



Riksantikvaren

Klimagassberegninger Villa Dammen

Utgave: 1

Dato: 16.12.2016

DOKUMENTINFORMASJON

Oppdragsgiver:	Riksantikvaren
Rapporttittel:	Klimagassberegninger Villa Dammen
Utgave/dato:	1/
Filnavn:	Klimagassberegninger Villa Dammen_Projektrapport.docx
Arkiv ID:	
Oppdrag:	608284-01 - Klimagassberegninger Villa Dammen
Oppdragsleder:	Mie Fuglseth
Avdeling:	Energi og miljø
Fag:	Energi og miljø i bygg
Skrevet av:	Mie Fuglseth
Kvalitetskontroll:	Julie Lyslo Skullestad
Asplan Viak AS	www.asplanviak.no

FORORD

Denne rapporten er resultatet av et analysearbeid bestilt av Riksantikvaren for å gjøre klimagassberegninger for oppgraderingen av eneboligen Villa Dammen i Moss. I tillegg til klimagassberegninger for oppgraderingsprosessen, er det utført beregninger som sammenlikner videre drift av Villa Dammen i nåtilstand både med scenarier for drift uten oppgraderingen, og med scenarier for oppføring og drift av et nytt standard boligbygg. Det er også utforsket hvordan ulike forutsetninger for beregning av energibruk i drift og utslipp fra energibruk innvirker på analyseresultatene.

Eier av Villa Dammen, Bjørge Sandberg-Kristoffersen har bidratt med innhenting av underlagsdata for materialbruk og energibruk i drift for Villa Dammen før og med oppgradering. I tillegg til Bjørge, har Marte Boro (Riksantikvaren), Fredrik Berg (NIKU), Ola Harald Fjeldheim (Fortidsminneforeningen) og Vegard Heide (Husbanken) bidratt i diskusjon av systemgrenser og forutsetninger for analysen, samt innspill til prosjektrapporten.

Mie Fuglseth har vært oppdragsleder for Asplan Viak, og har utarbeidet beregninger og rapport.

Sandvika, 16.12.2016



Mie Fuglseth
Oppdragsleder



Julie Lyslo Skullestad
Kvalitetssikrer

SAMMENDRAG

Denne rapporten presenterer resultatene av klimagassberegninger gjort for oppgradering og drift av eneboligen Villa Dammen, oppført i 1936 og oppgradert i 2014/15.

Klimagassberegningene for oppgradering og drift av Villa Dammen er sammenliknet med fortsatt drift av bygget i originaltilstand, og en referansesituasjon der man i stedet for å oppgradere river bygget, og i stedet oppfører et nytt standard boligbygg i henhold til dagens forskriftskrav. Sammenlikningen er gjort med forutsetning om beboere som utviser en nøysom energibruksatferd. Dette er vurdert å være mer sannsynlig for eldre bygg enn et moderne forbruksmønster slik det legges opp til i standard energiberegninger, og dermed å gi et bedre sammenlikningsgrunnlag for total klimapåvirkning over levetiden.

Tiltakene gjennomført i oppgraderingen av Villa Dammen har gitt stor reduksjon i klimagassutslipp fra energibruk uten å gi høye utslipp fra materialbruk, og beregningene viser en tilbakebetalingstid for utslipp til oppgraderingen av Villa Dammen på kun et halvt år. Sammenliknet med å rive Villa Dammen og oppføre et nytt standard energieffektivt bygg, gir Villa Dammen med oppgradering noe høyere klimagassutslipp over 60 års analyseperiode. Tilbakebetalingstiden for utslipp fra oppføring av nybygget er imidlertid rundt 50 år.

Forutsetningene som ligger til grunn for beregning av årlig energibruk i drift har stor innvirkning på analyseresultatene. Energiberegninger basert på inndata som reflekterer beboere med en mer nøysom energibruksatferd og aktiv bruk av temperatursoning gir vesentlig lavere beregnet energibruk for Villa Dammen enn standard energiberegninger iht. NS 3031. Målte forbrukstall for husholdningens energibruk ligger enda lavere enn energiberegningene tilpasset nøysom atferd, og indikerer at energibruk som er lagt til grunn i analysen ikke er underestimert, og at man har valgt gode og tilpassede løsninger i oppgraderingsprosessen som gjør det mulig å opprettholde god inneklimafølelse med lavt energibruk. Dersom faktisk energibruk legges til grunn for utslippsberegningene, gir Villa Dammen, oppgradert bygg, lavere levetidsutslipp enn et standardbygg oppført iht. dagens forskriftskrav. Dette indikerer at skånsom oppgradering, nøye valgte energiltak og veiledning i energibesparende atferd vil være svært gode klimatilak i eldre bygg.

Rapporten inkluderer også alternative klimagassberegninger der utslipp av CO₂ fra vedfyring ikke regnes som klimanøytrale, men antas å gi klimaeffekt på lik linje med andre brenslere. De alternative beregningene tar dessuten hensyn til klimaeffekten av utslipp og opptak av CO₂ i henhold til tidspunktet de oppstår, og inkluderer dermed en utslippsgevinst for midlertidig karbonlagring i trematerialer. De alternative beregningsresultatene viser at hvorvidt man ser på vedfyring som klimanøytralt eller ikke, kan endre konklusjonen om hvilke tiltak som reduserer klimapåvirkning. Når man vurderer klimaeffekten av energieffektiviseringstiltak er det derfor svært viktig å både betrakte endringer i energibruk og resulterende utslipp, og sette disse i sammenheng.

Resultatene presentert i denne rapporten viser at energieffektivisering av eldre bygg ikke trenger å gå på bekostning av bevaringsverdi for å gi klimagevinst. Som et kompromiss, av hensyn til kulturhistoriske verdier, kan nennsomme energieffektiviseringstiltak være en måte å redusere den høye klimabelastningen fra drift av eldre boligbygg. Dersom de gode tiltakene gjennomføres, kan man oppnå en vesentlig forbedring av klimapåvirkning fra boligmassen, samtidig som den bygde kulturarven ivaretas.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	1
1.1	Oppgradering av Villa Dammen	2
2	Formål og hensikt.....	4
3	Metode	6
3.1	LCA-metodikk.....	6
3.2	Materialbruk til utbygging/oppgradering og vedlikehold	7
3.3	Beregning av energibruk i drift.....	9
3.4	Avhending etter endt analyseperiode	12
4	Beregningsresultater	13
4.1	Sammenstilte utslipp	13
4.2	Utslipp fra materialbruk	14
4.3	Utslipp fra energibruk i drift.....	19
4.4	Periodiserte utslipp over 60 år.....	22
4.5	Alternative valg av energikilder.....	23
4.6	Valg av metodikk for beregning av energibruk i drift	25
4.7	Følsomhetsvurderinger	29
5	Alternative beregninger med tidsjustering av utslipp og opptak	31
5.1	Bakgrunn og metodikk.....	31
5.2	Beregningsresultater med tidsjustering av utslipp og opptak	37
6	Diskusjon	45
6.1	Klimaeffekt av oppgradering av Villa Dammen	45
6.2	Beregning av utslipp fra energibruk	46
6.3	Utslipp fra ved og tidsaspektet for utslipp	47
6.4	Sammenliknbarhet og overføringsverdi	47
6.5	Forbrukerperspektivet	48
6.6	Bevaringsaspektet.....	49
7	Konklusjon.....	51
8	Kilder.....	53

VEDLEGGSLISTE

- Vedlegg 1: LCA-metodikk
- Vedlegg 2: Faktorer til energiberegninger
- Vedlegg 3: Beregningsmetodikk og detaljerte beregningsresultater med tidsjustering av utslipp
- Vedlegg 4: Dokumentasjon av energiberegninger og forutsetninger for beregning av energibehov for Villa Dammen
- Vedlegg 5: Dokumentasjon av energiberegninger for TEK10 referansebygg
- Vedlegg 6: Underlagsdata for materialbruk til oppgradering og drift og vedlikehold av Villa Dammen
- Vedlegg 7: Underlagsdata for beregning av utslipp til avhending av Villa Dammen
- Vedlegg 8: Kilder for utslippsdata
- Vedlegg 9: Plantegninger av Villa Dammen

1 INNLEDNING

Eneboligen Villa Dammen i Moss ble oppført i 1936, og er oppgradert i 2014-15. Konstruksjonen er uisolert reisverk (stående, maskinhøvlet plank med not og fjær), med utvendig stående panelkledning, samt støpt, full kjeller i betong. Boligens bruksareal er 117 m² (ekskl. kjeller). Oppgraderingen omfattet nennsomme tiltak for å redusere energibruk i drift, nøye valgt ut for å ikke gå på akkord med byggets opprinnelige kvaliteter, uttrykk og materialbruk.



Figur 1 Villa Dammen (Kilde: villadammen.no)

I forbindelse med oppfølging av oppgraderingen av Villa Dammen ønsket Riksantikvaren å få utarbeidet klimagassberegninger for bygget. Hensikten med dette skulle være å demonstrere et eksempel på netto klimagevinst av energieffektivisering av et verneverdig bygg, kontra fortsatt drift uten oppgradering. I tillegg skulle klimagassutslipp fra den oppgraderte bygningen sammenliknes med et nytt bygg oppført etter dagens standard, for å vurdere klimagevinsten av å oppgradere verneverdige bygg.

Klimagassutslipp fra eldre boligbygg er tidligere vurdert blant annet i rapporten «Klimagassberegninger for vernede boligbygg vs. nye lavenergiboliger» (Selvig m.fl., 2011). Rapporten ser på et laftet boligbygg fra 1812/1920 i Trondheim, som er rehabilitert i 2005-2010, og sammenlikner klimagassutslipp fra oppgraderingen og drift i 60 år med utslipp fra oppføring og drift av et nytt bygg, oppført iht. lavenergiklasse II. Rapporten konkluderer med at rehabilitering av den verneverdige bygningen ga lavere klimautslipp enn oppføring av nye energieffektive bygg, regnet over 60 års analyseperiode.

I rapporten «Klimagassutslipp i et livsløpsperspektiv, for lafta bolighus og standard TEK17-bygg» (Enlid, 2015) vurderes et nylig oppført laftet bolighus i Lom, Gudbrandsdalen, opp mot et nytt bygg oppført iht. TEK10-standard, og foreslåtte krav til energieffektivitet fra 2017. Rapporten konkluderer med at et det nye laftebygget var om lag like klimavennlig som det nye bygget. Klimabelastningen avhenger av utslippene fra materialbruken, og var lavt for

laffehuset. Rapporten viste at valg av energikilde har stor betydning for en bygnings klimabelastning. Dette var et innspill til forslaget om at veggene i laftebygg i all hovedsak skulle kreves tilleggsisolert.

I masteroppgaven «Thingvalla Teller» (Kværness m.fl., 2010) undersøkte arkitektstudenter ved NTNU miljøpåvirkningen forbundet med gjenbruk av sveitservillaen Thingvallagården fra 1890 i Trondheim. Oppgaven konkluderte med at opprusting og gjenbruk av gården medførte lavere miljøbelastning i et livsløpsperspektiv enn å bygge nytt. Betydningen av energibruk i drift for total miljøbelastning ble understreket i oppgaven, og å redusere byggets energiforbruk var et viktig underliggende premiss for konklusjonen. Studentene fant dessuten tiltak som muliggjorde tilstrekkelig energieffektivisering, og som samtidig var forenelige med ivaretagelse av byggets kulturhistoriske verdier.

1.1 Oppgradering av Villa Dammen

I oppgraderingen av Villa Dammen er det lagt vekt på å bevare byggets originale uttrykk ved mest mulig bevaring av opprinnelige materialer og løsninger. Det er derfor ikke utført innvendig eller utvendig etterisolering av vegger, og de originale vinduene er blitt vedlikeholdt og bevart i stedet for utskiftet. Dette medfører at varmetapet vil være større enn i et tilsvarende bygg med bedre isolering. For å kompensere for varmetapet ble det besluttet å øke mengden varmelagrende materialer og minske varmetapet i varmtvannssystemet.

Energieffektiviseringstiltak som er gjort i oppgraderingen omfatter:

- Isolering av vannrør
- Tetting rundt vinduer og dører
- Etterisolering av etasjeskillet mot loft med innblåst trefiberisolasjon
- Isolering av gulv mot kald kjeller med linullisolasjon
- Installasjon av varmelagrende masseovn i tegl med forvarming av tappevann
- Installasjon av varmegjennviner for gråvann

Etasjeskillet mot kjeller og loft er etterisolert med lin- og trefiberisolasjon, og alle overganger mellom gulv, vegg, tak og vinduer i 1.etasje er fylt inn med linullisolasjon. Linullisolasjon er et hygroskopisk materiale, fremstilt fra fornybare ressurser, og har derfor evnen til å ta opp og avgi fukt, i motsetning til mineralbaserte isolasjonsmaterialer. Etter isolering ble overganger dekket med diffusjonsåpen vindspærreduk. På loft er det blåst inn trefiberisolasjon. Trykktesting før og etter oppgradering viste en reduksjon av lekkasjetall fra 7,8 luftutskiftinger per time til 4,4.

Før oppgraderingen ble byggets oppvarmingsbehov dekket med en kombinasjon av parafinkamin, vedovn, luft-luft varmepumpe og direkte elektrisitet.

Det oppgraderte bygget varmes opp av en vedfyrte masseovn som varmer luft og forvarmer tappevann. Masseovnen består av 2 tonn med teglstein som kan lagre varmen fra forbrenning av veden. Ovnens overflate holder 30-40 grader over 24 timer etter at veden har brent ut, og avgir dermed varme til romluften sakte ved lav temperatur. Eksponert pipeløp avgir varme fra fyring i 2. etasje. En rørsløyfe inne i en av veggene på ovnen forvarmer vann til et varmelager i kjelleren. Fra varmelageret kan varmtvannsberederen hente varme til oppvaskmaskin og tappevann. I tillegg til masseovnen er det elektriske varmekabler på badet, og i ekstra kalde perioder benyttes elektriske oljeovner som varmetilskudd.

Energidesignet er basert på aktiv brukermedvirkning og hensiktsmessig bruk av oppvarmede og delvis oppvarmede soner. Bad, stue og tv-rom er oppvarmet, mens gang, trapp og soverom er uten egen varmekilde. Overstrømningsventiler over dører øker varmluftsirkulasjon til soner uten egen varmekilde. Å holde dørene mellom uoppvarmede og oppvarmede soner lukket bidrar til å holde energibruken nede og komfortnivået oppe.



Figur 2 Masseovn i Villa Dammen under bygging og ferdigstilt. Foto: Bjørge Sandberg Kristoffersen

2 FORMÅL OG HENSIKT

Denne rapporten beskriver resultatene av klimagassberegninger for Villa Dammen. Utslippsberegninger for oppgraderingsprosessen og drift av det oppgraderte bygget, er sammenliknet med fortsatt drift av bygget i originaltilstand, for å vurdere netto klimagevinst av oppgraderingen.

Livsløpsmetodikk er lagt til grunn, og klimagassutslipp for oppgradering, drift og vedlikehold og avhending er inkludert beregningene. Ved å sammenlikne totale klimagassutslipp for bygget med og uten oppgradering, er det beregnet en tilbakebetalingstid for utslipp - det vil si hvor lang tid det vil ta før utslippsgevinsten av reduserte driftsutslipp som følge av energieffektiviseringstiltak tilsvarer utslipp forårsaket av materialbruk i oppgraderingen.

I tillegg til å vurdere klimagevinsten av å oppgradere Villa Dammen, er hensikten med beregningene også å gjøre en helhetlig sammenlikning av energieffektivisering av et spesifikt eldre verneverdig boligbygg, med å rive og oppføre et nytt eneboligbygg etter dagens standard. Klimagassberegningene for Villa Dammen er derfor sammenliknet med tilsvarende beregninger for et prosjektert nytt boligbygg oppført etter dagens standard og gjeldende forskriftskrav til energieffektivitet (TEK10, med endringer anno 01.01.2016).

Formålet med vurderingene gjort i denne rapporten er først og fremst å belyse oppgraderingstiltakene gjennomført for Villa Dammen i et miljøperspektiv. Ettersom denne typen vurderinger gjøres på bakgrunn av case-spesifikke forutsetninger, gir det begrenset mulighet til å trekke generelle konklusjoner om miljøgevinsten av å oppgradere eldre bygg, sammenliknet med å bygge nytt. Likevel kan det gi grunnlag for videre arbeid på temaet, og bidra med diskusjonsunderlag til utfordringene knyttet til rollen eldre bebyggelse spiller i omstillingen til et lavutslippssamfunn.

Det er utført klimagassberegninger for følgende hovedscenarier:

A. Villa Dammen uten oppgradering

Årlig energibruk i drift til Villa Dammen i den stand bygget var før oppgraderingen ble gjennomført, samt utslipp knyttet til forventet vedlikehold av bygget over 60 år og avhending etter 60 år.

B. Villa Dammen etter gjennomført oppgradering

Materialbruk til oppgradering av Villa Dammen, årlig energibruk i drift etter oppgradering, materialbruk til forventet vedlikehold over 60 år, og avhending av bygget etter 60 år.

C. Referansebygg iht. TEK 2010

Materialbruk til oppføring av et nytt boligbygg av samme størrelse (BRA) som Villa Dammen, i henhold til dagens standard, med standard byggematerialer. Utslipp forbundet med utbygging, energibruk i drift og forventet vedlikehold over 60 år, samt avhending etter 60 år. Riving av Villa Dammen og avhending av materialer som inngikk i bygget uten oppgradering er medregnet som en del av utbyggingsfasen.

I tillegg til sammenlikning av scenariene, er det utforsket hvordan ulike forutsetninger for beregning av energibruk i drift og utslipp fra energibruk innvirker på analyseresultatene. Betydningen av brukeratferd for energibruk og utslipp er vurdert gjennom å se på konsekvensene av blant annet ulike forutsetninger for temperatursoning. Resultatene er

også holdt opp mot det faktiske målte energiforbruket i Villa Dammen etter oppgraderingen ble gjennomført.

3 METODE

3.1 LCA-metodikk

Klimagassberegningene er gjort i henhold til metodikken som benyttes i livsløpsvurderinger (Life Cycle Assessment, LCA). En mer detaljert beskrivelse av LCA-metodikk er gitt i Vedlegg 1: . Beregningene omfatter klimagassutslipp forbundet med forbruk av materialer og energi som trengs over hele livssyklusen for å bygge, drifte, vedlikeholde og avhende et bygg.

Utslipp forbundet med materialbruk omfatter produksjon av materialene (inkludert utvinning av råmaterialer, energibruk og transport i produksjonsprosessen), transport til byggeplass, forventet utskifting av komponenter i analyseperioden, samt riving, transport til avfallshåndtering og avfallshåndtering av materialene etter endt levetid.

Beregninger for energibruk i drift omfatter utslipp knyttet til forventet årlig energiforbruk over analyseperioden, for de aktuelle energikildene som er forutsatt for hvert scenario.

Denne rapporten ser utelukkende på klimapåvirkning, og andre typer miljøpåvirkninger er ikke vurdert – «utslipp» brukes derfor i betydningen klimagassutslipp. Andre typer utslipp til luft av for eksempel partikler eller nitrogenoksider er ikke problematisert, og lokalklimaeffekter av vedfyring er derfor ikke diskutert.

3.1.1 Analyseperiode

Det er benyttet 60 års analyseperiode i beregningene for alle scenarier, i henhold til standard praksis for klimagassregnskap for bygninger. Dette kan virke uhensiktsmessig, både fordi Villa Dammen allerede har stått i mer enn 60 år, og ettersom noe av hensikten med vurderingene i denne rapporten er å belyse gode tiltak for å kunne forlenge levetiden til bevaringsverdige bygg. Usikkerheten rundt forventet levetid for nye bygg som oppføres i dag er imidlertid like stor, og i tillegg er det svært usikkert hvordan byggene vil avhendes etter endt faktisk levetid. Å regne med hele livssyklusen over en fast analyseperiode, med like forutsetninger for avhendingsfasen er derfor valgt som et nødvendig metodisk grep for å ha konsistente systemgrenser for alle scenarier, og for å sikre sammenliknbarhet med tilsvarende analyser.

3.1.2 Utslippstall

Klimagassutslipp beregnes ved å koble mengder av materialer og energi som behøves over analyseperioden med utslippsfaktorer – klimagassutslipp per mengdeenhet. Klimagassutslipp angis i CO₂-ekvivalenter. Utslippstall for materialer og transport er i hovedsak hentet fra miljødatabasen Ecoinvent¹ og miljøvaredeklarasjoner (Environmental Product Declaration, EPD). Kilder til utslippstall er gitt i Vedlegg 8: .

For utslipp fra elektrisitet og bioenergi er faktorer utarbeidet av forskningssenteret ZEB² benyttet. Utslippsfaktorer publisert av ZEB (Kristjansdottir m.fl., 2014) er benyttet i flere liknende vurderinger, og sørger derfor for en viss grad av sammenliknbarhet for resultatene i denne rapporten og tilsvarende beregninger for andre bygg. Utslippsfaktorene for energibruk er gitt i kapittel 3.3, i tillegg til i Vedlegg 8: .

¹ <http://www.ecoinvent.org/database/database.html>

² <http://www.zeb.no/>

I utslippsfaktoren for elektrisitetsforbruk har ZEB lagt til grunn en utvikling i elektrisitetsproduksjon som følger EU-målet om karbonnøytralitet innen 2050. Utslippsfaktor for bioenergi (ved) forutsetter klimanøytralitet som følge av bærekraftig skogsdrift, slik at utslipp fra biomasse som forbrennes tas opp i ny tilvekst. Denne antakelsen er imidlertid gjenstand for økende debatt, og det er derfor også gjort alternative beregninger der utslipp og resulterende klimapåvirkning betraktes i sammenheng med tidspunktet for utslipp og opptak - se kapittel 5.

Utslipp fra transport av byggematerialer med lastebil og evt. ferge er beregnet etter antall tonnkm transportert, basert på utslippstall fra Ecoinvent per tonnkm. Der spesifikke produsenter er kjent, er distanser fra produksjonssted til Villa Dammen estimert. Der opprinnelsessted for materialene er ukjent, er det antatt en generisk transportdistanse på 100km. Innvirkningen av denne antakelsen på analyseresultatene er vurdert i kapittel 4.2.2. Transportdistanse til avhendingssted er antatt å være 85km for alle materialfraksjoner.

3.2 Materialbruk til utbygging/oppgradering og vedlikehold

Alle beregninger av utslipp forbundet med materialbruk inkluderer utvinning av råmaterialer, produksjon av byggevareprodukter, og transport til byggeplass. Avhending av materialer inkluderer transport til avhendingssted og selve avfallshåndteringen.

3.2.1 Villa Dammen

Underlagsdata for materialmengder til oppgradering av Villa Dammen er oppgitt av huseier, og omfatter følgende:

- Isolasjonsmaterialer
- Konstruksjonsvirke til nytt gulv
- Vindsperre til utbedring av tak
- Lekter og sløyfer til utbedring av tak
- Sinkbeslag til utbedring av tak
- Teglstein og sement i pipeløp
- Teglstein og mørtel i masseovn
- Gråvannsvarmegjenvinner
- Varmtvannsbereder
- Varmelager (varmtvannstank)
- Maling, innendørs og utendørs

Detaljerte materialmengder som ligger til grunn for beregning av klimagassutslipp til oppgradering av Villa Dammen er gitt i Vedlegg 6: .

