0,15	0,18	0,15	0,8	0,8	0,60	Naturlig
Tilfelle 5	0,18	0,15	0,18	0,15	0,8	0,8	0,60	Lunos



## 4.5 Tilbakebetalingsmetoden

Det å finne inntjeningen til de ulike prosjektene er en svært kompleks prosess. Derfor ble det besluttet å benytte tilbakebetalingsmetoden. Denne metoden er enkel og ser på hvor lang tid det tar før inntjeningen har tjent inn investeringen. I denne oppgaven vil inntjeningen være den årlige besparelsen i strømkostnad. For å gjøre dette benyttes en gjennomsnittlig strømpris. Statistikken for strømprisen de siste 30 årene er vist i Figur 5, og gir et bilde på hvordan prisen vil fortsette å utvikle seg de neste årene. Ved å øke strømprisen med 3,5% årlig, oppnås samme prisvekst i løpet av den neste tredveårsperioden.

For å vurdere de ulike tiltakene er det brukt en gjennomsnittlig strømpris for den tekniske levetiden til tiltakene. De tekniske levetidene er presentert i Tabell 12 og vil være utgangspunktet for videre beregning av tilbakebetaling.

Tabell 12: Teknisk levetid for bygningsdeler.

Bygningsdel	Antatt teknisk levetid
Brundalen: Cembrit fasadeplater (65)	Min. 45 år
Flatåsaunet: Fundermax fasadeplater (66)	30 år
Nardo: Swisspearl fasadeplater (67)	40 år
Rockwool isolering (68)	Mer enn 60 år
NorDan vinduer (69)	25 år

Videre må det tas hensyn til at investeringsbeløpet vil være større om 30 år enn hva det er i dag, blant annet på grunn av renter. Excel er benyttet for å finne det årlige avdrag på lånet, slik at investeringen ved endt låneperiode finnes. Alle prosjektene i denne oppgaven har husbanklån med 30 års løpetid og en rente mellom 2 - 4%. Til slutt finnes besparelsen i levert energi for de ulike tilfellene, og multipliserer denne med den gjennomsnittlige strømprisen. Tilbakebetalingstiden finnes da ved å ta investeringsbeløpet inkludert renter dividert på strømbesparelsen.

## 5. Resultater

Resultatene er produsert etter metodene beskrevet i kapittel 4. Først blir investeringskostnadene presentert i en tabell. Disse kostnadene er fordelt på tiltak, og videre delt inn etter tilfellene. Deretter er det lagt til renter på investeringskostnadene, for å finne den totale summen som blir brukt på oppgraderingene. For å finne levert energi til bygget ved tilfelle 2 er det blitt beregnet en reduksjon i lekkasjetall, som videre har blitt lagt inn Simien. Øvrige tilfeller er også simulert i Simien, og differansen i levert energi ble brukt for å presentere mulig besparelse i strømkostnad. Den mulige besparelsen er sammenlignet med investeringskostnaden ved hjelp av to metoder. I tillegg er tilbakebetalingsmetoden benyttet for å vurdere lønnsomheten til prosjektene.

### 5.1 Investeringskostnader

Investeringskostnadene er analysert og fordelt under poster som fremkommer i vedlegg 3. Disse kostnadene representerer den totale investeringen som ble gjort i prosjektene. Vedlegget viser også fordeling per blokk, per leilighet og per kvadratmeter. Videre ble kostnadene fordelt under vedlikehold og oppgradering. Generelle kostnader er fordelt etter erfaringstall fra oppdragsgiver som sier at oppgraderingskostnadene står for 25% av kostnadene i et prosjekt. Disse kostnadene er delt inn i per blokk for videre beregninger, som vist i Tabell 13, ettersom det er simulert for hver blokk.

Tabell 13: Oppgraderingskostnader per blokk [NOK].

	<b>Brundalen</b>	<b>Flatåsaunet</b>	<b>Nardo Søndre</b>
Generelle kostnader	35 746	423 946	342 801
Etterisolering	376 847	1 656 519	530 470
Bytte av vindu og dører	678 188	3 531 625	1 117 527
Luftbehandling	0	3 284 914	575 000
Etterisolering av tak	99 307	1 077 699	9 525
Balkong	0	4 835 745	2 725 435
<b>Totalt</b>	<b>1 190 088</b>	<b>14 810 447</b>	<b>5 300 759</b>

Til slutt er kostnadene delt opp etter de samme tilfellene som tidligere beskrevet. Disse kostnadene representerer hver blokk, og det er tatt hensyn til de aktuelle blokkene simuleringene er blitt utført for. Resultatene er presentert i Tabell 14 og benyttes videre for beregning av total investering.

Tabell 14: Oppgraderingskostnader fordelt på tilfeller [NOK].

	<b>Brundalen</b>	<b>Flatåsaunet</b>	<b>Nardo Søndre</b>
Tilfelle 2	687 125	3 616 414	1 186 087
Tilfelle 3	502 964	11 194 033	4 114 671
Tilfelle 4	1 190 088	11 440 744	4 657 198
Tilfelle 5	-	14 810 447	5 300 758

### 5.1.1 Total investering

Det er blitt konstruert en nedbetalingsplan der det er tatt hensyn til renter, men ikke andre gebyrer som kan påløpe, se Tabell 15. Nedbetalingsplanen er for et annuitetslån. I denne beregningen er det brukt en rente på 3%, og en nedbetalingstid på 30 år. Dette er for å kunne finne den totale investeringssummen i løpet av låneperioden, som benyttes i videre beregninger.

Tabell 15: Investeringskostnader inkludert renter [NOK].

	Tilfelle 2	Tilfelle 3	Tilfelle 4	Tilfelle 5
<b>Brundalen</b>				
Lånebeløp	687 125	502 964	1 190 088	-
Årlig innbetaling	35 057	25 661	60 717	-
Totalt	1 051 698	769 825	1 821 523	-
<b>Flatåsaunet</b>				
Lånebeløp	3 616 404	11 197 033	11 440 744	14 810 447
Årlig innbetaling	184 507	571 111	583 698	755 618
Totalt	5 535 203	17 133 338	17 510 948	22 668 541
<b>Nardo Søndre</b>				
Lånebeløp	1 186 087	4 114 671	4 657 198	5 300 758
Årlig innbetaling	60 513	209 927	237 607	270 441
Totalt	1 815 399	6 297 824	7 128 204	8 113 223

## 5.2 Reduksjon i lekkasjetall

Ved simulering av borettslagene ved tilfelle 2, vil det være behov for en reduksjon i lekkasjetall. I Tabell 16 er størrelsen på reduksjonen presentert, samt hva det nye lekkasjetallet er. For det nye lekkasjetallet er det tatt utgangspunkt i et opprinnelig lekkasjetall på  $1,5 \text{ h}^{-1}$ , i henhold til gjeldende byggeforskrifter for byggene.

Tabell 16: Reduksjon i lekkasjetall.

	Antall vindu	Volum av bygg [ $\text{m}^3$ ]	Reduksjon i vanlig trykk [ $\text{h}^{-1}$ ]	Reduksjon ved 50 Pa [ $\text{h}^{-1}$ ]	Lekkasjetall etter reduksjon [ $\text{h}^{-1}$ ]
Brundalen	79	2465	0,036	0,724	0,776
Flatåsaunet	280	7450,3	0,042	0,849	0,651
Nardo Søndre	181	6073,2	0,034	0,673	0,827

### 5.3 Levert energi

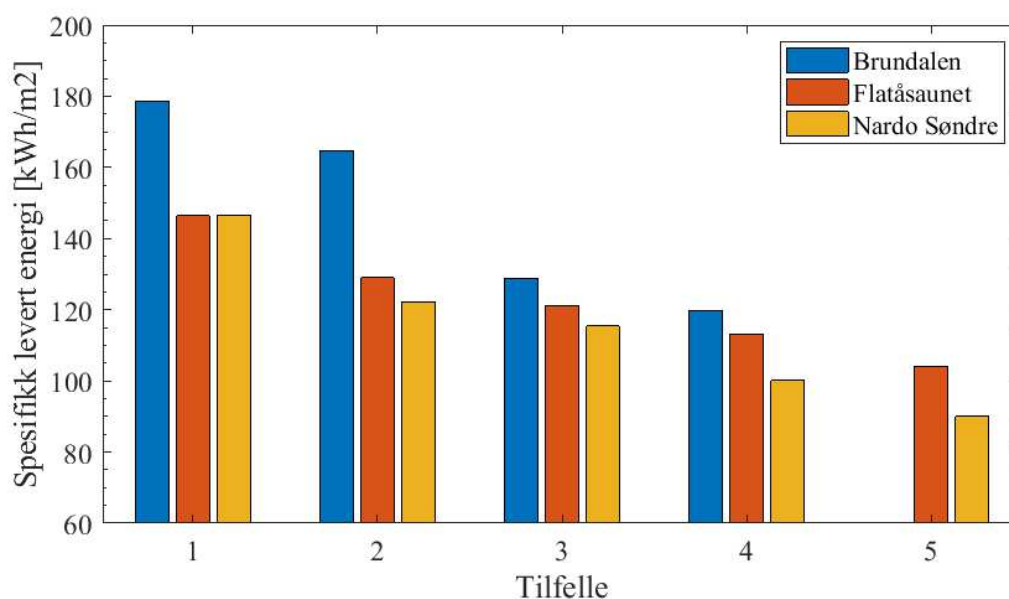
Simuleringene har resultert i verdier for netto levert energi til de ulike byggene benyttet i denne oppgaven. Resultatene er presentert i Tabell 17 og grafisk fremstilt som en sammenstilling i Figur 16. Disse verdiene legger grunnlaget for videre beregning av blant annet kostnadsbesparelser og tilbakebetalingstid. I tillegg er prosentvis reduksjon fra tilfelle 1 presentert i Tabell 18 og brukes for å diskutere virkningen av tiltakene.

Tabell 17: Netto levert energi [kWh] og netto spesifikk levert energi [kWh/m<sup>2</sup>].

	Brundalen		Flatåsaunet		Nardo Søndre	
	Levert energi	Spesifikk levert energi	Levert energi	Spesifikk levert energi	Levert energi	Spesifikk levert energi
Tilfelle 1	169 686	178,6	566 291	146,4	376 406	146,5
Tilfelle 2	156 420	164,7	499 172	129,0	313 694	122,1
Tilfelle 3	122 424	128,9	498 579	120,3	296 418	115,4
Tilfelle 4	113 858	119,9	469 332	113,2	257 514	100,2
Tilfelle 5	-		431 885	104,2	231 424	90,1

Tabell 18: Prosentvis reduksjon fra tilfelle 1.

	Tilfelle 2	Tilfelle 3	Tilfelle 4	Tilfelle 5
<b>Brundalen</b>	7,78	27,83	32,90	-
<b>Flatåsaunet</b>	11,89	17,83	22,68	28,83
<b>Nardo Søndre</b>	16,66	21,25	31,59	38,52



Figur 16: Sammenstilling av spesifikk levert energi for hvert borettslag.

## 5.4 Sammenligning av tiltak

For å se på lønnsomheten til de ulike prosjektene og tiltakene, ble det valgt å analysere resultatene etter to ulike metoder. Den første metoden sammenligner den årlige besparelsen i energikostnad mot den totale investeringen for tilfellet. Ved sammenligningen ble det tatt hensyn til investering både med og uten renter. Den andre metoden sammenligner den årlige besparelsen i strømkostnad med strømkostnaden før oppgradering. Derfor er det mulig å sammenligne lønnsomheten til tilfellene mot valget om å ikke oppgradere.

### 5.4.1 Forventet prosentvis besparelse av investering

For å sammenligne de ulike tilfellenes lønnsomhet er den prosentvise årlige besparelsen av tiltakets investering funnet. Beregningene viser at det er mulig å oppnå en besparelse i strømkostnad som tilsvarer prosentandeler av investeringen, presentert i Tabell 19, Tabell 20 og Tabell 21. Verdiene i tabellene viser hvordan lønnsomheten til de ulike tilfellene kan være forskjellige i de ulike prosjektene. Det er tatt utgangspunkt i en strømpris på 2,017 kr/kWh for alle tilfellene.

Tabell 19: Forventet prosentvis besparelse av investeringen for Brundalen borettslag.

<b>Brundalen borettslag</b>	<b>Tilfelle 2</b>	<b>Tilfelle 3</b>	<b>Tilfelle 4</b>
Investering [kr]	687 125	502 964	1 190 088
Investering inkl. renter [kr]	1 051 698	769 825	1 821 523
Strømbesparelse [kWh]	13 266	47 262	55 828
Energikostnad [kr]	26 758	95 328	112 605
Prosentvis besparelse ekskl. renter	3,9	19,0	12,4
Prosentvis besparelse inkl. renter	2,5	9,5	6,2

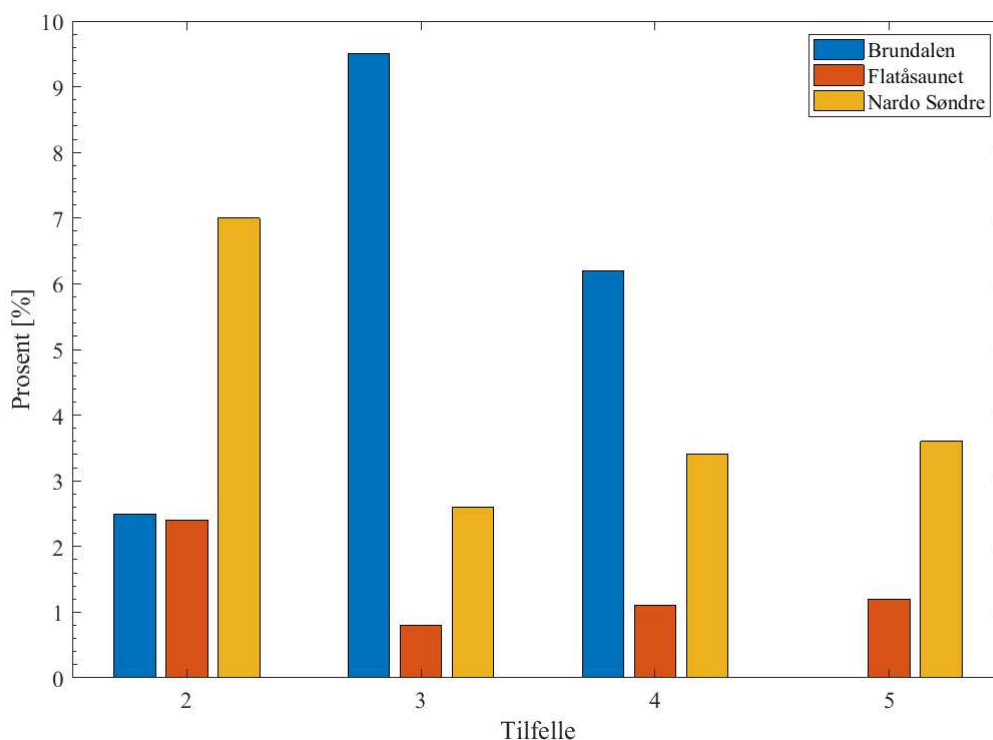
Tabell 20: Forventet prosentvis besparelse av investeringen for Flatåsaunet borettslag.

<b>Flatåsaunet borettslag</b>	<b>Tilfelle 2</b>	<b>Tilfelle 3</b>	<b>Tilfelle 4</b>	<b>Tilfelle 5</b>
Investering [kr]	3 616 414	11 194 033	11 440 744	14 810 447
Investering inkl. renter [kr]	5 535 203	17 133 338	17 510 948	22 668 541
Strømbesparelse [kWh]	67 119	67 712	96 959	134 406
Energikostnad [kr]	135 379	136 575	195 566	271 097
Prosentvis besparelse ekskl. renter	3,7	1,2	1,7	1,8
Prosentvis besparelse inkl. renter	2,4	0,8	1,1	1,2

Tabell 21: Forventet prosentvis besparelse av investeringen for Nardo Søndre borettslag.

Nardo Søndre borettslag	Tilfelle 2	Tilfelle 3	Tilfelle 4	Tilfelle 5
Investering [kr]	1 186 087	4 114 671	4 657 198	5 300 758
Investering inkl. renter [kr]	1 815 399	6 297 824	7 128 204	8 113 223
Strømbesparelse [kWh]	62 712	79 988	118 892	144 982
Energikostnad [kr]	126 490	161 336	239 805	292 429
Prosentvis besparelse ekskl. renter	10,7	3,9	5,1	5,5
Prosentvis besparelse inkl. renter	7,0	2,6	3,4	3,6

For å få et bedre bilde på hvordan lønnsomheten til de ulike tilfellene er i de forskjellige prosjektene er det produsert en grafisk fremstilling. Denne grafiske fremstillingen er presentert i Figur 17, og viser den prosentvise besparelsen av investeringen inkludert renter for alle borettslagene. På denne måten er det enklere å se hvilke tiltak som har vært gunstige i de ulike prosjektene.



Figur 17: Prosentvis besparelse av investering inkludert renter.

### 5.4.2 Forventet prosentvis besparelse av strømkostnad

For en annen fremstilling av besparelsen oppgraderingene medfører, er det valgt å sammenligne strømkostnad før og etter oppgradering. Resultatet er den årlige prosentvise besparelsen i strømkostnad. Lønnsomheten til de ulike tiltakene vil da illustreres på en annen måte, som fremkommer i Tabell 22, Tabell 23 og Tabell 24. Det er også tatt utgangspunkt i en gjennomsnittlig strømpris på 2,017 kr/kWh for disse beregningene.

Tabell 22: Forventet prosentvis besparelse av strømkostnad for Brundalen borettslag.

<b>Brundalen borettslag</b>	Tilfelle 2	Tilfelle 3	Tilfelle 4
Levert energi uten oppgradering [kWh]	169 686		
Årlig strømkostnad uten oppgradering [kr]	342 257		
Årlig besparelse i strøm [kWh]	13 266	47 262	55 828
Energikostnad for strømbesparelsen [kr]	26 758	95 328	112 605
Kostnadsbesparelse [%]	7,8	27,9	32,9

Tabell 23: Forventet prosentvis besparelse av strømkostnad for Flatåsaunet borettslag.

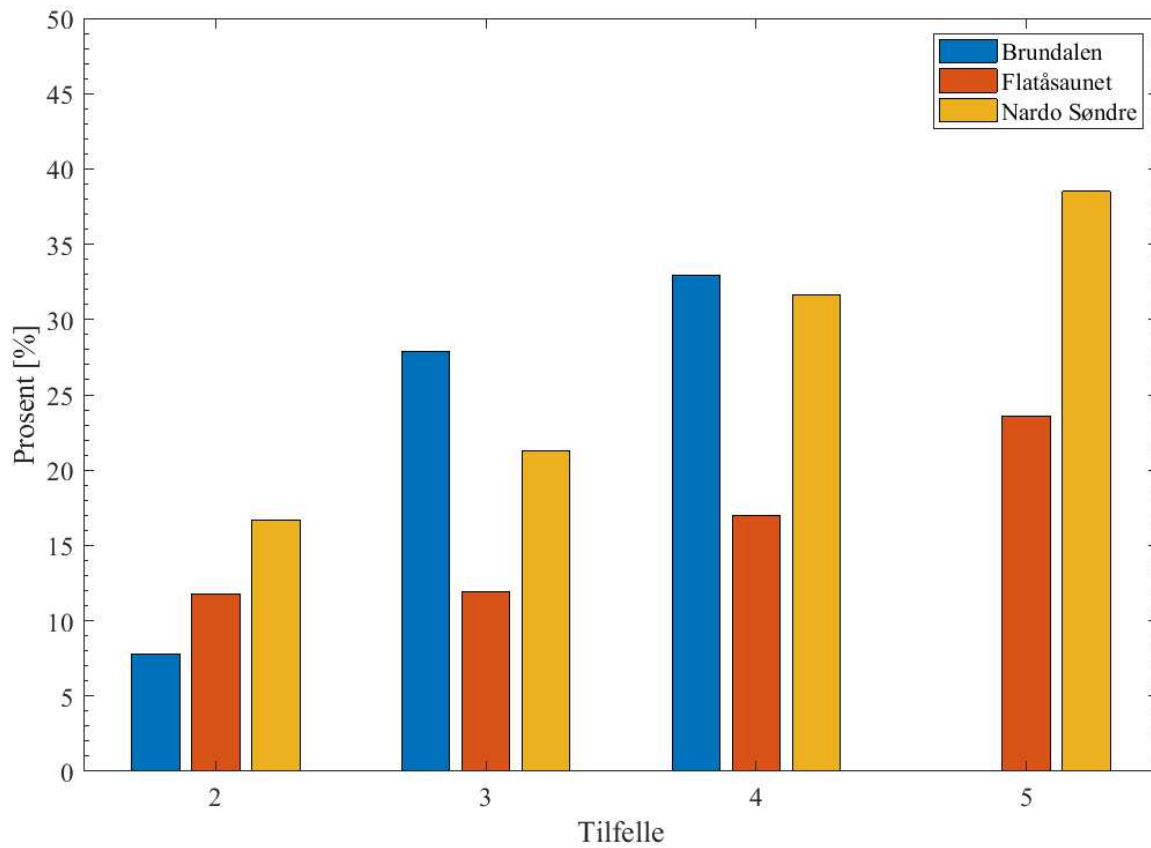
<b>Flatåsaunet borettslag</b>	Tilfelle 2	Tilfelle 3	Tilfelle 4	Tilfelle 5
Levert energi uten oppgradering [kWh]	570 034			
Årlig strømkostnad uten oppgradering [kr]	1 149 759			
Årlig besparelse i strøm [kWh]	67 119	67 712	96 959	134 406
Energikostnad for strømbesparelsen [kr]	135 379	136 575	195 566	271 097
Kostnadsbesparelse [%]	11,8	11,9	17,0	23,6

Tabell 24: Forventet prosentvis besparelse av strømkostnad for Nardo Søndre borettslag.

<b>Nardo Søndre borettslag</b>	Tilfelle 2	Tilfelle 3	Tilfelle 4	Tilfelle 5
Levert energi uten oppgradering [kWh]	376 406			
Årlig strømkostnad uten oppgradering [kr]	759 211			
Årlig besparelse i strøm [kWh]	62 712	79 988	118 892	144 982
Energikostnad for strømbesparelsen [kr]	126 490	161 336	239 805	292 429
Kostnadsbesparelse [%]	16,7	21,3	31,6	38,5



De beregnede resultatene er presentert i Figur 18. På denne måten er det lettere å sammenligne resultatene, og se på forskjellene mellom borettslagene. Eksempelvis fremkommer det at tilfelle 2 for Brundalen er lavere enn de andre borettslagene, mens det for tilfelle 3 og 4 er Flatåsaunet som har lavest lønnsomhet.



Figur 18: Prosentvis besparelse av strømkostnad.

## 5.5 Tilbakebetalingstid

Resultatene for tilbakebetalingstiden sier ingenting om hvor lang tid det tar før investeringen er inntjent som helhet. Den forteller hvor lang tid det tar før investeringen er tjent inn i form av besparelse i strøm.

### 5.5.1 Brundalen

Resultatene for utvalgt blokk i Brundalen borettslag er presentert i Tabell 25. Her fremkommer det at den totale oppgraderingen, tilfelle 4, vil ha lengre tilbakebetalingstid enn ved kun etterisolering, tilfelle 3. Kostnadene ved å bytte vindu og dører vil dermed være en faktor som øker tilbakebetalingstiden.

Tabell 25: Tilbakebetalingstid for Brundalen.