Det ble nedlagt vesentlig arbeid for å utbedre de originale vinduene i oppgraderingsprosessen, for å unngå fullstendig utskifting. Det forutsettes derfor ikke fullstendig utskifting av vinduene i analyseperioden, men i stedet montering av nye innervinduer (varerammer) etter 30 år (analogt med at det er forutsatt 30 års levetid for vinduer i referansebyggene). Sintef-rapporten «Energieffektive verneverdige vinduer» (Homb & Uvsløkk, 2012), viser at utbedring av gamle vinduer kan gi U-verdi mellom 1,5 og 1,6 W/m²K ved å montere en innvendig vareramme med et enkelt glass med hardbelegg, og en U-verdi under 1 med dobbelt glass med hardbelegg og gass.

For maling innvendig og utvendig er det forutsatt maling av fasade hvert 8. år og innvendig maling hvert 10. år. Dette tilsvarer vedlikeholdsfrekvensene som er antatt for referansebygget.

Det er forutsatt 10% utskifting av takstein over analyseperioden.

Det forutsettes fullstendig utskifting av badet etter 30 år. Materialbruk forbundet med dette er satt likt som for badet i referansebygget, der det også forutsettes en utskifting i levetiden.

Levetid for varmtvannstank og gråvannsvarmegjenvinner er satt til 25 år, basert på informasjon fra produsent. Med unntak av utskifting av gråvannsvarmegjenvinneren (som ble installert som en del av oppgraderingen), forutsettes det tilsvarende vedlikeholdsaktiviteter over 60 år for bygget beholdt i originaltilstand som for oppgradert bygg.

Det er planlagt utbedring av vinterhagen, og materialbruk til dette er medregnet som en vedlikeholdsaktivitet i analyseperioden både for opprinnelig og oppgradert bygg.

Detaljerte materialmengder som ligger til grunn for beregning av klimagassutslipp i drift og vedlikeholdsfasen for Villa Dammen er gitt i Vedlegg 6: .

3.2.2 Referansebygg

Referansebygget er basert på masteroppgaven «Life Cycle Assessment of a Single-Family Residence built to Passive House Standard»³, skrevet av Oddbjørn Dahlstrøm ved NTNU i 2011. Oppgaven sammenlikner to eneboliger prosjektert av Nordbohus AS, der det ene er prosjektert etter TEK07-standard, mens det andre tilfredsstiller krav i henhold passivhusstandarden NS3700:2010. TEK07-bygget er brukt som utgangspunkt for referansebygget i denne vurderingen, og er tilpasset til de reviderte TEK10-kravene til energieffektivitet med ekstra materialbruk til isolasjon og vinduer med lavere U-verdi, for at referansebygget skal samsvare med energiberegningene.

Referansebygget er oppført i bindingsverkskonstruksjon i tre, er isolert med mineralull i vegger og tak, og har et armert betonggulv på grunn isolert med ekspandert polystyren (EPS). Dette gir et referansebygg som i høy grad er tilsvarende Villa Dammen i materialbruk og funksjon. For mer detaljert informasjon om referansebygget og beregningsforutsetninger henvises det til masteroppgaven.

Beregningsmodellen i masteroppgaven har svært høy detaljeringsgrad, og medregner materialbruk helt ned til stålfôrbruk i spiker som inngår. Dermed er den svært godt egnet som utgangspunkt for referansebygget i denne vurderingen. Materialbruk til komponenter som inngår i energi- og ventilasjonssystemer er hentet fra masteroppgaven «Heating and Ventilation of Highly Energy Efficient Residential Buildings: Environmental Assessment of Technology Alternatives»⁴, som ble utarbeidet samtidig med Dahlstrøms oppgave for å vurdere energibruk og ventilasjon for de samme prosjekterte boligbyggene.

Klimagassutslipp over byggets levetid, inkludert utbygging, avfall fra utbyggingsfasen, drift og vedlikehold, samt avhending er i oppgaven beregnet ved bruk av LCA-programvaren SimaPro. I masteroppgaven er 50 års analyseperiode benyttet, og beregningsmodellen brukt i oppgaven er derfor tilpasset 60 års analyseperiode, slik det er forutsatt i denne rapporten. Referansebygget i masteroppgaven har et oppvarmet bruksareal (BRA) på 187 m². Beregnet energibruk fra Simien og beregnede utslipp fra materialbruk fra SimaPro-modellen er derfor skalert per BRA for å tilsvare oppvarmet BRA for Villa Dammen (117 m²).

Klimagassutslipp forbundet med transport av arbeidere, som var inkludert i masteroppgaven, er ekskludert i denne analysen.

³ https://www.ntnu.edu/c/document_library/get_file?uuid=b5fc4b14-55df-4476-8af4-90be49b58edc&groupId=163835

⁴ https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/234355/-1/441334_FULLTEXT01.pdf

Tegninger av utvendige fasader for referansebygget er vist i **Feil! Fant ikke referansebildet.**

Feil! Fant ikke referansebildet. Beregningsmodellen i masteroppgaven er ikke inndelt i henhold til bygningsdelstabellen, slik som det for eksempel er gjort i verktøyet Klimagassregnskap.no, som ofte benyttes til tilsvarende vurderinger. Inndelingen i masteroppgaven er derfor spesifisert i Tabell 1:

Tabell 1 Spesifikasjon av bygningsselementer som inngår i bygningsdeler for referansebygg

BYGNINGSDELER, REFERANSEBYGG	INKLUDERER
Byggefase	Alle arbeider og energibruk til oppføring av bygget
Grunn og fundamenter	Ringmur, såleblokk, markisolasjon, pukk/grus/drenering og radonrør, utgraving
Gulv	Gulv på grunn, gulv i 1. etg
Vegger	Innervegger, yttervegger
Tak	Yttertak, takstoler, undertak, himling, takrenner, snøsikring og tetning
Vinduer og dører	Vinduer, ytterdører, innerdører
El og rør	Kabling, vannrør
Overflater	Alle overflater på bad, parkett, innendørs og utendørs maling

3.3 Beregning av energibruk i drift

Energiberegninger for Villa Dammen er utført med simuleringsprogramvaren SIMIEN (ver. 6.000).

Innledningsvis ble standardfaktorer til bruk i energiberegninger iht. NS 3031 benyttet for å estimere energibruk i drift for Villa Dammen med og uten gjennomførte energieffektiviseringstiltak. Sammenlikning av resultatene fra energiberegningene med målte forbruksdata for de to siste driftsår viste imidlertid at beregnet levert energi avvirket vesentlig fra reelt energiforbruk i bygget.

Total levert energi til oppgradert bygg, beregnet iht. NS 3031 lå i snitt 2,4 ganger høyere enn målte forbruksdata for Villa Dammen etter oppgraderingen. Dette skyldes trolig flere faktorer. SIMIEN-beregningene tar ikke høyde for redusert energibehov som følge av gråvannsvarmegjenvinning, eller innvirkningen av termisk masse i masseovnen og heltregulvet på energibehovet. Egenskaper ved masseovnen knyttet til varmeavgivelse i bygget, termisk komfort og innvirkning på brukeratferd kan også pekes på som viktige parametere som påvirker energibruk i Villa Dammen, men som ikke er mulig å modellere med standardfaktorer i SIMIEN. Levert energi fra ved beregnes å være nesten 3 ganger høyere i SIMIEN-beregningene basert på NS 3031 enn det reelt vedforbruk tilsier, noe som indikerer at man oppnår tilstrekkelig inneklima ved bruk av masseovnen i Villa Dammen på en mer nøysom måte enn med en mer standard vedovn.

Brukeratferd og valg av energibruksstrategi for beboerne i Villa Dammen, sammenliknet med det som legges til grunn for verdiene i NS 3031 er nok likevel den viktigste årsaken til avvirket. Den nåværende husholdningen har en høy grad av bevissthet rundt hvordan egen atferd påvirker energibruk, samt en aktiv strategi for å minimere energibruken.

3.3.1 Skjematisk nøysomme beboere

Nasjonal og internasjonal forskning indikerer at atferd er en avgjørende faktor for energibruk i moderne boliger. I en gjennomgang av internasjonal litteratur på emnet, samt en sammenlikning av målt og beregnet energibruk (iht. standardfaktorer) i norske og svenske passivhusboliger og norske energimerkede boliger, fant Borg (2015) at reelt energibruk generelt er lavere enn beregnet forbruk for gamle hus. Man fant også at reelt energiforbruk i passivhus og lavenergibygg generelt lå høyere enn beregnede verdier. Dette indikerer en risiko for at man med energiberegninger iht. NS 3031 overestimerer energibruk i drift for eldre boligbygg.

Det hadde derfor vært en fordel å få etablert alternative standardiserte sett med forutsetninger som gjenspeiler mer nøysomme beboere enn det som kommer til uttrykk gjennom vanlige standardiserte inndata for bruk i kontrollberegning mot offentlige krav. Hensikten med dette ville være å illustrere hvilke nivåer av energibruk som kan tenkes opptre med relativt nøysomme, bevisste eller dyktige beboere, altså beboere som av ulike grunner bruker boligen på en slik måte at den totale energibruken i drift blir lav. Mer utbredt bruk av et slikt sett med inndata kunne etter hvert gi en nyttig referanse som kunne gi et mer bredspektret bilde av ulike bygningstypers reelle energieffektiviseringspotensial, med ulike måter å bruke boligen på.

I denne rapporten er det valgt å legge til grunn et slikt sett med forutsetninger som skal representere en husholdning med såkalte «skjematisk nøysomme beboere». Hovedforskjellene mellom NS 3031 og skjematisk nøysom beboer er redusert driftstid for ventilasjon, lavere energibruk til varmt tappevann, og større bruk av temperatursoning. Iht. skjematisk nøysom beboer defineres halvparten av BRA som delvis oppvarmet eller uoppvarmet, i stedet for at hele arealet antas å være fullt oppvarmet, slik som iht. NS 3031.

Dette er en sannsynlig forutsetning i boligbygg, der soverom, yttergang, kott o.l. ofte er uoppvarmet eller delvis oppvarmet. For eldre boligbygg, som er dårligere isolert og mindre tette enn nye bygg, er det vanlig med mer utstrakt bruk av temperatursoning i fyringssesongen. Et sett med forutsetningene som reflekterer dette er derfor bedre egnet til bruk for å estimere energibruk i drift for eldre boligbygg.

Verdiene i «Skjematisk nøysom beboer» er utarbeidet av Vegard Heide i Husbanken, som har gitt innspill underveis i arbeidet med rapporten. Oversikt over inndataverdier iht. skjematisk nøysom beboer og NS 3031 er gitt i Vedlegg 2: .

Innvirkningen av å benytte ulike forutsetninger for energibruk som grunnlag for vurdering av miljøgevinst, samt bruk av standardverdier iht. NS 3031 for å estimere årlig energibruk i gamle og nye boligbygg er problematisert i kapittel 6.

3.3.2 Forutsetninger i energiberegninger

Masseovnen som ble installert i Villa Dammen som en del av oppgraderingen forutsettes å dekke 75% av romoppvarming og 25% av tappevannsoppvarming. 50% av BRA er definert som rom uten egen varmekilde i energiberegningsmodellen. Som beskrevet i kapittel 1.1, betyr ikke dette at rommene holder en uholdbar innetemperatur, ettersom energiløsningen i bygget sørger for god varmedistribusjon.

For Villa Dammen i originaltilstand er det forutsatt at romoppvarming skjer ved bruk av luft-luft varmepumpe (40%), vedovn (20%), parafinkamin (30%) og panelovn (10%). Tappevannsoppvarming skjer med bruk av elektrisitet. 50% av BRA er definert som uoppvarmet, tilsvarende som for oppgradert bygg.

Energibruk i drift for referansebygget er beregnet ved bruk av samme energiberegningsmodell i SIMIEN som benyttet av Dahlstrøm (2011), oppdatert i henhold til krav i gjeldende teknisk forskrift, samt inndata i skjematisk nøysom beboer.

I masteroppgaven referansebygget er basert på var det forutsatt at byggets oppvarmingsbehov dekkes 40% med vedfyring i ovn og 60% med direkte elektrisitet. Det er imidlertid vurdert som lite realistisk å forutsette en så høy andel energidekning fra vedfyring. Vintersimulering i SIMIEN (3 døgn med utetemperatur mellom -17,7C og -22,3C) for Villa Dammen oppgradert til TEK10-nivå viser et effektbehov på 3,5kW for hele 1.etasje. De minste vedovnene utformet for bruk i moderne, godt isolerte boliger har imidlertid en høyere nominell effekt enn dette - ca 4,5kW. Overtemperatur ved selv beskjeden fyring kan føre til at boligeiere unngår å bruke vedovn i moderne boliger. For referansebygget i denne vurderingen er derfor andelen energibruk til oppvarming som dekkes med vedfyring justert ned til 20% (80% elektrisk oppvarming). Tappevannsoppvarming skjer med bruk av elektrisitet. 50% av BRA er definert som delvis oppvarmet i energiberegningsmodellen.

Verdier for levert energi, per energikilde, som er lagt til grunn for utslippsberegningene for energibruk i drift for Villa Dammen uten oppgradering, oppgradert bygg og TEK 10 referansebygg er gitt i Tabell 2:

Tabell 2 Levert energi til drift for Villa Dammen uten oppgradering, oppgradert bygg og TEK10 referansebygg, per oppvarmet BRA, fordelt på energikilde

ENERGIKILDE	LEVERT ENERGI [KWH/M2/ÅR]		
	Villa Dammen, uten oppgradering	Villa Dammen, oppgradert bygg	TEK10 Referansebygg
DIREKTE EL	135	119	82
EL TIL VARMEPUMPE	38	0	0
PARAFIN	111	0	0
BIOBRENSSEL (VED)	143	168	26

Detaljerte forutsetninger for energiberegningene, inkludert forutsetninger knyttet til energidekning og virkningsgrader, er gitt i Vedlegg 4: . Verdier for målt energiforbruk for Villa Dammen for de siste to driftsår er også gitt i Vedlegg 4: .

Utslippsfaktorer for levert energi fra de ulike energikildene benyttet i beregningene er gitt i Tabell 3. Innvirkning på resultatene av valg av utslippsfaktorer er problematisert i kapittel 4.7.

Tabell 3 Utslippsfaktorer for beregning av utslipp fra energibruk i drift, for ulike energikilder

ENERGIKILDE	UTSLIPPSFAKTOR
	[KG CO2-EKV./KWH LEVERT ENERGI]
ELEKTRISITET	0,132
PARAFIN	0,321
BIOBRENSSEL (VED)	0,014

3.3.3 Alternative scenarier for valg av energikilder

I tillegg til beregningene for Villa Dammen med og uten oppgradering med energiløsninger som beskrevet over, er det gjort beregninger for alternative valg av energiløsning som gjenspeiler vanlige løsninger i norske boligbygg.

For fortsatt drift av Villa Dammen uten oppgradering er det gjort beregninger for energiløsning uten parafin, i tråd med at det fra 2020 er forbudt med parafin/olje til oppvarming i norske boliger.

For å illustrere en mer konvensjonell løsning i det oppgraderte bygget, er det gjort beregninger der oppvarming skjer med med luft-luft-varmepumpe, elektrisitet og ved, i stedet for masseovnen.

Resultater med alternative energikilder presenteres i kapittel 4.4.

3.4 Avhending etter endt analyseperiode

Utslipp i avhendingsfasen omfatter riving av bygg, sortering av materialfraksjoner, transport av materialer til avfallshåndtering, og utslipp fra selve avfallshåndteringen.

Forutsetninger og utslippsfaktorer for avhending av de ulike materialfraksjonene er hentet fra Dahlstrøm (2011). Materialmengder i Villa Dammen som underlag for mengder til avfallshåndtering er estimert av takstmann – se Vedlegg 7: for detaljer. Avhending av materialer som inngikk i oppgraderingen er medregnet for oppgradert bygg. Transportdistanse til avhendingssted er antatt å være 85km for alle materialfraksjoner.

Ettersom nybygget skal representere et alternativ til fortsatt videre drift av Villa Dammen eller oppgradering, er riving av bygget (i originaltilstand uten oppgradering) medregnet som en del av utbyggingsfasen for referansescenariet.

4 BEREGNINGSRESULTATER

4.1 Sammenstilte utslipp

Beregnete klimagassutslipp for Villa Dammen, uten oppgradering og oppgradert bygg, samt TEK10 referansebygg, over 60 års analyseperiode, er gitt som totale livsløpsutslipp i Tabell 4 og per m² oppvarmet BRA og år i Tabell 5.

Tabell 4 Sammenstilling av beregnede klimagassutslipp for Villa Dammen med og uten oppgradering, samt TEK10 referansebygg, over 60 års analyseperiode

KLIMAGASSUTSLIPP [TONN CO ₂ -EKV.]			
LIVSLØPSFASE	Villa Dammen, uten oppgradering	Villa Dammen, oppgradert bygg	TEK10 Referansebygg
UTBYGGING/OPPGRADERING	0,0	2,6	32,4
ENERGI I DRIFT	423,1	126,6	78,3
D&V	6,1	6,3	12,1
AVHENDING	5,9	6,1	7,4
SUM	435,0	141,6	130,2

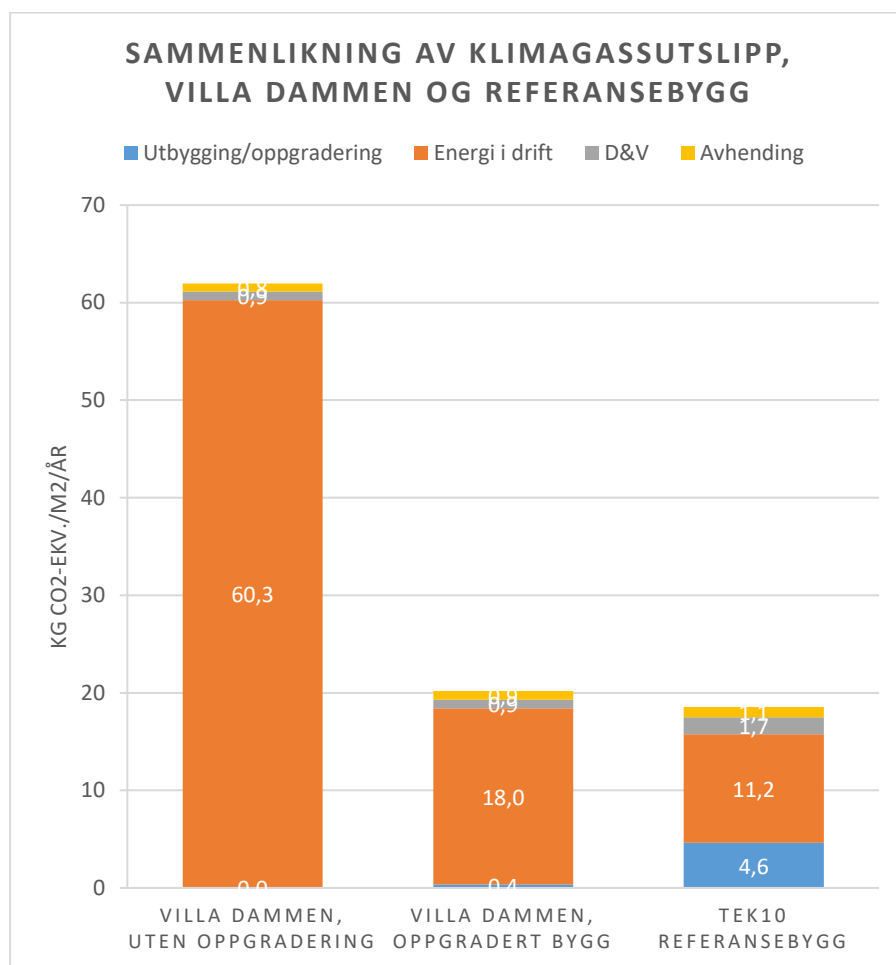
Tabell 5 Sammenstilling av beregnede klimagassutslipp for Villa Dammen med og uten oppgradering, samt TEK10 referansebygg, per areal år, regnet over 60 års analyseperiode

KLIMAGASSUTSLIPP [KG CO ₂ -EKV./M ² /ÅR]			
LIVSLØPSFASE	Villa Dammen, uten oppgradering	Villa Dammen, oppgradert bygg	TEK10 Referansebygg
UTBYGGING/OPPGRADERING	0,0	0,4	4,6
ENERGI I DRIFT	60,3	18,0	11,2
D&V	0,9	0,9	1,7
AVHENDING	0,8	0,9	1,1
SUM	62,0	20,2	18,5

Resultatene viser at fortsatt drift av Villa Dammen uten oppgradering gir vesentlig høyere klimagassutslipp enn både oppgradering av bygget og riving og oppføring av et nytt TEK10-bygg. Reduksjonen i totale klimagassutslipp som følge av oppgraderingen, regnet over 60 år, er ca. 295 tonn CO₂-ekv., dvs. -67%. Energibruk i drift av det oppgraderte bygget gir 70% lavere utslipp enn fortsatt drift av bygget uten oppgradering. Oppgraderingsprosessen gjør at utslippene forbundet med materialbruk er 25% høyere for det oppgraderte bygget enn for bygget uten oppgradering over analyseperioden, men utslaget av dette på totalen blir lite, fordi utslippene fra energibruk er så mye høyere.

Energibruksutslipp for referansebygget ligger ca. 40% lavere enn Villa Dammen (oppgradert bygg). Utslipp forbundet med materialbruk til nybygget er imidlertid over 3,5 ganger høyere enn materialbruksutslipp for Villa Dammen. Netto gir dette en differanse i totale utslipp på ca. 11 tonn CO₂-ekv., som vil si at levetidsutslipp for referansebygget er 8% lavere enn Villa Dammen, oppgradert bygg.

En sammenstilling av analyseresultatene er illustrert i Figur 3:



Figur 3 Sammenlikning av klimagassutslipp for Villa Dammen med og uten oppgradering, samt TEK10 referansebygg, per areal og år regnet over 60 års analyseperiode, fordelt på utslipp forbundet med hver livsløpsfase

Figur 3 viser tydelig at utslipp fra energibruk i drift har klart størst betydning for totale utslipp. Andelen av totale utslipp forbundet med energi i drift er aller størst for fortsatt drift av Villa Dammen uten oppgradering (97%), ettersom det er kun er medregnet materialbruk til vedlikehold og utskifting. Utslipp fra energibruk står for 89% av levetidsutslippene for det oppgraderte bygget, og 60% for referansebygget.

Utslipp fra oppgraderingsprosessen står for kun 2% av totale levetidsutslipp for det oppgraderte bygget. For referansebygget står er utslipp fra utbyggingen (inkludert riving av eksisterende bygg) for ca. en fjerdedel av de totale utslippene over 60 år.

Utslipp fra materialbruk til drift og vedlikehold utgjør 1-9% av totale utslipp over 60 år, mens utslipp fra avhendingsfasen utgjør 1-6% av totalen.

4.2 Utslipp fra materialbruk

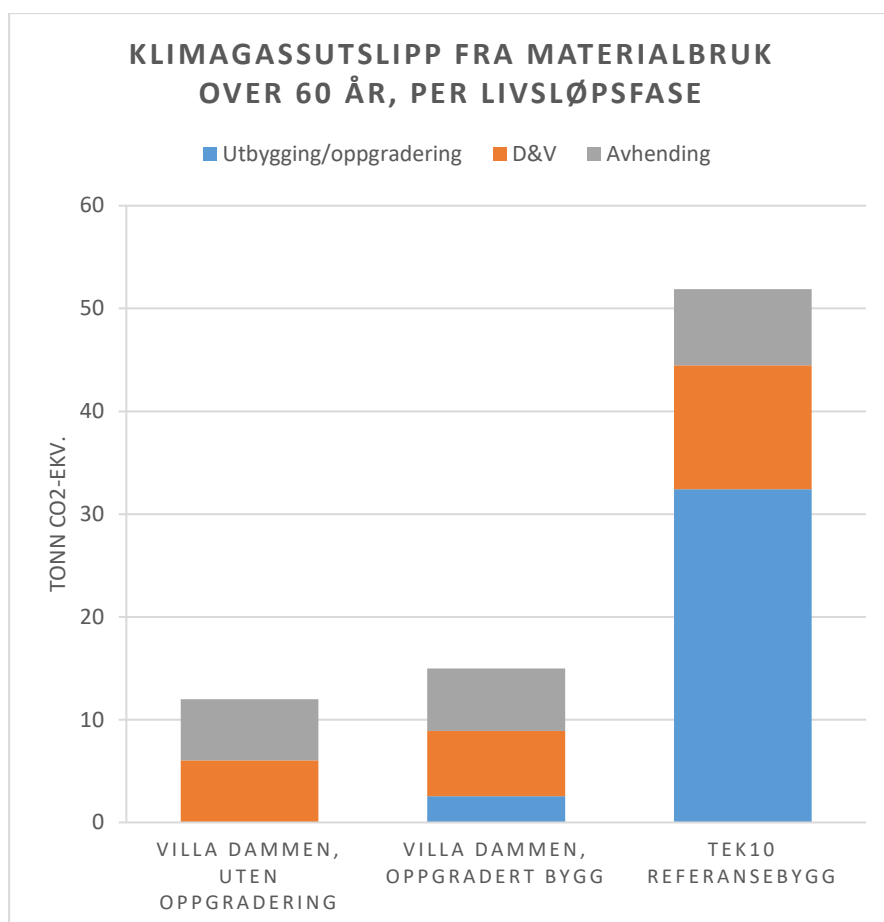
Utslipp forbundet med produksjon og transport av byggematerialer til utbygging/oppgradering, vedlikehold og avhending av byggene er gitt som totale levetidsutslipp i Tabell 6, per areal og år i Tabell 7, og illustrert i Figur 4.

Tabell 6 Klimagassutslipp knyttet til produksjon, vedlikehold og avhending av byggematerialer for Villa Dammen med og uten oppgradering, og TEK10 referansebygg, over 60 år

KLIMAGASSUTSLIPP [TONN CO ₂ -EKV.]			
LIVSLØPSFASE	Villa Dammen, uten oppgradering	Villa Dammen, oppgradert bygg	TEK10 Referansebygg
UTBYGGING/OPPGRADERING	0,0	2,6	32,4
D&V	6,1	6,3	12,1
AVHENDING	5,9	6,1	7,4
SUM	12,0	15,0	51,9

Tabell 7 Klimagassutslipp knyttet til produksjon, vedlikehold og avhending av byggematerialer for Villa Dammen med og uten oppgradering, og TEK10 referansebygg, per m² oppvarmet BRA og år, regnet over 60 år

KLIMAGASSUTSLIPP [KG CO ₂ -EKV./M ² /ÅR]			
LIVSLØPSFASE	Villa Dammen, uten oppgradering	Villa Dammen, oppgradert bygg	TEK10 Referansebygg
UTBYGGING/OPPGRADERING	0,0	0,4	4,6
D&V	0,9	0,9	1,7
AVHENDING	0,8	0,9	1,1
SUM	1,7	2,1	7,4



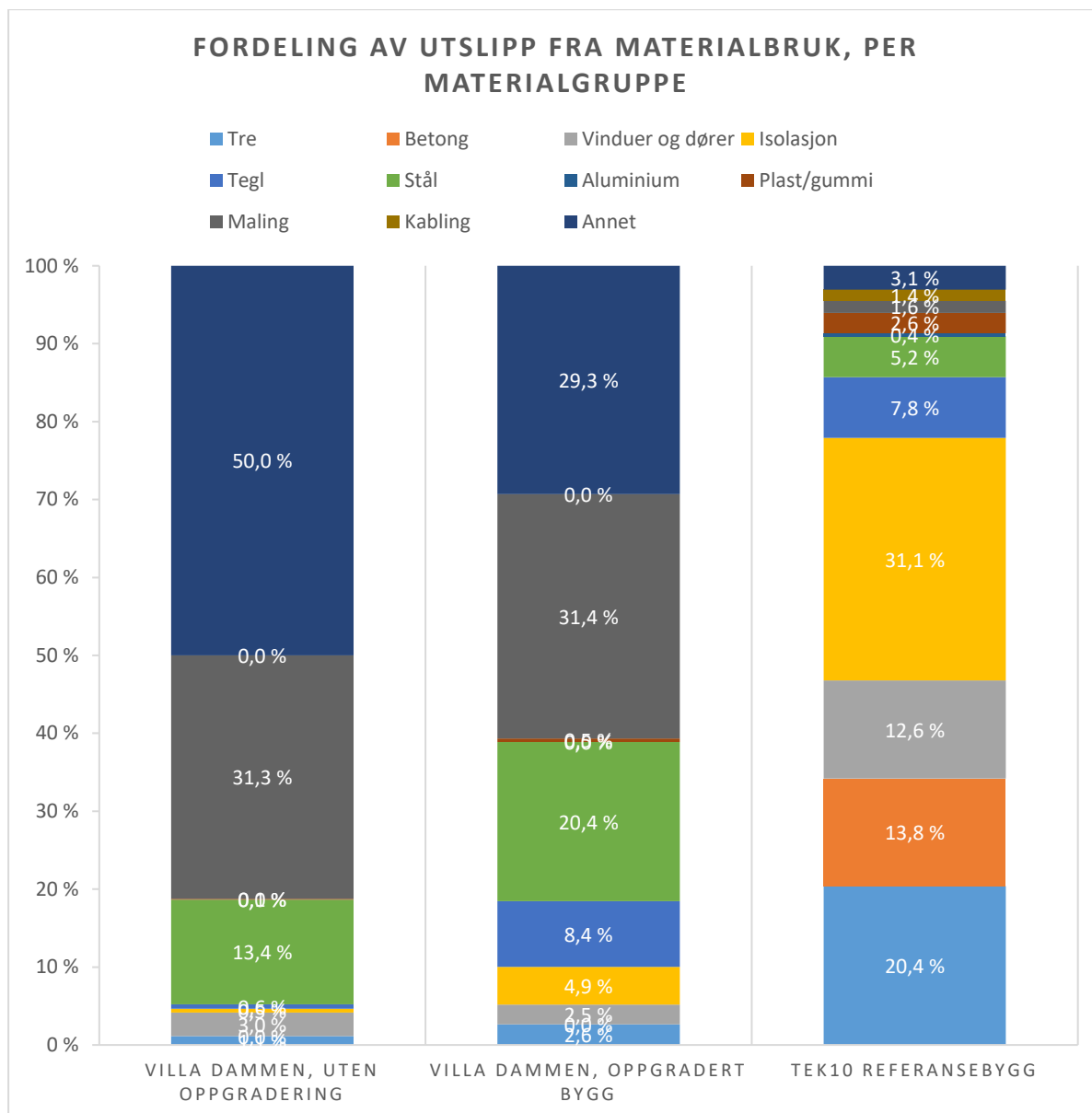
Figur 4 Klimagassutslipp knyttet til produksjon, vedlikehold og avhending av byggematerialer for Villa Dammen med og uten oppgradering, og TEK10 referansebygg, fordelt per livsløpsfase

Utslipp forbundet med materialbruk for det oppgraderte bygget fordeler seg omtrent likt på vedlikeholdsfasen og avhendingsfasen (ca. 40% av totale materialutslipp), mens materialbruk til selve oppgraderingen utgjør 17% av totale levetidsutslipp fra materialbruk. Etersom forutsetningene for vedlikehold og avhending er tilnærmet like for Villa Dammen med og uten oppgradering, er det utslipp fra oppgraderingsprosessen som skiller disse (ca. 25% høyere materialutslipp for oppgradert bygg).

Utslipp fra utbyggingsfasen for nybygget (inkludert riving av eksisterende bygg) er ca. 12 ganger høyere enn utslippene fra oppgraderingen av Villa Dammen, og står for ca. 60% av utslipp fra materialbruk for referansebygget. Materialbruk til drift og vedlikehold av referansebygget er også nesten dobbelt så høye for som for Villa Dammen. Utslipp fra riving av Villa Dammen utgjør ca. 20% av utbyggingsutslippene for referansebygget. Ekskludert riving av Villa Dammen, ligger utbyggingsutslippene for referansebygget ca. 10 ganger høyere enn utslippene fra oppgraderingen av Villa Dammen. Over hele levetiden er utslippene forbundet med materialbruk for referansebygget ca. 3,5 ganger høyere enn materialutslippene fra Villa Dammen, oppgradert bygg.

4.2.1 Utslipp fordelt per materialgruppe

Figur 5 viser fordelingen mellom utslipp fra materialbruk per materialgruppe for de tre hovedscenariene. Merk at dette er relativ utslippsfordeling mellom materialgruppene, vist i prosent av totale utslipp for hvert hovedscenario. Søylen er derfor like store, selv om totale utslipp i absoluttverdi er forskjellig for de tre scenariene, som vist i forrige avsnitt.



Figur 5 Fordeling av utslipp fra byggematerialer, per materialgruppe

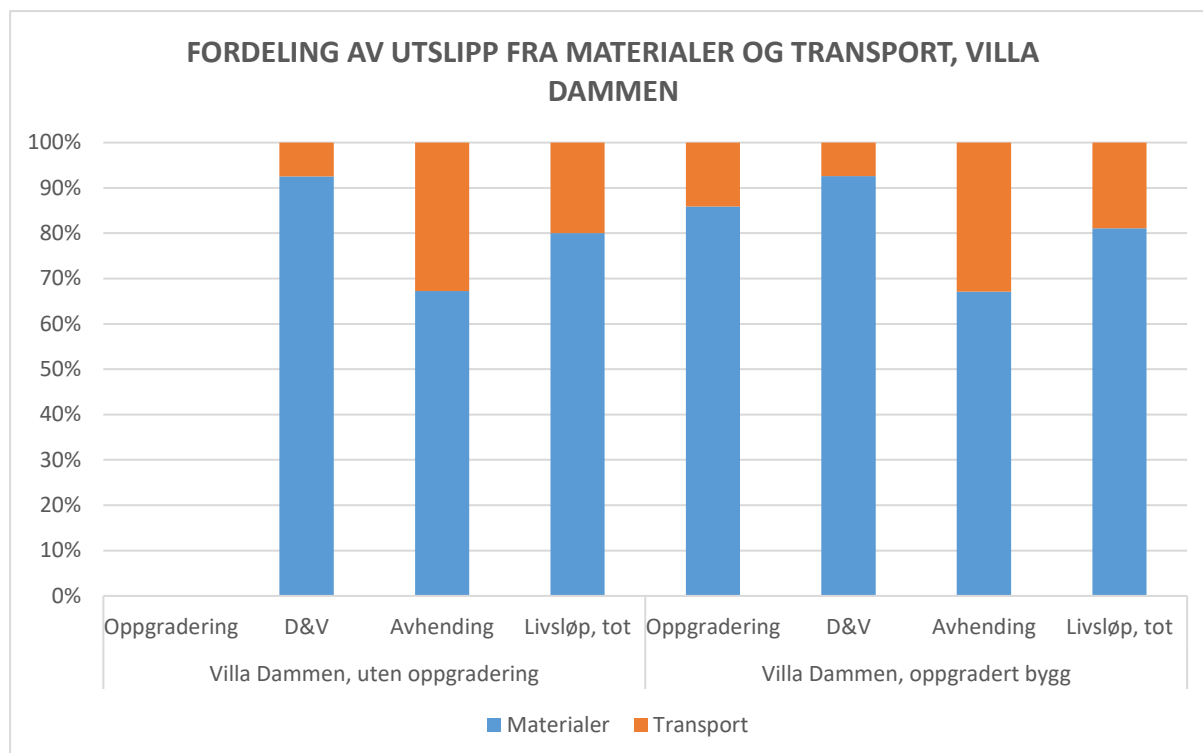
Figuren viser at fordelingen mellom hvilke materialgrupper som bidrar til utslipp er svært forskjellig for Villa Dammen og referansebygget. Dette skyldes ulikhetene i materialene som er inngår i oppgradering og nybygg.

Som nevnt over, har materialbruk til vedlikehold størst betydning for materialutslippene for Villa Dammen. Materialgruppen «Annet» er den største posten for Villa Dammen uten oppgradering – dette skyldes at materialbruk forbundet med oppgradering av bad etter 30 år er regnet under denne posten. Denne materialposten er relativt stor, og inneholder blant annet bruk av keramisk flis, som har høye produksjonsutslipp. Utslipp forbundet med maling, samt utskifting av varmtvannstank/gråvannsvarmegjenvinner står for henholdsvis 31% og 20% av totale materialutslipp over 60 år for Villa Dammen, oppgradert bygg. Av materialene som har inngått i selve oppgraderingen, er det teglstein som har størst betydning for klimagassutslipp (står for 28% av totale materialutslipp).

For referansebygget gir isolasjon de største bidragene til totale materialutslipp, etterfulgt av tre, betong og vinduer.

4.2.2 Utslipp fra transport av materialer

For å vurdere innvirkningen av antakelser knyttet til transportdistanser for materialer, er andelen utslipp fra transport skilt ut for hver livsløpsfase, som vist i Figur 6:



Figur 6 Fordeling mellom utslipp knyttet til materialproduksjon og –avhending og transport av byggematerialer til byggeplass og avhendingssted.

Totalt over analyseperioden er andelen av totale utslipp som er knyttet til transport ca. 20%, men som det fremgår av figuren, er andelen vesentlig høyere for avhendingsfasen (33%), enn for oppgraderingsfasen (13%) og D&V (7%). Dette skyldes av utslipp fra avhendingsprosessen i seg selv er lave. For referansebygget utgjør utslipp knyttet til transport av materialer til byggeplass og avfall til avfallshåndtering 15% av totale livsløpsutslipp.

Utslipp fra transport av byggematerialer til oppgradering og vedlikehold av Villa Dammen har høy usikkerhet for de materialene der produksjonssted ikke er kjent. Selv om transportutslippene ikke står for en høy andel av totale livsløpsutslipp, er det derfor likevel undersøkt hvilken innvirkning det har på analyseresultatene å endre den antatte generiske transportdistansen. Dersom distansen økes med fra 100km til 500km, er den resulterende økningen i utslipp fra materialbruk for Villa Dammen (oppgradert bygg) over 60 år 1,3%. Dersom distansen tidobles, dvs. økes til 1000km, øker materialutslippene over 60 år med 2%. Dette tilsvarer kun en 0,1% økning i totale levetidsutslipp for oppgradert bygg, og antakelsen om 100km generisk transportdistanse kan dermed ikke sies å ha vesentlig betydning for analyseresultatene.

4.3 Utslipp fra energibruk i drift

Beregnete klimagassutslipp forbundet med energibruk i drift totalt over 60 år, og per areal og år er gitt i henholdsvis Tabell 8 og Tabell 9:

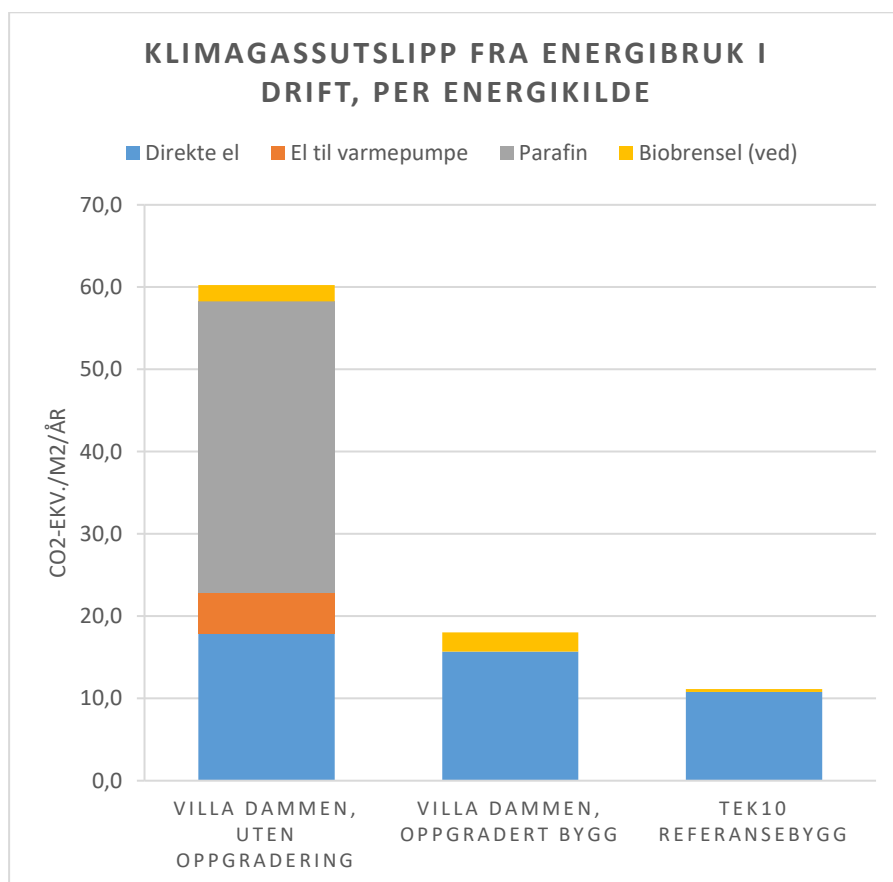
Tabell 8 Beregnede klimagassutslipp fra energibruk i drift for Villa Dammen med og uten oppgradering, og TEK10 referansebygg, fordelt på energikilde, over 60 år

KLIMAGASSUTSLIPP [TONN CO ₂ -EKV.]			
ENERGIKILDE	Villa Dammen, uten oppgradering	Villa Dammen, oppgradert bygg	TEK10 Referansebygg
DIREKTE EL	125,1	110,1	75,8
EL TIL VARMEPUMPE	34,8	0,0	0,0
PARAFIN	249,2	0,0	0,0
BIOBRENSEL	14,0	16,6	2,5
SUM	423,1	126,6	78,3

Tabell 9 Beregnede klimagassutslipp fra energibruk i drift, for Villa Dammen med og uten oppgradering, og TEK10 referansebygg, per oppvarmet BRA og år, fordelt på energikilde

KLIMAGASSUTSLIPP [KG CO ₂ -EKV./M ² /ÅR]			
ENERGIKILDE	Villa Dammen, uten oppgradering	Villa Dammen, oppgradert bygg	TEK10 Referansebygg
DIREKTE EL	17,8	15,7	10,8
EL TIL VARMEPUMPE	5,0	0,0	0,0
PARAFIN	35,5	0,0	0,0
BIOBRENSEL	2,0	2,4	0,4
SUM	60,3	18,0	11,2

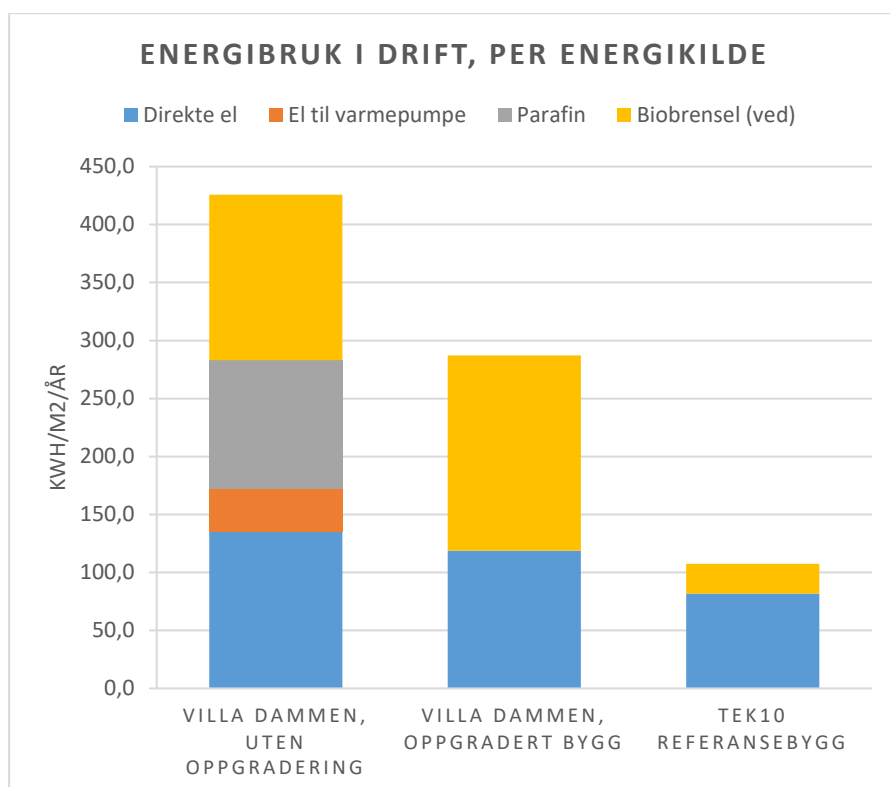
Figur 7 viser klimagassutslipp fra energibruk i drift for alle scenariene, fordelt på utslipp fra hver energibærer:



Figur 7 Klimagassutslipp fra energibruk i drift, per oppvarmet BRA og år, fordelt på energikilde

Ettersom utslipp fra energibruk er dominerende for totale levetidsutslipp for alle vurderte scenarier, er den relative størrelsen på stolpene i Figur 7 nesten tilsvarende som i Figur 3, som viste totale utslipp.

Fordelingen mellom utslipp forbundet med de ulike energibærerne viser at de største bidragene til totale utslipp skyldes direkte elektrisitetsforbruk og parafin. Bidraget fra ette kan både skyldes mengden energi forbrukt for hver kilde og utslippet per kWh forbrukt (utslippsfaktoren). Hvilken av disse faktorene som har størst betydning kan vurderes ved å sammenlikne fordelingen av totale energibruksutslipp per energikilde med levert energi fordelt per energikilde, som vist i Figur 8:



Figur 8 Levert energi til drift, per oppvarmet BRA og år, fordelt på energikilde

Total levert energi til det oppgraderte bygget er 33% lavere enn for bygget uten oppgradering. At forskjellen i utslipp fra energibruk er så mye større (-70%), skyldes at vedfyring dekker en større andel av energibehovet for det oppgraderte bygget

Forbrenning av parafin for Villa Dammen slik bygget var før oppgraderingen har stor innvirkning på totale utslipp til energibruk. Parafin står for ca. litt over en fjerdedel av levert energi til bygget, men forårsaker rundt 60% av energirelaterte utslipp. Dette skyldes den høye utslippsfaktoren for forbrenning av parafin.