	<b>Investering med renter [kr]</b>	<b>Besparelse i levert energi [kWh]</b>	<b>Levetid [år]</b>	<b>Gjennomsnittlig strømpris [øre]</b>	<b>Tilbakebetalingstid [år]</b>
<b>Tilfelle 2</b>	1 051 698	13 266	30	201,7	39,3
<b>Tilfelle 3</b>	769 825	47 262	45	276,0	5,9
<b>Tilfelle 4</b>	1 821 523	55 828	30	201,7	16,2

### 5.5.2 Flatåsaunet

Resultatene for utvalgt blokk i Flatåsaunet borettslag er presentert i Tabell 26. I dette prosjektet er kostnadene for tilfelle 3 så høye at tilbakebetalingstiden blir stor. Bytte av vindu og dører vil være med på å redusere den totale tilbakebetalingstiden for prosjektet.

Tabell 26: Tilbakebetalingstid for Flatåsaunet.

	<b>Investering med renter [kr]</b>	<b>Besparelse i levert energi [kWh]</b>	<b>Levetid [år]</b>	<b>Gjennomsnittlig strømpris [øre]</b>	<b>Tilbakebetalingstid [år]</b>
<b>Tilfelle 2</b>	5 535 203	67 119	30	201,7	40,9
<b>Tilfelle 3</b>	17 133 338	67 712	30	201,7	125,4
<b>Tilfelle 4</b>	17 510 948	96 959	30	201,7	89,5
<b>Tilfelle 5</b>	22 668 541	134 406	30	201,7	83,6

For Flatåsaunet vil monteringen av ny balkong lønne seg på en annen måte enn mindre energibehov. Der bygges de eksisterende balkongene inn, og stuearealet øker med 9,1 m<sup>2</sup>. Dette kan være med på å øke verdien på leilighetene. Med en kvadratmeterpris på 39 597 kr/m<sup>2</sup>, kan kjøpesummen potensielt øke med 360 323 kr. Dette kan påvirke tilbakebetalingstiden positivt og gi et bedre resultat. På grunn av vanskeligheter med å anslå når dette beløpet inntjenes, er verdiøkningen ikke medregnet i tilbakebetalingstiden.

### 5.5.3 Nardo Søndre

Resultatene for utvalgt blokk i Nardo Søndre borettslag er presentert i Tabell 27. Ved dette prosjektet vil også kostnadene for tilfelle 3 være den sterkeste bidragsyteren for en høyere tilbakebetalingstid.

Tabell 27: Tilbakebetalingstid for Nardo Søndre.

	<b>Investering med renter [kr]</b>	<b>Besparelse i levert energi [kWh]</b>	<b>Levetid [år]</b>	<b>Gjennomsnittlig strømpris [øre]</b>	<b>Tilbakebetalingstid [år]</b>
<b>Tilfelle 2</b>	1 815 399	62 712	30	201,7	14,3
<b>Tilfelle 3</b>	6 297 824	79 988	40	248,0	31,7
<b>Tilfelle 4</b>	7 128 204	118 892	30	201,7	29,7
<b>Tilfelle 5</b>	8 113 223	144 982	30	201,7	27,3

## 6. Drøfting

Studentene har diskutert metodene som er brukt og drøfter om disse kan gi grunnlag for feil i resultatene og konklusjonen. Videre er det tatt stilling til om oppgaven svarer på problemstillingen. Som en del av dette drøftes hvordan valg av tiltak påvirker energibruken i bygget, og sammenlignes med størrelsen av investeringskostnaden. I tillegg diskuteres strømprisene som er lagt i grunn for beregningene. Et annet tema som er drøftet er inneklimatema, noe som er vanskelig å vurdere økonomisk. Nært dette ligger videreformidling av resultater til beboerne, og det har vært viktig i denne oppgaven at resultatet kan presenteres til beboere ved andre borettslag TOBB drifter. Studentene har videre tatt stilling til hvorvidt kildene som er benyttet er gode, og om det kan fremkomme feil i disse. Avslutningsvis er det sett nærmere på hvilken samfunnsnytte slike oppgraderinger har, og hvordan videre arbeid kan se ut.

### 6.1 Metode

I denne oppgaven ble det valgt å dele inn tiltakene i tilfeller. Investeringskostnadene kan påvirke resultatene, da også de er oppdelt i tilfeller. Ved utførelse av hvert enkelt tiltak hver for seg er totalkostnaden høyere enn når alle tiltakene utføres samtidig. I tillegg er simuleringene i Simien forenklet, noe som også vil kunne gi feil i resultatene. Videre må bruken av tilbakebetalingsmetoden diskuteres, og hvor realistisk disse resultatene er. En annen faktor er at oppgraderinger medfører økt fellesgjeld, noe som kan redusere interessen for boligen ved et eventuelt salg. Samtidig kan interessen og verdien av boligen påvirkes av økt standard ved oppgradering. Det kan være vanskelig å få nye elementer til å se bra ut mot eksisterende overflater, og det er derfor viktig å se på helheten i vurdering av oppgraderinger.

#### 6.1.1 Oppdeling i tilfeller

Det er flere svakheter ved å dele inn tiltakene i tilfeller og se på energi- og kostnadsbildet dersom enkelte tiltak ekskluderes. Blant annet er det vanskelig å si hvordan de ulike verdiene for veggene påvirkes av å bare bytte vindu og dører. Denne oppgaven har brukt en teoretisk metode for å sette lekkasjetallet ved tilfelle 2, som diskuteres i kapittel 6.1.2.. På Flatåsaunet tilfelle 3 er det gjort en teoretisk tilnærming. Dette tilfellet skal gjenspeile energibildet dersom de gamle vinduene hadde blitt demontert og remontert i den nye veggen. Tilfellet er ikke realistisk, men interessant å vurdere for å kunne analysere forskjellen mellom gamle og nye vindu og dører.

### **6.1.2 Reduksjon av lekkasjetall**

Ved utskifting av kun vindu og dører, vil det bli et redusert lekkasjetall. Det ble derfor benyttet en metode anbefalt av intern veileder. En svakhet ved denne metoden er at den ikke tar hensyn til vinduenes størrelse. Dersom et bygg har store vinduer er omkretsen til vinduene større enn for et bygg med samme antall mindre vinduer. Videre ble det valgt å benytte luftlekkasjetall fra de ulike byggeforskriftene ved simulering før oppgradering. Dette ble gjort fordi det var behov for underliggende dokumentasjon på valg av tall. Erfaringsmessig har oppdragsgiver opplevd at lekkasjetallet er betydelig høyere for bygg som ikke er oppgradert. Derfor vil simuleringene med lekkasjetall fra forskriftene muligens ikke være optimale, og kunne vært mer virkelighetsnær dersom reelle lekkasjetall hadde vært dokumentert.

### **6.1.3 Simien**

Det er valgt å utføre forenklete simuleringer hvor blant annet hver etasje er en egen sone. I virkeligheten vil trapperom være en egen sone, og ha en annen temperatur enn leilighetene. En av årsakene til at det ble valgt forenklete simuleringer er at gruppen mottok ferdige filer for borettslagene som var utført tidligere. For å ikke gjøre samme arbeid flere ganger ble det tatt en avgjørelse på å bruke disse filene i videre arbeid. Ved senere tid har gruppen vurdert om det hadde vært mye jobb å lage filene selv, og kommet frem til at det ikke nødvendigvis hadde gjort prosessen mer komplisert. Dersom gruppen hadde konstruert filene selv kunne det blitt simulert et mer korrekt energibilde, men andre resultater hadde potensielt måtte vike.

Gruppen kunne ha opprettet og utformet filene selv dersom det ikke allerede eksisterte brukbare filer. Simuleringene måtte da blitt opprettet tidlig i prosessen, og mengden resultater kunne blitt den samme. Ettersom mye av oppstartsprosessen gikk til å innhente teori og planlegge oppbygging av oppgaven, kunne egenkomponerte filer blitt for stor arbeidsmengde. Selv om det er enkelt å opprette Simien-filer må all informasjon om bygget legges inn, og dette utvikler seg fort til å bli en tidkrevende oppgave.

Ved Nardo Søndre er det et ventilasjonssystem som ikke er standard i programvaren. Systemet er en kombinasjon av balansert ventilasjon med mekaniske avtrekk, som gjør det vanskelig å få en korrekt simulering av anlegget. Simuleringene for den tidligere oppgaven inkluderte ikke mekaniske avtrekk, og det ble derfor besluttet å bruke samme oppsett for ventilasjonssystemet i denne rapporten. Avtrekkene trekker ut varm luft som ikke blir gjenvunnet, noe som gjør at simuleringene kan gi uriktige resultater.

I den tidligere rapporten er ikke fremgangsmåten for beregning av u-verdiene detaljert beskrevet. Den inneholder kun én eksempelberegning, og det er derfor vanskelig å si om verdiene er beregnet riktig. Gruppen har gjenskapt lignende verdier ved kontroll, og valgt å gå videre med de fleste av disse u-verdiene. Mangelen på fremgangsmåte for disse beregningene er derfor vurdert som kilde til feil i oppgaven.

Ved plotting av inndata for gulv ble det gjort antagelser for å sette riktige verdier. I Simien er resultatet for u-verdi gulv en ekvivalent u-verdi som består av flere inndata. Blant annet består den av grunnforholdene i tillegg til beregnet u-verdi for konstruksjonen. Her har gruppen antatt at grunnen består av leire eller silt for alle borettslagene, med grunnlag i kartdata hentet fra Trondheim kommune sine nettsider. Gruppen har ikke tilgang til prøver av grunnen i områdene, og dette kan derfor gjøre resultatene noe uriktige.

#### **6.1.4 Tilbakebetalingsmetoden**

Flere av kalkylemetodene ble vurdert for videre arbeid i denne rapporten. På grunn av kompleksiteten i å finne reell kontantstrøm for oppgraderingene, ble nåverdimetoden utelukket. I tillegg er dette en metode som en mindre andel av beboerne har et forhold til, og det ble derfor mest naturlig å bruke tilbakebetalingsmetoden.

Tilbakebetalingsmetoden er en enkel metode som ikke tar hensyn til renter som påløper. Den gir et resultat som raskt kan sammenlignes med levetiden til tiltaket, og sier noe om lønnsomheten. For beboere kan det være lettere å forholde seg til antall år før investeringen er inntjent enn investeringens nåverdi. I denne oppgaven benyttes det totale beløpet som investeres inkludert renter i beregningene. Dette ble gjort for å ta hensyn til det faktiske beløpet beboerne må betale. Det er fortsatt flere usikkerhetsmomenter ved denne metoden. Rentene kan øke, og da vil den totale summen bli høyere enn det som er beregnet i denne oppgaven.

Videre kan strømpriser variere utover det oppgaven har skissert, noe som påvirker den årlige besparelsen i strømkostnad. Strømprisen benyttet for beregningene er en snittpris for den levetiden de ulike tilfellene har. Som levetid er det valgt å benytte den tekniske levetiden til produktene, og for full oppgradering er det brukt 30 år som er løpetiden på lånet. Dette ble gjort på grunnlag av at det er vanskelig å vurdere økonomisk levetid på slike sammensatte tiltak, med mange elementer.

Denne oppgaven ser ikke på kontantstrømmen da det er en besparelse i strøm, og ikke en inntjening. Det vil i denne sammenhengen aldri være snakk om inntjening av penger, men et redusert årlig beløp å betale for strøm. Kontantstrømmen skal representere summen av penger inn og ut, og vil aldri gi en positiv sum. I denne situasjonen vil det ikke bli riktig å trekke besparelsen fra summen beboerne må betale på lånet i måneden, fordi den summen må betales uansett. Dette er viktig å videreformidle til beboerne, slik at de forstår hvordan lønnsomheten til prosjektet kan vurderes.

## 6.2 Problemstilling

Problemstillingen er å analysere hvordan tiltakene påvirker energibruken og kostnadene. Det er flere punkter som kan diskuteres for å analysere om problemstillingen er besvart. Først må arbeidet som er utført vurderes, deretter kan det diskuteres hva som kunne blitt gjort for å besvare problemstillingen på en bedre måte.

I denne oppgaven har det blitt utført simuleringer for å se på hvordan oppgraderingene påvirker energibruken når alle tiltakene er utført, samtidig som noen av tiltakene er ekskludert for å se hvilke innvirkninger det har. Kostnadene er delt opp på samme måte, for å se hvor stor investeringssummen blir ved de forskjellige tilfellene. Dette brukes igjen til å sammenligne hvor mange prosent av investeringen som blir bespart i strømkostnader. På denne måten er det mulig å si hvilke tiltak og kombinasjoner av tiltak som lønner seg.

Samtidig er det flere analyser som kunne ha blitt gjort for å fremstille andre resultater. Gruppen gjorde avgrensninger for å unngå en overbelastende arbeidsmengde, men andre analyser kunne gitt mer virkelighetslike resultater. For eksempel er det ikke sett på virkningen av økt eller redusert mengde isolasjon ved etterisoleringen. Dette kunne gitt den optimale isolasjonsmengden med tanke på forholdet mellom besparelser i strøm og investeringskostnad. På samme måte er det ikke blitt analysert hvor stor virkning det har hatt at det er blitt montert vinduer med u-verdi på 0,8 mot standard vinduer med u-verdi på 1,2. Når tiltakene ble delt inn i tilfeller ble det satt begrensninger på andre analyser som kunne blitt gjennomført. Gruppen antar at det er en vesentlig forskjell i kostnadene på disse typene vindu, og mener at det kunne vært interessant å sett på hvor stor innvirkning det kunne hatt på den totale energibruken.

## 6.3 Energibehov

Ved å dele inn i tilfeller med ulike tiltak er det mulig å sammenligne energibehovet før og etter utførelse av tiltakene. Det er også mulig å analysere om noen tiltak utgjør større endringer i energibehovet enn andre. Oppgaven har sett på energibehovet ved de ulike tilfellene for borettslagene, og kommer i dette kapittelet til å diskutere resultatene av det.

### 6.3.1 Valg av ventilasjon

Det kan være vanskelig å få beboerne til å se verdien av et oppgradert ventilasjonssystem. Mange kan ha vanskelig for å forstå at bygget blir tettere når det etterisolereres, og at det ofte blir økt behov for luftutskifting. Før oppgraderingen var det kanskje trekk rundt vindu, dører og balkongdekker. Dette kan oppleves negativt, men det er også en kilde til frisk inneluft. For å få beboerne til å stemme for en tiltakspakke som inneholder oppgradering av ventilasjonssystem, kan det gjennom beslutningsprosessen være viktig å vise til resultater fra andre prosjekter.

På Brundalen borettslag har noen av beboerne montert balansert ventilasjon på eget initiativ, og det antas at dette er på grunn av at inneluften generelt blir dårligere med tettere bygg. Øvrige leiligheter har beholdt naturlig ventilasjon, og i simuleringene ser det ut som et godt valg. Det simuleringene ikke tar hensyn til er at luften blir tettere, og at en mulig følge av dette er at beboerne åpner vinduene. Dette kan føre til at det brukes mer energi på romoppvarming, og da vil ikke simuleringene gi et godt bilde på hvordan energisituasjonen er i virkeligheten.

Valget av et desentralisert balansert ventilasjonssystem på Nardo Søndre kan sees på som et kompromiss mellom naturlig/mekanisk og balansert ventilasjon. Det er et mindre inngrep i leilighetene enn ved sentralisert balansert ventilasjon og har en mindre kostnad. Produktet Lunos e2 oppgis å ha varmegjenvinningsgrad på 90,6%, men det er vanskelig å finne forskning som støtter opp under dette. På grunn av at det fortsatt er avtrekk på kjøkken og bad vil mye varm luft trekkes direkte ut gjennom avtrekkene, og varmen blir ikke gjenvunnet. Dette vil kunne redusere den totale varmegjenvinningsgraden i leiligheten og øke oppvarmingsbehovet.

Et annet spørsmål som må stilles om desentralisert balansert ventilasjon er om det fungerer i det kalde klimaet i Norge. Siden viftene reverserer luftstrømningen hvert syttiende sekund, er det relevant å diskutere om uteluft med temperaturer ned mot -20 °C kan varmes opp til +20 °C på 70 sekunder. Dersom det fungerer er det en god løsning, men mangelen på dokumentert forskning gjør at det stilles spørsmål til løsningen. Det er mulig at dette systemet fungerer best i andre land i Europa som har høyere temperaturer i vinterhalvåret.



Vedlikeholdskostnadene ved å montere et sentralisert system er antatt høyere enn å ikke montere noe ventilasjonssystem. Det er ikke sikkert at det lønner seg kostnadmessig å montere systemet, men det er ikke alltid kostnadsbesparelsene som er grunnen til at folk ønsker å montere det. Resultatet fra simuleringene viser at å montere desentralisert balansert ventilasjon på Nardo Søndre, gjør det mulig å spare 10,1 kWh/m<sup>2</sup>. Montering av sentralt balansert ventilasjonssystem på Flatåsaunet utgjør en besparelse på 9,0 kWh/m<sup>2</sup> mot å beholde naturlig ventilasjon. Disse resultatene tilsier at det desentraliserte systemet er bedre enn sentralt balansert ventilasjonssystem. Gruppen stiller seg derimot kritisk til resultatene på grunn av de faktorene som er nevnt i avsnittene over.

### **6.3.2 Bytte av vinduer**

Ved bytte av vindu er det ikke bare u-verdien til selve vinduet som er betydningsfullt, men også hvordan vinduet monteres. Korrekt montering og valgt monteringsmetode kan ha innvirkning på vinduets totale u-verdi. Tegninger av vindusmonteringen på de ulike prosjektene tilsier at det er valgt forskjellige innsettingsmetoder. På Brundalen benyttes innsettingsmetoden der vinduet plasseres jevnt med isolasjonssjiktet i veggen. Flatåsaunet har innsetting der sporet i bunnkarmen av vinduet er plassert jevnt med vindspærren, mens Nardo Søndre har vinduet plassert lenger inn i isolasjonssjiktet.

Alle disse metodene har fordeler og ulemper som vil være med på å påvirke effekten av å bytte vindu. Fordeler med metoden valgt på Brundalen er blant annet at det er lettere å utføre regntetting og unngå fuktskader, og det er mindre avskjerming som gir mer dagslys. Ulemper er at det oppstår en høyere kuldebroverdi og en økt risiko for utvendig kondens. I en energieffektiv bolig er det ikke gunstig at denne innsettingen av vindu fører til høyere kuldebroverdi. Det kan heller argumenteres med at en slik innsetting gir bedre lys innvendig i boligen og dermed øket trivsel.

Innsettingsmetoden benyttet på Flatåsaunet har de samme fordelene og ulempene som på Brundalen. Vindusinnsettingen på Nardo Søndre vil gi en lavere kuldebroverdi og bedre skjerming av vinduet som vil redusere risikoen for kondens. Denne metoden øker faren for fuktskader, da det er mer komplisert å få korrekt utføring av membran og tetting av vinduet. Det er derfor ulike hensyn som må tas ved valg av type innsettingsmetode for vinduene, og fordelene må vurderes opp mot ulempene for prosjektene. Det at det er valgt forskjellige metoder på prosjektene i denne rapporten viser at innsettingen må tilpasses ulike behov og de ulike prosjektene.

### **6.3.3 Valg av tiltak**

Når det skal stemmes over hvilke av de foreslåtte tiltakene som skal utføres er det viktig med dokumentasjon på virkningen. For eksempel er det valgt ulik grad av oppgradering av tak på de forskjellige borettslagene. Denne oppgaven har ikke gått i dybden for å se på hvilken virkning dette har, men dersom borettslagene sammenlignes kan noen virkninger komme frem. Oppgradering av tak er et av tiltakene som er inkludert i tilfelle 3. I tillegg er etterisolering av vegg og grunnmur, oppgradering av balkong, og oppgradering av ventilasjon inkludert. Det er viktig å ta hensyn til alle de faktorene når resultatene skal analyseres.

#### **6.3.3.1 Tilfelle 2**

Noe som ofte sies er at vinduer kan stå for den største delen av varmetapet i et bygg. Det er vanskelig å vurdere dette utsagnet da det for Flatåsaunet og Nardo Søndre er det liten forskjell mellom tilfelle 2 og 3. Det er selvfølgelig viktig å tenke på alle faktorene som er medtatt for disse borettslagene, og det kan derfor være mer korrekt å se på Brundalen. Resultatene for Brundalen motsier utsagnet. Tilfelle 3 for dette borettslaget inkluderer bare etterisolering, selv om det er etterisolering av vegg, tak og grunnmur. Når differansen i spesifikk levert energi for tilfelle 2 og 3 sammenlignes med tilfelle 1, tilsier resultatene at det er dårlig isolerte vegger, tak og grunnmur som står for den største delen av varmetapet.

#### **6.3.3.2 Tilfelle 3**

Når det kommer til valget av å montere nye balkonger er det viktig å stille spørsmål til om det lønner seg. I teorien elimineres store kuldebroer, men det må vurderes om dette har noen innvirkning på energibehovet. Dersom differansen i spesifikk levert energi mellom tilfelle 1 og 3 på alle borettslagene sammenlignes, viser resultatene at det er Brundalen som kommer best ut med 49,7 kWh/m<sup>2</sup>. Dette kan tilsa at oppgradering av balkongene ikke har den ønskede effekten. Som nevnt under kapittel 6.3.1 er det flere faktorer som gjør at ventilasjonssystemene kan føre til feil i disse resultatene. Samtidig kan oppgradering av balkongene lønne seg på andre måter for Flatåsaunet. Med et økt stueareal kan verdien på boligen øke, noe som kan veie opp for dårlige resultater i investeringskalkylene.

### **6.3.3.3 Tilfelle 4**

Dersom differansen i spesifikk levert energi for tilfelle 1 og 4 på Flatåsaunet og Nardo Søndre sammenlignes, tilsier resultatene at Nardo Søndre har størst nedgang med 31,6%. En mulig årsak til dette er at vinduene på Nardo var 10 år eldre enn på Flatåsaunet før oppgradering. Det vil da være naturlig at nedgangen fra tilfelle 1 til 4 er høyere for Nardo. Denne tendensen kommer også frem i sammenligningen mellom tilfelle 1 og 2. Samtidig er det økt antall kvadratmeter for Flatåsaunet, noe som kan gi utslag på den spesifikke leverte energien.

For Brundalen er sammenligningen av tilfelle 1 og 4 en sammenligning mellom før og etter oppgradering, og resultatet er en nedgang i levert energi på 32,9%. Som tidligere nevnt tilsier resultatene i denne oppgaven at det er etterisoleringen som har størst virkning på energibehovet, og det er liten differanse mellom tilfelle 3 og 4. Her er det viktig å tenke på at en oppgradering uten bytte av vindu ikke nødvendigvis ville blitt som i gruppens simuleringer, da vinduenes plassering i veggen ville blitt feil. Det er mulig å anta at vinduene ville blitt flyttet til den mest optimale plasseringen i veggen, men dette ville også betydd økte oppgraderingskostnader. Dette er ikke noe som har direkte betydning for energibruken, men det utgjør en faktor som må viderefremmes til beboerne. Tilfelle 4 er uansett det beste alternativet for beboerne i Brundalen borettslag med tanke på energibruk.

### **6.3.3.4 Tilfelle 5**

Ved sammenligning av tilfelle 5 mot 1 kommer det frem at Flatåsaunet har en nedgang på 23,7% i levert energi, mens Nardo har en nedgang på 38,5%. Dette tilsier at det er Nardo som kommer best ut, men gruppen setter spørsmålsteget ved resultatet grunnet flere av faktorene nevnt tidligere. Feil med tanke på ventilasjonssystem og alder på vinduer er elementer som kan gjøre resultatet uriktig. I dette tilfellet vil det være mest hensiktsmessig å sammenligne tilfelle 4 og 5. Differansen i levert energi for Flatåsaunet og Nardo Søndre er nesten helt like i den sammenligningen, og det kan bety at desentralisert og sentralisert balansert ventilasjonssystem er teoretisk like gode alternativer for oppgradering. Det er vanskelig å si om resultatet er realistisk på grunn av faktorene nevnt i kapittel 6.3.1, og gruppen legger stor vekt på mangelen av dokumentert forskning på Lunos e2 standard ved vurderingen av disse resultatene.