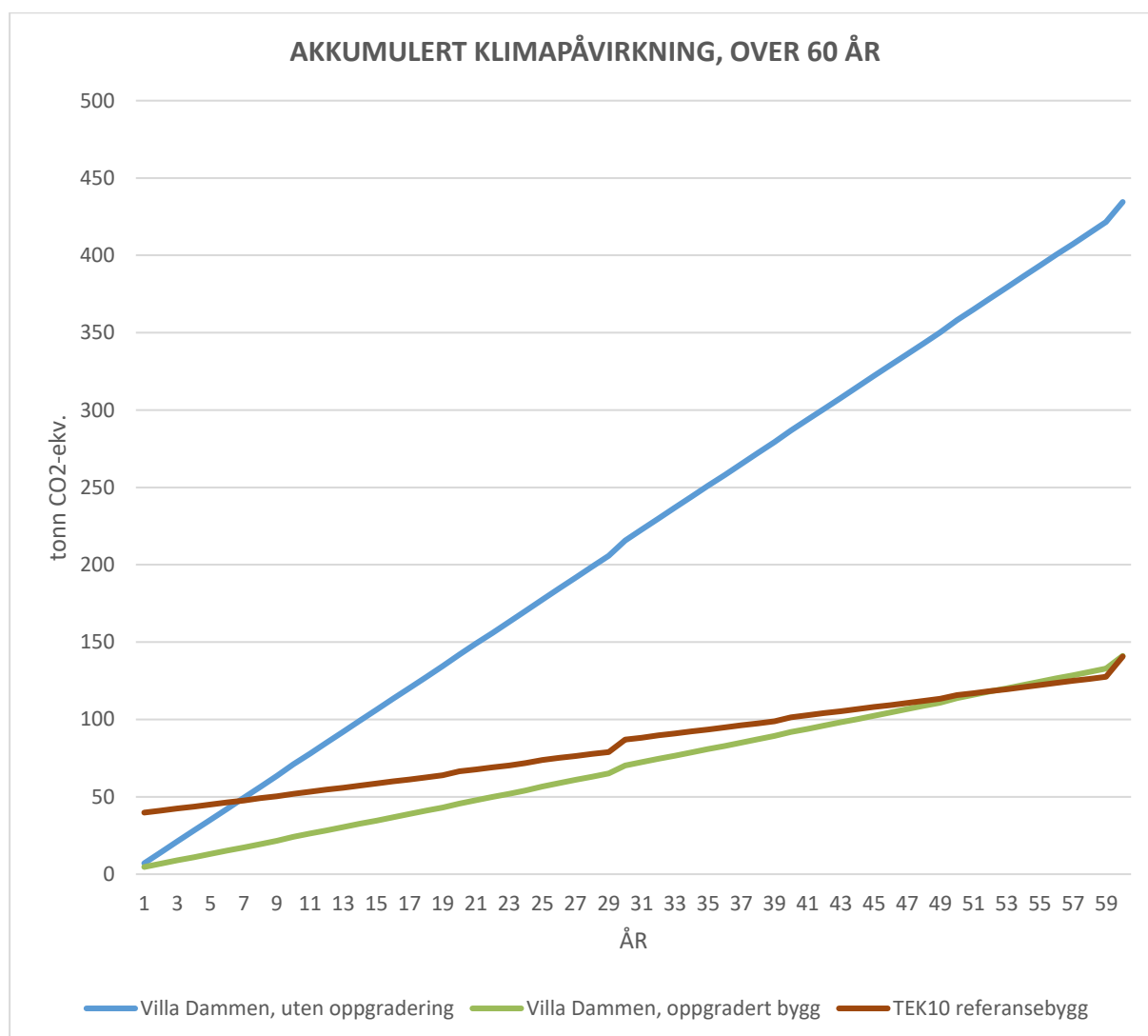
Motsatt effekt er tydelig for vedfyring. Vedfyring står for rundt 33% av levert energi til Villa Dammen uten oppgradering, og 45% av levert energi til det oppgraderte bygget. Andelen av energibruksutslipp som kan tilskrives vedfyring er imidlertid bare rundt 3% for Villa Dammen uten oppgradering, og rundt 13% for oppgradert bygg. Dette henger sammen med at vedfyring regnes som klimanøytralt, og derfor er regnet med en svært lav utslippsfaktor per kWh. Bruk av utslippsfaktor som regner med CO₂-utslipp fra forbrenning av ved er problematisert i kapittel 5.

Utslipp forbundet med elektrisitetsforbruk står for en stor andel av energibruksutslippene – rundt 40% for Villa Dammen uten oppgradering, ca. 87% for oppgradert bygg, og ca. 97% for referansebygget. Regnet som andel av totale levetidsutslipp, inkludert både utslipp fra materialer og energi, står utslipp fra elektrisitetsforbruk for 37% av totalen for Villa Dammen uten oppgradering, 78% for oppgradert bygg, og 58% for referansebygget.

Elektrisitetsforbruk kan derfor pekes på som en av de viktigste enkeltparameterne i analysen. Valg av utslippsfaktor for elektrisitet er problematisert i kapittel 4.7.1.

4.4 Periodiserte utslipp over 60 år

Figur 9 viser hvordan klimagassutslippene utvikler seg for Villa Dammen uten oppgradering (blå linje), oppgradert bygg (grønn linje), og referansebygg (brun linje) over analyseperioden:



Figur 9 Sammenlikning av akkumulerte klimagassutslipp for Villa Dammen med og uten oppgradering, og referansebygg, over 60 år

Skjæringspunktet mellom kurven som viser utslippsutvikling for Villa Dammen uten oppgradering og kurven for oppgradert bygg viser tilbakebetalingstiden for utslipp fra oppgradering av Villa Dammen. Ettersom energieffektiviseringstiltakene som ble gjort i oppgraderingen medfører vesentlige kutt i utslipp til energibruk til drift med bruk av små mengder byggematerialer med lave iboende klimagassutslipp, inntreffer dette skjæringspunktet etter bare et halvt år, og er derfor ikke synlig på figuren.

Skjæringspunktet mellom kurven for Villa Dammen uten oppgradering starter lavere enn kurven for referansebygget på grunn av utslippene i utbyggingen av nybygget. Skjæringspunktet mellom kurvene inntreffer etter ca. 6 år. Dette betyr at utslippsgevinst fra lavere energibruk i drift i referansebygget, sammenliknet med Villa Dammen uten energieffektiviseringstiltak, veier opp for utslipp fra oppføring av bygget etter ca. 6 års drift.

Utslippskurvene for Villa Dammen, oppgradert bygg og referansebygget nærmer seg hverandre over analyseperioden, og skjærer hverandre etter ca. 52 år. Det krever altså 52 år

med lavere energibruk i drift i nybygget før det er bedre å rive det eksisterende bygget og oppføre et nytt standardbygg iht. TEK10 lønner seg i et klimaperspektiv, sammenliknet med oppgradering av Villa Dammen.

4.5 Alternative valg av energikilder

Ettersom bruk av parafin til oppvarming gir svært høye klimagassutslipp, og derfor skal fases ut som oppvarmingskilde i norske boliger innen 2020, er det gjort energiberegninger for Villa Dammen uten oppgradering der energibehovet til oppvarming i stedet dekkes av direkte elektrisitet (30%) og varmepumpe (50%), i tillegg til vedovn (20%).

I tillegg er det gjort energiberegninger for Villa Dammen, oppgradert bygg, der masseovnen er tenkt erstattet med en luft-luft varmepumpe (dekker 40% av romoppvarming), panelovner (40%) og en standard moderne vedovn (20%).

Beregnet levert energi og resulterende klimagassutslipp fra energibruk for Villa Dammen med og uten oppgradering med opprinnelige og alternative energiløsninger er gitt i henholdsvis Tabell 10 og Tabell 11. Leverte energi til og utslipp fra referansebygget er inkludert for sammenlikning.

Tabell 10 Beregnet levert energi til Villa Dammen, med og uten oppgradering og referansebygg, med scenarier for alternative valg av energiløsninger

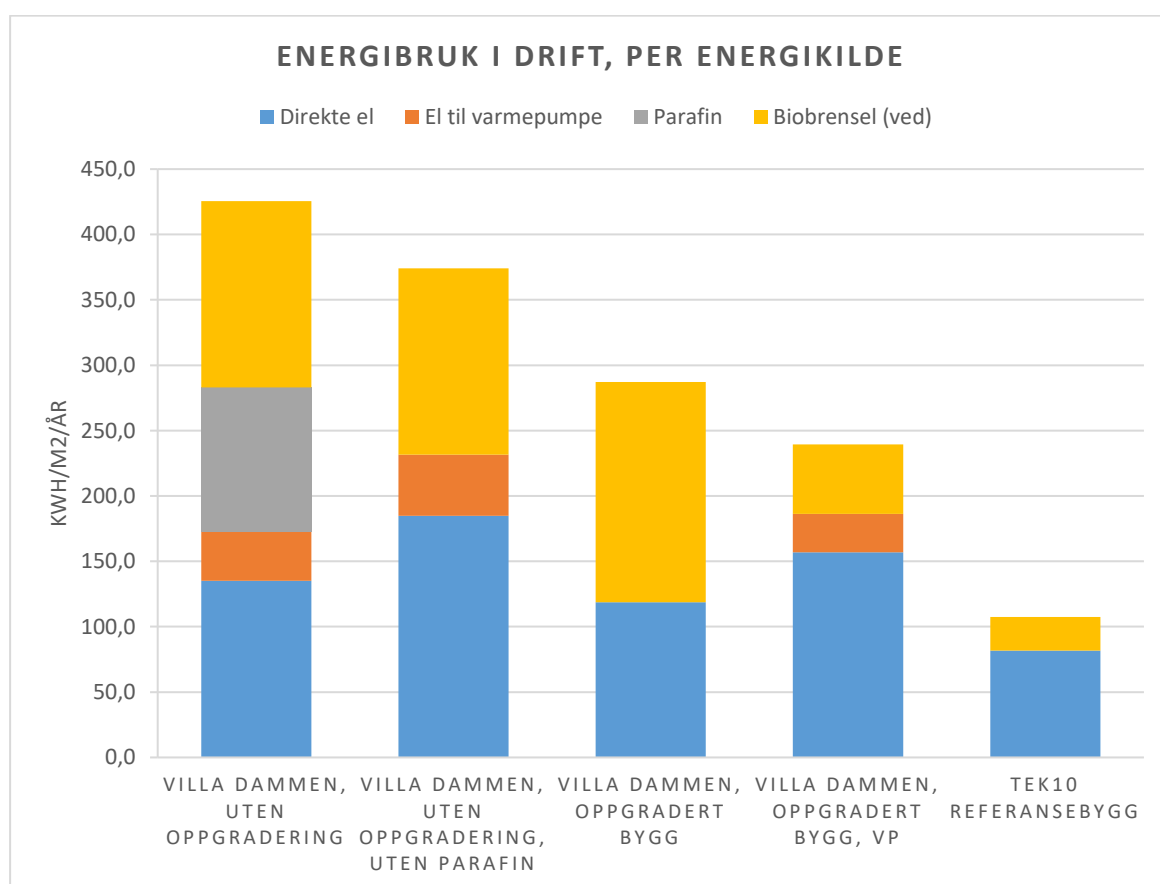
LEVERT ENERGI [KWH/M ² /ÅR]					
ENERGIKILDE	Villa Dammen, uten oppgradering	Villa Dammen, uten oppgradering, uten parafin	Villa Dammen, oppgradert bygg	Villa Dammen, oppgradert bygg, varmepumpe	TEK10 Referansebygg
DIREKTE EL	135,0	184,8	118,8	156,8	81,8
EL TIL VARMEPUMPE	37,5	46,9	0,0	29,4	0,0
PARAFIN	110,6	0,0	0,0	0,0	0,0
BIOBRENSSEL (VED)	142,5	142,5	168,4	53,2	25,6
SUM	425,6	374,1	287,2	239,4	107,4

Tabell 11 Klimagassutslipp per areal og år for Villa Dammen, med og uten oppgradering og referansebygg, med scenarier for alternative valg av energiløsninger

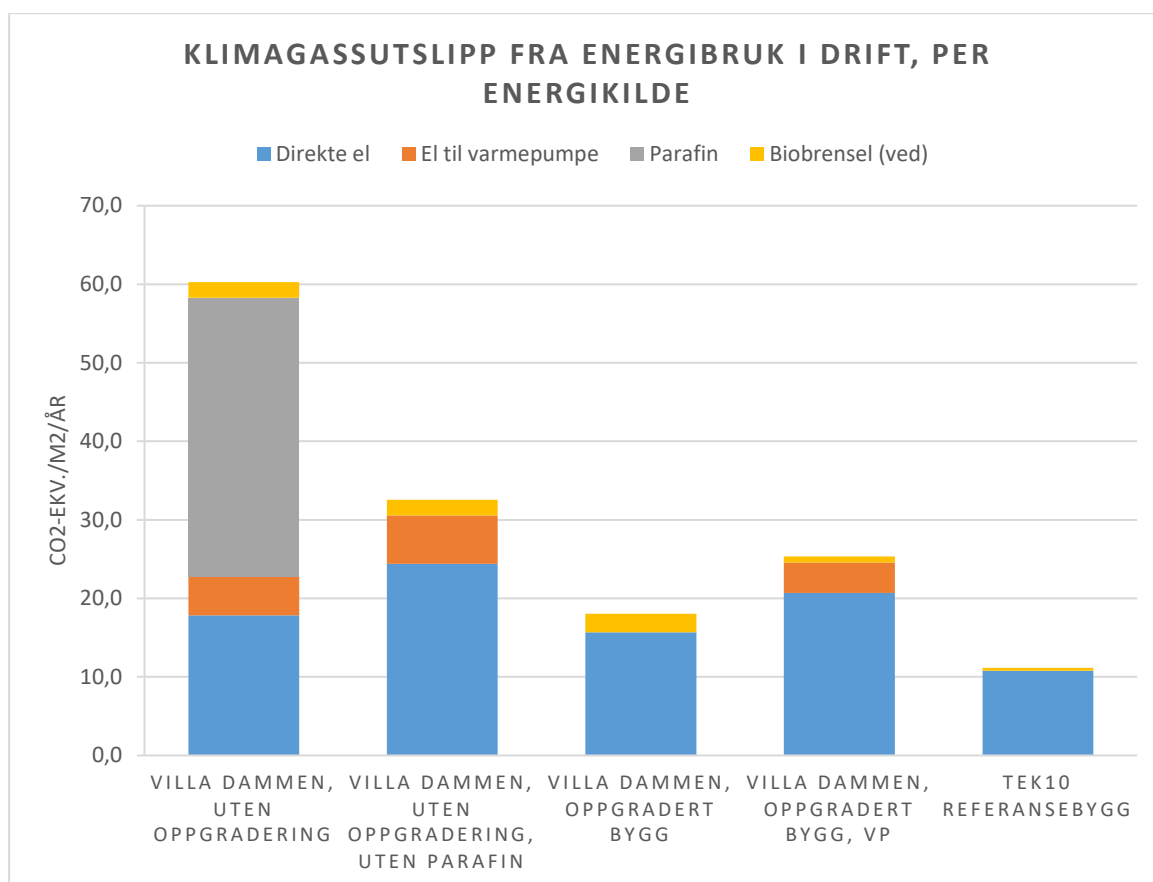
KLIMAGASSUTSLIPP [KG CO ₂ -EKV./M ² /ÅR]					
ENERGIKILDE	Villa Dammen, uten oppgradering	Villa Dammen, uten oppgradering, uten parafin	Villa Dammen, oppgradert bygg	Villa Dammen, oppgradert bygg, varmepumpe	TEK10 Referansebygg
DIREKTE EL	17,8	24,4	15,7	20,7	10,8
EL TIL VARMEPUMPE	5,0	6,2	0,0	3,9	0,0
PARAFIN	35,5	0,0	0,0	0,0	0,0
BIOBRENSSEL (VED)	2,0	2,0	2,4	0,7	0,4
SUM	60,3	32,6	18,0	25,3	11,2

Av Figur 10 ser man at total levert energi er noe lavere for Villa Dammen uten oppgradering uten parafin, sammenliknet med scenariet med parafin, og tilsvarende for oppgradert bygg med varmepumpe, sammenliknet med scenariet med masseovnen. Dette skyldes at varmepumpe står for en større andel av romoppvarmingen i begge tilfelle. Fordi varmepumpen omdanner elektrisk energi til varme mer effektivt enn en parafin- eller vedovnene omdanner brensel til varme, blir dermed nødvendig levert energi for å dekke oppvarmingsbehovet lavere. Som illustrert i Figur 11, gir det å erstatte parafinkamin med varmepumpe nesten en halvering av utslipp fra energibruk (-46%). Bruk av varmepumpe i stedet for vedfyring i masseovnen gir imidlertid økte utslipp (+40%) for oppgradert bygg. Dette skyldes at utslippsfaktoren for elektrisitet er mye høyere enn utslippsfaktoren for ved. Resultater der CO₂-utslipp for vedfyring ikke er regnet som klimanøytrale er gitt i 5.2.1.

Mengden levert direkte elektrisitet er større for Villa Dammen, oppgradert bygg med varmepumpe, enn med masseovnen. Det skyldes at masseovnen dekker mye av oppvarmingsbehovet både for romoppvarming og varmt tappevann, slik at dekningsgraden for direkte el går opp på begge postene når masseovnen erstattes med varmepumpe.



Figur 10 Sammenlikning av levert energi til drift av Villa Dammen uten oppgradering med og uten parafin, oppgradert bygg med masseovn og varmepumpe, og TEK10 referansebygg



Figur 11 Sammenlikning av klimagassutslipp fra energi til drift av Villa Dammen uten oppgradering med og uten parafin, oppgradert bygg med masseovn og varmepumpe, og TEK10 referansebygg

4.6 Valg av metodikk for beregning av energibruk i drift

Som det er beskrevet i kapittel 3.3, er energibehov i drift beregnet med inndata som reflekterer nøysomme beboere. For å vise hvordan resultatene endrer seg dersom standard forutsetninger for energibruk i moderne bygninger legges til grunn, er det også gjort energiberegninger iht. inndata i NS 3031 Beregning av bygningers energiytelse - Metode og data. Resultater med energibruk beregnet iht. NS 3031 er gitt i Tabell 12 (levert energi) og Tabell 13 (utslipp).

I tillegg vises resultater der målte forbruksdata for husstanden i Villa Dammen er lagt til grunn for energibruk i drift. Målt energiforbruk er gitt som snitt over de to driftsårene som har forløpt siden oppgraderingen.

Tabell 12 Levert energi til Villa Dammen, med og uten oppgradering, og referansebygg, beregnet ved bruk av faktorer for skjematisk nøysom beboer (Nøysom), og NS 3031, og fra målte forbruksdata for oppgradert bygg

LEVERT ENERGI [KWH/M ² /ÅR]							
ENERGIKILDE	Villa Dammen, uten oppgradering		Villa Dammen, med oppgradering			TEK10 referansebygg	
	Nøysom	NS 3031	Målt energi	Nøysom	NS 3031	Nøysom	NS 3031
DIREKTE EL	135	171	100	119	178	82	95
EL TIL VARMEPUMPE	38	72	0	0	0	0	0
PARAFIN	111	212	0	0	0	0	0
BIOBRENSEL	143	274	115	168	340	26	33
TOTAL	426	729	215	287	519	107	128

Tabell 13 Klimagassutslipp fra energibruk for Villa Dammen, med og uten oppgradering, og referansebygg, beregnet ved bruk av faktorer for skjematisk nøysom beboer (Nøysom), og NS 3031, og fra målte forbruksdata for oppgradert bygg

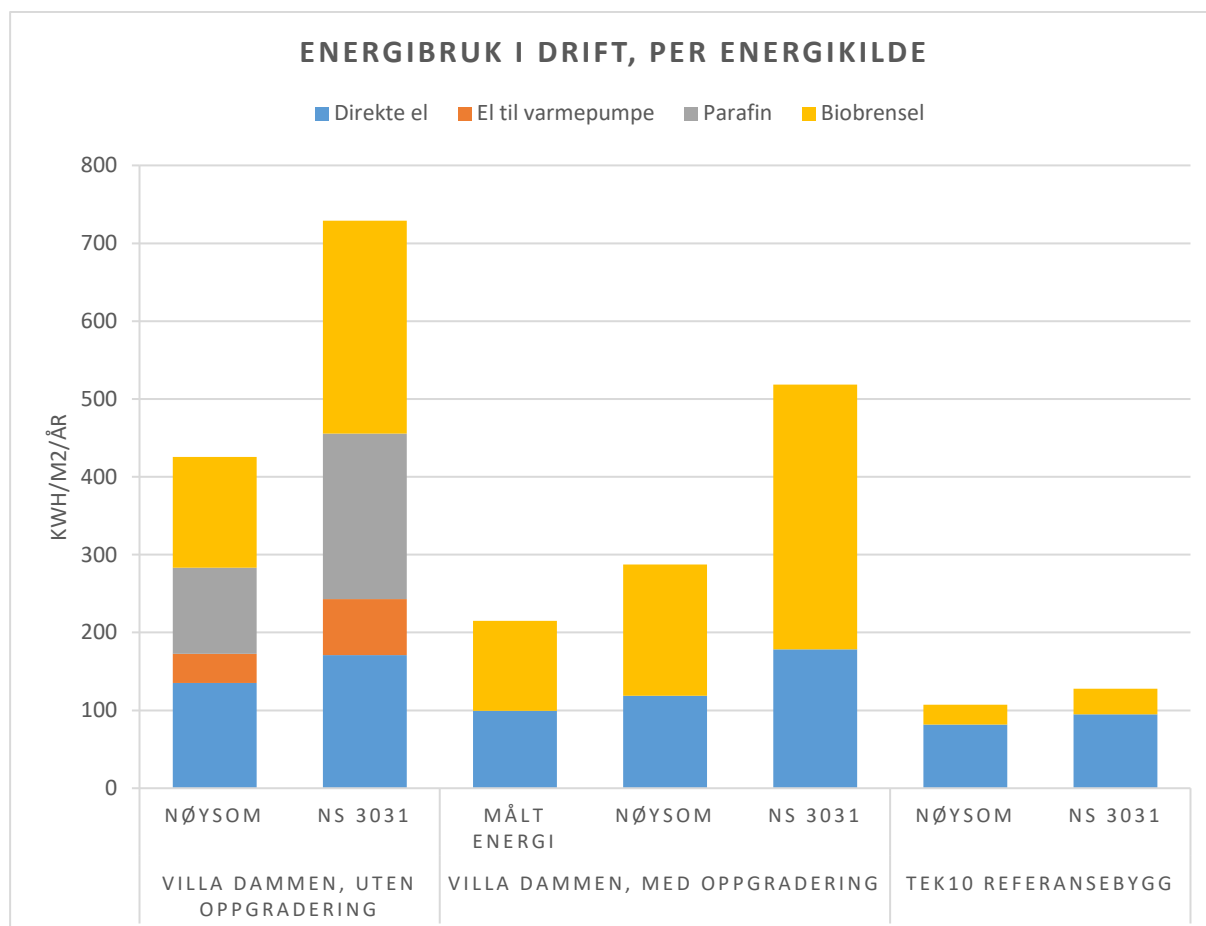
KLIMAGASSUTSLIPP [KG CO ₂ -EKV./M ² /ÅR]							
ENERGIKILDE	Villa Dammen, uten oppgradering		Villa Dammen, med oppgradering			TEK10 referansebygg	
	Nøysom	NS 3031	Målt energi	Nøysom	NS 3031	Nøysom	NS 3031
DIREKTE EL	17,8	22,6	13,1	15,7	23,5	10,8	12,5
EL TIL VARMEPUMPE	5,0	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PARAFIN	35,5	68,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BIOBRENSEL	2,0	3,8	1,6	2,4	4,8	0,4	0,5
TOTAL	60,3	104,1	14,8	18,0	28,3	11,2	13,0

Beregnet levert energi blir vesentlig høyere dersom NS 3031 legges til grunn enn om man gjør beregninger iht. «skjematisk nøysom beboer». Differansen er størst for Villa Dammen – energiberegninger iht. NS 3031 gir 71% høyere levert energi for bygg uten oppgradering, og 81% høyere for oppgradert bygg. Levert energi til referansebygget blir 19% høyere med NS 3031 enn beregnet iht. «skjematisk nøysom beboer».