## **6.4 Kostnader**

### **6.4.1 Fordeling av kostnader**

Prosjektene som er grunnlaget for denne oppgaven hadde behov for vedlikehold, og derfor er det valgt å dele kostnadene i oppgraderings- og vedlikeholdskostnader. Dette er gjort fordi denne oppgaven skal fokusere på effekten av oppgraderingstiltak, og ikke vedlikehold som uansett måtte utføres. Oppgraderingskostandene innebærer tiltakene som spesifikt omhandler etterisolering, bytte til energieffektive vindu og dører, utskifting av balkong og oppgradering av ventilasjonssystem. Disse kostnadene er hentet fra oppdragsgivers kontraktsgrunnlag, og fordelingen er kontrollert av oppdragsgiver. Dette for å validere at ingen kostnader ble avglemt eller ikke hørte til kategorien oppgradering.

Videre måtte det tas stilling til hvordan de generelle kostnadene skulle fordeles. Etter erfaringer og anbefaling fra oppdragsgiver, er det omtrent 25% av disse kostnadene som tilhører oppgraderingen. Det vil eksempelvis være merkostnaden for at stillaset må stå noen ekstra dager for etterisolering. Derfor ble det valgt å benytte dette erfaringstallet fra oppdragsgiver for å fordele de generelle kostnadene. I tillegg er arbeidskraft en betydelig kostnad i slike prosjekter. På grunn av usikkerhet knyttet til antall timer og hvor mange timer som ville vært på oppgraderingstiltakene, ble denne kostnaden utelukket fra beregningene.

### **6.4.2 Total investering**

Kostnadene som ble benyttet i denne oppgaven er fra kontraktsgrunnlag fra begynnelsen av prosjektfasene. Derfor vil tallene i denne oppgaven ikke være de samme som sluttsummen for prosjektene. Det er økning i byggekostnader, endring i rammer, uforutsette kostnader og lignende som vil påvirke de endelige prosjektkostnadene. I denne oppgaven er det derfor tallene fra oppstartsfasen som ligger til grunn, men de reelle kostnadene kan se annerledes ut i slutten av prosjektene.

For å få en mer realistisk sum å arbeide med videre i denne oppgaven, ble det tatt en avgjørelse om at det burde medberegnes renter på lånesummen. På denne måten vil kostnadene brukt til analysene i denne oppgaven være nærmere det beboerne faktisk må betale for oppgraderingene. Lånet er et annuitetslån, med løpetid på 30 år og rente mellom 2-4%. Det ble valgt å bruke en rente på 3%, som et gjennomsnitt. I et lån er det også andre faktorer som avgifter, som ikke er tatt hensyn til i denne rapporten, men vil være med på å påvirke sluttsummen.

### **6.4.3 Valg av strømpris**

Strømprisen som er benyttet til beregningene i denne oppgaven har grunnlag i historiske strømpriser som er presentert i Figur 5. Denne fremstillingen går over en tredveårsperiode, tilsvarende låneperioden til borettslagene. Dette gjør at det kan antas at den historiske økningen i strømpris også vil fortsette slik de neste 30 årene.

Grafen viser at strømprisen mer enn dobles i løpet av 30 år. Derfor har gruppen tatt utgangspunkt i en strømpris fra 2019 og beregnet en strømpris om 30 år basert på en årlig økning i pris på 3,5%. Deretter er det tatt et gjennomsnitt av strømprisen, som er benyttet til de ulike beregningene. Det vil si at for elementer som har en levetid på mer enn 30 år er strømprisen beregnet etter denne levetiden med en projisert økning på 3,5%, og det er deretter tatt et gjennomsnitt av prisen. Dette er årsaken til at det er ulik strømpris for noen av tilfellene.

Strømprisen varierer i stor grad etter etterspørsel, produksjon, årstid, marked. Derfor er det vanskelig å kunne forutsi strømprisen over en lengre periode. I en slik oppgave er det knyttet større usikkerhet til strømpris. Gruppen mener derfor å ta utgangspunkt i de historiske strømprisene, er den mest aktuelle og korrekte måten å vurdere strømprisnivået for denne oppgaven.

### **6.4.4 Forventet prosentvis besparelse av investering**

For å kunne vurdere lønnsomheten til de ulike tiltakene ble det valgt å se på hvor mye av investeringen den årlige strømbesparelsen faktisk tilsvarer. Dette vil også være en fremstilling som vil være enkel for brukerne av bygget å forstå. Det ble sett på investeringen med og uten renter for å gi et signal om at investeringen vil være større om 30 år enn den er i dag. Resultatene er presentert i Figur 17.

For Brundalen borettslag viser resultatene at det er tilfelle 3 som er det tilfellet med den største årlige besparelsen av investeringen. Hele 9,5% av investeringen inkludert renter spares inn i strømkostnader årlig, mot 2,5% for tilfelle 2 og 6,2% for tilfelle 4. Dette viser at isolert sett er det etterisoleringen som er kostnadmessig mest lønnsom, men at kombinasjonen av alle tiltakene vil være et godt alternativ. Dette fordi en kombinasjon vil føre til tettere overganger, mindre kuldebroer og andre faktorer som påvirker energi- og kostnadsbalansen.

Flatåsaunet borettslag har betydelige lavere prosent av investeringen som spares årlig. Her er det tilfelle 2, med bytte av vinduer og dører som kommer best ut av beregningene med 2,4%. Dette kan blant annet komme av at Flatåsaunet gjør store tiltak som utvidelse av boareal og innstallering av ventilasjonssystem. En grov beregning viser at økt stueareal kan øke boligens verdi med 360 323 kr. Dette har ikke blitt vektlagt i denne oppgaven, på grunn av stor variasjon i boligpriser og marked.

Nardo Søndre har samme tendens som Flatåsaunet borettslag, ved at det er tilfelle 2 som har best resultat, med 7,0%. Den prosentvise besparelsen for alle tiltakene er i dette borettslaget større enn hos Flatåsaunet. Dette kan komme av at det gjøres rimeligere tiltak som har bedre effekt på energibalansen. Det er viktig å påpeke at i simuleringene for Nardo Søndre er det ikke lagt inn mekaniske avtrekk på bad og kjøkken, som ville påvirket energibalansen og dermed også resultatet for denne beregningen.

Ved sammenligning av alle borettslagene fremkommer det at det er forskjeller i hvordan de ulike tiltakene slår ut i besparelse. Det er likheter hos Flatåsaunet og Nardo Søndre i hvordan de ulike tilfellene slår ut i besparelse av investering. Brundalen skiller seg ut ved at dette borettslaget har høyest besparelse på det tilfellet der de andre borettslagene har lavest besparelse, altså tilfelle 3. Dette kan komme av at Brundalen er det eneste borettslaget som ikke oppgraderer ventilasjonsanlegget, og får dermed en mindre kostnad på dette tilfellet.

#### **6.4.5 Forventet prosentvis besparelse av strømkostnad**

En analyse der det blir sett nærmere på forventet besparelse av strømkostnad vil gi et annet bilde på lønnsomheten til prosjektene. Det vil si at den årlige kostnadsbesparelsen i strøm sammenlignes med den årlige strømkostnaden før oppgradering. På denne måten oppnås et tydeligere forhold til effekten av oppgraderingen og hvilke tilfeller som gir best utslag.

Resultatene fra Brundalen borettslag viser at det er tilfelle 4 som har størst effekt med en kostnadsbesparelse på 32,9%. Tilfelle 2 gir kun en kostnadsbesparelse på 7,8%. Ved full oppgradering vil derfor etterisoleringen, tilfelle 3, være den største bidragsyteren til kostnadsbesparelsen. Derfor må det å bytte vindu og dører ses i sammenheng med blant annet varmetap og andre faktorer for inn klimaet og tett bygningsskall. Det er full oppgradering som vil gi den største kostnadsbesparelsen og vil derfor være det beste tilfelle i denne analysen for Brundalen borettslag.

For Flatåsaunet har både tilfelle 2 og tilfelle 3 svært likt resultat, som viser at disse tiltakene har lik effekt på strømkostnadsbesparelsen. Det vil si at disse tilfellene har omtrent 12% årlig forventet kostnadsbesparelse sammenlignet med før oppgradering av bygget. Ved tilfelle 4 er besparelsen bedre, men full oppgradering vil være det tilfellet som gir størst årlig kostnadsbesparelse på 23,6%. Dette tilsier at det er full oppgradering som gir størst prosentvis kostnadsbesparelse dersom total årlig besparelse vurderes mot ingen oppgradering.

Nardo Søndre borettslag har resultater som viser at full oppgradering vil være det mest lønnsomme tilfellet med hele 38,5% årlig besparelse. Tilfellet med lavest prosentvis besparelse er bytte av vinduer og dører. Dette tilfellet gir mindre enn halvert besparelse sammenlignet med full oppgradering. Derfor vil en full oppgradering gi best strømbesparelse og dermed også gi den beste årlige kostnadsbesparelsen.

Ved sammenligning av alle borettslagene har alle størst kostnadsbesparelse ved full oppgradering, altså alle tiltakene som gjennomføres. Det prosjektet som har best lønnsomhet er Nardo Søndre. Her er det viktig å påpeke at kostnadene for det oppgraderte ventilasjonsanlegget i dette borettslaget er lavere enn for Flatåsaunet, og at dette systemet er ikke enkelt å legge inn i simuleringene. Derfor kan resultatene være bedre enn det reelle energibildet, som igjen ville redusert lønnsomheten.

#### **6.4.6 Tilbakebetalingstid**

Tilbakebetalingsmetoden er som tidligere nevnt en enkel metode, som har svakheter. Resultatene fra beregningene av tilbakebetalingstid forteller hvor lang tid det tar før hele investeringen med renter ekskludert andre avgifter er inntjent i strømbesparelse. Det påpekes at diskusjonen av disse resultatene kun vurderer lønnsomheten i henhold til metoden som er benyttet.

Resultatene i Tabell 25 fra Brundalen borettslag, viser at tilbakebetalingstiden er lavest for tilfelle 3, altså etterisoleringstiltaket. Her er det tilfelle 2 som har den lengste tilbakebetalingstiden på 39,3 år, som er over teknisk levetid for vinduene. Derfor vil det ikke være et lønnsomt tiltak å kun bytte vinduer og dører. Tilfelle 4 viser en tilbakebetalingstid på 16,2 år for hele oppgraderingen. Dette vil være innenfor den tekniske levetiden til komponentene og dermed en lønnsom investering. På Brundalen fremkommer det av resultatene at ved oppgradering vil det være tilfelle 3 og tilfelle 4 som er gunstig å utføre. Bytte av vindu og dører bør kun utføres sammen med etterisoleringen for at tiltaket skal bli lønnsomt.

På Flatåsaunet er situasjonen en litt annen enn på Brundalen. Her er tilbakebetalingstiden for tilfellene over den tekniske levetiden og dermed ulønnsomme ifølge tilbakebetalingsmetoden. Det er flere faktorer som kan bidra til at tilbakebetalingstiden blir lang. Ved Flatåsaunet kles balkongene inn og innvendig areal økes, dermed vil det bli et større oppvarmet areal som krever mer energi. Dette kan være en faktor som bidrar til at kostnadene for etterisoleringen blir høye, samt at energibesparelsen ikke blir stor.

Videre installeres det balansert ventilasjonssystem i dette borettslaget. Et slikt anlegg vil kunne sørge for et bedre inneklima og redusert behov for romoppvarming, men vil kreve energi for drift av systemet. Derfor må det vurderes om effekten av bedre ventilasjon og inneklima gjør opp for kostnadene. For en full oppgradering vil det derfor være en tilbakebetalingstid på 83,6 år, som er betydelig over levetiden til flere av de nye komponentene.

For det siste borettslaget, Nardo Søndre, viser resultatene en bedre tilbakebetalingstid for samtlige tilfeller, vist i Tabell 27. For tilfelle 2 er tilbakebetalingstiden 14,3 år, som er lavere enn teknisk levetid på vinduene, og dermed et lønnsomt tiltak. Det er også tilfelle 3 i dette borettslaget som tar lengst tid å betale tilbake i strømbesparelse. Dette kan komme av at utskifting av balkong, etterisolering og oppgradert ventilasjon ikke gir den energibesparelsen som er ønskelig. Videre er det benyttet teknisk levetid for fasadekledningen og ikke for ventilasjonsanlegget.

Tilbakebetalingstiden for tilfelle 3 på Nardo Søndre er lavere enn den tekniske levetiden, og derfor et lønnsomt tiltak. Det er likevel viktig å påpeke at tilfelle 3 er en kompleks sammensetning av tiltak, som det er vanskelig å vurdere levetiden til. Derfor burde det blitt tatt større hensyn til levetiden til ventilasjonsanlegget. Men i dette tilfellet ble levetiden til fasadekledningen benyttet, og ventilasjonsanlegget kan ha behov for vedlikehold eller oppgradering innen bytte av fasadekledningen.

For full oppgradering på Nardo Søndre, vil det være en tilbakebetalingstid på 27,3 år som er innenfor løpetiden på lånet til beboerne. Derfor kan hele oppgraderingen vurderes som økonomisk lønnsom. Det er flere faktorer som vil spille inn på om den oppgraderingen vil være lønnsom med tanke på inneklima og bokvalitet. Denne analysen ser kun på kostnader og tar derfor ikke hensyn til andre faktorer som vil være med på å vurdere den totale lønnsomheten i prosjekt.



Ved bruk av tilbakebetalingsmetoden og simuleringsresultatene vil borettslagene Nardo Søndre og Brundalen være økonomisk lønnsomme, mens Flatåsaunet vil kategoriseres som ulønnsomt. Dette kommer blant annet av at det er store kostnader som går inn i dette oppgraderingsprosjektet. Disse kostnadene blir for store i forhold til strømbesparelsen. Derfor må dette prosjektet vurderes etter andre faktorer som inneklima og bokvalitet for å avgjøre om det likevel er lønnsomt. Dette må vurderes for Nardo Søndre og Brundalen, da disse faktorene kan påvirke hvordan bo-opplevelsen er. Ved bestemmelse av lønnsomhet er det flere faktorer som spiller inn enn den kun den økonomiske lønnsomheten. Derfor vil ikke dette resultatet gi et fullverdig bilde av prosjektenes profitabilitet.

#### **6.4.7 Sammenligning av kostnadsanalysene**

Oppsummering av kostnadsanalysene viser at ved full oppgradering er det Flatåsaunet borettslag som kommer dårligst ut i alle analysene. Borettslaget har både lavest forventet prosentvis besparelse av investering og strømkostnad, og er etter bruk av tilbakebetalingsmetoden kategorisert som ulønnsom. Dette er også det borettslaget som utfører flest tiltak og har størst kostnadsramme. Resultatene tilsier derfor at oppgraderingene ikke har hatt ønsket effekt, men det er en viktig faktor som ikke er medberegnet i disse analysene. Økt boareal vil potensielt føre til økt verdi av boligen som vil påvirke resultatene i kostnadsanalysene.

Brundalen og Nardo Søndre borettslag kategoriseres begge som lønnsomme investeringer ved bruk av tilbakebetalingsmetoden, med Brundalen som har den korteste tilbakebetalingstiden. Ved beregning av forventet prosentvis besparelse av strømkostnad er det Nardo Søndre som har høyest besparelse, 5,6% høyere enn Brundalen. Beregningen av forventet prosentvis besparelse av investeringen viser at Brundalen har høyest besparelse sammenlignet med investeringen. Det er derfor vanskelig å konkludere med at ett borettslag har bedre oppgraderinger enn et annet, og viser at oppgraderingsprosjektene har individuelle forskjeller som gir utslag i kostnadsanalyser.

## **6.5 Inneklima**

Noen av oppgraderingstiltakene som er gjort vil ikke kun bidra til besparelse i strøm, men kunne gi et bedre inneklima. For eksempel er det en stor kostnad å montere balansert ventilasjon, men disse leilighetene vil ha et lavere CO<sub>2</sub>-nivå enn leilighetene det ikke monteres i. Dette kan derfor anses som en investering i egen helse og trivsel, fremfor en økonomisk investering. I forbindelse med de utvalgte byggeprosjektene har det blitt utført inneklimamålinger. På Brundalen borettslag ble det først utført målinger etter oppgradering, da beboere uttrykte misnøye med inneklimaet. Flatåsaunet og Nardo Søndre borettslag har inneklimamålinger både før og etter oppgradering, som gjør det mer diskuterbart.

### **6.5.1 Brundalen borettslag**

Målingene etter oppgradering på Brundalen borettslag viser at gjennomsnittsverdien og minimumsverdien for CO<sub>2</sub>-nivået er under anbefalt normkrav på 1000 ppm. Maksimumsverdien som ble målt er over anbefalt normkrav, derfor kan også inneklimaet oppleves dårligere i perioder der dette nivået overstiger normen. Dette kan føre til helseplager som hodepine og konsentrasjonsvansker. Luftfuktigheten ligger mellom 32-50 %RF, som er innenfor området 20-60 %RF hvor endringer i inneklima ikke vil oppleves.

På grunnlag av disse målingene kan det antas at det hadde vært behov for bedre ventilering av leiligheten. Det kan være slitsomt å bo i en bolig med høye konsentrasjoner av CO<sub>2</sub>, og derfor ville ventilering kunne forbedret bokvaliteten. Brundalen borettslag valgte å utelukke utbedring av ventilasjonen ved oppgraderingen, og konsekvensen av dette er et tettere bygg som gir dårligere luftutskifte.

### **6.5.2 Flatåsaunet borettslag**

På Flatåsaunet er det målinger både før og etter oppgradering på stue og soverom, vist i Tabell 7. Som gjennomsnittsverdi har CO<sub>2</sub>-nivået blitt lavere både på stue og soverom, hvor det på soverom var et høyere nivå enn anbefalt verdi. Minimumsverdien har steget på begge rom, mens maksimumsverdien er nesten halvert på stue og har økt litt på soverommet. Alle maksimumsverdiene er over anbefalt normkrav, derfor kan inneklimaet i perioder være av lavere kvalitet.

Det at konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> fortsatt har maksimumsverdier over 1000 ppm, kan komme av flere faktorer. Flatåsaunet borettslag har installert et balansert ventilasjonssystem, med flere innstillinger. Dette kan beboerne ha justert på og ikke benyttet anbefalte innstillinger under målingene. Videre er det mulig at noen har åpnet vindu eller lignende som påvirker resultatene. Luftfuktigheten i dette borettslaget rangerte fra 27,6-57,0 %RF i målingene gjort før oppgradering uavhengig av rom. Dette er innenfor normkravene til luftfuktighet og vil derfor ikke gi en merkbar endring i inneklimate. Siden maksimumsverdien var på 57 %RF under denne målingen, er det mulig at det ved en annen måleperiode i en annen årstid ville gitt et utslag over 60 %RF. Verdier over dette vil kunne merkes på inneklimate, og påvirker komforten til beboer. Etter oppgradering viser målingene en luftfuktighet mellom 27,5-41,3 %RF. Luftfuktigheten har dermed fått en lavere maksimumsverdi som er bedre for inneklimate.

### **6.5.3 Nardo Søndre borettslag**

Målingene som er utført på Nardo Søndre er for stue, soverom og kjøkken, både før og etter oppgradering. Det at disse målingene ikke er tatt i samme leilighet er et usikkerhetsmoment som kan ha påvirket resultatene.

CO<sub>2</sub>-nivået er faktoren som er mest relevant å diskutere for dette borettslaget. Gjennomsnitt- og maksimumsverdien for rommene har i alle målinger økt etter oppgradering. Dette kan komme av at bruken av ventilasjonssystemet Lunos e2 standard ikke har fungert optimalt i samkjøring med avtrekkene på blant annet kjøkkenet. Bygget har blitt tettere og er derfor avhengig av god ventilering for å få lavere CO<sub>2</sub>-konsentrasjoner. For disse målingene kan det derfor virke som at ventilasjonssystemet ikke fungerer optimalt, eller at beboerne ikke er klar over hva som er beste bruksmåte.

Luftfuktigheten på Nardo Søndre var aldri et stort problem slik målingene viser det. Målingene før oppgradering er mellom 19-42 %RF som er innenfor det anbefalt området for luftfuktighet. Det som er verdt å kommentere er at verdier som blir lavere enn 20 %RF kan ha en innvirkning på hvordan leiligheten føles, ved at luften oppleves tørrere. Etter-målingen viser også minimumsverdi helt ned i 19 %RF, og kan derfor være med på å påvirke opplevelsen av å bo i leiligheten.

## 6.6 Videreformidling

I borettslag er videreformidling av resultater viktig for å få styret og generalforsamlingen til å stemme for tiltak som ønskes utført. Resultater fra tidligere prosjekt må presenteres på en forståelig måte for alle beboere, slik at personer med liten byggteknisk forståelse har mulighet til å skjønne det som blir presentert. Her må alle medlemmene i borettslaget ha mottatt informasjonen, forstått og vurdert den. Derfor er det viktig at informasjon og resultater blir videreformidlet korrekt.

Resultatene i denne rapporten er derfor utført og presentert på en måte som gjør at de kan brukes ved videreformidling til beboerne i borettslagene. Det er benyttet tre forskjellige fremstillinger av kostnadene i resultatet, hvor årlig strømkostnadsbesparelse sammenlignes med investeringen og årlig strømkostnad før oppgradering. I tillegg er en analyse i tilbakebetalingstid utført som en måte å se på investeringene i et annet lys.

En sammenligning av den årlige strømkostnadsbesparelsen mot tiltakets investeringskostnad er en måte å fremstille resultatene på som er enkel for de fleste. Den forteller konkret hvor stor prosentandel av investeringen som spares årlig i strømkostnad. På denne måten er det også mulig å videreformidle den økonomiske lønnsomheten til de ulike tiltakene og vurdere hva som er best egnet for hvert borettslag. Resultatet fra bruk av tilbakebetalingsmetoden vil også være mulig å presentere til beboerne ved å vise til hvor lang tid det tar å nedbetale tiltaket. Da vil det være mulig å vurdere om tiltaket er lønnsomt eller ikke. Her presenteres resultatene i antall år som igjen vil være forståelig for mange.

Ved å sammenligne årlig strømkostnadsbesparelse med strømkostnaden før oppgradering, kan boligbyggelaget benytte dette til å forklare virkningen av tiltakene til beboerne. Mange beboere har muligens ikke noe forhold til levert energi, derfor ble det valgt å benytte strømpriser i stedet. I denne fremstillingen vises den forventede prosentvise besparelsen i strømkostnad ved å utføre de ulike tiltakene. En videreformidling av dette vil vise beboerne at det er mulig å spare strømkostnader ved å investere i oppgraderinger, noe som kan gi et mer positivt bilde på investeringen. Resultatet fra denne rapporten viser også at det er størst besparelse ved å utføre alle oppgraderingstiltakene.

Denne rapporten har satt søkelys på kostnader i et oppgraderingsprosjekt, men det er et svært komplekst bilde som må videreformidles til beboerne. Resultatene som blir presentert her vil påvirkes av faktorer som inneklima, bokvalitet, boligpriser m.m. Derfor vil det være nødvendig å sette disse resultatene i sammenheng med eksempelvis inneklimatemålinger. Dette vil gi beboerne et helhetlig bilde av hvordan den totale lønnsomheten til oppgraderingsprosjektet blir. Resultatene fra denne rapporten kan derfor brukes som et ledd i videreformidlingen til styret og generalforsamlingen.

## **6.7 Kildekritikk**

Det er flere faktorer som gjør at resultatene kan være mindre realistiske. Denne oppgaven bruker simuleringer opprettet for en tidligere rapport, og har gjort noen endringer på disse. Flere småfeil i simuleringene ble rettet på, men med mange simuleringer er det vanskelig å kontrollere alt. Gruppen kan ha oversett viktige elementer i de tidligere simuleringene som kan ha påvirket resultatet. I tillegg kan det være feil i u-verdiberegningene som ble benyttet. Dette er vanskelig å kontrollere, da det gjøres valg i beregningene som må være helt like for å kunne få lik verdi. Gruppen har ikke fått tilgang til beregningene, og anser dette som en mulig feilkilde.