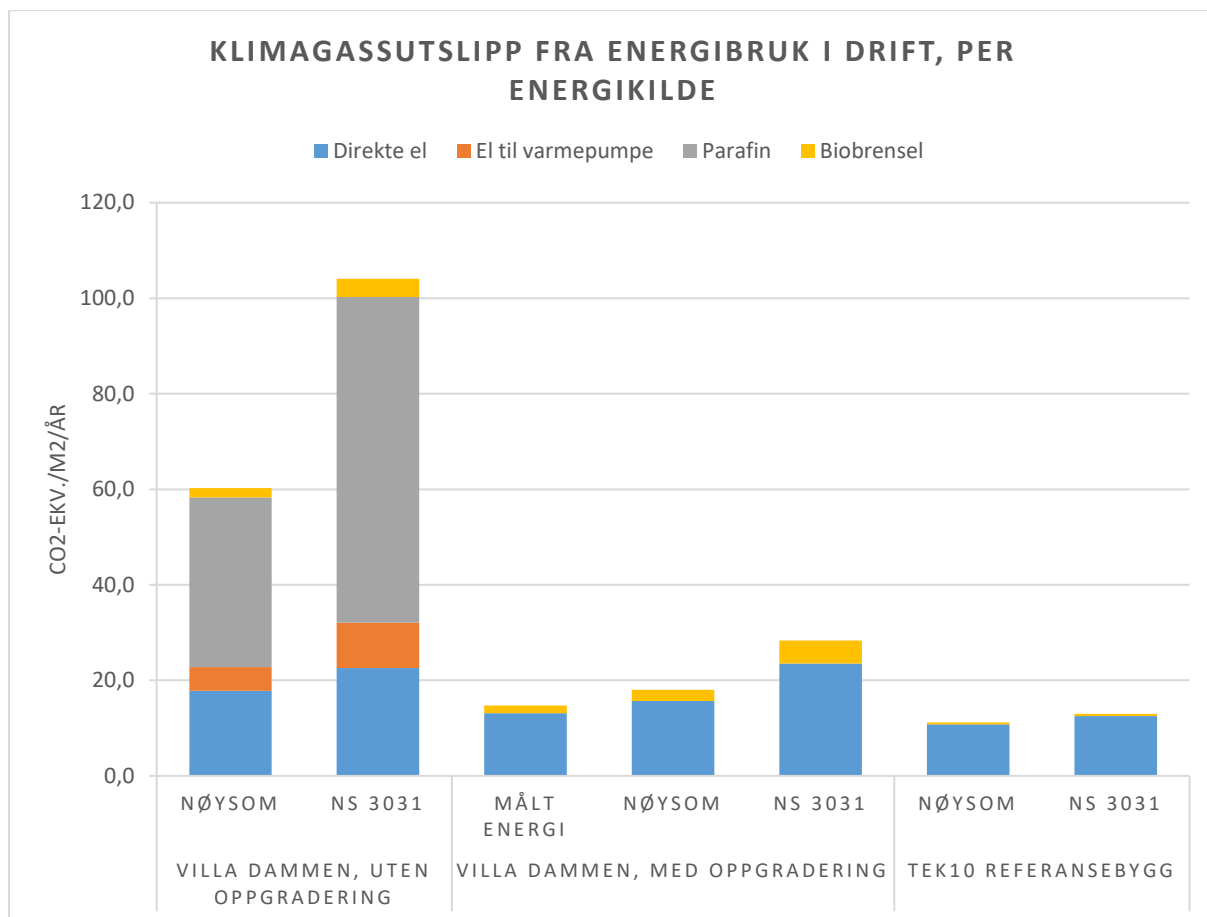
Valg av forutsetninger for energiberegninger gir altså større utslag for Villa Dammen enn for referansebygget. Dette skyldes at Villa Dammen har høyere oppvarmingsbehov pga. høyere varmetap enn referansebygget, og endringer i forutsetningene som påvirker oppvarmingsbehovet slår derfor kraftigere ut på beregnet levert energi. I tillegg gjør også forutsetningen om at 50% av BRA er uoppvarmet for Villa Dammen, mens det forutsettes at dette arealet er delvis oppvarmet for referansebygget, at forskjellen blir større for Villa Dammen.

Faktisk målt energibruk til Villa Dammen etter oppgraderingen ligger enda lavere enn beregnet energibruk, både for beregninger iht. nøysom beboer og SN 3031. Energibruk beregnet iht. skjematisk nøysom beboer ligger 22% høyere enn målte forbruksdata, mens energibruk beregnet iht. NS 3031 ligger dobbelt så høyt.

Resultatene for levert energi til energi i drift og resulterende klimagassutslipp er illustrert i henholdsvis Figur 12 og Figur 13:



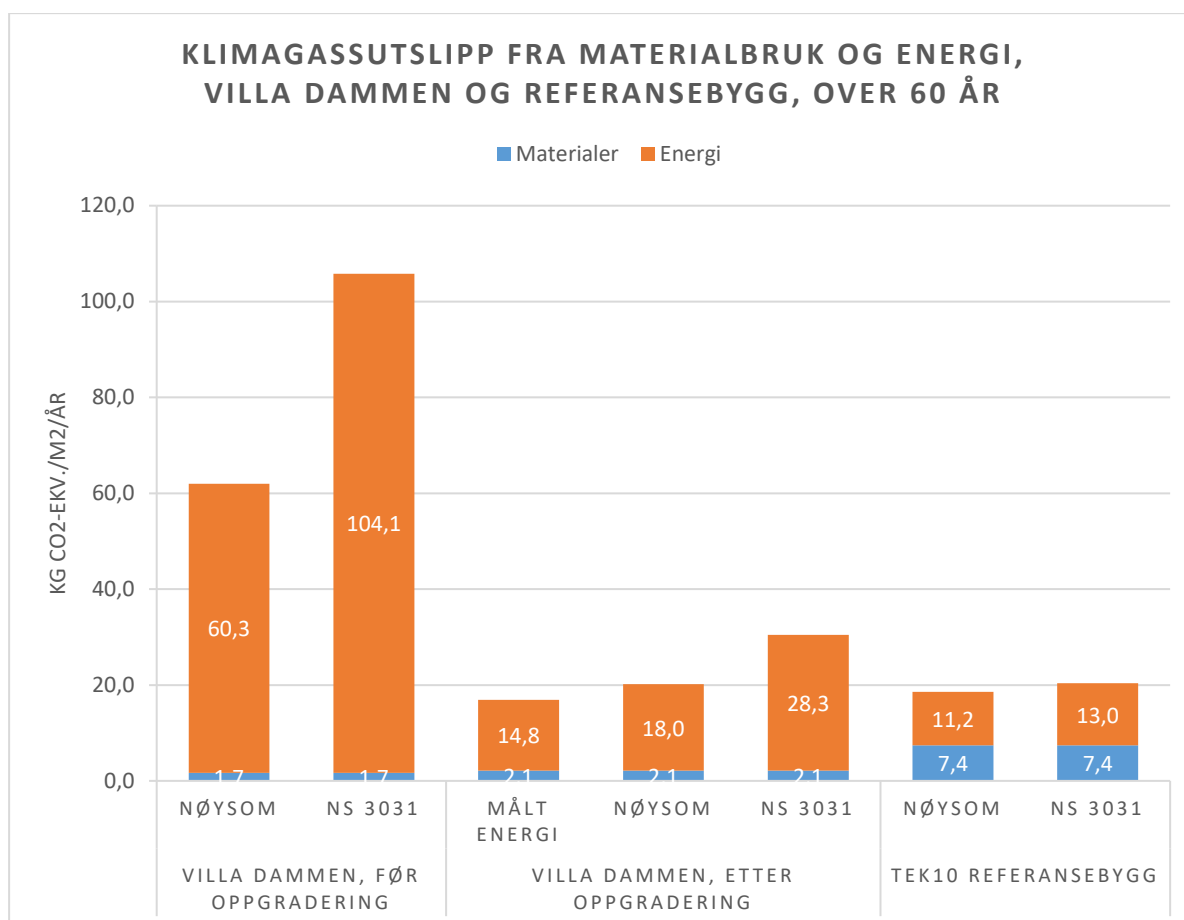
Figur 12 Sammenlikning av levert energi til drift av Villa Dammen med og uten oppgradering, og TEK10 referansebygg, beregnet ved bruk av faktorer for skjematisk nøysom beboer (Nøysom), og NS 3031, og fra målte forbruksdata for oppgradert bygg



Figur 13 Sammenlikning av klimagassutslipp fra energibruk for Villa Dammen med og uten oppgradering, og TEK10 referansebygg, beregnet ved bruk av faktorer for skjematisk nøysom beboer (Nøysom), og NS 3031, og fra målte forbruksdata for oppgradert bygg

Beregnete klimagassutslipp fra energibruk følger beregnet levert energi omtrent proporsjonalt, slik det fremgår av å sammenlikne Figur 12 og Figur 13. Valg av forutsetninger for beregning av energi i drift gir dermed samme utslag for utslippsresultatene som for beregnet levert energi, som diskutert over.

Dersom man betrakter samlede utslipp, inkludert materialbruk, endrer bildet seg noe, som vist i Figur 14. Utslipp knyttet til energibruk er lavere for referansebygget enn for Villa Dammen med oppgradering, uavhengig av hvilke forutsetninger som legges til grunn for energibruk i drift. Totale utslipp for referansebygget ligger likevel noe høyere (10% høyere med «skjematisk nøysom beboer» og 21% høyere med NS 3031) enn totale utslipp for Villa Dammen, oppgradert bygg, dersom man legger målte forbruksdata til grunn for energibruk i drift, på grunn av at utslippene forbundet med materialbruk er høyere for referansebygget.



Figur 14 Sammenlikning av totale klimagassutslipp for Villa Dammen med og uten oppgradering, og TEK10 referansebygg, beregnet ved bruk av faktorer for skjematisk nøysom beboer (Nøysom), og NS 3031, og fra målte forbruksdata for oppgradert bygg

4.7 Følsomhetsvurderinger

Ettersom utslipp forbundet med energibruk er bestemmende for analyseresultatene, er det i her spesielt viktig å undersøke hvordan antakelsene som er lagt til grunn innvirker på beregningene.

4.7.1 Elektrisitetsmiks

Som vist i kapittel 4.3, elektrisitetsforbruk den viktigste enkeltparameteren i analysen. Valg av utslippsfaktor for elektrisitet har derfor stor innvirkning på resultatene.

Et alternativ til å benytte ZEB-faktoren på 132 g CO₂-ekv./kWh er å bruke gjennomsnittlig forbruksmiks for elektrisitet i det nordiske markedet for de siste 5 årene. For 2011-2015 var denne faktoren 128 g CO₂-ekv./kWh⁵ for 2011-2015. Forskjellen mellom denne verdien og ZEB-faktoren er svært liten, men gir ca. 2% lavere totale utslipp. Dersom man i stedet legger europeisk forbruksmiks for elektrisitet til grunn, som har en mye høyere utslippsfaktor, 462 g/kWh, øker totale utslipp dramatisk - med ca. 90%, 200% og 150% henholdsvis for Villa Dammen uten oppgradering, oppgradert bygg og referansebygg.

⁵ Beregnet av Asplan Viak basert på statistikk over produksjon og utveksling av kraft i Norden og med omkringliggende regioner: <https://www.asplanviak.no/aktuelt/2016/02/03/nordisk-stroem-bli-renere/>

4.7.2 Utslipp fra vedfyring

Utslipp fra forbrenning av ved står for en mye lavere andel av totale utslipp enn utslipp forbundet med elektrisitetsforbruk. Dette er fordi biobrensel er antatt å være klimanøytralt, dvs. at utslippene av CO₂ fra forbrenning ikke medregnes i utslippsfaktoren per kWh. Dette gir en utslippsfaktor som kun reflekterer utslipp forbundet med tilvirkning av brenselet, og derfor er svært lav (14 g CO₂-ekv./kWh).

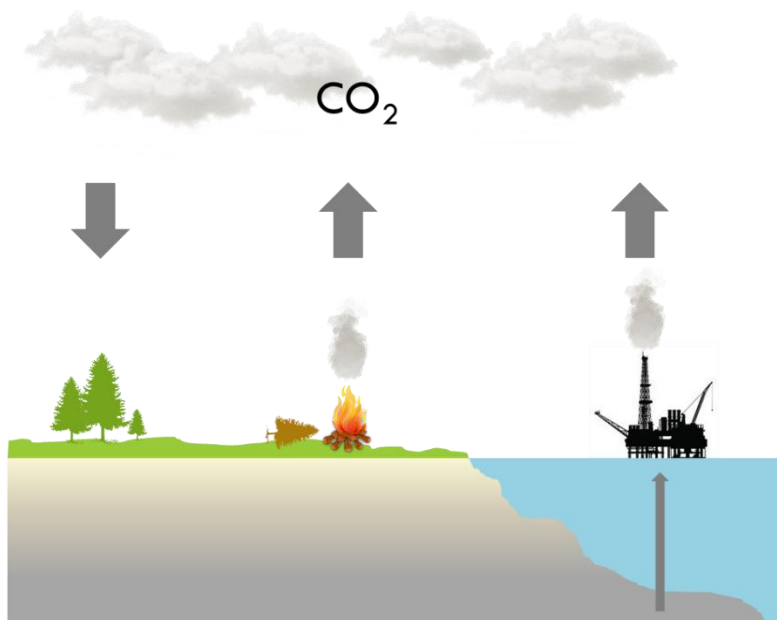
Antakelsen om at bruk av biobrensel ikke gir klimaeffekt er svært omdiskutert, det er i senere år kommet mye forskning som anbefaler å regne med såkalte biogene CO₂-utslipp. Imidlertid spiller også tidspunktet for utslipp en vesentlig rolle når man vurderer klimaeffekten av biomasse som energikilde. Dette er derfor en så omfattende vurdering at den er viet et eget kapittel i denne rapporten. I kapittel 5 presenteres beregningsresultater med bruk av en alternativ beregningsmetode der alle utslipp av CO₂ til atmosfæren medregnes, og klimaeffekten korrigeres etter tidspunkt for utslippet.

5 ALTERNATIVE BEREGNINGER MED TIDSJUSTERING AV UTSLIPP OG OPPTAK

5.1 Bakgrunn og metodikk

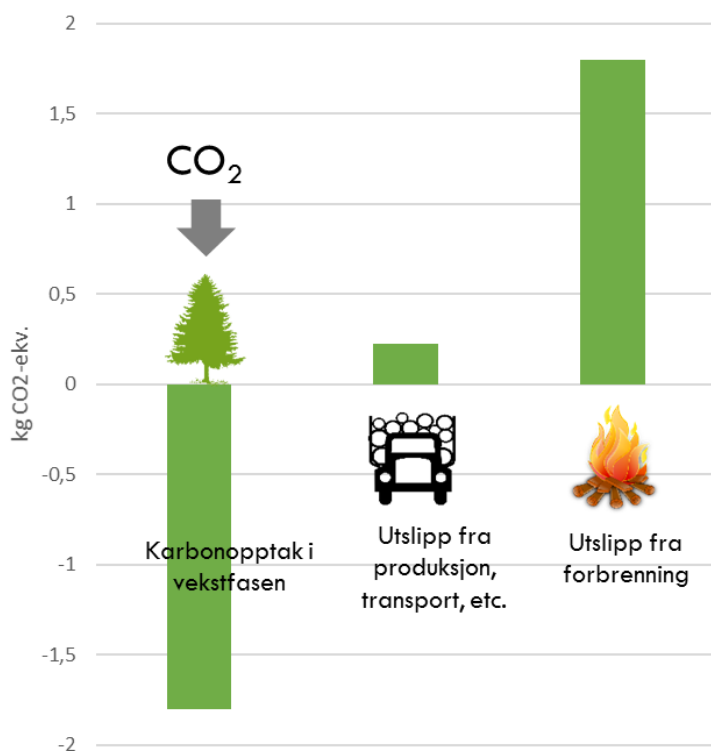
Trær, og alt annet plantemateriale, binder CO₂ gjennom fotosyntesen. Karbon lagret i biomassen frigjøres til slutt til atmosfæren som CO₂ igjen ved forbrenning eller annen nedbryting. Såkalt *biogent karbon* inngår derfor i det som kalles det naturlige karbonkretsløpet. I motsetning til fossil karbon som er lagret gjennom sedimentering av organisk materiale over en lang tidsperiode (for eksempel olje og kull), er biogent karbon en del av den relativt raske utvekslingen mellom atmosfæren og biosfæren.

Når vi brenner fossilt brennstoff vil CO₂ som frigjøres være et netto tilskudd til karbonet som inngår i det naturlige kretsløpet, og derfor forårsake forhøyet CO₂-nivå i atmosfæren og økt drivhuseffekt. Forutsatt at tilveksten av ny biomasse er minst lik avvirkingen, vil imidlertid karbon frigjort til atmosfæren fra forbrenning av biomasse ikke øke CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren. Biobrensler er altså *karbonnøytrale* i det lange løp.



Figur 15 Det naturlige og fossile karbonkretsløpet

Forutsatt at bærekraftig skogsdrift i produksjonen av treproduktene (at hogst ikke overstiger ny tilvekst), blir netto CO₂-tilskudd til atmosfæren lik utslippene som forårsakes i produksjonsfasen (utslipp fra fossile brensler til transport, tilvirkning, etc.). Dette er illustrert i Figur 16:



Figur 16 Karbonsyklus for biobaserte materialer

På bakgrunn av at de er netto karbonnøytrale på lang sikt, fremmes ofte bruk av biobrensler og biobaserte materialer som et klimatiltak (forutsatt at det erstatter fossile brensler og materialer). Denne tilnærmingen er brukt hittil i denne rapporten, ettersom det er benyttet en utslippsfaktor for forbrenning av ved som kun medregner utslipp forbundet med hogst og transport av veden, og ikke forbrenningsutslippene – se kapittel 3.1.2. Dette samsvarer med standard praksis i miljødeklarasjoner (Environmental Product Declaration, EPD), der netto utslipp ofte oppgis avgrenset frem til produsert produkt (vugge-fabrikkport). Å utelate avhendingsfasen på denne måten gir dermed netto negative utslipp.

I tilnærmingen illustrert i Figur 16 settes klimaeffekten av utslipp ved forbrenning til null på bakgrunn av opptak som allerede har skjedd. Vurderinger av tiltak for å redusere CO₂-innholdet i atmosfæren må imidlertid gjøres med utgangspunkt dagens CO₂-nivå. For å kompensere for utslipp som skjer nå og i fremtiden må karbon frigjort til atmosfæren fra forbrenning bindes i ny tilvekst. Dette medfører at man må betrakte karbonopptak i ny tilvekst som en *konsekvens av hogst*, uavhengig av om trevirket skal benyttes som material eller brensel, for å vurdere klimaeffekten av å benytte treprodukter.

Bærekraftig skogsdrift er dermed et underliggende premiss, fordi man godskriver karbonutslippene som skjer ved forbrenning (eller annen nedbryting) av trevirket ved å anta at tilsvarende mengde karbon tas opp i nye trær som plantes for å erstatte de som ble hugget. I Norge har vi hatt netto tilvekst av skog siden 1950-tallet⁶. Imidlertid gjelder dette ikke hele kloden, og globale skogsområder har minket siden 1990⁷.

Det er et mål i seg selv at metodikken presentert her skal være mest mulig generelt anvendbar og konsistent med den fysiske virkeligheten. Dersom man brenner en mengde biomasse som har tatt opp 1 kg CO₂ i vekstfasen, vil 1 kg CO₂ slippes ut til atmosfæren, og kreve opptak av 1 kg CO₂ for å regnes som karbonnøytral. Derfor regnes det per enhet

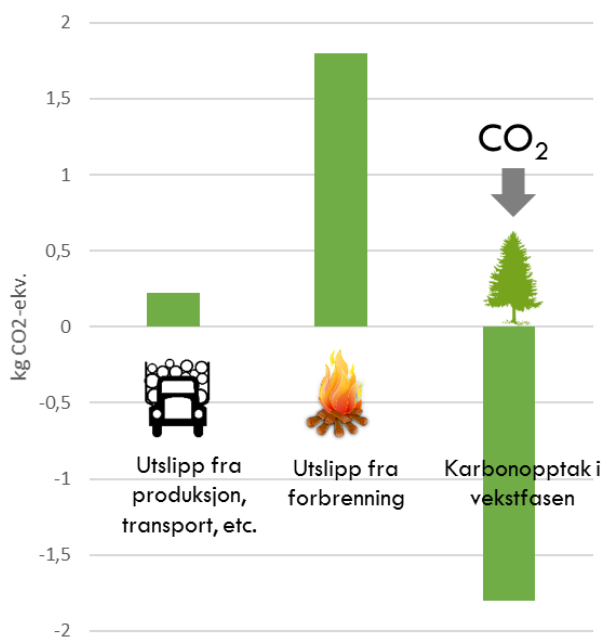
⁶ http://www.skogoglandskap.no/filearchive/tilvekst_og_skogavvirkning.pdf

⁷ <http://www.fao.org/3/a-i4868e.pdf>

karbon, med antakelsen om at 1 enhet karbon fjernet fra skogen medfører 1 enhet karbon bundet i ny tilvekst for å opprettholde bærekraftig skogsdrift. Å regne på massebasis eliminerer også komplikasjoner knyttet til hvilke deler av treet som benyttes (allokering).

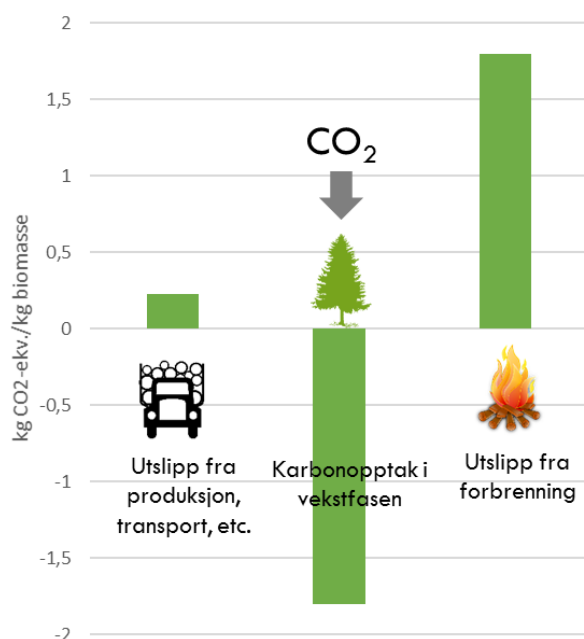
Dersom man ønsker å vurdere klimaeffekt av hogstpraksis for et spesifikt skogsområde, kan beregningsmetodikken benyttes til dette, ved å se på ulike avvirkningsrater, men ettersom dette ikke er formålet med denne analysen, er avvirkningsrate ikke lagt inn som en parameter.

Karbonsyklusen for biobrensler med denne tilnærmingen (forutsatt forbrenning i samme år som hogst) er illustrert i Figur 17:



Figur 17 Karbonsyklus for biobaserte brensler, forutsatt bærekraftig skogsdrift

For biobaserte materialer med lang levetid blir bildet litt annerledes enn vist i Figur 17. Fordi forbrenningsutslippet først skjer ved endt levetid, og karbonopptak i ny tilvekst som følge av hogst starter dermed før forbrenningsutslippet oppstår. Produkter tilvirket av biomasse (for eksempel byggematerialer av tre) fungerer dermed som et midlertidig karbonlager så lenge produktene forblir i bruk. Karbonet som er lagret i biomassen vil til slutt slippes ut, oftest ved forbrenning av produktene til energiformål, enten direkte eller i avhendingsfasen. I klimagassberegninger (LCA) har det hittil vært standard praksis å regne klimaeffekt av utslipp på samme måte, uavhengig av når de oppstår, slik at tidsaspektet ikke har hatt noen praktisk betydning. Karbonsyklusen for biobaserte materialer er illustrert i Figur 18:



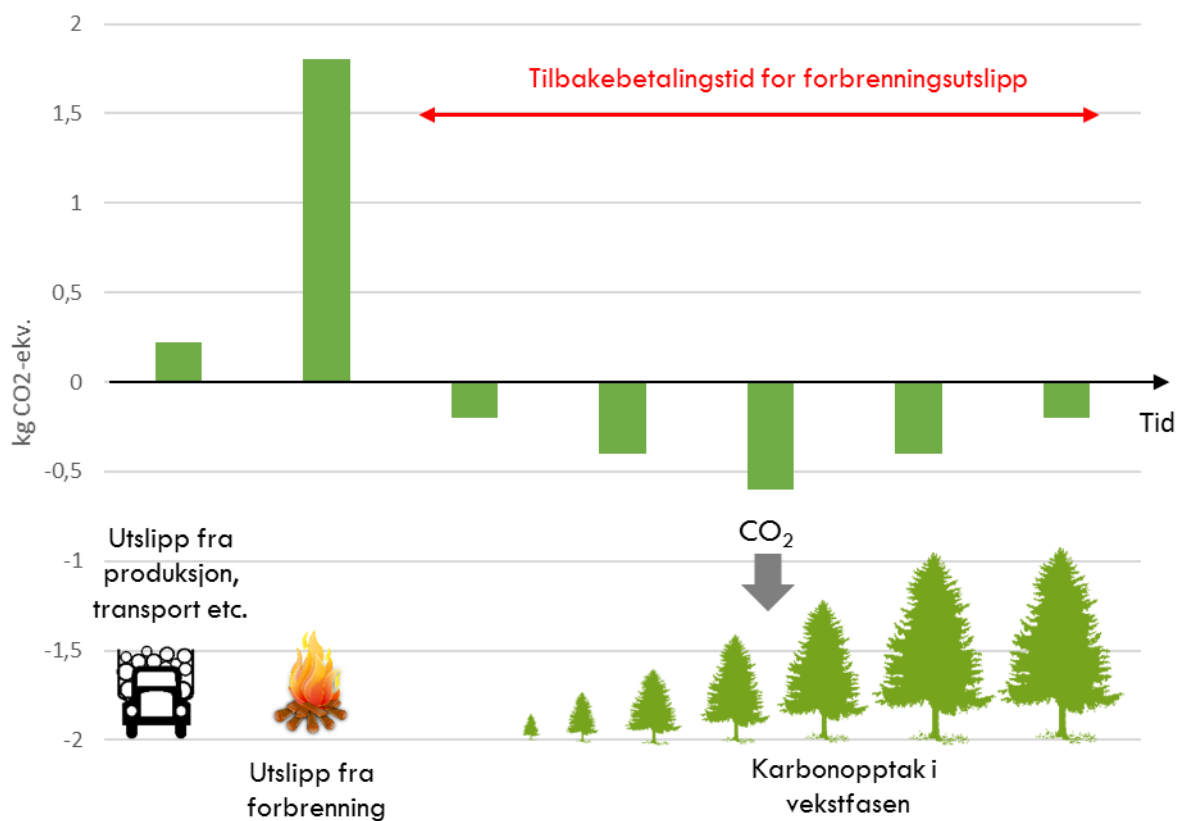
Figur 18 Karbonsyklus for biobaserte materialer

Tidspunktet fra et tre plantes til det er hugges kalles treets rotasjonsperiode. Tidsperioden fra et tre hugges og til tilsvarende mengde karbon som ble tatt ut av skogen er bundet i ny biomasse gjennom fotosyntese er altså relativt lang. Dersom man forutsetter at kun fullvoksne trær hugges, er rotasjonsperioden for norsk gran og furu på rundt 100 år⁸. Dette er ikke nødvendigvis representativt for all hogstpraksis eller alle tresorter – dersom man hadde tatt utgangspunkt i bjørk, kan rotasjonsperiode på 60-80 år være mer sannsynlig. Disse forutsetningene brukes imidlertid som en forenkling i beregningene, for å illustrere virkningen av å regne med opptak og utslipp av biogent karbon i denne typen beregninger på en mest mulig entydig måte.

Alle utslipp av CO₂ til atmosfæren har samme potensiale for å forårsake klimapåvirkning, uavhengig av kilde. Som nevnt over, er ikke grunnen til at biobrensler betraktes som klimanøytrale at CO₂ fra forbrenning av ved ikke har den samme fysiske virkningen i atmosfæren, men at vi antar at et utslipp for forbrenning av ved nulles ut av et tilsvarende opptak i ny tilvekst. Men ettersom utslipp og opptak ikke inntreffer samtidig, og at tidsforskyvningen mellom disse hendelsene er lang, vil utslipp fra forbrenning av biomasse bli værende i atmosfæren og forårsake økt klimapåvirkning over lang tid. *Karbonnøytralitet* medfører dermed ikke *klimanøytralitet*.

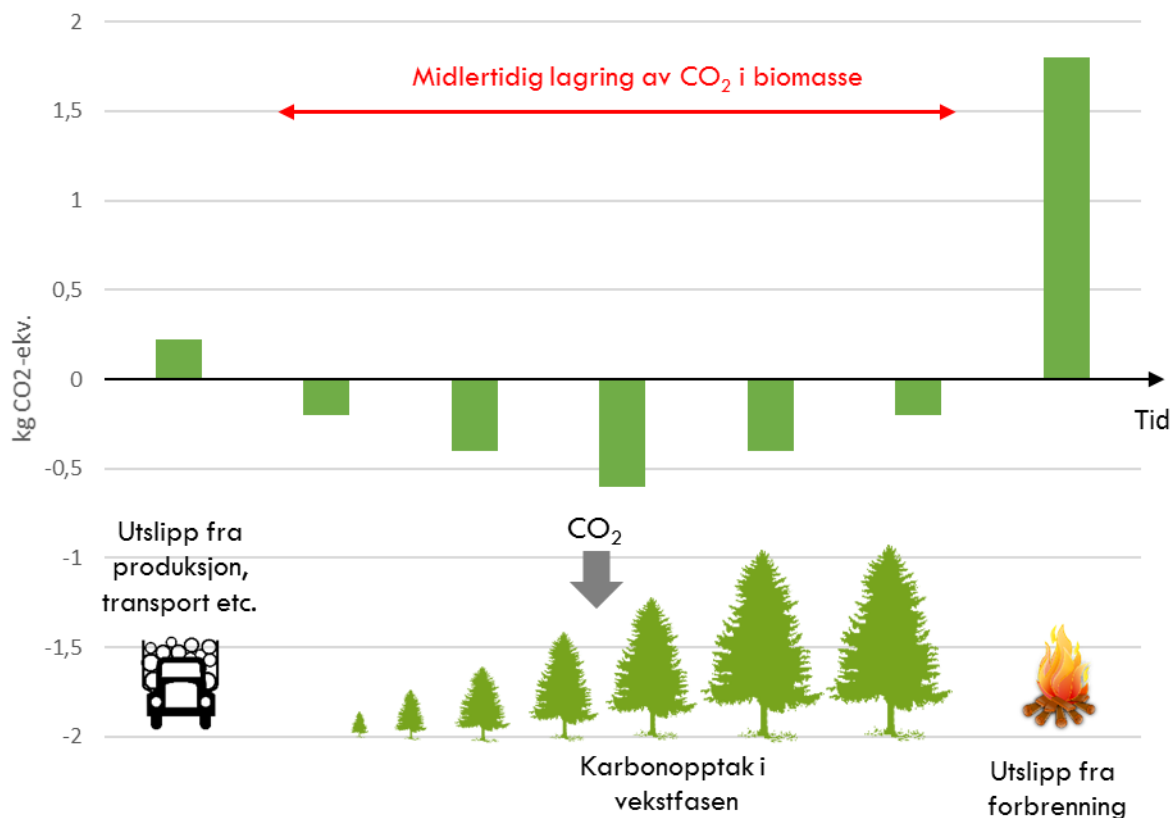
Tilbakebetalingstiden for forbrenningsutslipp vil si tiden det tar før utslipp fra karbon frigjort til atmosfæren gjennom forbrenning av biomasse er bundet i ny tilvekst. Dette er illustrert i Figur 19. De negative søylene representerer opptak av CO₂ i vekstfasen – disse er ulike i størrelse ettersom opptaket ikke skjer lineært over vekstfasen (se Vedlegg 3: for detaljer om beregningsmetodikk). Summen av opptakene tilsvarer utslippet fra forbrenning.

⁸ Cherubini f.fl. (2012)



Figur 19 Karbonsyklus for biobrensler medregnet rotasjonstid for ny tilvekst

Figur 20 illustrerer karbonsyklusen for biobaserte materialer når rotasjonstiden tas med i bildet. I tidsrommet der materialene er i bruk utgjør de et midlertidig karbonlager. Denne tidsperioden er uavhengig av rotasjonstiden, men her er det for enkelhets skyld forutsatt levetid for materialene lik rotasjonsperioden.



Figur 20 Karbonsyklus for biobaserte materialer medregnet rotasjonstid for ny tilvekst (her vist for materialer med lik levetid som trees rotasjonsperiode).

FNs klimapanel (IPCC) understreker at det er et meget kort vindu for å redusere de globale klimagassutslippene nok til å unngå farlig oppvarming, definert som mer enn 2 grader. Landene som har ratifisert Paris-avtalen, deriblant Norge, har forpliktet seg til å kutte utslipp slik at man ikke overstiger denne grensen. Det dessuten stor usikkerhet rundt konsekvensene av å nå såkalte vippepunkter, der selvforsterkende effekter i det globale klimasystemet kan føre til at oppvarmingen skjer i enda høyere tempo enn det man hittil har observert. Det haster derfor å redusere globale klimagassutslipp, og på grunn av usikkerheten rundt virkningene av fortsatt temperaturøkning, er det viktigere å redusere utslipp nå enn lenger frem i tid.

Ettersom det forsinkes utslipp av CO₂ til atmosfæren (frem til endt levetid), kan karbonlagring i treprodukter betraktes som et klimatiltak. Tilsvarende kan man argumentere for at tiltak som gir klimagevinst i dag er å foretrekke fremfor tiltak med lang tilbakebetalingstid. Fordi standard LCA-metodikk ikke tar hensyn til tidsaspektet ved opptak og utslipp, kan den ikke benyttes til å vise klimagevinst av midlertidig lagring eller forsinkelse av utslipp.

Det er altså gode grunner til å revurdere antakelsen om at biomasse er en klimanøytral energikilde. I denne rapporten presenteres det derfor en alternativ utslippsberegning for Villa Dammen med og uten oppgradering, samt referansebygget, der alle utslipp og opptak av CO₂ er medregnet, uavhengig av om kildene er fossile eller biogene. Beregningsmetodikken er basert på såkalt *dynamisk livsløpsvurdering*. I hovedberegningene er standard *statisk* beregningsmetodikk benyttet, der alle opptak og utslipp regnes å ha lik effekt, uavhengig av når de oppstår. I dynamisk metodikk derimot, er den beregnede klimaeffekten av utslipp og opptak avhengig av når i analyseperioden de oppstår. Analogt med diskontering av kostnader i nåverdiberegninger, vektlegges effekten av utslipp som skjer i dag sterkere enn utslipp som skjer lenger frem i tid.

100 års tidshorison er lagt til grunn for den alternative beregningsmetodikken. Dette betyr at alle utslipp og opptak som inntreffer innenfor 100 år fra analyseperiodens start medregnes. Dette er i tråd med metodikken som ligger til grunn for den mest brukte inidaktoren for å måle klimaeffekt fra klimagassutslipp, Global Warming Potential (GWP). Dette medfører at opptak som skjer i ny tilvekst regnes med i 40 år etter endt levetid for byggene som er vurdert, ettersom det er forutsatt 60 års levetid for disse. Beregningsmetodikken bygger på arbeidet presentert av Guest m.fl. (2013), og Lemasseeur m.fl. (2010), og kan oppsummeres med punktene under. For utdypende beskrivelse av beregningsmetodikk, se Vedlegg 3:

- **Alle klimagassutslipp til atmosfæren medregnes, uavhengig av kilde, innenfor 100 års tidsperspektiv.** Fossile og biogene utslipp likestilles.
- **Opptak av karbon i vekstfasen for biomasse medregnes i henhold til rotasjonstid** per kg karbon bundet i biomassen.
- **Opptak av karbon i vekstfasen regnes som en konsekvens av hogst** av trevirke, enten til energi- eller materialformål. Bærekraftig skogsdrift (ny tilvekst lik hogst) forutsettes.
- **Klimaeffekt av utslipp og opptak justeres i henhold til tidspunktet utslippet/opptaket skjer.** Utslipp i dag tillegges større klimaeffekt enn utslipp frem i tid.

Ettersom utslippsfaktor for elektrisitetsbruk i de statiske beregningene allerede innebærer en slags tidsjustering (se kapittel 3.1.2), er det i stedet benyttet utslippsfaktor tilsvarende gjennomsnittlig forbruksmiks i de nordiske kraftmarkedet i de dynamiske beregningene, for å unngå å blande metodikker. Som vist i følsomhetsvurderingen (se kapittel 4.7.1), er utslippsfaktorene så like at dette ikke påvirker resultatene i vesentlig grad.

Som nevnt over, er alle opptak og utslipp regnet på massebasis, per enhet karbon tatt opp eller sluppet ut. Det er derfor ikke nødvendig å vurdere utslippsbyrde for ved, sammenliknet med for eksempel flis, som er et restprodukt fra plankeproduksjon – et kg biobrensel forbrent gir samme mengde CO₂, uavhengig om man brenner ved eller flis.

5.2 Beregningsresultater med tidsjustering av utslipp og opptak

Tabell 14 angir klimapåvirkning per areal og år for Villa Dammen uten oppgradering, oppgradert bygg og referansebygg. Verdier merket «statisk, uten biogent CO₂» betegner resultater som allerede er presentert, beregnet med standard beregningsmetodikk, mens «dynamisk, med biogent CO₂» betegner resultater beregnet med alternativ

beregningsmetodikk der biogent CO₂ er medregnet, og klimaeffekt av utslipp og opptak av CO₂ er justert i henhold til tidspunkt for utslipp/opptak.

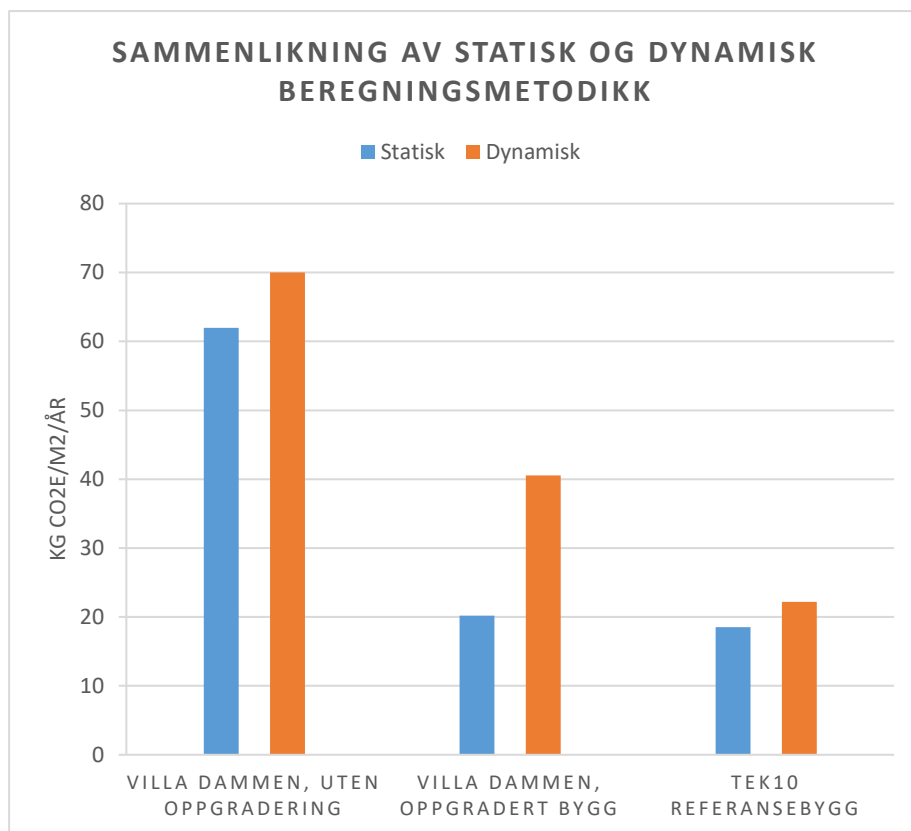
Tabell 14 Totale klimagassutslipp, regnet med og uten biogene CO₂-utslipp og tidsjustering for Villa Dammen med og uten oppgradering, og referansebygg.

KLIMAGASSUTSLIPP [KG CO ₂ -EKV./M ² /ÅR]			
	Villa Dammen, uten oppgradering	Villa Dammen, oppgradert bygg	TEK10 Referansebygg
STATISK, UTEN BIOGENT CO₂	Materialer	1,7	7,4
	Energi	60,3	11,2
	SUM	62,0	18,5
DYNAMISK, MED BIOGENT CO₂	Materialer	2,5	10,3
	Energi	67,5	11,9
	SUM	70,0	22,2

Resultatene viser at den alternative beregningsmetodikken gir høyere beregnede totale utslipp enn standard metodikk. Utslipp fra materialbruk beregnes 46% høyere for Villa Dammen uten oppgradering, 28% høyere for oppgradert bygg, og 40% høyere for referansebygget med den alternative beregningsmetodikken.

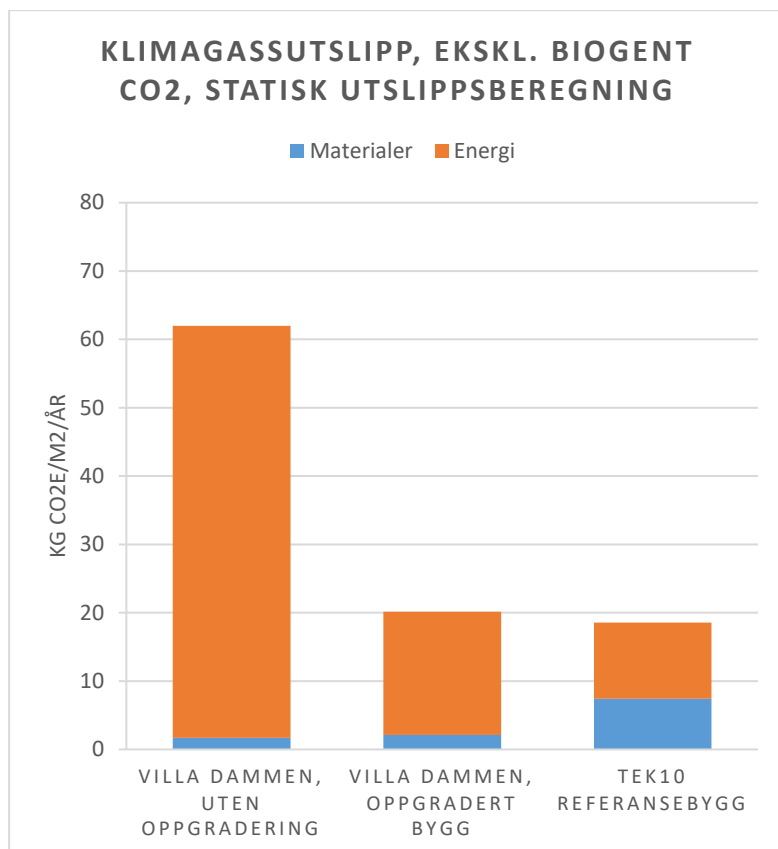
Utslipp fra energi i drift beregnes over dobbelt så høyt for Villa Dammen oppgradert bygg (110%), 12% høyere for bygget uten oppgradering, og 6% høyere for referansebygget. Dette gjenspeiler hvor stor andel av oppvarmingsbehovet som er forutsatt å dekkes med biobrensel. For oppgradert bygg med masseovn der omtrent hele oppvarmingsbehovet dekkes med vedfyring gir det stort utslag å regne med biogent CO₂, mens for referansebygget, der det meste av oppvarmingen antas å skje med elektrisitet, har utslippsfaktor for vedfyring mindre betydning.

Totalt gir den alternative beregningsmetodikken 13% høyere beregnede utslipp for Villa Dammen uten oppgradering, doubling av utslipp for oppgradert bygg (101%), og 20% høyere beregnede utslipp for referansebygget. Dette er illustrert i Figur 21:

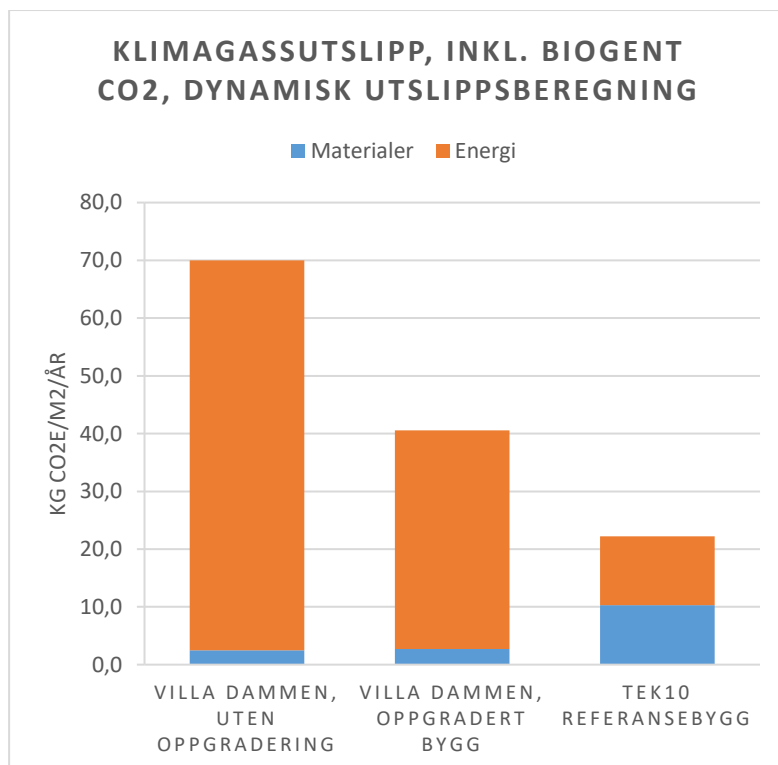


Figur 21 Sammenlikning av klimapåvirkning regnet med og uten biogene CO₂-utslipp og tidsjustering for Villa Dammen med og uten oppgradering, og referansebygg

Fordelingen mellom utslipp forbundet med materialer og energi er illustrert for standard beregningsmetodikk i Figur 22, og for alternativ beregningsmetodikk i Figur 23.