En annen ting som kan utgjøre feil i simuleringene er at det er tatt antagelser for å sette noen verdier. Noen av antagelsene er u-verdier på vindu og dører før oppgradering. Gruppen har gått ut ifra standarder for å sette disse verdiene, men har ingen dokumentasjon for at de er virkelighetsnære for de aktuelle prosjektene. Noen av de andre verdiene er satt ved hjelp av standardvalg i simuleringprogrammet, som også kan gi feilaktige resultater. Summen av dette kan utgjøre en vesentlig forskjell i levert energi sammenlignet med virkeligheten.

Strømprisen er basert på statistikk fra tidligere år, der det er antatt at videre stigning vil følge samme kurve. Gruppen har ingen forutsetninger for å si at strømprisen vil bli akkurat slik, og det er derfor en viktig kilde til feil. I tillegg kan levert energi være langt ifra virkeligheten, da gruppen ikke har hatt mulighet til å kontrollere mot faktisk målte verdier. Det ble tatt kontakt med nettleverandør for å undersøke mulighetene for å hente ut disse verdiene, men det viste seg å være en omfattende prosess som krevde godkjenninger fra flere hold på grunn av personvern. Summen av levert energi multiplisert med strømprisen kan derfor være langt fra virkelighetsnær.

Ved analyse av kostnadene ble det tatt en avgjørelse om å dele inn etter vedlikeholds- og oppgraderingskostnader. Noen av kostnadene er vanskelig å plassere, og kostnadene som ble brukt i videre beregninger kan derfor være langt fra de faktiske kostnadene for oppgraderingene. I tillegg har entreprenørene ulike priser, og dette gjør at kostnadene for hvert prosjekt er unike. Ett av kontraktsgrunnlagene inneholdt flere tilbydere, og det ble da valgt å bruke gjennomsnittet av dem i videre beregninger. Dersom en av entreprenørene hadde priset seg veldig lavt eller veldig høyt, kan dette ha gitt utslag på gjennomsnittssummen.

Noe av teorien som benyttes som grunnlag i denne oppgaven er av eldre dato. Sintef oppdaterer byggforsk jevnlig, og det kan antas at informasjonen som ligger ute følger den tekniske forskriften. Det er uansett viktig å stille seg kritisk til tekster som ble utgitt for over 10 år siden. For eksempel er noen av bøkene litt eldre, og informasjonen som ligger der kan være utgått på dato. Dette kan gjøre at gruppen har tatt feil standpunkt i diskusjoner.

## **6.8 Samfunnsnytte**

Det er et stort fokus på energieffektivitet i dagens nybygg, men det er en stor eksisterende bygningsmasse som det også må tas hensyn til. Ved å oppgradere eksisterende bygg, kan byggene oppleves bedre for beboerne, samt at borettslagene vil kreve mindre energi. Oppgradering av borettslag vil være nyttig for samfunnet av flere grunner. Utbedring av eksisterende bygg vil kunne føre til en lavere energibruk, som igjen vil være positivt både kostnads- og samfunnsmessig.

Tettere og mer energieffektive bygg vil påvirke hvordan mennesker bruker boliger. Ved oppgradering til balansert ventilasjon i et etterisolert bygg oppnås et bedre inn klima. Dette vil være fordelaktig for blant annet helsen og produktiviteten til beboerne. Videre vil oppgradering også kunne avdekke asbest, som er svært helseskadelig for mennesker. Dette vil da kunne fjernes på en trygg måte og dermed gjøre bygget sikrere for de som bor der. Beboerne slipper da å bekymre seg for at asbestfiber kommer inn i inneluften, hvor den kan pustes inn og føre til helseskader.

Oppgradering av borettslag vil også kunne heve standarden på borettslaget i forhold til hvor ettertraktet det er. For samfunnet er det viktig at bydeler og borettslag ikke havner utenfor og forfaller. Derfor vil det være positivt for nærmiljøet at borettslagene oppgraderes til en bedre standard, slik at bydelen blir vedlikeholdt og ikke opplever frafall av befolkning.

## 6.9 Videre arbeid

Denne oppgaven har begrensninger i forhold til faktorer som tid, ressurser og valgt problemstilling. Med denne oppgaven som grunnlag er det derfor flere områder det kan arbeides videre med. Inneklima er et stort element i dette arbeidet og er derfor et tema det bør ses nærmere på. Å utføre ytterligere inneklimamålinger for å få et bredere vurderingsgrunnlag vil gi bedre kunnskap om effektene oppgraderingene har på de individuelle prosjektene. Disse effektene kan da ses i en større sammenheng opp mot kostnadene. Samtidig kan simuleringene bygges opp mer detaljert, hvor det tas større hensyn til eksempelvis soneinndeling og infiltrasjonstap. En mer avansert modell vil kunne gi resultater som er nærmere virkeligheten, og dermed sørge for mer realistiske kostnadsberegninger.

I denne oppgaven er det ikke vurdert andre oppvarmingskilder enn det som eksisterte fra før. Det kan derfor være interessant å undersøke hvordan endret energikilde som benytter mindre elektrisitet, påvirker kostnadene og energibruken. På boligblokkene som benyttes i denne oppgaven vil eksempelvis bruk av solceller som energikilde være et alternativ til videre arbeid.

Endret boligbruksmønster hos beboerne etter oppgradering er et tema som vil ha mye å si for den faktiske energibruken og dermed også den årlige besparelsen. En studie som fokuserer på bruksmønster hos beboere vil kunne korrigere simuleringer og antagelser, og dermed gi et mer riktig bilde på faktisk energibruk. Med bedre kunnskap om faktisk energibruk vil fremtidige analyser kunne utføre mer korrekte simuleringer, som vil gi utslag på lønnsomheten til oppgraderingsprosjekter.

Valg av andre type materialer ved oppgradering av borettslag er en svært relevant problemstilling, med tanke på kostnader og energibruk. Det kunne blitt utført simuleringer for å finne forskjellen på 0,8 vindu og 1,2 vindu. På denne måten kunne virkningen av tiltak med energieffektive u-verdier mot tiltak som gir standard u-verdier blitt sammenlignet. Det er også forsket en del på superisolasjonsmaterialer, som ser ut til å bli mer aktuelt i tiden som kommer, så fremt produksjonskostnadene går ned. Ved å se nærmere på andre alternativer ville det vært mulig å finne den optimale løsningen kostnadmessig, og for energibruken og inneklimaet.

Bygningsautomatisering er et tema som blir mer og mer relevant. Derfor ville det vært interessant å se på virkningen av å automatisere byggene ytterligere. Hvordan automatisering har innvirkning på kostnader og energibruk, men også hvordan komforten til beboerne blir som følge av dette, er en fremtidsrettet problemstilling.

## 7. Konklusjon

Oppgradering av borettslag er en relevant problemstilling for samfunnet. Oppdragsgiver TOBB har som boligbyggelag et stort ansvar for de borettslagene de forvalter. Det er derfor aktuelt å se nærmere på hvilken effekt oppgraderingsprosjekter har på energibruk og kostander. Denne oppgaven har sett på tre oppgraderingsprosjekt utvalgt av TOBB som legger grunnlaget for de utførte analysene.

Analysen av boligblokkene har resultert i verdier for beregnet levert energi før og etter oppgraderingene. Resultatene i denne oppgaven tilsier at borettslaget Nardo Søndre kommer best ut med 38,52% nedgang i levert energi. Derimot er det viktige faktorer som må tas hensyn til vedrørende simuleringene for dette borettslaget, som vil påvirke riktigheten til resultatet. På Brundalen borettslag utføres det ikke oppgradering av ventilasjonsanlegg, men sammenlignet med tilfelle 4 for de andre borettslagene er det Brundalen som kommer best ut med 32,90% nedgang i levert energi. Flatåsaunet utfører størst oppgradering, men har lavest nedgang med 28,8%.

Kostnadsanalysene viser et komplekst bilde av oppgraderingsprosjektene. Forventet besparelse av investeringen viser at Flatåsaunet og Nardo Søndre har lik tendens ved at noen oppgraderingstiltak gir lavere besparelse av den totale investeringen. Brundalen borettslag har en annen utvikling der tilfelle 2 gir størst besparelse. Resultatene fra analysen om besparelse av strømkostnad viser derimot at alle borettslagene vil ha størst besparelse ved utføring av totaloppgradering, der Nardo Søndre oppnår den høyeste besparelsen. Den siste analysen benytter tilbakebetalingsmetoden og viser at Nardo Søndre og Brundalen borettslag vil være lønnsomme investeringer ved full oppgradering, mens Flatåsaunet borettslag vil være ulønnsom.

Denne rapporten viser at oppgraderingsprosjekter er komplekse og at det er vanskelig å fastslå hvilke tiltak som er best å utføre på generell basis. Det er mange elementer som er med på å påvirke resultatet, og det vil være individuelle forskjeller fra prosjekt til prosjekt. Oppgraderinger vil gi reduserte strømkostnader, men det totale kostnadsbildet påvirkes av valgte oppgraderingstiltak. Resultatene i denne rapporten kan derfor være et bidrag til videre arbeid som ser nærmere på de ulike sammenhengene ved oppgraderingsprosjekter og som kan benyttes til videreformidling til borettslagene.



## 8. Referanseliste

1. Boligbyggelaget TOBB. *Vår historie*. [Sett 10.01. 2019]. Tilgjengelig fra: <https://tobb.no/om-oss/historie>.
2. Boligbyggelaget TOBB. *Vi er TOBB*. [Sett 10.01. 2019]. Tilgjengelig fra: <https://tobb.no/om-oss>.
3. Kristine Ausen, Elise Bergheim, Berit Johanne Skogvang. *Effekten av totalrehabilitering: Et studie om energibruk og inneklima*. NTNU. 2018.
4. Trondheim Kommune. *Avansert kart*. [Sett 12.03. 2019]. Tilgjengelig fra: <https://www.trondheim.kommune.no/tema/bygg-kart-og-eiendom/>.
5. Erland Olsen. *Befaring på Brundalen borettslag*. Personlig kommunikasjon. 23.01.2019.
6. Eiendomsmegler 1. *Brundalsgrenda 23, Jakobsli 2019* [Sett 18.03. 2019]. Tilgjengelig fra: <https://www.eiendomsmegler1.no/bolig/kjoepe-bolig/boliger/bolig/?propertyid=104446300>.
7. Andre Milhahn. *Flatåsaunet borettslag: Bilder*. 2017 [Sett 20.03. 2019]. Tilgjengelig fra: <http://flataasaunet.no/bilder/>.
8. Anne Guri Solem. *Nardo Søndre blir nytt*. 2018 [Sett 20.03. 2019]. Tilgjengelig fra: <https://tobb.no/nyhetsoversikt/nardo-sondre-blir-nytt>.
9. Erling Annaniassen. *Boligsamvirkets historie i Norge: Hvor Nr. 13 ikke er...* 1991.
10. Erling Annaniassen. *Boligsamvirkets historie i Norge: Nå bygger vi den nye tid*. 1996.
11. Bustadbyggjelagslova. (2005). *Lov om bustadbyggjelag*. (LOV-2003-06-06-38).
12. Statistisk sentralbyrå. *Boliger i Norge*. 2018 [Sett 14.02. 2019]. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/statistikker/boligstat/aar>.
13. Norske Boligbyggelags Landsforbund. *Boligsamvirkets historie*. [Sett 12.02. 2019]. Tilgjengelig fra: <https://www.nbbl.no/Om-oss/Boligsamvirkets-historie>.
14. Borettslagslova. (2004). *Lov om borettslag*. (LOV-2003-06-06-39).
15. Norske Boligbyggelags Landsforbund. *Hvorfor bo i borettslag?*. [Sett 05.03. 2019]. Tilgjengelig fra: <https://www.nbbl.no/Borettslag-og-sameier/Om-borettslag/Hvorfor-bo-i-borettslag>.
16. Boligbyggelaget TOBB. *Felleskostnader og fellesgjeld*. [Sett 14.03. 2019]. Tilgjengelig fra: <https://tobb.no/nyhetsoversikt/fellesgjeld-og-felleskostnader>.
17. Norske Boligbyggelags Landsforbund SA. *Prisstatisikk for Norske Boligbyggelag 1. kvartal 2019*. 2019.
18. Lars Iddeng, Vidar Hellstrand. *622.017 Utbedring og ombygging i boligselskaper*. SINTEF. 2010.
19. Sofie Mellegård, Åshild Lappegard Hauge, Sissel Hjorth-Hansen. *622.018 Oppgradering i boligselskaper. Beslutningsprosesser*. SINTEF. 2018.
20. Olje- og energidepartementet. *Energipolitikken mot 2030. Kraft til endring*. Melding til Stortinget. 2016.
21. Knut A Rosvold. *Strømregning*. 2015 [Sett 21.03. 2019]. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/str%C3%B8mregning>.
22. Statistisk sentralbyrå. *Kraftpris og nettleie for husholdninger, kvartalsvis og årlig. Øre/kWh 2019* [Sett 11.03. 2019]. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/a/kortnavn/elkraftpris/arkiv/tab-2011-01-11-02.html>.
23. Statistisk sentralbyrå. *Strømpriser i ulike land i utvalgte år i perioden 1980-2007. Løpende priser inkl. alle avgifter. Øre/kWh (NOK)*. 2018 [Sett 11.03. 2019]. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/a/samfunnsspeilet/utg/200804/10/tab-2008-10-08-01.html>.
24. Statistisk sentralbyrå. *Elektrisitetspriser*. 2019 [Sett 11.03. 2019]. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/elkraftpris?fbclid=IwAR208UstumEAfTLgvTgAHXbbb9r-8IKoJlKsGP9DjOrlMsd4rI3mlszsI>.

25. Direktoratet for byggkvalitet. Byggteknisk forskrift (TEK17). *Forskrift om tekniske krav til byggverk*. 2017.
26. Kommunal- og arbeidsdepartementet og Miljøverndepartementet. *Byggeforskrift 1987*. 1987.
27. Direktoratet for byggkvalitet. Byggteknisk forskrift (TEK10). *Forskrift om tekniske krav til byggverk*. 2010.
28. Standard Norge. Teknisk spesifisering SN/TS 3031:2016. *Bygningers energiytelse: beregning av energibehov og energiforsyning*.
29. Sverre Holøs, Tormod Aurlien. 474.624 *Luftlekkasjemåling av bygninger. Hensikt og vurdering*. SINTEF. 2014.
30. Ingrid Hole, Tormod Aurlien. 520.401 *Lufttetting av bygninger. Framgangsmåte for å oppnå lavt lekkasjetall*. SINTEF. 2013.
31. Kommunal- og arbeidsdepartementet. *Byggeforskrift 1969*. 1969.
32. Mads Mysen, Kari Thunshelle. 752.601 *Forbedring av ventilasjon i boliger*. SINTEF. 2015.
33. Henning Vik. 600.004 *Byggforvaltnint. Begreper og definisjoner*. SINTEF. 2017.
34. Peter Blom, Trond Bøhlerengen. 723.312 *Etterisolering av betongvegger*. SINTEF. 2014.
35. Ingrid Hole. 723.511 *Etterisolering av yttervegger av tre*. SINTEF. 2004.
36. Sivert Uvsløkk. 725.403 *Etterisolering av tretak*. SINTEF. 2005.
37. Marius Kvalvik, Knut Noreng. 725.115 *Oppføret tretak på dekke av betong. Utbedring og ombygging*. SINTEF. 2010.
38. Knut Noreng. 725.207 *Kompakte tak*. SINTEF. 2018.
39. Håkon Einstabland. 523.255 *Bindingsverk av tre. Varmeisolering og tetting*. SINTEF. 2007.
40. Bozena D Hrynyszyn. *Kuldebroer*. NTNU. 2018.
41. Ina C. Sandberg, Solveig Øyri. *Lag rom i kjelleren*: SINTEF byggforsk.2008.
42. Lavenergiprogrammet. *Superisolerte dører og vindu (U-verdi 0,8 eller bedre)*. Direktoratet for byggekvalitet; 2017 [Sett 30.01. 2019]. Tilgjengelig fra: <http://lavenergiprogrammet.no/artikkel/superisolerte-dorer-og-vindu-u-verdi-08-eller-bedre/>.
43. Bozena D Hrynyszyn. *HUS/ Vinduer/ Dører*. 2018.
44. Silje Asphaug. 523.701 *Innsetting av vindu i vegger av bindingsverk*. SINTEF. 2018.
45. Silje Asphaug. 523.702 *Innsetting av vindu i mur- og betongvegger*. SINTEF. 2018.
46. Norges Astma- og Allergiforbund. *Fakta om inneklime*. [Sett 21.01. 2019]. Tilgjengelig fra: <https://www.naaf.no/fokusomrader/inneklime/fakta-om-inneklime2/>.
47. Mads Mysen. 421.501 *Termisk inneklime. Betingelser, tilrettelegging og målinger*. SINTEF. 2017.
48. Folkehelseinstituttet. *Temperatur, fukt og trekk er viktig for kroppens varmebalanse*. 2015 [Sett 22.02. 2019]. Tilgjengelig fra: <https://www.fhi.no/ml/miljo/inneklime/artikler-inneklime-og-helseplager/temperatur-fukt-og-trekk-er-viktig-/>.
49. Anker F. Nielsen, Peter Blom. 552.108 *Automatisk temperaturregulering i elektrisk oppvarmede småhus*. SINTEF. 1991.
50. Folkehelseinstituttet. Revisjon av kunnskapsgrunnlag og normer. *Anbefalte faglige normer for inneklime*. 2015.
51. Jan Vincent Thue. *Naturlig ventilasjon*. 2018 [Sett 17.01. 2019]. Tilgjengelig fra: [https://snl.no/naturlig\\_ventilasjon](https://snl.no/naturlig_ventilasjon).
52. Mads Mysen, Ida Lund Segtnan. 552.301 *Ventilasjon av boliger. prinsipper*. SINTEF. 2017.
53. Mads Mysen, Ida Segtnan Lund. 552.305 *Balansert ventilasjon av leiligheter*. SINTEF. 2017.

54. LUNOS Ventilation Systems. *Technical Information Sheet: Ventilation with Heat Recovery – e<sup>2</sup>*. 2019
55. LUNOS Ventilation Systems. *User Information: e<sup>2</sup> Family: Description and Function*. 2019.
56. Flexit AS. *Flexit UNI 2*. [Sett 14.02.2019]. Tilgjengelig fra: [https://www.flexit.no/produkter/ventilasjonsaggregat/ventilasjonsaggregat\\_bolig/flexit\\_uni\\_2/](https://www.flexit.no/produkter/ventilasjonsaggregat/ventilasjonsaggregat_bolig/flexit_uni_2/).
57. Reidar Pettersen. *LUNOS e<sup>2</sup> standard*. Lavenergisystemer AS; [Sett 01.02. 2019]. Tilgjengelig fra: <http://www.lavenergisystemer.no/produkter-1/2015/2/13/lunos-e2-standard>.
58. Kjell Banken, Else Margrethe Nyhuus. *Innføring i bedriftsøkonomi*: Cappelen akademisk.1999.
59. L. Adityaa, T.M.I. Mahliaa, B. Rismanchi, H.M. Ng, M.H. Hasan, H.S.C. Metselaare, et al. *A review on insulation materials for energy conservation in buildings*. 2017.
60. Vacunor AS. *Kort om vakuumisolasjon*. 2015 [Sett 22.03. 2019]. Tilgjengelig fra: <http://www.vacunor.no/vakuumisolasjon/>.
61. S. Schiavoni, F.D'Alessandro, F.Bianchi, F.Asdrubali. *Insulation materials for the building sector :A review and comparative analysis*. 2016.
62. Bjørn Petter Jelle. *Traditional, state-of-the-art and future thermal building insulation materials and solutions – Properties, requirements and possibilities*. 2011.
63. Laurina C. Felius. *Simulation of the energy consumption of a residential multi-family house in Trondheim*. NTNU. 2017.
64. I. Ridley, J. Fox, T. Oreszczyn, & S. H. Hong. *The Impact of Replacement Windows on Air Infiltration and Indoor Air Quality in Dwellings*. International Journal of Ventilation, 1(3), pp209-218. 2003.
65. Cembrit as. Frontex fasadeplate. *FDV-DOKUMENTASJON*. 2016.
66. FunderMax GmbH. *FUNDERMAX CLADDING PANELS*. 2011.
67. Swisspearl. Unlimited design solutions. *Swisspearl system and products* 2019.
68. Anders Ulf Clausen. *Miljødeklarasjon ISO 14025: Rockwool produkter* 2009.
69. Venta Windows UAB. HelAlu Sapa 1086/3086 vinduer *Egenskapserklæring* 2018.

## 9. Vedlegg

Vedlegg		Antall sider
A	Artikkel	1
B	Plakat	1
C	Investeringskostnader	3
D	Inndata Simien	4
E	Brundalen borettslag. Tilfelle 1	5
F	Brundalen borettslag. Tilfelle 2	5
G	Brundalen borettslag. Tilfelle 3	5
H	Brundalen borettslag. Tilfelle 4	5
I	Flatåsaunet borettslag. Tilfelle 1	5
J	Flatåsaunet borettslag. Tilfelle 2	5
K	Flatåsaunet borettslag. Tilfelle 3	5
L	Flatåsaunet borettslag. Tilfelle 4	5
M	Flatåsaunet borettslag. Tilfelle 5	5
N	Borettslaget Nardo Søndre. Tilfelle 1	5
O	Borettslaget Nardo Søndre. Tilfelle 2	5
P	Borettslaget Nardo Søndre. Tilfelle 3	5
Q	Borettslaget Nardo Søndre. Tilfelle 4	5
R	Borettslaget Nardo Søndre. Tilfelle 5	5

## OPPGRADERING AV BORETTSLAG: EN LØNNSOM INVESTERING?

*Analysen viser at oppgradering av borettslag reduserer energibruken drastisk, men at kostnadene er svært store. I noen tilfeller viser det seg at investeringene vil være økonomisk ulønnsomme, men at enkelte oppgraderingstilfeller kan være bedre enn full oppgradering.*

Boligbyggelaget TOBB drifter tre borettslag under oppgradering. Disse borettslagene utfører forskjellige tiltak, se faktaboks, som gjør det mulig å undersøke hvilken effekt kostnader og energibruk har i oppgraderingsprosjekter. Analyser viser at lønnsomheten til oppgraderingene varierer, men at full oppgradering gir den største energibesparelsen.

Gjennom energisimuleringer kommer det frem at alle borettslagene har en betydelig reduksjon i energiforbruk. Nardo Søndre borettslag kommer best ut med en reduksjon på 38,5% ved full oppgradering. Dette er en vesentlig høyere reduksjon enn Flatåsaunet borettslag med kun 28,8%. På Brundalen borettslag er det ikke oppgradert ventilasjon, men resultatet måler seg de andre med en reduksjon på 32,9%. Derimot betyr ikke store energireduksjoner nødvendigvis lønnsomme investeringer.

Tabellen nedenfor viser den beregnede tilbakebetalingstiden for de ulike tilfellene. Dette er tiden det tar før det er spart like mye i strøm som det er betalt for oppgraderingene. For å kunne vurdere om tilfellene er lønnsomme, må de sammenlignes med levetiden til materialene. Ved bruk av denne metoden fremkommer det at Brundalen og Nardo Søndre borettslag er lønnsomme ved full oppgradering, mens Flatåsaunet borettslag er ulønnsom.

Oppgradering av borettslag er en sammensatt problemstilling av flere faktorer som påvirker lønnsomheten. Det er viktig å analysere det enkelte prosjektet for å finne ut om det er lønnsomt, både med tanke på kostnader og bokomfort. Oppgraderinger vil utvilsomt gi reduserte strømkostnader, men totalregnskapet trenger ikke nødvendigvis være positivt.