Figur 22 Sammenlikning av klimapåvirkning per areal og år for Villa Dammen med og uten oppgradering, og referansebygg, regnet uten biogene CO₂-utslipp og tidsjustering



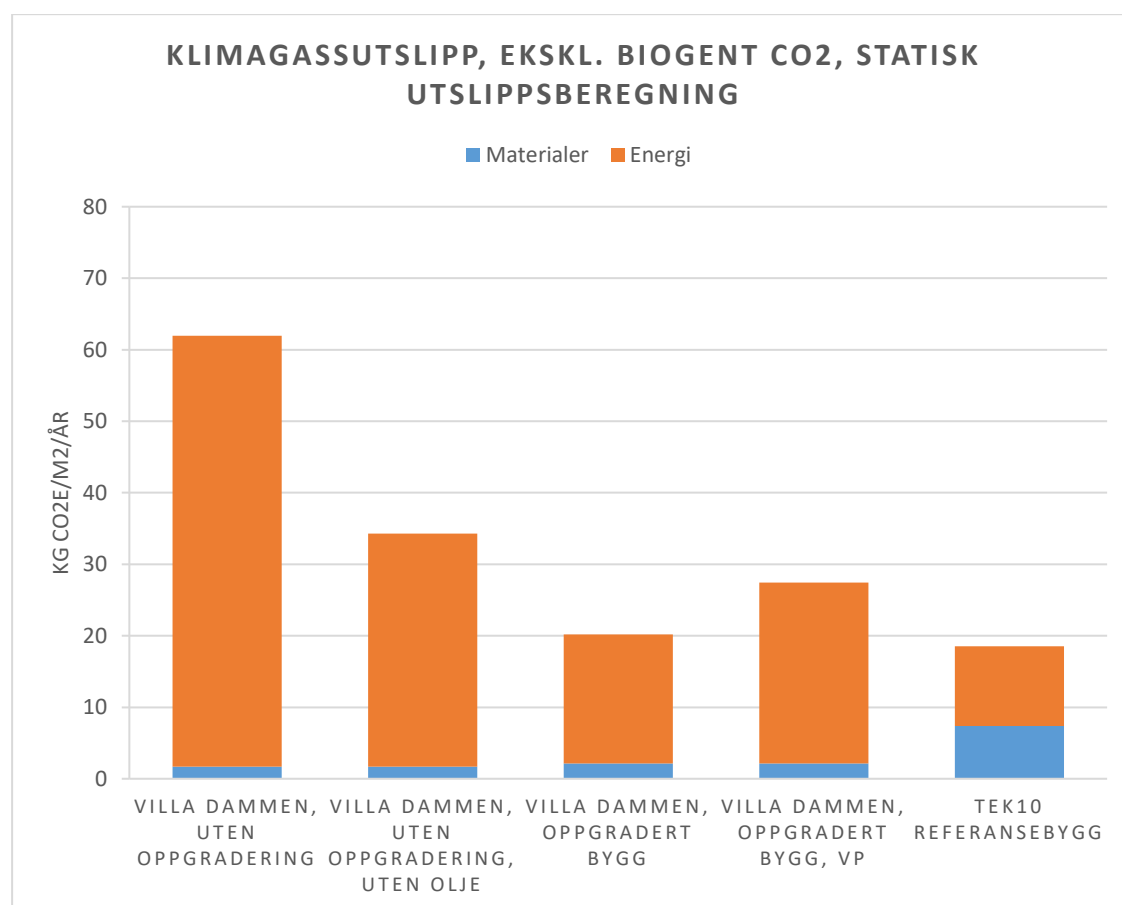
Figur 23 Sammenlikning av klimapåvirkning per areal og år for Villa Dammen med og uten oppgradering, og referansebygg, regnet med biogene CO₂-utslipp og tidsjustering

Ved å sammenlikne de to figurene over, ser man tydelig at beregnede utslipp for Villa Dammen, oppgradert bygg, blir vesentlig høyere med den alternative metodikken. Med standard metodikk ligger totale utslipp for referansebygget 8% lavere enn oppgradert bygg, mens med den alternative metodikken ligger referansebygget hele 45% lavere. Som nevnt over, har dette direkte sammenheng med vedforbruket.

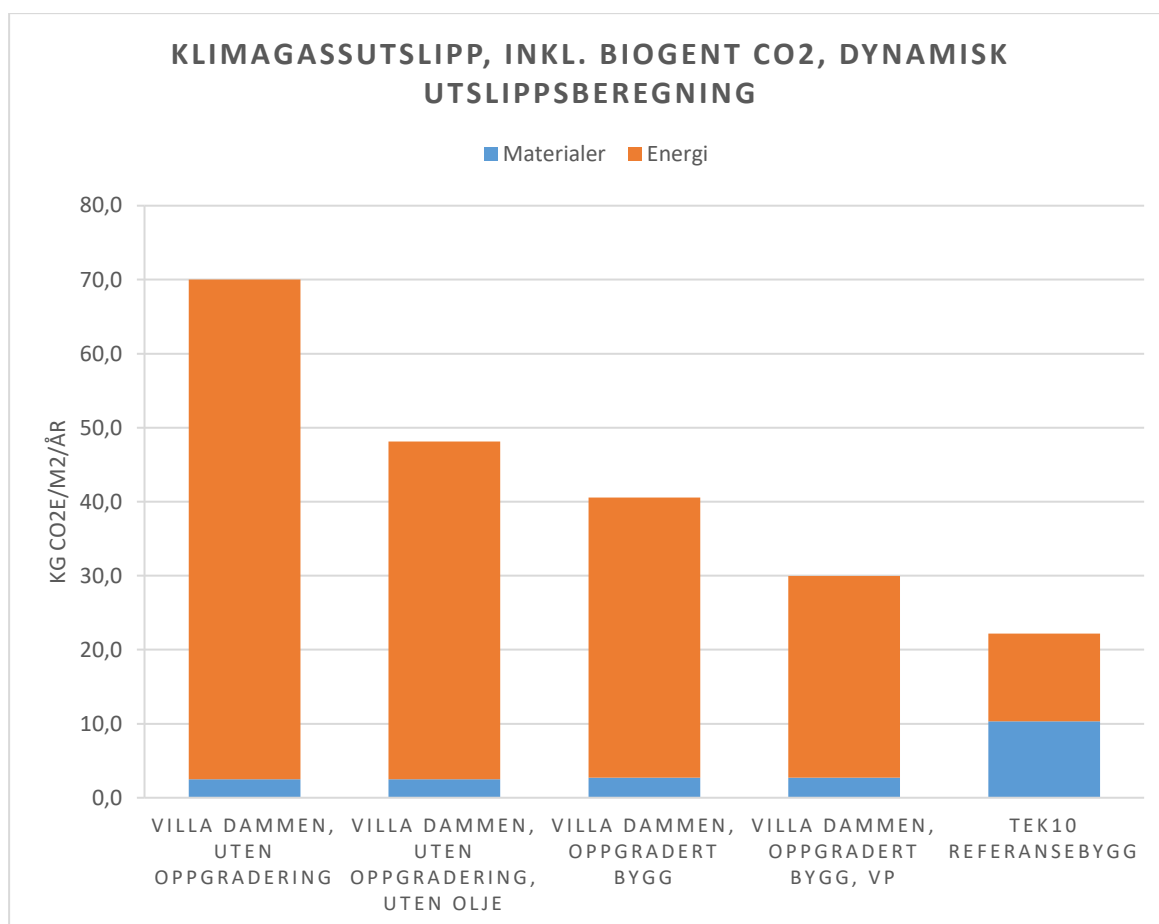
Det fremgår også av figurene at det å inkludere biogent CO₂ og regne med tidsjustering gir en vesentlig større økning i materialutslippene for referansebygget enn for Villa Dammen. Dette skyldes at utslippene fra forbrenning av avfallstrevirke fra riving medregnes i utbyggingsfasen for referansebygget, og dermed gir større beregnet effekt enn forbrenningsutslippene forbundet med riving etter 60 år, fordi utslippene forekommer tidlig i analyseperioden, og dermed vektes tyngre.

5.2.1 Alternative energikilder

Den alternative metodikken er her brukt til å vurdere effekten på totale utslipp av å fjerne parafin for Villa Dammen uten oppgradering, og å bytte ut masseovnen i oppgradert bygg med luft-luft varmepumpe, som beskrevet i kapittel 4.5. Resultater med standard beregningsmetodikk er vist i Figur 24, mens resultater med alternativ metodikk er vist i Figur 25:



Figur 24 Sammenlikning av klimapåvirkning per areal og år for Villa Dammen med og uten oppgradering, med alternative energiløsninger, regnet uten biogene CO₂-utslipp og tidsjustering



Figur 25 Sammenlikning av klimapåvirkning per areal og år for Villa Dammen med og uten oppgradering, med alternative energiløsninger, regnet uten biogene CO₂-utslipp og tidsjustering

Med standard beregningsmetodikk gir det å bytte ut parafin for Villa Dammen uten oppgradering en reduksjon i totale utslipp på 45%. Med den alternative beregningsmetodikken blir reduksjonen noe mindre (-31%), som følge av at utslipp fra vedfyring er høyere.

I motsetning til konklusjonen i kapittel 4.5 om at å bytte ut masseovnen med luft-luft varmepumpe (i tillegg til panelovn og en enklere vedovn) gir økte netto utslipp (36%), viser beregningene med den alternative metodikken en netto utslippsgevinst (-26%). Dette er en konsekvens av at elektrisitetsforbruk gir lavere utslipp enn vedfyring når biogent CO₂ regnes med, slik at det å redusere mengden vedfyring til fordel for høyere elforbruk gir en netto utslippsreduksjon.

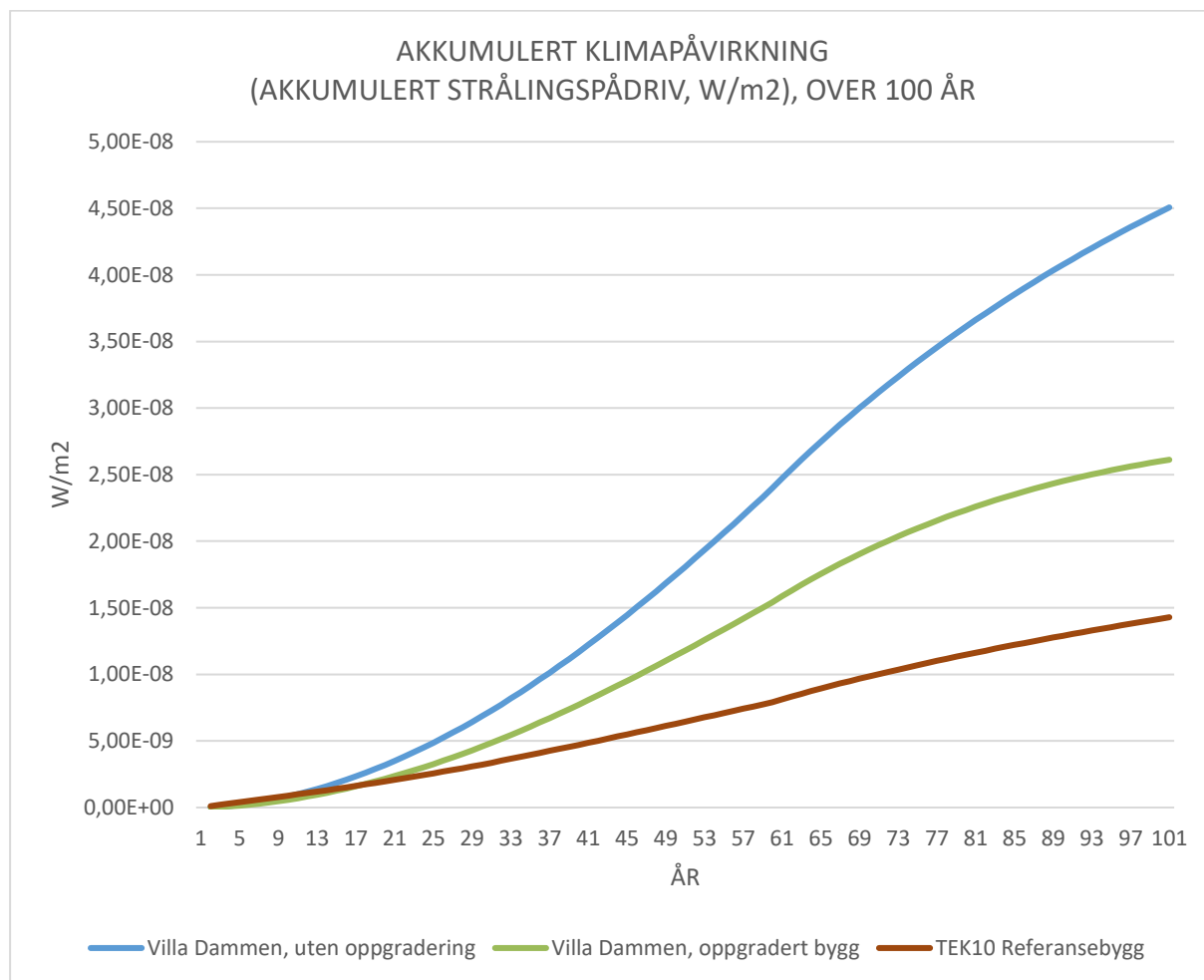
5.2.2 Akkumulerte utslipp over 60 år

Dersom man lar klimapåvirkningen akkumulere per år, slik som vist for resultatene med standard beregningsmetodikk i Figur 9, ser utviklingen med alternativ beregningsmetodikk ut som vist i Figur 26.

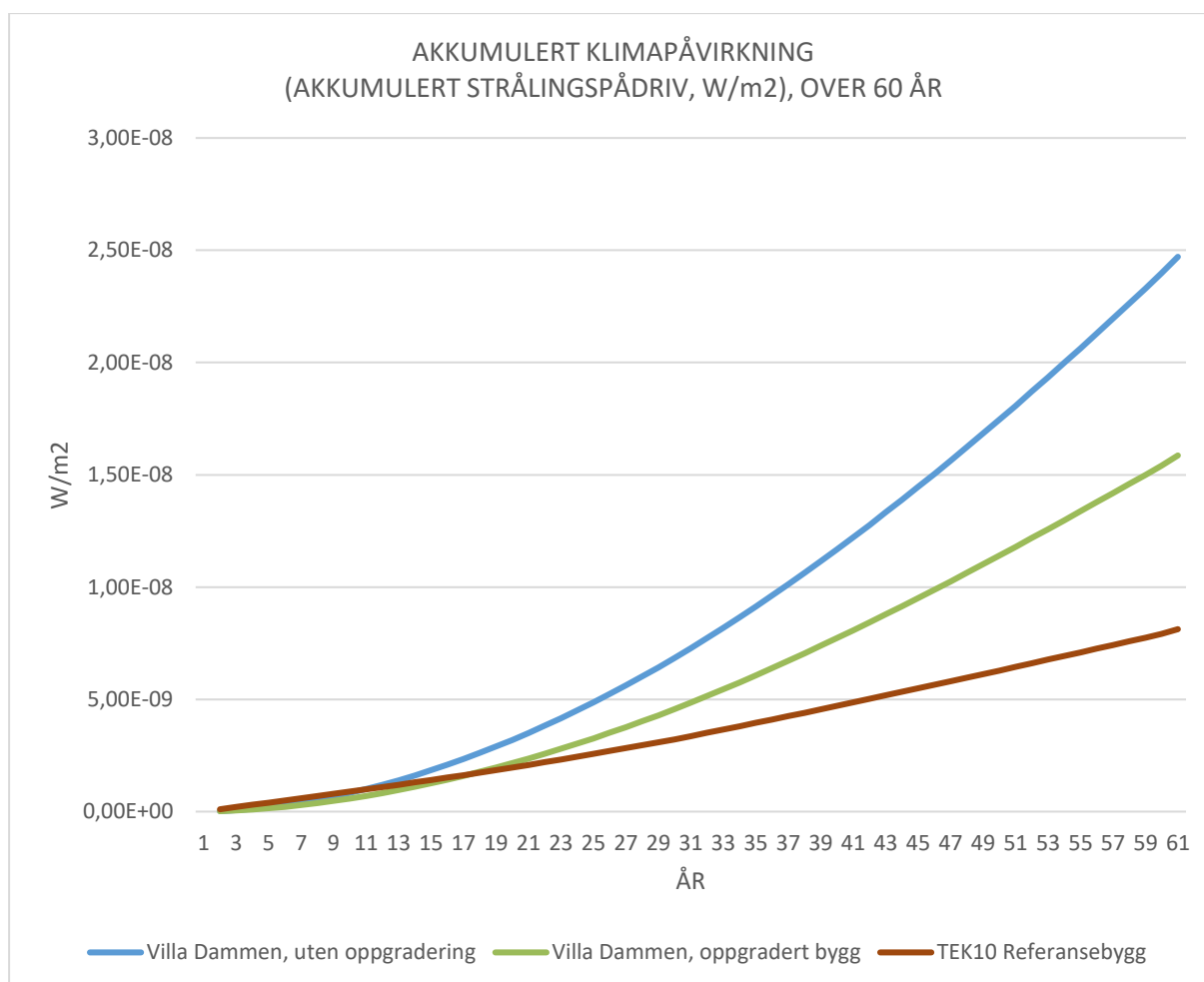
Merk at enheten på y-aksen ikke er CO₂-ekvivalenter. Dette skyldes at beregningsverktøyet som er brukt for å tidsjustere utslipp gir resultatene i strålingspådriv, gitt i W/m², dvs. oppvarmingseffekt på jordoverflaten. Globalt oppvarmingspotensial, som måles i CO₂-

ekvivalenter og er brukt som enhet ellers i analysen, er akkumulert oppvarmingseffekt i forhold til effekten av CO₂ over en valgt tidshorisont – se Vedlegg 3: for detaljer.

Kurvene er plottet over 100 år, ettersom opptak av biogent karbon i ny tilvekst er medregnet innenfor en 100-årsperiode. Dette gir kurver som vokser bratt frem til analyseperiodens slutt, og deretter får et vendepunkt etter 60 år når veksten begynner å avta. Dette skjer fordi det kun forekommer skjer opptak av CO₂ (i ny tilvekst som følge av bruk av tre i analyseperioden), og ikke utslipp etter 60 år. Kurvene vokser imidlertid fortsatt, fordi et CO₂-utslipp til atmosfæren bruker tid på å brytes ned, og dermed forårsaker klimaeffekt lenge etter at utslippet har skjedd – se Vedlegg 3: for detaljer. Vendepunktet etter 60 år kan observeres tydelig ved å sammenlikne kurvene plottet over 60 år i Figur 27, med kurver plottet over 100 år i Figur 26.



Figur 26 Sammenlikning av akkumulert klimapåvirkning for Villa Dammen med og uten oppgradering, og referansebygg, med tidsjustering av utslipp og medregnet utslipp og opptak av biogent CO₂, over 100 år



Figur 27 Sammenlikning av akkumulert klimapåvirkning for Villa Dammen med og uten oppgradering, og referansebygg, med tidsjustering av utslipp og medregnet utslipp og opptak av biogent CO₂, over 60 år

I motsetning til resultatene med standard beregningsmetodikk, krysser utslippskurvene for referansebygget og Villa Dammen, oppgradert bygg, relativt tidlig i analyseperioden – etter ca. 17 år. Dette er fordi utslippskurven for det oppgraderte bygget får en mye brattere stigning når CO₂-utslipp fra vedfyring medregnes i energiutslippene, i stedet for å regnes som karbonnøytralt, og lavere utslipp fra energibruk i drift for referansebygget veier derfor opp for utslippene i utbyggingsfasen tidligere.

6 DISKUSJON

6.1 Klimaeffekt av oppgradering av Villa Dammen

Energieffektiviseringstiltakene gjennomført i oppgraderingen av Villa Dammen anslås å ha redusert energibruk i drift med rundt 30%. Selv om utslipp fra materialbruk over 60 års levetid øker med en fjerdedel, sammenliknet med ingen oppgradering, er reduksjonen i totale levetidsutslipp som følge av oppgraderingen hele 70%.

Tilbakebetalingstiden for utslipp vil si tiden det tar før besparelsen i utslipp fra energibruk tilsvarer utslippene forbundet med oppgraderingen. Dette er en måte å vurdere miljøgevinsten av oppgradering av Villa Dammen, sammenliknet med fortsatt drift av bygget i opprinnelig tilstand. Beregnet årlig utslippsreduksjon fra energibruk i drift for oppgradert bygg, sammenliknet med fortsatt drift av bygget uten energieffektivisering, er ca. 5 tonn CO₂-ekvivalenter. Når summen av utslipp forbundet med oppgraderingen er knappe 2,6 tonn CO₂-ekvivalenter, blir tilbakebetalingstiden for oppgraderingen svært kort – ca. et halvt år.

Strømforbruket til Villa Dammen anslås å ha sunket med ca. 30% som følge av oppgraderingen. Dette skyldes både energieffektivisering og installasjon av masseovnen, som fører til at en høyere andel av energibehovet dekkes med vedfyring. Å redusere strømforbruk i land som Norge, hvor strømproduksjonen primært skjer med fornybare kilder (vannkraft i Norges tilfelle), og derfor forårsaker svært lave klimagassutslipp kan argumenteres å være et klimatiltak i seg selv. Dette forutsetter imidlertid at redusert strømforbruk i Norge fører til reduserte utslipp andre steder, som følge av at «ren» norsk elektrisitet erstatter elektrisitet produsert fra fossile energikilder.

Dette bekrefter at målet for oppgraderingen, å redusere klimagassutslipp ved bruk av skånsomme energieffektiviseringstiltak som ikke gikk på akkord med byggets opprinnelige materialbruk eller uttrykk, er oppnådd.

Sammenliknet med et nytt standardbygg oppført iht. TEK10, gir oppgradering av Villa Dammen noe høyere klimapåvirkning (+8%) over 60 års analyseperiode. Dette skyldes i hovedsak at et nytt bygg vil være mer energieffektivt enn Villa Dammen, selv med energieffektiviseringstiltakene som er gjennomført. Årlig energibruk i drift kan forventes å ligge rundt 60% lavere for et nytt standardbygg. Imidlertid medfører riving av det eksisterende bygget og utbygging av det nye mye høyere utslipp forbundet med materialbruk enn å oppgradere Villa Dammen (12 ganger så høyt, dersom riving medregnes, 10 ganger så høyt ekskl. utslipp fra riving). Tilbakebetalingstiden for utslippene fra utbyggingsprosessen for referansebygget er derfor svært lang – 52 år. Av dette kan man konkludere at oppgraderingen gir klimagevinst på kort sikt, sammenliknet med å rive og bygge nytt. Som nevnt i kapittel 5.1, haster det å gjennomføre utslippskutt for å unngå de mest alvorlige konsekvensene av globale klimaendringer, og dette er et argument for at man bør prioritere å unngå utslipp nå.