Tabell: Tilbakebetalingstid for de ulike tilfellene

Tilbakebetalingstid [år]	2	3	4	5
Brundalen	39,3	5,9	16,2	-
Flatåsaunet	40,9	125,4	89,5	83,6
Nardo Søndre	14,3	31,7	29,7	27,3

### Brundalen borettslag

Oppgraderingen omfatter tiltak som etterisolering og utskifting av vindu og dører. Naturlig ventilasjon beholdes.

### Flatåsaunet borettslag

Full oppgradering med bytte av vinduer og dører, etterisolering, innbygging av balkong inkludert ny balkong med utvendig bæresystem, og installering av sentralisert balansert ventilasjonssystem.

### Nardo Søndre borettslag

Oppgraderingen omfatter bytte av vindu og dører, etterisolering, bytte av balkong med utvendig bæresystem, og installering av desentralisert balansert ventilasjonssystem.

For å se hvilke tiltak som er lønnsomme, er det delt inn i ulike tilfeller:

- 1: Før oppgradering
- 2: Etter bytte av vindu og dører
- 3: Etter oppgradering, uten vindu og dører
- 4: Etter oppgradering, med naturlig ventilasjon
- 5: Etter oppgradering



## Energi- og kostnadsanalyse ved oppgradering av borettslag

### Energy and cost analysis when upgrading apartment buildings

Prosjektnr: 2019-04 Linn Gundersen og Yvonne Kojen

Intern veileder: Runar Skippervik og Erland Olsen Ekstern kontakt: TOBB

### Bakgrunn

- Hvordan vil ulike oppgraderingstiltak slå ut energi- og kostnadsmessig?
- TOBB ønsker å analysere oppgraderingsprosjektene de har utført.
- Analyser av tre borettslag:
  - Brundalen, Flatåsaunet og Nardo Søndre Borettslag.
  - Alle utføres med forskjellige oppgraderingsløsninger.

### Oppsummering

- Redusert levert energi
- Varierende forventet årlig besparelse
- Tilbakebetalingstid:
  - Brundalen og Nardo Søndre er lønnsomme
  - Flatåsaunet er ulønnsom

Oppgraderinger vil gi reduserte strømkostnader, men totalregnskapet trenger ikke nødvendigvis være positivt.

## Resultater

### Oppdeling av tiltak etter tilfeller

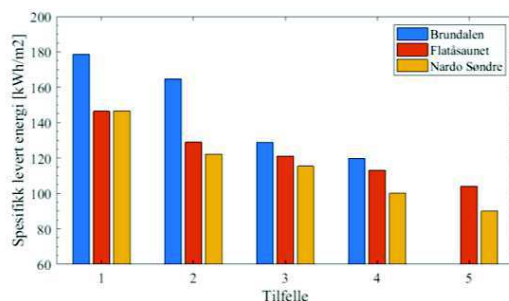
Tiltak	Tilfelle				
	1	2	3	4	5
Bytte av vindu og dører		X		X	X
Etterisolering (vegger, tak og grunnmur)			X	X	X
Oppgradering av balkong			X	X	X
Oppgradering av ventilasjon*			X		X

\*For Flatåsaunet gjelder det et sentralt balansert ventilasjon, og for Nardo Søndre gjelder det et desentralisert balansert ventilasjonssystem.

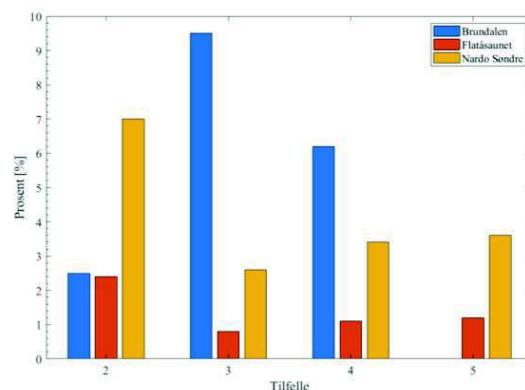
### Tilbakebetalingstiden for de ulike tilfellene

Tilbakebetalingstid [år]	2	3	4	5
Brundalen	39,3	5,9	16,2	-
Flatåsaunet	40,9	125,4	89,5	83,6
Nardo Søndre	14,3	31,7	29,7	27,3

### Simulert spesifikk levert energi for alle borettslagene



### Forventet årlig besparelse av investeringen i prosent







# Investeringskostnader

	<b>Brundalen</b>	<b>Flatåsaunet</b>	<b>Nardo Søndre</b>
Generelle kostnader	15 471 187	6 783 130	10 969 640
Etterisolering	142 392 987	13 200 370	13 412 268
Bytte av vindu og dører	39 869 683	16 821 574	11 508 407
Luftbehandling	612 300	13 934 575	5 720 000
Etterisolering av tak	5 478 814	4 435 971	76 200
Balkong	0	19 342 978	21 803 482
<b>Totalt</b>	<b>203 824 971</b>	<b>74 518 598</b>	<b>63 489 997</b>
Per blokk			
Generelle kostnader	286 503	1 695 783	1 371 205
Etterisolering	2 636 907	3 300 093	1 676 534
Bytte av vindu og dører	738 327	4 205 394	1 438 551
Luftbehandling	11 338	3 483 644	715 000
Etterisolering av tak	101 459	1 108 993	9 525
Balkong	0	4 835 745	2 725 435
<b>Totalt</b>	<b>3 774 537</b>	<b>18 629 650</b>	<b>7 936 250</b>
Per leilighet			
Generelle kostnader	31 834	36 865	42 850
Etterisolering	292 990	71 741	52 392
Bytte av vindu og dører	82 036	91 422	44 955
Luftbehandling	1 260	75 731	22 344
Etterisolering av tak	11 273	24 109	298
Balkong	0	105 125	85 170
<b>Totalt</b>	<b>419 393</b>	<b>404 992</b>	<b>248 008</b>
Per kvadratmeter leilighet			
Generelle kostnader	382	502	733
Etterisolering	3 516	978	896
Bytte av vindu og dører	984	1 246	769
Luftbehandling	15	1 032	382
Etterisolering av tak	135	329	5
Balkong	0	1 433	1 457
<b>Totalt</b>	<b>5 033</b>	<b>5 519</b>	<b>4 241</b>

# Vedlikeholds- og oppgraderingskostnader

Borettslag	Post	Vedlikehold	Oppgradering
<i>Brundalen</i>	Generelle kostnader	13 540 890	1 930 297
	Etterisolering	122 043 273	20 349 714
	Bytte av vindu og dører	3 247 523	36 622 160
	Luftbehandling	612 300	0
	Etterisolering av tak	116 220	5 362 594
	Balkong	0	0
	<b>Totalt</b>	<b>139 560 206</b>	<b>64 264 765</b>
<i>Flatåsaunet</i>	Generelle kostnader	5 087 347	1 695 783
	Etterisolering	7 458 562	6 626 076
	Bytte av vindu og dører	2 695 075	14 126 499
	Luftbehandling	794 918	13 139 657
	Etterisolering av tak	125 175	4 310 796
	Balkong	0	19 342 978
	<b>Totalt</b>	<b>15 276 810</b>	<b>59 241 788</b>
<i>Nardo Søndre</i>	Generelle kostnader	8 227 230	2 742 410
	Etterisolering	9 168 508	4 243 760
	Bytte av vindu og dører	2 206 462	8 940 216
	Luftbehandling	1 120 000	4 600 000
	Etterisolering av tak	0	76 200
	Balkong	0	21 803 482
	<b>Totalt</b>	<b>21 083 929</b>	<b>42 406 068</b>

# Oppgraderingskostnader

	<b>Brundalen</b>	<b>Flatåsaunet</b>	<b>Nardo Søndre</b>
Generelle kostnader	1 930 297	1 695 783	2 742 410
Etterisolering	20 349 714	6 626 076	4 243 760
Bytte av vindu og dører	36 622 160	14 126 499	8 940 216
Luftbehandling	0	13 139 657	4 600 000
Etterisolering av tak	5 362 594	4 310 796	76 200
Balkong	0	19 342 978	21 803 482
<b>Totalt</b>	<b>64 264 765</b>	<b>59 241 789</b>	<b>42 406 068</b>
Per blokk			
Generelle kostnader	35 746	423 946	342 801
Etterisolering	376 847	1 656 519	530 470
Bytte av vindu og dører	678 188	3 531 625	1 117 527
Luftbehandling	0	3 284 914	575 000
Etterisolering av tak	99 307	1 077 699	9 525
Balkong	0	4 835 745	2 725 435
<b>Totalt</b>	<b>1 190 088</b>	<b>14 810 447</b>	<b>5 300 759</b>
Per leilighet			
Generelle kostnader	3 972	9 216	10 713
Etterisolering	41 872	36 011	16 577
Bytte av vindu og dører	75 354	76 774	34 923
Luftbehandling	0	71 411	17 969
Etterisolering av tak	11 034	23 428	298
Balkong	0	105 125	85 170
<b>Totalt</b>	<b>132 232</b>	<b>321 966</b>	<b>165 649</b>
Per kvadratmeter leilighet			
Generelle kostnader	48	126	183
Etterisolering	502	491	283
Bytte av vindu og dører	904	1 046	597
Luftbehandling	0	973	307
Etterisolering av tak	132	319	5
Balkong	0	1 433	1 457
<b>Totalt</b>	<b>1 587</b>	<b>4 388</b>	<b>2 833</b>



## Inndata Simien

<b>Internlaster</b>				
Belysning	Midlere effekt: 1,95 w/m <sup>2</sup>	Varmetilskudd: 100 %		
Teknisk utstyr	Midlere effekt: 3,00 w/m <sup>2</sup>	Varmetilskudd: 60 %		
Tappevann	Midlere effekt: 3,40 w/m <sup>2</sup>	Varmetilskudd: 0 %	Vanndamp: 0 g/h	
Varmetilskudd personer: 50 W i arbeidstid, 105 W utenfor arbeidstid og 200 W i helg				
<b>Oppvarming</b>				
<i>Maksimal avgitt effekt</i>		50 W/m <sup>2</sup>		
<i>Konvektiv andel avgitt effekt</i>		0,5		
<i>Settpunkttemperatur i driftstid</i>		21 °C		
<i>Settpunkttemperatur utenfor driftstid</i>		19 °C		
<i>Driftstid</i>		07:00 – 23.00		
<b>Energikrav etter forskrifter</b>				
<i>Luftlekkasjetall (N50)</i>	Før: 1,5 h <sup>-1</sup>	Etter: 0,6 h <sup>-1</sup>		
<i>Normalisert kuldebroverdi</i>	Før: 0,09 W/(mK)	Etter: 0,07 W/(mK)		
<b>Annet</b>				
Soner med leiligheter: middels møblert rom. Loft og kjeller: lett møblert rom. Det er valgt moderat skjerming, med mer enn en vindutsatt fasade. Fasade sør er solutsatt med utvendig absorpsjonskoeffisient på 0,80.				
<b>Energiforsyning</b>				
<i>Elektrisitet</i>	Dekningsgrad romoppvarming*:			
	• Brundalen	Før 90 %	Etter: 95 %	
	• Flatåsaunet	Før: 100 %	Etter: 100 %	
	• Nardo Søndre	Før: 95 %	Etter: 98 %	
	Systemvirkningsgrad romoppvarming før rehabilitering		0,89	
	Systemvirkningsgrad romoppvarming etter rehabilitering		0,92	
	Systemvirkningsgrad varmtvann		0,98	
	Systemvirkningsgrad varmebatterier		0,92	
	Gjennomsnittlig kjølefaktor romkjøling		2,40	
Gjennomsnittlig kjølefaktor kjølebatterier		2,50		
<i>Biobrensel (vedfyring) (gjelder for Borettslaget Nardo Søndre og Brundalen borettslag)</i>	Dekningsgrad romoppvarming*:			
	• Brundalen	Før: 10 %	Etter: 5 %	
	• Nardo Søndre	Før: 5 %	Etter: 2 %	
	Systemvirkningsgrad romoppvarming		0,30	
	Systemvirkningsgrad varmtvann		0,68	
	Systemvirkningsgrad varmebatteri		0,32	
	Gjennomsnittlig kjølefaktor romkjøling		2,50	
Gjennomsnittlig kjølefaktor kjølebatteri		2,50		
*Antakelser gjort av tidligere bachelorgruppe, og er antatt som et gjennomsnitt av beboernes forbruk av vedovn. Det er antatt at beboerne benytter seg mindre av vedovnene etter oppgradering. Videre er denne posten for energiforsyning kun ment til romoppvarming, og den er tatt med i simuleringen for å få frem at elektrisitet alene ikke står for 100 prosent av energiforsyningen. Det er for stor usikkerhet knyttet til bruken av ildsted.				

# Brundalen

Bygningsdel	Før		Etter		Kommentar
<i>Oppvarmet gulvareal</i>	Kjeller:	200,0 m <sup>2</sup>	Kjeller:	200,0 m <sup>2</sup>	Uendret
	1.-3.etg:	250,0 m <sup>2</sup>	1.-3.etg:	250,0 m <sup>2</sup>	
<i>Yttervegg (nord)</i>	u-verdi: 0,38 W/(m <sup>2</sup> K)		u-verdi: 0,17 W/(m <sup>2</sup> K)		Etterisolering
<i>Yttervegg (øst)</i>	u-verdi: 0,33 W/(m <sup>2</sup> K)		u-verdi: 0,19 W/(m <sup>2</sup> K)		Etterisolering
<i>Yttervegg (sør)</i>	u-verdi: 0,32 W/(m <sup>2</sup> K)		u-verdi: 0,19 W/(m <sup>2</sup> K)		Etterisolering
<i>Yttervegg (vest)</i>	u-verdi: 0,36 W/(m <sup>2</sup> K)		u-verdi: 0,18 W/(m <sup>2</sup> K)		Etterisolering
<i>Gulv mot grunn</i>	u-verdi: 0,36 W/(m <sup>2</sup> K)		u-verdi: 0,36 W/(m <sup>2</sup> K)		Uendret
<i>Grunnmur</i>	u-verdi: 0,58 W/(m <sup>2</sup> K)		u-verdi: 0,22 W/(m <sup>2</sup> K)		Etterisolering
<i>Tak</i>	u-verdi: 0,29 W/(m <sup>2</sup> K)		u-verdi: 0,13 W/(m <sup>2</sup> K)		Etterisolering
<i>Vindu</i>	u-verdi: 2,4 W/(m <sup>2</sup> K) g-verdi (solfaktor): 1,0		u-verdi: 0,8 W/(m <sup>2</sup> K) g-verdi (solfaktor): 0,5		U-verdi før fra standard* Byttet til 3-lags
<i>Dør</i>	u-verdi: 2,7 W/(m <sup>2</sup> K)		u-verdi: 0,8 W/(m <sup>2</sup> K)		U-verdi før fra standard*
<i>Ventilasjon</i>	Naturlig ventilasjon Avtrekk: 0,8 m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> ) SFP-faktor: 0		Naturlig ventilasjon Avtrekk: 0,8 m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> ) SFP-faktor: 0		Uendret
*U-verdiene som er satt for vindu og dører før oppgradering er hentet fra SN/TN 3031:2016, og er standardverdier for vindu og dører fra perioden.					

## Flatåsaunet

Bygningsdel	Før		Etter		Kommentar
<i>Oppvarmet gulvareal</i>	Kjeller:	769,2	Kjeller:	769,2	Utvidelse av stue på 9,1 m <sup>2</sup> i leilighetene i 2-4 etg.
	1.etg:	769,2 m <sup>2</sup>	1.etg	769,2 m <sup>2</sup>	
	2.etg	751,9 m <sup>2</sup>	2.etg	843,8 m <sup>2</sup>	
	3.etg	789,5 m <sup>2</sup>	3.etg	881,3 m <sup>2</sup>	
	4.etg	789,5 m <sup>2</sup>	4.etg	881,3 m <sup>2</sup>	
<i>Langvegg (øst, vest)</i>	u-verdi: 0,33 W/(m <sup>2</sup> K)		u-verdi: 0,15 W/(m <sup>2</sup> K)		Etterisolering
<i>Gavlvegg (nord, sør)</i>	u-verdi: 0,30 W/(m <sup>2</sup> K)		u-verdi: 0,15 W/(m <sup>2</sup> K)		Etterisolering Fasade sør er solutsatt
<i>Gulv mot grunn</i>	u-verdi: 2,1 W/(m <sup>2</sup> K)		u-verdi: 2,1 W/(m <sup>2</sup> K)		Uendret
<i>Grunnmur</i>	u-verdi: 0,38 W/(m <sup>2</sup> K)		u-verdi: 0,29 W/(m <sup>2</sup> K)		Etterisolering
<i>Tak</i>	u-verdi: 0,20 W/(m <sup>2</sup> K)		u-verdi: 0,12 W/(m <sup>2</sup> K)		Etterisolering
<i>Vindu</i>	u-verdi: 2,0 W/(m <sup>2</sup> K) g-verdi (solfaktor): 1,0		u-verdi: 0,8 W/(m <sup>2</sup> K) g-verdi (solfaktor): 0,5		U-verdi før fra standard* Byttet til 3-lags vindu
<i>Dør</i>	u-verdi: 1,9 W/(m <sup>2</sup> K)		u-verdi: 0,8 W/(m <sup>2</sup> K)		U-verdi før fra Simien* Byttet
<i>Ventilasjon</i>	Naturlig ventilasjon Avtrekk: 0,8 m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> ) SFP-faktor: 0		Sentralt balansert ventilasjon, Flexit UNI 2		Se tabell for inndata for sentralt balansert ventilasjon
*U-verdiene som er satt for vindu og dører for oppgradering er hentet fra SN/TN 3031:2016, og er standardverdier for vindu og dører fra perioden. For dører før er det valgt innstillinger som ligger i Simien, med u-verdi 1,9.					

## Ventilasjon

Faktor	Verdi
<i>Tilluftstemperatur</i>	19 °C (konstant)
<i>SFP-faktor</i>	1,5 kW/m <sup>3</sup> /s
<i>Virkningsgrad</i>	Varmegjenvinningsgrad: 80%
<i>Luftmengde</i>	
<i>Tilluft</i>	2,05 m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )
<i>Avtrekk</i>	2,01 m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )

## Nardo Søndre

Bygningsdel	Før	Etter	Kommentar
<i>Oppvarmet gulvareal</i>	Kjeller: 467,8 m <sup>2</sup>	Kjeller 467,8 m <sup>2</sup>	Uendret
	1.-4.etg: 467,8 m <sup>2</sup>	1.-4.etg: 467,8 m <sup>2</sup>	
	Loft: 230 m <sup>2</sup>	Loft: 230 m <sup>2</sup>	
<i>Langvegg (øst, vest)</i>	u-verdi: 0,28 W/(m <sup>2</sup> K)	u-verdi: 0,15 W/(m <sup>2</sup> K)	Etterisolering
<i>Gavlvegg (nord, sør)</i>	u-verdi: 0,37 W/(m <sup>2</sup> K)	u-verdi: 0,18 W/(m <sup>2</sup> K)	Etterisolering
<i>Gulv mot grunn</i>	u-verdi: 0,36 W/(m <sup>2</sup> K)	u-verdi: 0,36 W/(m <sup>2</sup> K)	Uendret
<i>Grunnmur</i>	u-verdi: 0,6 W/(m <sup>2</sup> K)	u-verdi: 0,19 W/(m <sup>2</sup> K)	Etterisolering
<i>Tak</i>	u-verdi: 0,23 W/(m <sup>2</sup> K)	u-verdi: 0,23 W/(m <sup>2</sup> K)	Uendret, kun takutstikk vestfasade etterisolert
<i>Vindu</i>	u-verdi: 2,4 W/(m <sup>2</sup> K) g-verdi (solfaktor): 1,0	u-verdi: 0,8 W/(m <sup>2</sup> K) g-verdi (solfaktor): 0,6	U-verdi før fra standard* Byttet til 3-lags vindu (loftsvindu ikke byttet)
<i>Dør</i>	u-verdi: 2,7 W/(m <sup>2</sup> K)	u-verdi: 0,8 W/(m <sup>2</sup> K)	U-verdi før fra standard* Byttet
<i>Ventilasjon</i>	Naturlig ventilasjon Avtrekk: 0,8 m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> ) SFP-faktor: 0	Desentralisert balansert ventilasjon, Lunos (ikke i kjeller og loft)	Se tabell for inndata for desentralisert balansert ventilasjon
*U-verdiene som er satt for vindu og dører for oppgradering er hentet fra SN/TN 3031:2016, og er standardverdier for vindu og dører fra perioden.			

## Ventilasjon

Faktor	Verdi
<i>SFP-faktor</i>	0,3 kW/m <sup>3</sup> /s
<i>Virkningsgrad</i>	Varmegjenvinning: 90,6 %
<i>Luftmengde</i>	
<i>Tilluft</i>	1,73 m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )
<i>Avtrekk</i>	1,73 m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Før totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 14:57 26/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Brundalen\Brundalen. Før rehab.smi

Prosjekt: Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Før totalrehabilitering

Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	82515 kWh	86,9 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	22338 kWh	23,5 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	16235 kWh	17,1 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	19710 kWh	20,7 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>140798 kWh</b>	<b>148,2 kWh/m<sup>2</sup></b>

Leverert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Leverert energi	Spesifikk leverert energi
1a Direkte el.	142181 kWh	149,7 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	27505 kWh	29,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt leverert energi, sum 1-7</b>	<b>169686 kWh</b>	<b>178,6 kWh/m<sup>2</sup></b>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Netto leverert energi</b>	<b>169686 kWh</b>	<b>178,6 kWh/m<sup>2</sup></b>



Simuleringsnavn: Årssimulering Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Før totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 14:57 26/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

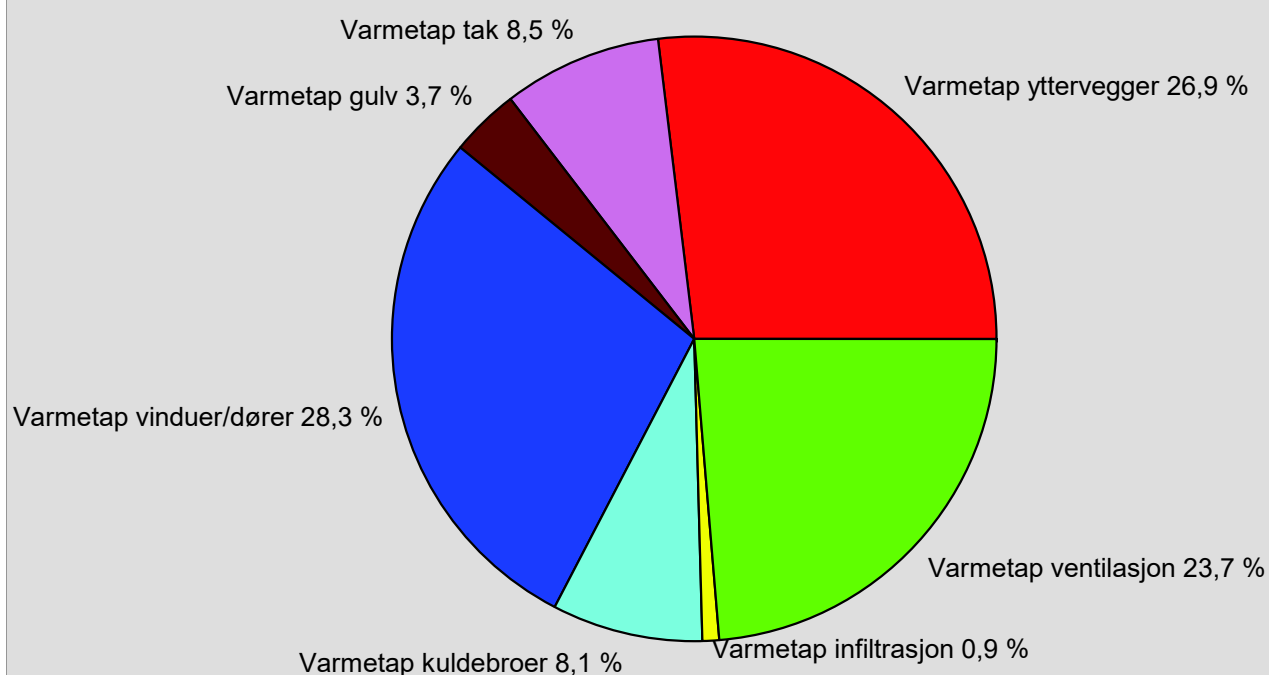
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Brundalen\Brundalen. Før rehab.smi

Prosjekt: Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Før totalrehabilitering

Sone: Alle soner

### Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Varmetapstall yttervegger	0,30 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall tak	0,09 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,04 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,32 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall kuldebroer	0,09 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall infiltrasjon	0,01 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall ventilasjon	0,26 W/m <sup>2</sup> K
Totalt varmetapstall	1,12 W/m <sup>2</sup> K



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Før totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 14:57 26/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Brundalen\Brundalen. Før rehab.smi

Prosjekt: Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Før totalrehabilitering

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	826	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	310	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	200	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	120	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	950	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	2565	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,35	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,29	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,19	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	2,49	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	12,7	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,09	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	70	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1,50	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	0,00	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,80	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,78	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	50	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,45	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Før totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 14:57 26/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Brundalen\Brundalen. Før rehab.smi

Prosjekt: Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Før totalrehabilitering

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	2,37	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,42	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	2,68	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,17	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	1,00	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Boligblokker
Simuleringsansvarlig	Linn Gundersen, Yvonne Kojen
Kommentar	Simulering før rehabilitering

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Trondheim
Breddegrad	63° 30'
Lengdegrad	10° 22'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	5,1 °C
Midlere solstråling horisontal flate	102 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	4,6 m/s



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Før totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 14:57 26/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Brundalen\Brundalen. Før rehab.smi

Prosjekt: Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Før totalrehabilitering

Sone: Alle soner

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,89 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,98 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,92 Kjølefaktor romkjøling: 2,40 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 90,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %
5 Biobrensel	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,30 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,68 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,32 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,65 kr/kWh CO2-utslipp: 14 g/kWh Andel romoppvarming: 10,0% Andel oppv, tappevann: 0,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 %

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m <sup>2</sup> K]:	20,00





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter bytte av vindu og dører

Tid/dato simulering: 14:52 26/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Brundalen\Brundalen. Etter bytte av vindu og dører.smi

Prosjekt: Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter bytte av vindu og dører

Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	72649 kWh	76,5 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	22338 kWh	23,5 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	16235 kWh	17,1 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	19710 kWh	20,7 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>130931 kWh</b>	<b>137,8 kWh/m<sup>2</sup></b>

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	132203 kWh	139,2 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	24216 kWh	25,5 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt levert energi, sum 1-7</b>	<b>156420 kWh</b>	<b>164,7 kWh/m<sup>2</sup></b>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Netto levert energi</b>	<b>156420 kWh</b>	<b>164,7 kWh/m<sup>2</sup></b>



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter bytte av vindu og dører

Tid/dato simulering: 14:52 26/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

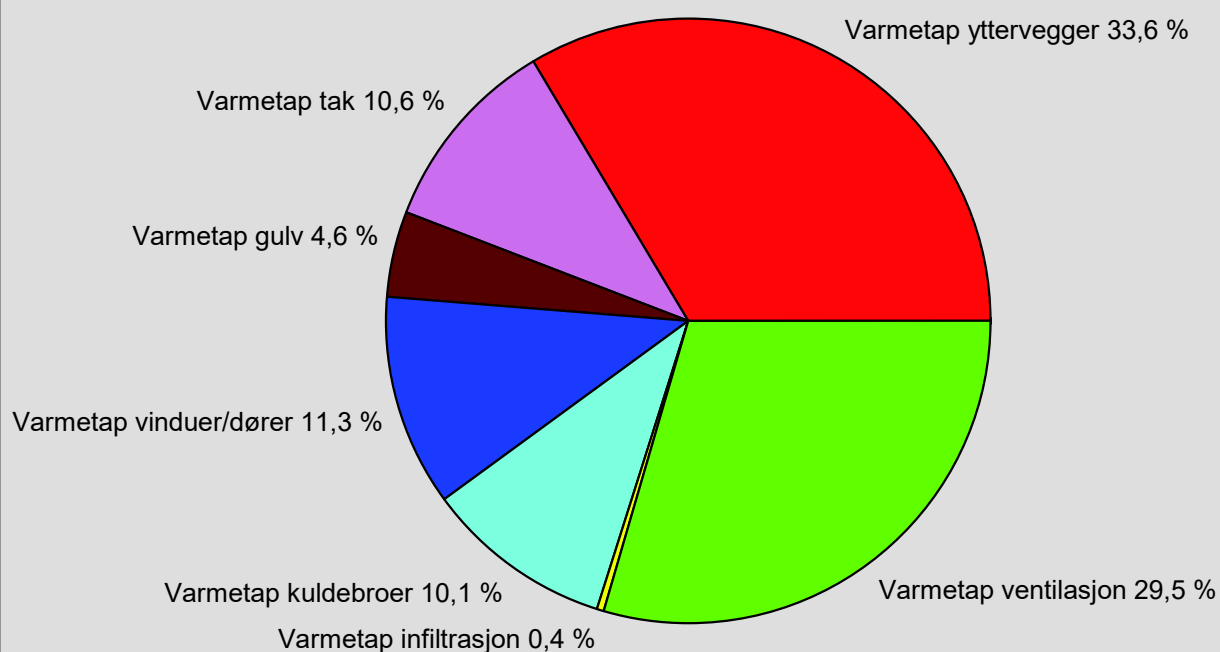
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Brundalen\Brundalen. Etter bytte av vindu og dører.smi

Prosjekt: Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter bytte av vindu og dører

Sone: Alle soner

### Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Varmetapstall yttervegger	0,30 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall tak	0,09 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,04 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,10 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall kuldebroer	0,09 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall infiltrasjon	0,00 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall ventilasjon	0,26 W/m <sup>2</sup> K
Totalt varmetapstall	0,89 W/m <sup>2</sup> K





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter bytte av vindu og dører

Tid/dato simulering: 14:52 26/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Brundalen\Brundalen. Etter bytte av vindu og dører.smi

Prosjekt: Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter bytte av vindu og dører

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	826	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	310	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	200	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	120	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	950	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	2565	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,35	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,29	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,19	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,80	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	12,7	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,09	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	70	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,93	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	0,00	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,80	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,79	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	50	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,45	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter bytte av vindu og dører

Tid/dato simulering: 14:52 26/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Brundalen\Brundalen. Etter bytte av vindu og dører.smi

Prosjekt: Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter bytte av vindu og dører

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	2,37	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,42	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	2,68	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,17	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,50	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Boligblokker
Simuleringsansvarlig	Linn Gundersen, Yvonne Kojen
Kommentar	Simulering før rehabilitering

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Trondheim
Breddegrad	63° 30'
Lengdegrad	10° 22'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	5,1 °C
Midlere solstråling horisontal flate	102 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	4,6 m/s



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter bytte av vindu og dører

Tid/dato simulering: 14:52 26/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Brundalen\Brundalen. Etter bytte av vindu og dører.smi

Prosjekt: Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter bytte av vindu og dører

Sone: Alle soner

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,89 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,98 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,92 Kjølefaktor romkjøling: 2,40 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 90,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %
5 Biobrensel	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,30 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,68 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,32 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,65 kr/kWh CO2-utslipp: 14 g/kWh Andel romoppvarming: 10,0% Andel oppv, tappevann: 0,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 %

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m <sup>2</sup> K]:	20,00





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Tid/dato simulering: 09:44 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Brundalen. Etter rehab uten vinduer og dører.smi

Prosjekt: Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	53103 kWh	55,9 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	22338 kWh	23,5 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	16235 kWh	17,1 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	19710 kWh	20,7 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>111386 kWh</b>	<b>117,2 kWh/m<sup>2</sup></b>

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	113573 kWh	119,6 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	8851 kWh	9,3 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt levert energi, sum 1-7</b>	<b>122424 kWh</b>	<b>128,9 kWh/m<sup>2</sup></b>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Netto levert energi</b>	<b>122424 kWh</b>	<b>128,9 kWh/m<sup>2</sup></b>



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Tid/dato simulering: 09:44 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

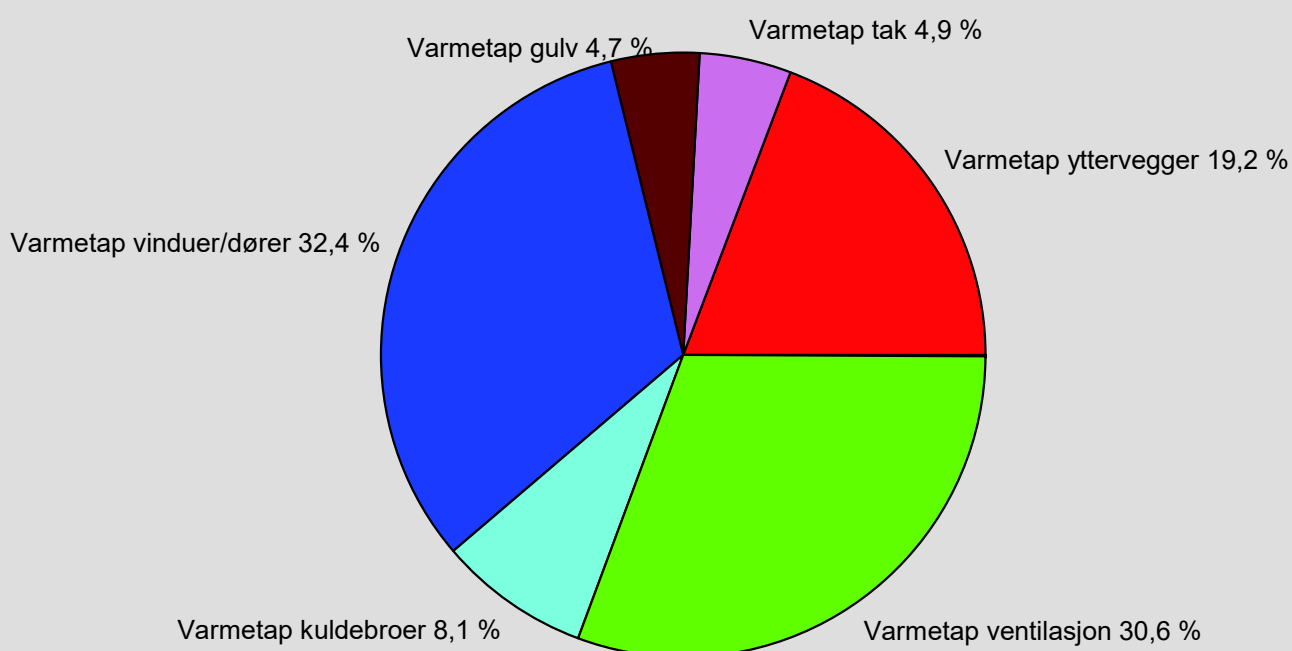
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Brundalen. Etter rehab uten vinduer og dører.smi

Prosjekt: Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Sone: Alle soner

### Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Varmetapstall yttervegger	0,17 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall tak	0,04 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,04 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,28 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall kuldebroer	0,07 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall infiltrasjon	0,00 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall ventilasjon	0,26 W/m <sup>2</sup> K
Totalt varmetapstall	0,86 W/m <sup>2</sup> K



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Tid/dato simulering: 09:44 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Brundalen. Etter rehab uten vinduer og dører.smi

Prosjekt: Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	826	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	310	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	200	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	120	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	950	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	2565	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,19	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,19	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	2,21	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	12,7	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,07	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	90	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,60	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	0,00	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,80	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,87	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	50	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,45	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Tid/dato simulering: 09:44 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Brundalen. Etter rehab uten vinduer og dører.smi

Prosjekt: Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	2,37	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,42	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	2,68	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,17	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	1,00	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Boligblokker
Simuleringsansvarlig	Linn Gundersen, Yvonne Kojen
Kommentar	Simulering etter rehabilitering

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Trondheim
Breddegrad	63° 30'
Lengdegrad	10° 22'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	5,1 °C
Midlere solstråling horisontal flate	102 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	4,6 m/s





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Tid/dato simulering: 09:44 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Brundalen. Etter rehab uten vinduer og dører.smi

Prosjekt: Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Sone: Alle soner

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,92 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,98 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,92 Kjølefaktor romkjøling: 2,40 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 95,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %
5 Biobrensel	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,30 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,68 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,32 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,65 kr/kWh CO2-utslipp: 14 g/kWh Andel romoppvarming: 5,0% Andel oppv, tappevann: 0,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 %

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m <sup>2</sup> K]:	20,00





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 15:07 26/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Brundalen\26.03.2019\Brundalen. Etter rehab.smi

Prosjekt: Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter totalrehabilitering

Sone: Alle soner

Energibudsjett			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	45961 kWh	48,4 kWh/m <sup>2</sup>	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
2 Varmtvann (tappevann)	22338 kWh	23,5 kWh/m <sup>2</sup>	
3a Vifter	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
4 Belysning	16235 kWh	17,1 kWh/m <sup>2</sup>	
5 Teknisk utstyr	19710 kWh	20,7 kWh/m <sup>2</sup>	
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>104243 kWh</b>	<b>109,7 kWh/m<sup>2</sup></b>	

Levert energi til bygningen (beregnet)			
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi	
1a Direkte el.	106198 kWh	111,8 kWh/m <sup>2</sup>	
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
5 Biobrensel	7660 kWh	8,1 kWh/m <sup>2</sup>	
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
<b>Totalt levert energi, sum 1-7</b>	<b>113858 kWh</b>	<b>119,9 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
<b>Netto levert energi</b>	<b>113858 kWh</b>	<b>119,9 kWh/m<sup>2</sup></b>	



Simuleringsnavn: Årssimulering Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 15:07 26/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

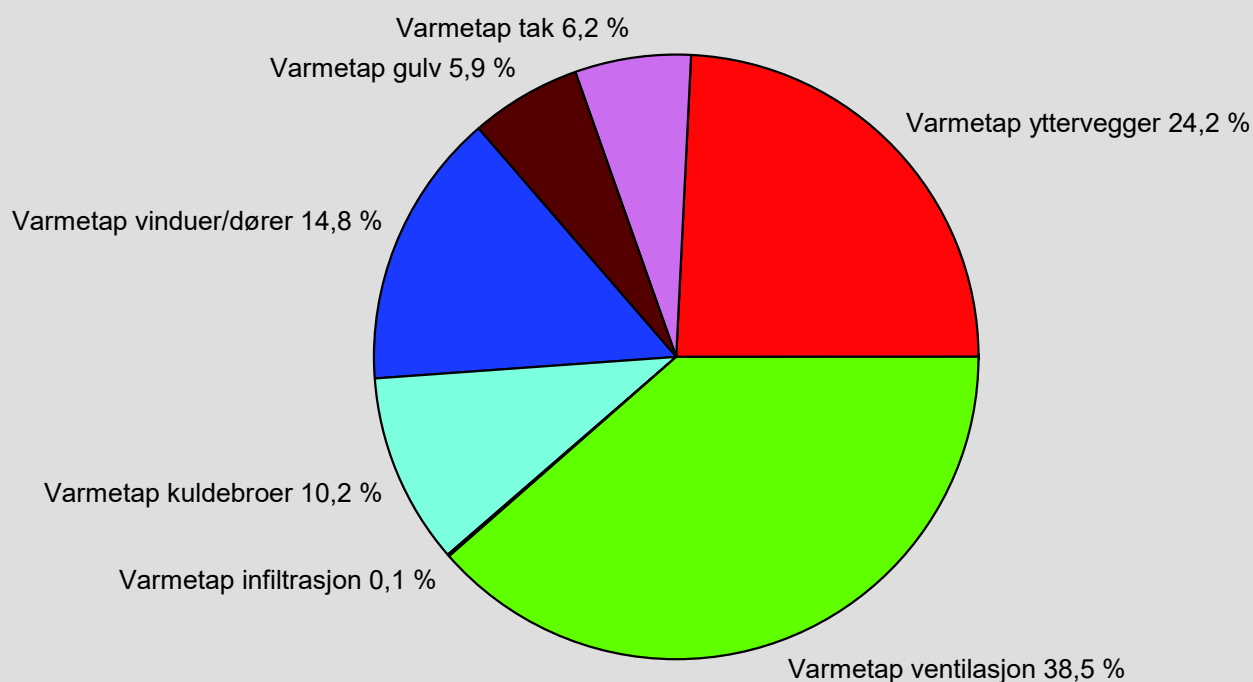
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Brundalen\26.03.2019\Brundalen. Etter rehab.smi

Prosjekt: Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter totalrehabilitering

Sone: Alle soner

### Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Varmetapstall yttervegger	0,17 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall tak	0,04 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,04 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,10 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall kuldebroer	0,07 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall infiltrasjon	0,00 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall ventilasjon	0,26 W/m <sup>2</sup> K
Totalt varmetapstall	0,69 W/m <sup>2</sup> K



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter totalrehabilitering

Tid/data simulering: 15:07 26/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Brundalen\26.03.2019\Brundalen. Etter rehab.smi

Prosjekt: Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter totalrehabilitering

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	826	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	310	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	200	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	120	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	950	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	2565	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,19	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,19	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,80	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	12,7	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,07	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	90	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,60	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	0,00	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,80	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,88	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	50	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,45	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 15:07 26/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Brundalen\26.03.2019\Brundalen. Etter rehab.smi

Prosjekt: Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter totalrehabilitering

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	2,37	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,42	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	2,68	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,17	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,50	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Boligblokker
Simuleringsansvarlig	Linn Gundersen, Yvonne Kojen
Kommentar	Simulering etter rehabilitering

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Trondheim
Breddegrad	63° 30'
Lengdegrad	10° 22'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	5,1 °C
Midlere solstråling horisontal flate	102 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	4,6 m/s



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 15:07 26/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Brundalen\26.03.2019\Brundalen. Etter rehab.smi

Prosjekt: Brundalen Borettslag, Aunegrenda 9: Etter totalrehabilitering

Sone: Alle soner

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,92 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,98 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,92 Kjølefaktor romkjøling: 2,40 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 95,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %
5 Biobrensel	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,30 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,68 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,32 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,65 kr/kWh CO2-utslipp: 14 g/kWh Andel romoppvarming: 5,0% Andel oppv, tappevann: 0,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 %

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m <sup>2</sup> K]:	20,00







# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Før totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 11:37 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Flatåsaunet\03.04.2019\Flatåsaunet. Før rehab.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Før totalrehabilitering

Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	290463 kWh	75,1 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	92359 kWh	23,9 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	66108 kWh	17,1 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	81462 kWh	21,1 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>530392 kWh</b>	<b>137,1 kWh/m<sup>2</sup></b>

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	566291 kWh	146,4 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt levert energi, sum 1-7</b>	<b>566291 kWh</b>	<b>146,4 kWh/m<sup>2</sup></b>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Netto levert energi</b>	<b>566291 kWh</b>	<b>146,4 kWh/m<sup>2</sup></b>



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Før totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 11:37 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

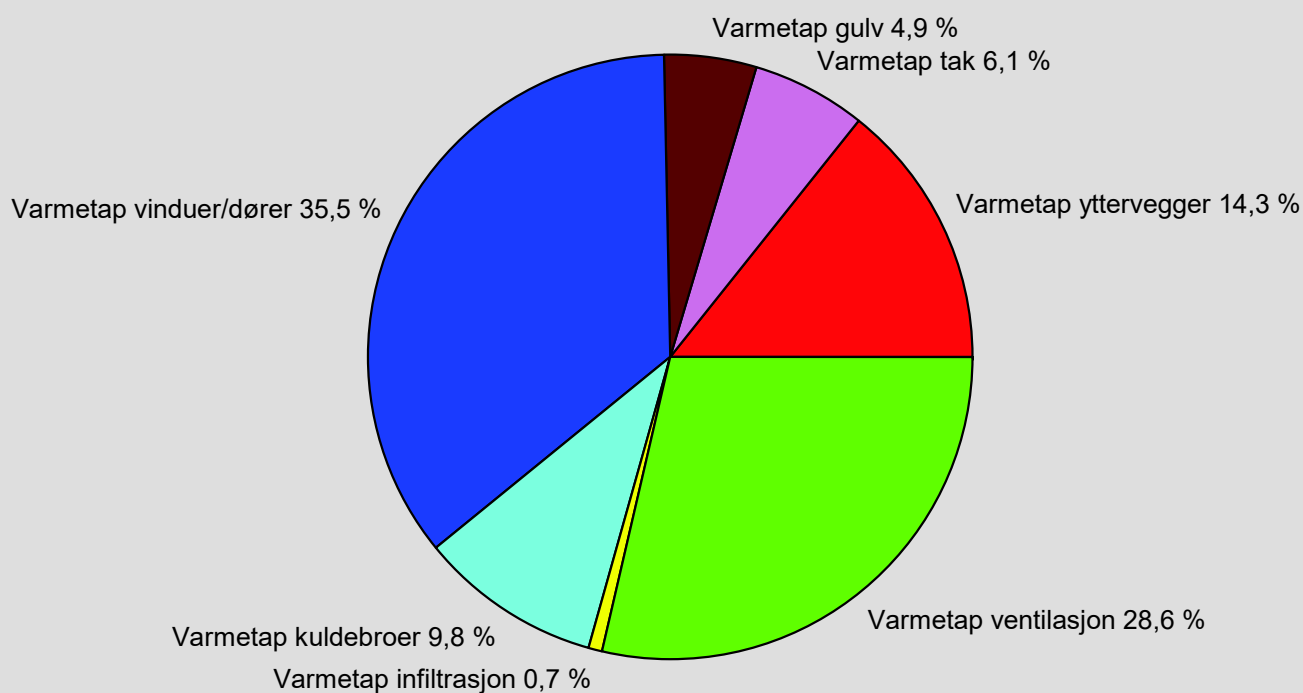
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Flatåsaunet\03.04.2019\Flatåsaunet. Før rehab.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Før totalrehabilitering

Sone: Alle soner

### Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Varmetapstall yttervegger	0,13 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall tak	0,06 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,05 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,33 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall kuldebroer	0,09 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall infiltrasjon	0,01 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall ventilasjon	0,26 W/m <sup>2</sup> K
Totalt varmetapstall	0,92 W/m <sup>2</sup> K



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Før totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 11:37 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Flatåsaunet\03.04.2019\Flatåsaunet. Før rehab.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Før totalrehabilitering

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	1576	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	1094	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	769	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	656	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	3869	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	9143	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,32	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,20	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,23	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	1,93	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	17,0	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,09	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	143	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1,50	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	0,00	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,80	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,91	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	50	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,45	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Før totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 11:37 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Flatåsaunet\03.04.2019\Flatåsaunet. Før rehab.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Før totalrehabilitering

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	2,40	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,44	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	2,72	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,56	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	1,00	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,24	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Boligblokker
Simuleringsansvarlig	Linn Gundersen, Yvonne Kojen
Kommentar	Simulering før rehabilitering med utregnede U-verdier

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Trondheim
Breddegrad	63° 30'
Lengdegrad	10° 22'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	5,1 °C
Midlere solstråling horisontal flate	102 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	4,6 m/s



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Før totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 11:37 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Flatåsaunet\03.04.2019\Flatåsaunet. Før rehab.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Før totalrehabilitering

Sone: Alle soner

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,89 Systemvirkningsgrad varmtvann: 1,00 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,92 Kjølefaktor romkjøling: 2,40 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 100,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m <sup>2</sup> K]:	20,00





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter bytte av vindu og dører

Tid/dato simulering: 11:41 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Flatåsaunet. Etter bytte av vindu og dører.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter bytte av vindu og dører

Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	230726 kWh	59,6 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	92359 kWh	23,9 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	66108 kWh	17,1 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	81462 kWh	21,1 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>470655 kWh</b>	<b>121,6 kWh/m<sup>2</sup></b>

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	499172 kWh	129,0 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt levert energi, sum 1-7</b>	<b>499172 kWh</b>	<b>129,0 kWh/m<sup>2</sup></b>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Netto levert energi</b>	<b>499172 kWh</b>	<b>129,0 kWh/m<sup>2</sup></b>



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter bytte av vindu og dører

Tid/dato simulering: 11:41 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

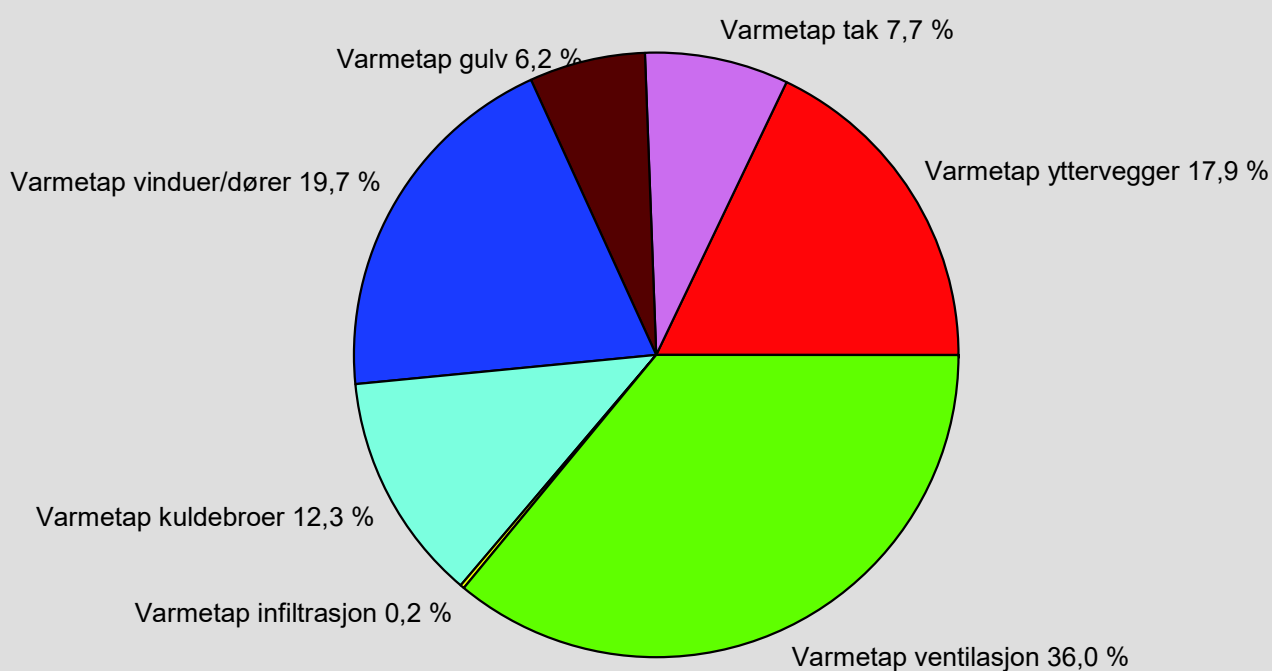
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Flatåsaunet. Etter bytte av vindu og dører.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter bytte av vindu og dører

Sone: Alle soner

### Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Varmetapstall yttervegger	0,13 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall tak	0,06 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,05 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,14 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall kuldebroer	0,09 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall infiltrasjon	0,00 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall ventilasjon	0,26 W/m <sup>2</sup> K
Totalt varmetapstall	0,73 W/m <sup>2</sup> K





Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter bytte av vindu og dører

Tid/dato simulering: 11:41 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Flatåsaunet. Etter bytte av vindu og dører.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter bytte av vindu og dører

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	1572	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	1094	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	769	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	656	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	3869	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	9143	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,32	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,20	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,23	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,85	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	17,0	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,09	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	143	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,81	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	0,00	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,80	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,92	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	50	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,45	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter bytte av vindu og dører

Tid/dato simulering: 11:41 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Flatåsaunet. Etter bytte av vindu og dører.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter bytte av vindu og dører

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	2,40	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,44	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	2,72	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,56	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,50	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,24	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Boligblokker
Simuleringsansvarlig	Linn Gundersen, Yvonne Kojen
Kommentar	Simulering før rehabilitering med utregnede U-verdier

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Trondheim
Breddegrad	63° 30'
Lengdegrad	10° 22'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	5,1 °C
Midlere solstråling horisontal flate	102 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	4,6 m/s



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter bytte av vindu og dører

Tid/dato simulering: 11:41 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Flatåsaunet. Etter bytte av vindu og dører.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter bytte av vindu og dører

Sone: Alle soner

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,89 Systemvirkningsgrad varmtvann: 1,00 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,92 Kjølefaktor romkjøling: 2,40 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 100,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m <sup>2</sup> K]:	20,00





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Tid/dato simulering: 11:39 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Flatåsaunet. Etter rehab uten vindu og dører.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	176238 kWh	42,5 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonvarme (varmebatterier)	26758 kWh	6,5 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	100568 kWh	24,3 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	25255 kWh	6,1 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	70808 kWh	17,1 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	81301 kWh	19,6 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonkjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>480928 kWh</b>	<b>116,0 kWh/m<sup>2</sup></b>

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	498579 kWh	120,3 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt levert energi, sum 1-7</b>	<b>498579 kWh</b>	<b>120,3 kWh/m<sup>2</sup></b>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Netto levert energi</b>	<b>498579 kWh</b>	<b>120,3 kWh/m<sup>2</sup></b>



Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Tid/dato simulering: 11:39 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

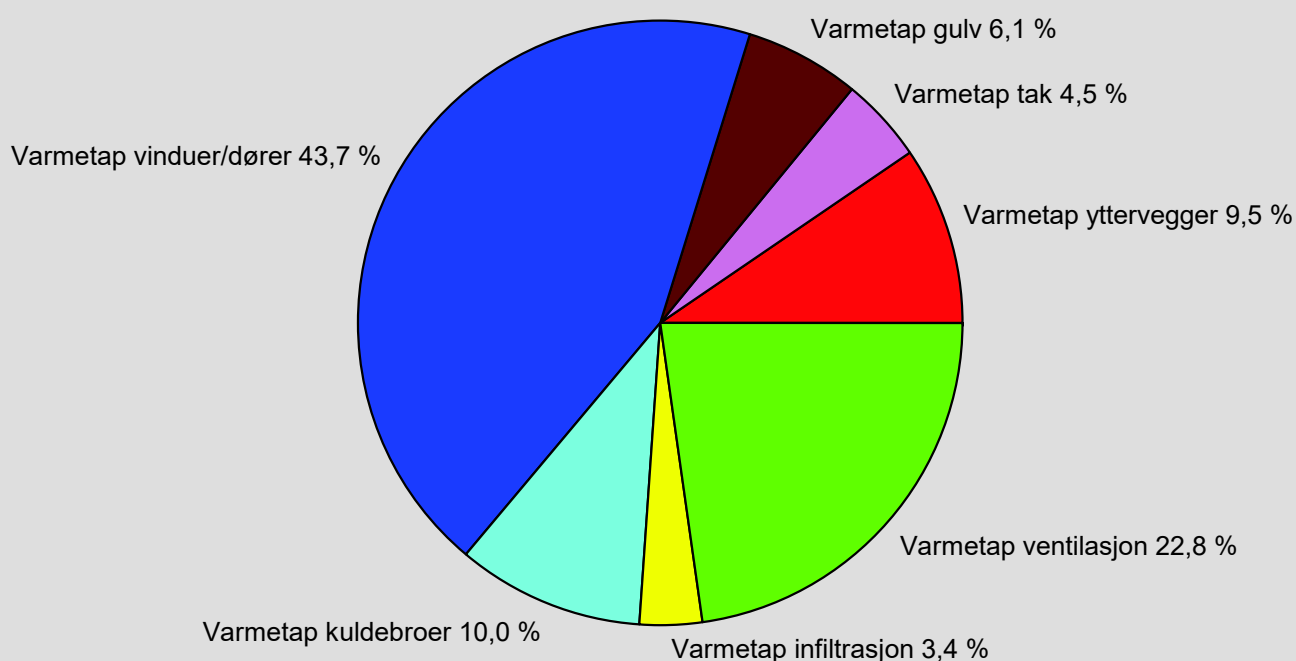
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Flatåsaunet. Etter rehab uten vindu og dører.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Sone: Alle soner

### Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Varmetapstall yttervegger	0,07 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall tak	0,03 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,04 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,31 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall kuldebroer	0,07 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall infiltrasjon	0,02 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall ventilasjon	0,16 W/m <sup>2</sup> K
Totalt varmetapstall	0,70 W/m <sup>2</sup> K



Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Tid/dato simulering: 11:39 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Flatåsaunet. Etter rehab uten vindu og dører.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	1576	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	1094	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	769	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	656	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	4145	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	9804	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,18	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,23	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	1,93	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	15,8	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,07	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	133	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,60	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	73	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	73,5	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,38	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,82	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,95	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	59	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,45	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Tid/dato simulering: 11:39 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Flatåsaunet. Etter rehab uten vindu og dører.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	2,44	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,47	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	2,77	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,57	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,98	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,24	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Boligblokker
Simuleringsansvarlig	Linn Gundersen, Yvonne Kojen
Kommentar	Simulering etter rehabilitering med utregnede U-verdier

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Trondheim
Breddegrad	63° 30'
Lengdegrad	10° 22'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	5,1 °C
Midlere solstråling horisontal flate	102 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	4,6 m/s





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Tid/dato simulering: 11:39 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Flatåsaunet. Etter rehab uten vindu og dører.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Sone: Alle soner

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,92 Systemvirkningsgrad varmtvann: 1,00 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,92 Kjølefaktor romkjøling: 2,40 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 100,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m <sup>2</sup> K]:	20,00





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter totalrehabilitering med naturlig ventilasjon

Tid/dato simulering: 11:40 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Flatåsaunet. Etter rehab med naturlig ventilasjon.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter totalrehabilitering med naturlig ventilasjon

Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	190252 kWh	45,9 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	100568 kWh	24,3 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	9860 kWh	2,4 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	70808 kWh	17,1 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	81301 kWh	19,6 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>452789 kWh</b>	<b>109,2 kWh/m<sup>2</sup></b>

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	469332 kWh	113,2 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt levert energi, sum 1-7</b>	<b>469332 kWh</b>	<b>113,2 kWh/m<sup>2</sup></b>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Netto levert energi</b>	<b>469332 kWh</b>	<b>113,2 kWh/m<sup>2</sup></b>



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter totalrehabilitering med naturlig ventilasjon

Tid/dato simulering: 11:40 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

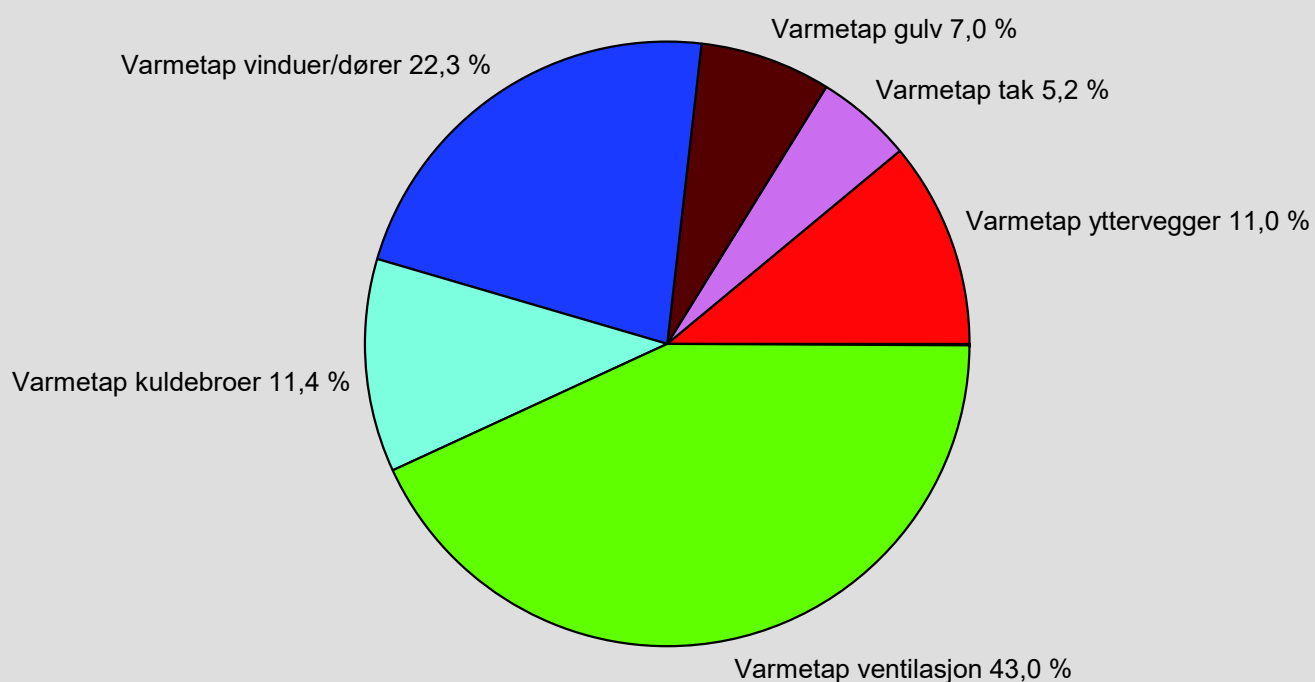
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Flatåsaunet. Etter rehab med naturlig ventilasjon.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter totalrehabilitering med naturlig ventilasjon

Sone: Alle soner

### Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Varmetapstall yttervegger	0,07 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall tak	0,03 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,04 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,14 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall kuldebroer	0,07 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall infiltrasjon	0,00 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall ventilasjon	0,26 W/m <sup>2</sup> K
Totalt varmetapstall	0,61 W/m <sup>2</sup> K



Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter totalrehabilitering med naturlig ventilasjon

Tid/dato simulering: 11:40 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Flatåsaunet. Etter rehab med naturlig ventilasjon.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter totalrehabilitering med naturlig ventilasjon

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	1600	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	1094	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	769	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	631	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	4145	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	9804	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,18	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,23	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,90	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	15,2	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,07	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	133	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,60	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,22	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,80	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,95	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	50	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,45	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	



Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter totalrehabilitering med naturlig ventilasjon

Tid/dato simulering: 11:40 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Flatåsaunet. Etter rehab med naturlig ventilasjon.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter totalrehabilitering med naturlig ventilasjon

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	2,44	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,47	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	2,77	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,57	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,50	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,25	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Boligblokker
Simuleringsansvarlig	Linn Gundersen, Yvonne Kojen
Kommentar	Simulering etter rehabilitering med utregnede U-verdier (ideelee)

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Trondheim
Breddegrad	63° 30'
Lengdegrad	10° 22'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	5,1 °C
Midlere solstråling horisontal flate	102 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	4,6 m/s



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter totalrehabilitering med naturlig ventilasjon

Tid/dato simulering: 11:40 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Flatåsaunet. Etter rehab med naturlig ventilasjon.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter totalrehabilitering med naturlig ventilasjon

Sone: Alle soner

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,92 Systemvirkningsgrad varmtvann: 1,00 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,92 Kjølefaktor romkjøling: 2,40 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 100,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m <sup>2</sup> K]:	20,00







# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 11:38 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Flatåsaunet\03.04.2019\Flatåsaunet. Etter rehab.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter totalrehabilitering

Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	116904 kWh	28,2 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	24733 kWh	6,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	100568 kWh	24,3 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	25255 kWh	6,1 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	70808 kWh	17,1 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	81301 kWh	19,6 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>419569 kWh</b>	<b>101,2 kWh/m<sup>2</sup></b>

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	431885 kWh	104,2 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt levert energi, sum 1-7</b>	<b>431885 kWh</b>	<b>104,2 kWh/m<sup>2</sup></b>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Netto levert energi</b>	<b>431885 kWh</b>	<b>104,2 kWh/m<sup>2</sup></b>



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 11:38 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

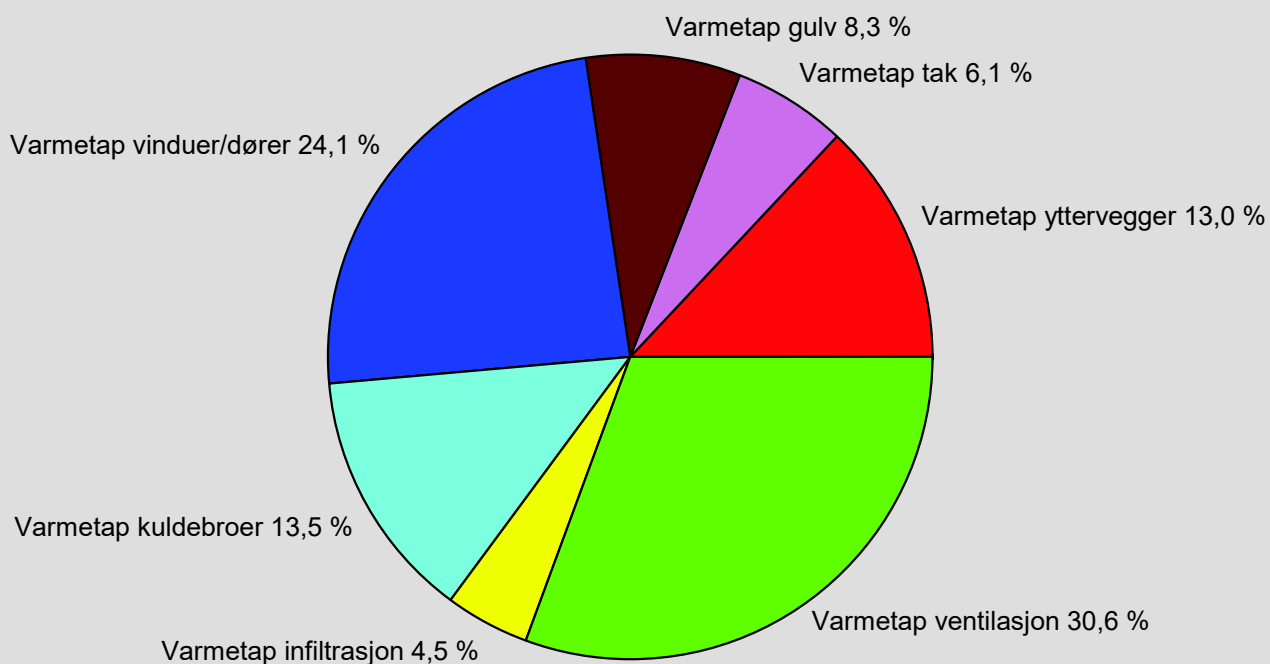
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Flatåsaunet\03.04.2019\Flatåsaunet. Etter rehab.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter totalrehabilitering

Sone: Alle soner

### Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Varmetapstall yttervegger	0,07 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall tak	0,03 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,04 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,13 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall kuldebroer	0,07 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall infiltrasjon	0,02 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall ventilasjon	0,16 W/m <sup>2</sup> K
Totalt varmetapstall	0,52 W/m <sup>2</sup> K



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 11:38 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Flatåsaunet\03.04.2019\Flatåsaunet. Etter rehab.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter totalrehabilitering

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	1600	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	1094	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	769	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	632	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	4145	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	9804	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,18	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,23	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,82	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	15,2	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,07	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	133	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,60	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	73	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	73,5	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,38	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,82	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,95	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	59	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,45	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 11:38 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Flatåsaunet\03.04.2019\Flatåsaunet. Etter rehab.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter totalrehabilitering

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	2,44	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,47	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	2,77	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,57	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,50	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,25	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Boligblokker
Simuleringsansvarlig	Linn Gundersen, Yvonne Kojen
Kommentar	Simulering etter rehabilitering med utregnede U-verdier (ideelee)

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Trondheim
Breddegrad	63° 30'
Lengdegrad	10° 22'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	5,1 °C
Midlere solstråling horisontal flate	102 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	4,6 m/s



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 11:38 3/4-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Flatåsaunet\03.04.2019\Flatåsaunet. Etter rehab.smi

Prosjekt: Flatåsaunet Borettslag, Romolslia 23: Etter totalrehabilitering

Sone: Alle soner

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,92 Systemvirkningsgrad varmtvann: 1,00 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,92 Kjølefaktor romkjøling: 2,40 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 100,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m <sup>2</sup> K]:	20,00





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Før totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 11:45 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Nardo\26.03.2019\Nardo Søndre. Før rehab.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Før totalrehabilitering

Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	188822 kWh	73,5 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	55749 kWh	21,7 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	43883 kWh	17,1 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	49187 kWh	19,1 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>337641 kWh</b>	<b>131,4 kWh/m<sup>2</sup></b>

Lvert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Lvert energi	Spesifikk lvert energi
1a Direkte el.	344936 kWh	134,2 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	31470 kWh	12,2 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt lvert energi, sum 1-7</b>	<b>376406 kWh</b>	<b>146,5 kWh/m<sup>2</sup></b>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Netto lvert energi</b>	<b>376406 kWh</b>	<b>146,5 kWh/m<sup>2</sup></b>



Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Før totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 11:45 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

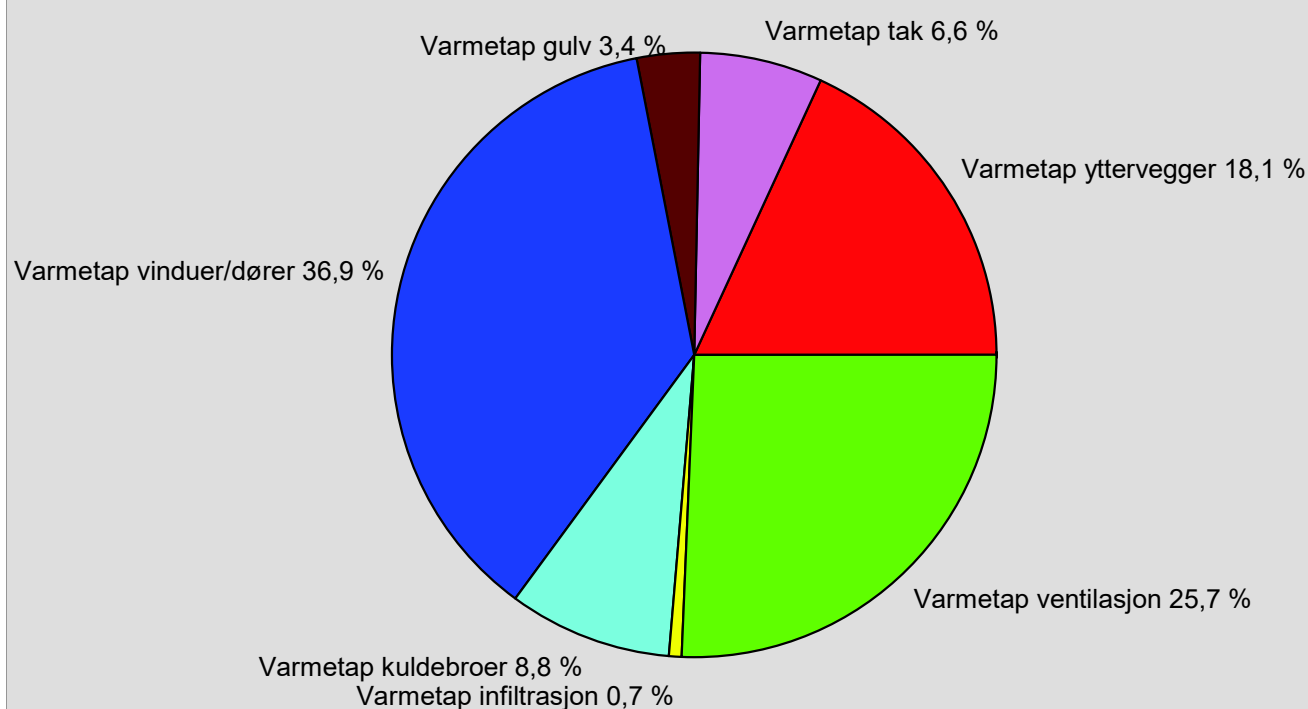
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Nardo\26.03.2019\Nardo Søndre. Før rehab.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Før totalrehabilitering