Selv om det ikke er et helt metodisk konsistent resultat, er det et interessant funn at Villa Dammen har lavere levetidsutslipp enn en moderne TEK10-bygg dersom man legger målt energibruk etter oppgraderingen til grunn i beregningene. At man har klart å holde et så lavt energiforbruk indikerer at det er gjort smarte og hensiktsmessige valg i oppgraderingen, og at energistrategien har vært godt gjennomført.

6.2 Beregning av utslipp fra energibruk

6.2.1 Inndata i energiberegninger

De største usikkerhetene i analysen er knyttet til beregnet energiforbruk til drift. Forutsetningene som ligger til grunn for energiberegningene i SIMIEN har derfor blitt behørig undersøkt.

Det store avviket mellom faktisk målt energiforbruk i Villa Dammen etter oppgraderingen og beregnet energibehov iht. standardfaktorer i NS 3031 indikerer at standard energiberegninger overestimerer energibruk i drift av eldre bygg. Dette funnet er konsistent med funnene gjort av Borg (2015), og indikerer at beboeratferd er en avgjørende faktor for energibruk i boliger, og dermed en viktig parameter i klimagassberegninger for bygg.

Sammenlikningen av beregnet energibehov for Villa Dammen iht. «skjematisk nøysom beboer» (som er lagt til grunn i beregningene) med beregnet energi iht. NS 3031, indikerer at nøysom energibruksatferd kan redusere energiforbruket i et eldre bygg betraktelig, med opp til 70-80 %, sammenliknet med en husholdning med energibruksatferd på linje med NS 3031. Dette forutsetter altså at energiberegninger iht. NS 3031 gir et representativt bilde av energibruk i bygg med «standard beboere».

Differansen i beregnet energibehov med NS 3031 og med «skjematisk nøysom beboer» er større for Villa Dammen enn for referansebygget. Ettersom eldre bygg er mer utette og har høyere varmetap, enn moderne boliger, gir ulikheter i forutsetningene for beregnet romoppvarmingsbehov større utslag for eldre bygg enn nye. Med inndata som gjenspeiler mer nøysom energibruk, samt en energistrategi som er mer hensiktsmessig i eldre bygg, får man et mer rettferdig sammenlikningsgrunnlag for å vurdere potensial for besparinger i både energi og klimagassutslipp ved oppgradering og/eller å rive og bygge nytt.

6.2.2 Valg av energikilder

Ettersom utslipp fra energibruk er så dominerende i resultatene, har valg av energikilder stor betydning for konklusjonene i analysen.

Ettersom bruk av parafin til oppvarming skal utfases i norske boliger innen 2020, vil ikke fortsatt drift av Villa Dammen kunne skje med parafinkamin som en del av energiløsningen. Uten parafin reduseres utslipp fra Villa Dammen uten oppgradering til nesten halvparten. Dette gjør også at utslippsgevinsten fra oppgradering blir mindre – reduksjon i levetidsutslipp for oppgradert bygg, sammenliknet med ingen oppgradering er 40% når man fjerner parafin fra likningen.

Vurderingen av å erstatte masseovnen som ble installert i Villa Dammen som en del av oppgraderingen med en mer konvensjonell varmepumpe illustrerer de teoretiske og praktiske dilemmaene man har tatt stilling til i denne rapporten tydelig. Fordi varmepumpen omdanner innmatet energi til varme mer effektivt enn masseovnen, blir byggets totale energibehov lavere med varmepumpe enn med masseovn. Dersom man forutsetter at vedfyring er klimanøytralt, øker totale levetidsutslipp ved å bytte til varmepumpe, fordi elektrisitetsbehovet går opp, og utslipp per kWh er høyere for el enn ved. Hvis man i stedet regner med CO₂ som slippes ut når ved forbrennes, på lik linje med andre brensler, fremstår det å erstatte masseovnen med varmepumpe som et klimatiltak. Årsaken til dette er nøyaktig den samme som at varmepumpen gir høyere utslipp med standard beregningsmetodikk, nemlig at en større del av energibehovet dekkes med elektrisitet. I begge tilfelle har man redusert totalt energibehov, på bekostning av økt elektrisitetsbehov, og konklusjonene om tiltaket gir netto klimagevinst er motsatte.

I tillegg kommer de praktiske aspektene ved energiløsningene, som tross alt har størst betydning for den enkelte beboer. Masseovnen leverer varme til bygget på en annen måte enn det som ville vært tilfelle med en varmepumpe. At faktisk energiforbruk i bygget er såpass lavt som målte verdier viser, tilsier at masseovnen bidrar til å opprettholde tilstrekkelig god inneklima med lavere energibruk enn det energiberegningene tilsier at skal være nødvendig.

Når man vurderer klimaeffekten av energieffektiviseringstiltak er det derfor svært viktig å både betrakte endringer i energibruk og resulterende utslipp, og sette disse i sammenheng. Ved kun å vurdere en av parameterne, får man et ufullstendig vurdering som i verste fall kan føre til at man velger løsninger som virker mot sin hensikt. I tillegg er det avgjørende å ta hensyn til egenskaper ved hvert spesifikke bygg for å vurdere hvilke løsninger som er best praktisk egnet til å gi lavest mulig energibruk og utslipp.

6.3 Utslipp fra ved og tidsaspektet for utslipp

Dersom utslipp fra forbrenning av ved (og avfallstrevirke) ikke betraktes som klimanøytrale, blir beregnede klimagassutslipp både for Villa Dammen med og uten oppgradering og referansebygget. Virkning av å inkludere biogene CO₂-utslipp har altså mye større betydning for netto utslipp enn utslippsgevinsten fra midlertidig lagring av karbon i trematerialer og forsinkede forbrenningsutslipp.

Fordi det i hovedsak er vedfyring som får høyere utslipp, er forskjellen størst for Villa Dammen, oppgradert bygg. Totale utslipp for det oppgraderte bygget øker derfor vesentlig, relativt til referansebygget, som har forutsatt mest elektrisk oppvarming. Dette medfører også at tilbakebetalingstiden for utslipp fra å rive og bygge nytt, sammenliknet med å oppgradere Villa Dammen, blir vesentlig kortere med alternativ beregningsmetode enn med standard metode. Dersom man regner med biogene CO₂-utslipp, i stedet for å betrakte utslipp fra ved som klimanøytrale, fremstår ikke vedfyring nødvendigvis som et godt klimatiltak, hverken på kort eller lang sikt.

Valg av beregningsmetode for forbrenning av ved har svært stor innvirkning på analyseresultatene, og er bestemmende for hvorvidt oppgradering av Villa Dammen vurderes som fordelaktig fremfor å rive bygget og i stedet oppføre et nytt bygg iht. dagens standard. Med den alternative beregningsmetoden som er brukt medregnes det en klimagevinst av at utslipp fra å bygge nytt utsettes, fordi man i stedet forlenger byggets levetid ved å oppgradere. Denne effekten er imidlertid mye mindre enn effekten av å inkludere biogene CO₂-utslipp fra vedfyring. Dette er et viktig metodisk funn, men det bør likevel ikke overskygge fordelene av energieffektiviseringstiltakene som er gjennomført.

6.4 Sammenliknbarhet og overføringsverdi

Hensikten med klimagassberegninger for bygg er å avdekke hvilke aktiviteter forbundet med byggets livsløp som har størst potensiale for å forårsake klimapåvirkning. Hvert bygg har særegenheter som påvirker utslippene. Dette gjør sammenlikning av ulike klimagassanalyser utfordrende, men også viktige, fordi resultatene kan brukes til å belyse hvilke aspekter ved bygget som påvirker byggets miljøprestasjon i positiv eller negativ retning. Resultatene fra slike vurderinger sammenliknes ofte med hverandre på tvers av analyser, og det er viktig for sammenliknbarheten at hovedforutsetningene er tilsvarende.

6.4.1 Valg av analyseperiode

For å kunne sammenlikne resultater av ulike vurderinger, er det nødvendig å benytte så tilsvarende systemgrenser som mulig. Derfor benytter de fleste klimagassregnskap for bygg en analyseperiode på 60 år, selv om det er mange eksempler på at bygg kan ha vesentlig lenger levetid enn dette – dette er spesielt tydelig i denne vurderingen, ettersom Villa Dammen allerede har oppfylt sin funksjon som bolig i 82 år. Det er imidlertid også eksempler på at bygg rives eller gjennomgår omfattende ombygging før 60 år har gått. Valg av analyseperiode er derfor gjort av hensyn til sammenliknbarhet med tilsvarende vurderinger, og graden av realisme i denne antakelsen er ikke problematisert ytterligere.

6.4.2 Valg av referanse for sammenlikning

Klimagassutslipp for bygg blir oftest sammenliknet med en referanse, for å vurdere miljøgevinst av tiltak som er gjort. Valg av referansebygg er dermed ofte bestemmende for beregnet «miljøgevinst» som følge av oppføring (eller i dette tilfellet oppgradering) av bygget som vurderes. Det er derfor selvsagt svært viktig at referansebygget som benyttes i sammenlikningen er så representativt som mulig for den funksjonen bygget som vurderes er ment å oppfylle. Dette gjelder med hensyn til byggets størrelse og funksjonaliteter etc., men også til detaljeringsgrad og datakvalitet. For referansebygget benyttet i denne vurderingen er detaljeringsgraden for materialbruk svært høy, og selv om det er benyttet spesifikke mengdedata for materialbruk til oppgraderingen av Villa Dammen som underlag for beregningene, er ikke detaljeringsgraden fullt så høy som for referansebygget. Ettersom materialmengdene som har inngått til oppgradering av Villa Dammen er relativt mye mindre enn det som ville vært tilfelle for oppføring av et nytt bygg, ansees dette imidlertid ikke som noen vesentlig svakhet ved analysen, og sammenliknbarheten mellom referansebygget og Villa Dammen for øvrig vurderes å være svært god.

6.5 Forbrukerperspektivet

For den enkelte forbruker er oftest motivasjonen for å gjennomføre energieffektiviseringstiltak å forbedre inneklimaet. Besparelse i energikostnader i drift er også en motivasjonsfaktor, men en stor engangsinvestering til oppgradering fremstår ofte som mer avskrekkende enn løpende energikostnader.

Det er vel dokumentert i forskning at såkalte rebound-effekter medfører at den realiserte energibesparelsen som følge av energieffektivisering blir lavere enn beregnet⁹. Rebound-effekter forklares delvis av at husholdningene får økt kjøpekraft ved at energibruken effektiviseres, og at den økte kjøpekraften delvis brukes til å øke innetemperaturen og/eller bruken av elektriske apparater. Rebound-effekten kan derfor også brukes til å forklare hvorfor faktisk energibruk i moderne energieffektive boligbygg er høyere enn beregnet, slik vist i Borg (2015). Fordi varmetapet er høyere i eldre boliger enn i moderne energieffektive boliger, blir energien i mindre grad et overflødigsgode. Dette kan føre til en mer nøysom beboerattferd der man legger opp til en aktiv strategi for å holde på varmen i de rommene man oppholder seg.

Villa Dammen representerer ikke et ekstremtilfelle der man har gitt avkall på komfortbehov for å minimere energibruk, men er heller et eksempel på hvordan man med skånsom oppgradering, trinnvise tiltak og hensiktsmessig energibruk kan man opprettholde god inneklimaet i et gammelt boligbygg.

⁹ Se for eksempel rapporten «Rebound, prebound og Lock-in ved energieffektivisering av boliger. Kunnskapsstatus og virkemiddelanalyse»

Tiltakene gjennomført i oppgraderingen av Villa Dammen er både relativt enkle og rimelige. Å holde varmen lengst mulig inne i boligen ved å anvende termisk masse, enkle tetttiltak, sentralisering av varmtvannsberedning og bruk, samt isolering av rør, er ukompliserte og robuste tiltak med lang levetid. At beregningene i denne rapporten viser at tiltakene også oppnår målet om å redusere klimagassutslipp, demonstrerer høy miljøeffekt per krone investert i oppgradering.

Klimagassberegningene viser at forskjellen i levetidsutslipp er større mellom Villa Dammen uten oppgradering og oppgradert bygg, enn mellom oppgradert bygg og et nytt standard referansebygg. Dette er et eksempel på det som ofte kalles «loven om økende grensekostnad», som beskriver fenomenet at gevinsten av et tiltak avtar med økende investering. Dette gjelder for eksempel for isolasjonsmengde i boligbygg – forbedringen av veggens totale isolasjonsevne øker mye med de første 10cm med isolasjon, men etter hvert som isolasjonstykkelsen økes, reduseres energibesparelsen per cm installert. Dette betyr at det ikke nødvendigvis er slik at større tiltak er det mest kostnadseffektive - eller i dette tilfellet utslippseffektive. Omfattende rehabilitering av bygg medfører mer materialbruk, som reduserer netto gevinst av tiltaket. Mange små tiltak kan derfor være mer hensiktsmessig enn få store.

Rapporten har også vist at brukeratferd er svært viktig for faktisk energibruk. Å velge løsninger som stimulerer til energibesparende atferd hos beboerne er derfor gode tiltak.

Resultatene i denne rapporten viser at gode og tilpassede tiltak, naturlige og kortreiste materialer og hensiktsmessig energibruk er viktig uavhengig av skala på prosjektet. Å motivere til å gjennomføre tiltak og informere om alternativene og strategier/metoder til vanlige boligeiere er viktig.

6.6 Bevaringsaspektet

Ønske om bevaring av kulturhistoriske verdier vil ofte begrense omfanget av energieffektiviseringstiltak. Hvor tålegrensen er, vil variere avhengig av hvor viktig det er å bevare de kulturhistoriske verdiene. I Villa Dammen er det gjort svært få endringer både av eksteriør og interiør i forbindelse med energieffektiviseringen. Selv om man tar hensyn til kulturhistoriske verdier, kan det normalt gjøres flere isoleringstiltak enn det som er gjort i Villa Dammen¹⁰.

Robusthet er en særegenhet ved gamle boligbygg. Det finnes mange eksempler på at svært gamle boligbygg har tålt tidens tann fordi valg av materialer og konstruksjonsteknikk har gjort dem holdbare og enkle å vedlikeholde. Fordi dette er ikke et viktig grunnsyn i moderne bygninger, er det et argument i seg selv for å forsøke å bevare eldre boligbygg fremfor å bygge nytt.

Resultatene presentert i denne rapporten viser at energieffektivisering av eldre bygg ikke trenger å gå på bekostning av bevaringsverdi for å gi klimagevinst. Oppgraderingen av Villa Dammen er et eksempel på «less is more», ved at skånsomme tiltak for å redusere energibehov med bruk av materialer med lave iboende klimagassutslipp som viderefører original materialitet i bygget er kombinert med en energistrategi som er godt tilpasset byggets egenskaper og stimulerer til nøysom energibruk.

Som et kompromiss, av hensyn til kulturhistoriske verdier, kan nennsomme energieffektiviseringstiltak altså være en måte å redusere den høye klimabelastningen fra drift av eldre boligbygg.

¹⁰ <http://www.riksantikvaren.no/Tema/Energisparing>

Det praktiske aspektet ved oppgradering er svært vesentlig her. Terskelen for å gjennomføre en mer skånsom og enklere oppgradering av eldre boliger er vesentlig lavere for de fleste boligeiere enn å foreta en fullstendig rehabilitering. Dersom de gode tiltakene gjennomføres, kan man oppnå en vesentlig forbedring av klimapåvirkning fra boligmassen, uten å erstatte gamle bygg med nye.

7 KONKLUSJON

Denne rapporten presenterer resultatene av klimagassberegninger gjort for oppgradering og drift av eneboligen Villa Dammen. Resultatene for det oppgraderte bygget er sammenliknet med fortsatt drift av bygget i originaltilstand, og en referansesituasjon der bygget i stedet for å oppgraderes rives, og erstattes av et nytt standard boligbygg i henhold til dagens forskriftskrav. Sammenlikningen er gjort med forutsetning om beboere som utviser en nøysom energibruksatferd. Dette er vurdert å være mer sannsynlig for eldre bygg enn et moderne forbruksmønster slik det legges opp til i standard energiberegninger, og dermed å gi et bedre sammenlikningsgrunnlag for total klimapåvirkning over levetiden.

Tiltakene gjennomført i oppgraderingen av Villa Dammen har gitt stor reduksjon i klimagassutslipp fra energibruk uten å gi høye utslipp fra materialbruk, og beregningene viser en tilbakebetalingstid for utslipp til oppgraderingen av Villa Dammen på kun et halvt år. Utslippsgevinst fra energieffektiviseringstiltakene gjennomført i oppgraderingen av Villa Dammen veier altså langt på vei opp for utslippene forbundet med materialbruk til oppgraderingen.

Sammenliknet med å rive Villa Dammen og oppføre et nytt standard energieffektivt bygg, gir Villa Dammen med oppgradering noe høyere klimagassutslipp over 60 års analyseperiode. Tilbakebetalingstiden for utslipp fra oppføring av nybygget er imidlertid rundt 50 år

Valg av fremgangsmåte for å beregne energibruk i drift har stor innvirkning på resultatene. Sammenlikning av reelle forbruksdata for Villa Dammen etter oppgradering med innledende energiberegninger iht. NS 3031 så ut til å overestimere energibehovet til Villa Dammen vesentlig. Ettersom dette funnet er konsistent med nyere forskning på emnet, og at energibruk i drift er den dominerende parameteren for totale klimagassutslipp, kom man til konklusjonen at energiberegninger basert på standardfaktorer var dårlig egnet for å sammenlikne klimagevinst fra oppgradering av Villa Dammen.

Energiberegninger basert på reviderte inndata som reflekterer beboere med en mer nøysom energibruksatferd og aktiv bruk av temperatursoning gir vesentlig lavere energibruk for Villa Dammen en standard energiberegninger iht NS 3031. Målte forbrukstall for energibruk i husholdningen ligger enda lavere enn de reviderte energiberegningene, og indikerer at energibruken som er lagt til grunn i analysen ikke er underestimert. De faktiske forbrukstallene tilsier også at man har valgt gode og tilpassede løsninger i oppgraderingsprosessen som gjør det mulig å opprettholde god inneklimo med lavt energibruk. Dersom faktisk energibruk legges til grunn for utslippsberegningene, gir Villa Dammen, oppgradert bygg, lavere levetidsutslipp enn et standardbygg oppført iht. dagens forskriftskrav. Dette indikerer at skånsom oppgradering, nøye valgte energiltak og veiledning i energibesparende atferd vil være svært gode klimatilak i eldre bygg. I tillegg til å gi god klimagevinst, er denne typen tiltak lettere tilgjengelig for den enkelte boligeier enn mer omfattende oppgradering.

Utslippsfaktorer for de ulike energikildene har stor betydning for resultatene. Det er derfor svært viktig at sammenlikning av resultater gjøres basert på like forutsetninger. Ettersom Villa Dammen hovedsakelig forsynes med energi fra vedfyring, har valg av beregningsmetodikk for biobrensel avgjørende betydning. Ettersom dette temaet er mye diskutert i nyere forskning, inkluderer rapporten alternative klimagassberegninger der utslipp av CO₂ fra forbrenning av biomasse ikke regnes som klimanøytrale, men antas å gi klimaeffekt på lik linje med andre brensler, og der klimaeffekten av utslipp og opptak av CO₂ i henhold til tidspunktet de oppstår.

De alternative beregningsresultatene viser at hvorvidt man ser på vedfyring som klimanøytralt eller ikke, kan endre konklusjonen om hvilke tiltak som reduserer klimapåvirkning. Å erstatte masseovnen som ble installert i Villa Dammen som en del av

oppgraderingen med en mer konvensjonell varmepumpe øker totale klimagassutslipp, på tross av at det reduserer byggets energibehov, dersom vedfyring betraktes som klimanøytralt. Ettersom denne løsningen fører til at behovet for vedfyring minker, fremstår installasjon av varmepumpe imidlertid som et klimatiltak dersom klimaeffekten fra forbrenning av ved medregnes.

Når man vurderer klimaeffekten av energieffektiviseringstiltak er det derfor svært viktig å både betrakte endringer i energibruk og resulterende utslipp, og sette disse i sammenheng. Ved kun å vurdere en av parameterne, får man et ufullstendig vurdering som i verste fall kan føre til at man velger løsninger som virker mot sin hensikt. Derfor er det avgjørende å ta hensyn til fysiske, tekniske og kulturhistoriske egenskaper ved hvert spesifikke bygg for å vurdere hvilke løsninger som er best egnet til å gi lavest mulig energibruk og utslipp.

Resultatene presentert i denne rapporten viser at energieffektivisering av eldre bygg ikke trenger å gå på bekostning av bevaringsverdi for å gi klimagevinst. Som et kompromiss, av hensyn til kulturhistoriske verdier, kan nennsomme energieffektiviseringstiltak være en måte å redusere den høye klimabelastningen fra drift av eldre boligbygg. Dersom de gode tiltakene gjennomføres, kan man oppnå en vesentlig forbedring av klimapåvirkning fra boligmassen, samtidig som den bygde kulturarven ivaretas.

8 KILDER

Cherubini, Francesco; Bright, Ryan M.; Strømman, Anders H., NTNU, 2012 «Site-specific global warming potentials of biogenic CO₂ for bioenergy: contributions from carbon fluxes and albedo dynamics» (<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/7/4/045902/pdf>)

Borg, Alexander; NTNU, 2015: «Relationships Between Measured and Calculated Energy Demand in the Norwegian Dwelling Stock»

Dahlstrøm, Oddbjørn; NTNU, 2011: «Life Cycle Assessment of a Single-Family Residence built to Passive House Standard» (https://www.ntnu.edu/c/document_library/get_file?uuid=b5fc4b14-55df-4476-8af4-90be49b58edc&groupId=163835)

Enlid, Elin, Civitas, 2015: «Klimagassutslipp i et livsløpsperspektiv for lafta bolighus og standard TEK17-bygg» (<http://www.riksantikvaren.no/content/download/25470/165078/file/Klimagassrapport%20med%20vedlegg.pdf>)

Enova, 2015: «Rehabilitering og energioppgradering av boliger. Drøfting av begreper og måling av omfang.» (<http://www.mynewsdesk.com/no/enova-sf/documents/rehabilitering-og-energioppgradering-av-boliger-58726>)

Guest, Geoffrey; Bright, Ryan M.; Cherubini, Francesco; Strømman, Anders H., NTNU, 2013: «Consistent quantification of climate impacts due to biogenic carbon storage across a range of bio-product systems»

Homb, Anders; Uvsløkk, Sivert; Sintef Byggforsk, 2012 «Energieffektive verneverdige vinduer»

Kristjansdottir, Torhildur; Fjeldheim, Henning; Selvig, Eivind; Risholt, Birgit; Time, Berit; Georges, Laurent; Dokka, Tor Helge; Bouelle, Julien; Bohne, Rolf B; Cervenka, Zdena; ZEB, 2014: «A Norwegian ZEB-definition embodied emission»

Kværness, Lene Marie Nommesen; Rokseth, Lillian Sve; Ygre, Kristin Fines; NTNU, 2010, Masteroppgave i arkitektur: «Thingvalla Teller» (<https://www.byggogbevar.no/media/11940/thingvallateller.pdf>)

Levasseur, Annie; Lesage, Pascal; Margni Manuele; Deschenes, Louise; Samson, Réjean; CIRAIG, Department of Chemical Engineering, École Polytechnique de Montréal, 2010: «Considering Time in LCA: Dynamic LCA and Its