Sone: Alle soner

### Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Varmetapstall yttervegger	0,19 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall tak	0,07 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,03 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,38 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall kuldebroer	0,09 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall infiltrasjon	0,01 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall ventilasjon	0,26 W/m <sup>2</sup> K
Totalt varmetapstall	1,03 W/m <sup>2</sup> K





Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Før totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 11:45 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Nardo\26.03.2019\Nardo Søndre. Før rehab.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Før totalrehabilitering

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	1544	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	751	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	468	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	411	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	2570	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	6073	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,31	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,23	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,19	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	2,37	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	16,0	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,09	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	143	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1,50	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	0,00	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,80	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,86	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	50	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,8	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,45	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	24,0	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Før totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 11:45 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Nardo\26.03.2019\Nardo Søndre. Før rehab.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Før totalrehabilitering

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	2,18	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,31	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	2,48	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,58	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	1,00	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/0,63	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Boligblokker
Simuleringsansvarlig	Linn Gundersen, Yvonne Kojen
Kommentar	Simulering før rehabilitering med utregnede U-verdier

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Trondheim
Breddegrad	63° 30'
Lengdegrad	10° 22'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	5,1 °C
Midlere solstråling horisontal flate	102 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	4,6 m/s



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Før totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 11:45 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Nardo\26.03.2019\Nardo Søndre. Før rehab.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Før totalrehabilitering

Sone: Alle soner

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,92 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,98 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,92 Kjølefaktor romkjøling: 2,40 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 95,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %
5 Biobrensel	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,30 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,68 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,32 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,65 kr/kWh CO2-utslipp: 14 g/kWh Andel romoppvarming: 5,0% Andel oppv, tappevann: 0,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 %

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m <sup>2</sup> K]:	20,00





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter bytte av vindu og dører

Tid/dato simulering: 11:44 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Nardo Søndre. Etter bytte av vindu og dører.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter bytte av vindu og dører

Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	136531 kWh	53,1 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	55749 kWh	21,7 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	43883 kWh	17,1 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	49187 kWh	19,1 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>285350 kWh</b>	<b>111,1 kWh/m<sup>2</sup></b>

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	290939 kWh	113,2 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	22755 kWh	8,9 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt levert energi, sum 1-7</b>	<b>313694 kWh</b>	<b>122,1 kWh/m<sup>2</sup></b>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Netto levert energi</b>	<b>313694 kWh</b>	<b>122,1 kWh/m<sup>2</sup></b>



Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter bytte av vindu og dører

Tid/dato simulering: 11:44 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

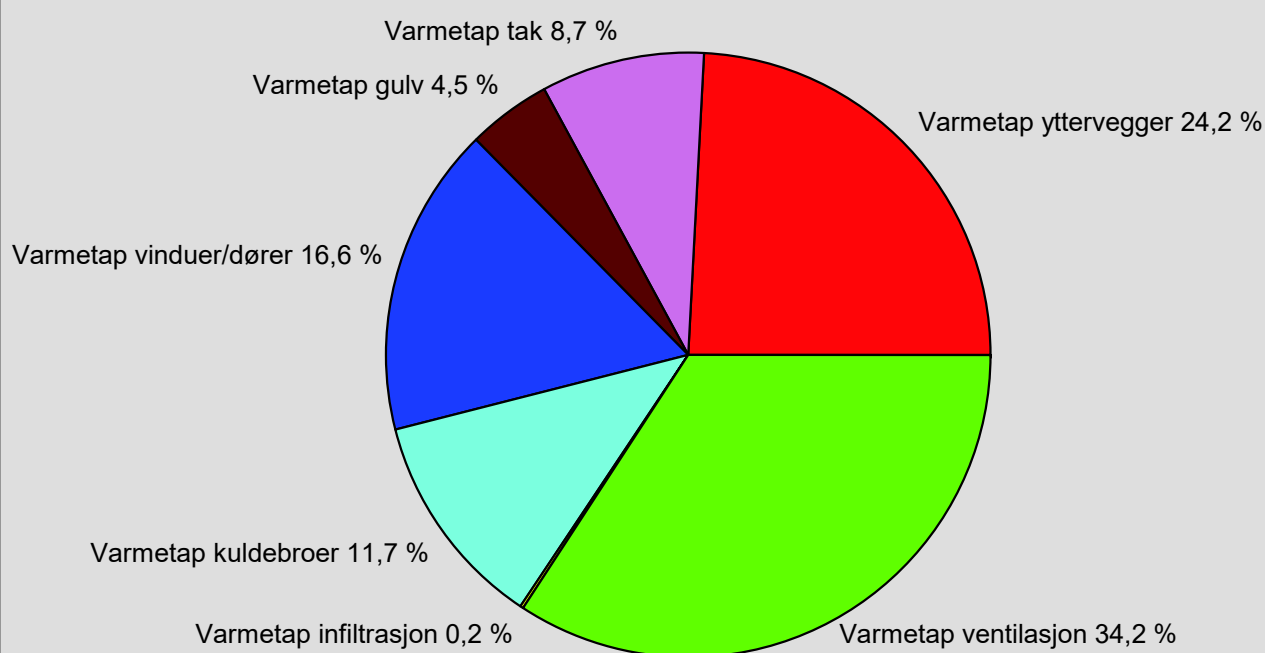
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Nardo Søndre. Etter bytte av vindu og dører.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter bytte av vindu og dører

Sone: Alle soner

### Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Varmetapstall yttervegger	0,19 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall tak	0,07 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,03 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,13 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall kuldebroer	0,09 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall infiltrasjon	0,00 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall ventilasjon	0,26 W/m <sup>2</sup> K
Totalt varmetapstall	0,77 W/m <sup>2</sup> K



Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter bytte av vindu og dører

Tid/data simulering: 11:44 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Nardo Søndre. Etter bytte av vindu og dører.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter bytte av vindu og dører

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	1544	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	751	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	468	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	411	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	2570	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	6073	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,31	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,23	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,19	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,80	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	16,0	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,09	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	131	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,83	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	0,00	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,80	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,87	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	50	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,8	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,45	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	24,0	



Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter bytte av vindu og dører

Tid/dato simulering: 11:44 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Nardo Søndre. Etter bytte av vindu og dører.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter bytte av vindu og dører

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	2,18	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,31	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	2,48	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,58	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,60	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/0,63	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Boligblokker
Simuleringsansvarlig	Linn Gundersen, Yvonne Kojen
Kommentar	Simulering før rehabilitering med utregnede U-verdier

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Trondheim
Breddegrad	63° 30'
Lengdegrad	10° 22'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	5,1 °C
Midlere solstråling horisontal flate	102 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	4,6 m/s





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter bytte av vindu og dører

Tid/dato simulering: 11:44 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Nardo Søndre. Etter bytte av vindu og dører.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter bytte av vindu og dører

Sone: Alle soner

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,92 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,98 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,92 Kjølefaktor romkjøling: 2,40 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 95,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %
5 Biobrensel	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,30 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,68 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,32 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,65 kr/kWh CO2-utslipp: 14 g/kWh Andel romoppvarming: 5,0% Andel oppv, tappevann: 0,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 %

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m <sup>2</sup> K]:	20,00





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Tid/dato simulering: 11:43 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Nardo Søndre. Etter rehab uten vindu og dører.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	127308 kWh	49,5 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	55749 kWh	21,7 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	2364 kWh	0,9 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	43883 kWh	17,1 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	49187 kWh	19,1 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>278491 kWh</b>	<b>108,4 kWh/m<sup>2</sup></b>

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	287931 kWh	112,1 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	8487 kWh	3,3 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt levert energi, sum 1-7</b>	<b>296418 kWh</b>	<b>115,4 kWh/m<sup>2</sup></b>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Netto levert energi</b>	<b>296418 kWh</b>	<b>115,4 kWh/m<sup>2</sup></b>



Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Tid/dato simulering: 11:43 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

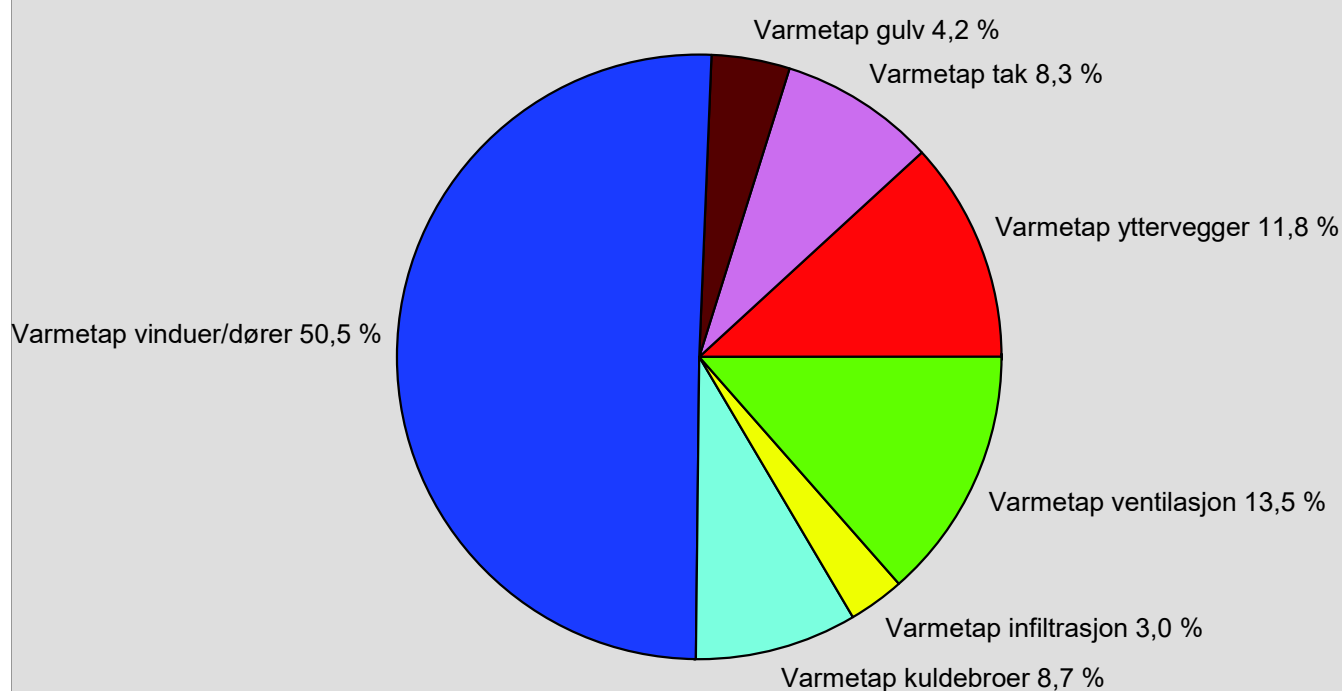
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Nardo Søndre. Etter rehab uten vindu og dører.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Sone: Alle soner

### Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Varmetapstall yttervegger	0,10 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall tak	0,07 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,03 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,41 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall kuldebroer	0,07 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall infiltrasjon	0,02 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall ventilasjon	0,11 W/m <sup>2</sup> K
Totalt varmetapstall	0,81 W/m <sup>2</sup> K



Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Tid/dato simulering: 11:43 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Nardo Søndre. Etter rehab uten vindu og dører.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	1544	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	751	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	468	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	411	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	2570	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	6073	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,16	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,23	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,19	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	2,55	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	16,0	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,07	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	143	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,60	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	78	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	77,6	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	0,26	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,48	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,91	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	50	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,8	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,45	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	24,0	



Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Tid/dato simulering: 11:43 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Nardo Søndre. Etter rehab uten vindu og dører.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	2,18	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,31	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	2,48	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,58	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	1,00	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/0,63	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Boligblokker
Simuleringsansvarlig	Linn Gundersen, Yvonne Kojen
Kommentar	Simulering etter rehabilitering med utregnede U-verdier

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Trondheim
Breddegrad	63° 30'
Lengdegrad	10° 22'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	5,1 °C
Midlere solstråling horisontal flate	102 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	4,6 m/s



Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Tid/dato simulering: 11:43 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Nardo Søndre. Etter rehab uten vindu og dører.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering uten vindu og dører

Sone: Alle soner

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,92 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,98 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,92 Kjølefaktor romkjøling: 2,40 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 98,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %
5 Biobrensel	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,30 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,68 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,32 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,65 kr/kWh CO2-utslipp: 14 g/kWh Andel romoppvarming: 2,0% Andel oppv, tappevann: 0,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 %

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m <sup>2</sup> K]:	20,00







# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering med naturlig ventilasjon

Tid/dato simulering: 11:42 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Nardo Søndre. Etter rehab med naturlig ventilasjon.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering med naturlig ventilasjon

Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	93779 kWh	36,5 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	55749 kWh	21,7 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	1411 kWh	0,5 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	43883 kWh	17,1 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	49187 kWh	19,1 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>244008 kWh</b>	<b>95,0 kWh/m<sup>2</sup></b>

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	251262 kWh	97,8 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	6252 kWh	2,4 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt levert energi, sum 1-7</b>	<b>257514 kWh</b>	<b>100,2 kWh/m<sup>2</sup></b>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Netto levert energi</b>	<b>257514 kWh</b>	<b>100,2 kWh/m<sup>2</sup></b>



Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering med naturlig ventilasjon

Tid/dato simulering: 11:42 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

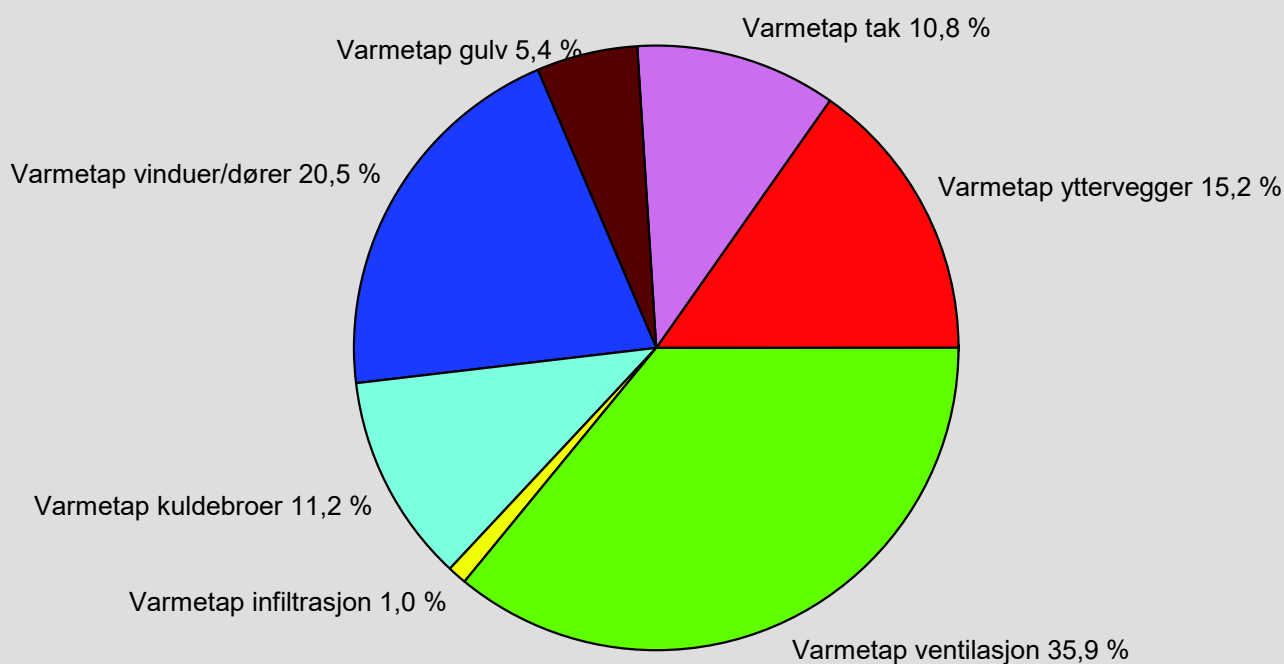
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Nardo Søndre. Etter rehab med naturlig ventilasjon.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering med naturlig ventilasjon

Sone: Alle soner

### Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Varmetapstall yttervegger	0,10 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall tak	0,07 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,03 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,13 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall kuldebroer	0,07 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall infiltrasjon	0,01 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall ventilasjon	0,23 W/m <sup>2</sup> K
Totalt varmetapstall	0,63 W/m <sup>2</sup> K



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering med naturlig ventilasjon

Tid/dato simulering: 11:42 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Nardo Søndre. Etter rehab med naturlig ventilasjon.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering med naturlig ventilasjon

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	1544	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	751	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	468	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	411	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	2570	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	6073	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,16	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,23	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,19	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,80	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	16,0	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,07	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	143	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,60	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	30	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	29,6	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	0,23	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,97	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,92	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	50	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,8	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,45	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	24,0	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering med naturlig ventilasjon

Tid/dato simulering: 11:42 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Nardo Søndre. Etter rehab med naturlig ventilasjon.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering med naturlig ventilasjon

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	2,18	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,31	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	2,48	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,58	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,60	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/0,63	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Boligblokker
Simuleringsansvarlig	Linn Gundersen, Yvonne Kojen
Kommentar	Simulering etter rehabilitering med utregnede U-verdier

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Trondheim
Breddegrad	63° 30'
Lengdegrad	10° 22'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	5,1 °C
Midlere solstråling horisontal flate	102 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	4,6 m/s



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering med naturlig ventilasjon

Tid/dato simulering: 11:42 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\...\Nardo Søndre. Etter rehab med naturlig ventilasjon.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering med naturlig ventilasjon

Sone: Alle soner

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,92 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,98 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,92 Kjølefaktor romkjøling: 2,40 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 98,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %
5 Biobrensel	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,30 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,68 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,32 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,65 kr/kWh CO2-utslipp: 14 g/kWh Andel romoppvarming: 2,0% Andel oppv, tappevann: 0,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 %

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m <sup>2</sup> K]:	20,00





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 11:39 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Nardo\26.03.2019\Nardo Søndre. Etter rehab.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering

Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	69886 kWh	27,2 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	55749 kWh	21,7 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	2364 kWh	0,9 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	43883 kWh	17,1 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	49187 kWh	19,1 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>221069 kWh</b>	<b>86,0 kWh/m<sup>2</sup></b>

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	226765 kWh	88,3 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	4659 kWh	1,8 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt levert energi, sum 1-7</b>	<b>231424 kWh</b>	<b>90,1 kWh/m<sup>2</sup></b>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Netto levert energi</b>	<b>231424 kWh</b>	<b>90,1 kWh/m<sup>2</sup></b>



Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 11:39 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

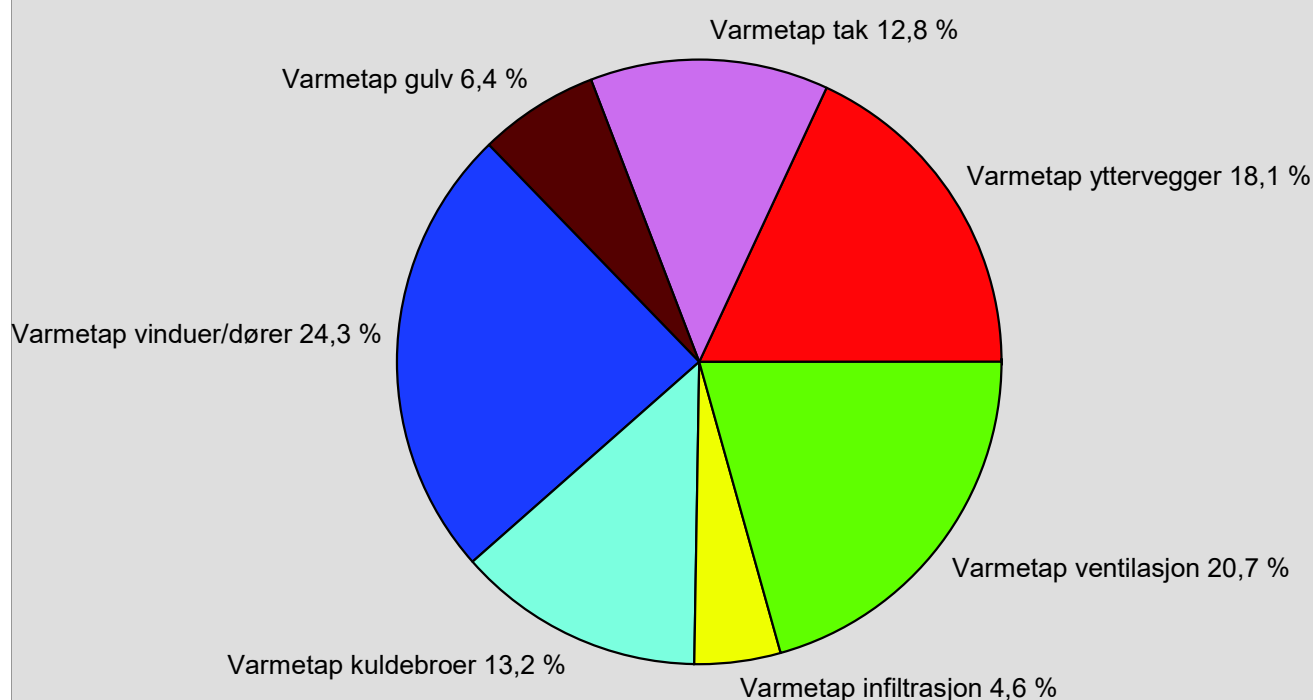
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Nardo\26.03.2019\Nardo Søndre. Etter rehab.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering

Sone: Alle soner

### Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Varmetapstall yttervegger	0,10 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall tak	0,07 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,03 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,13 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall kuldebroer	0,07 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall infiltrasjon	0,02 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall ventilasjon	0,11 W/m <sup>2</sup> K
Totalt varmetapstall	0,53 W/m <sup>2</sup> K





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 11:39 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Nardo\26.03.2019\Nardo Søndre. Etter rehab.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	1544	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	751	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	468	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	411	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	2570	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	6073	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,16	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,23	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,19	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,80	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	16,0	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,07	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	143	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,60	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	78	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	77,6	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	0,26	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,48	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,92	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	50	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,8	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,45	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	24,0	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 11:39 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Nardo\26.03.2019\Nardo Søndre. Etter rehab.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	2,18	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,31	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	2,48	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,58	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,60	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/0,63	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Boligblokker
Simuleringsansvarlig	Linn Gundersen, Yvonne Kojen
Kommentar	Simulering etter rehabilitering med utregnede U-verdier

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Trondheim
Breddegrad	63° 30'
Lengdegrad	10° 22'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	5,1 °C
Midlere solstråling horisontal flate	102 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	4,6 m/s



Simuleringsnavn: Årssimulering Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter totalrehabilitering

Tid/dato simulering: 11:39 27/3-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Linn Gundersen, Yvonne Kojen

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Bachelor\Simien\Nardo\26.03.2019\Nardo Søndre. Etter rehab.smi

Prosjekt: Borettslaget Nardo Søndre, Tors veg 9: Etter rehabilitering

Sone: Alle soner

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,92 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,98 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,92 Kjølefaktor romkjøling: 2,40 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 98,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %
5 Biobrensel	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,30 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,68 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,32 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,65 kr/kWh CO2-utslipp: 14 g/kWh Andel romoppvarming: 2,0% Andel oppv, tappevann: 0,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 %

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m <sup>2</sup> K]:	20,00



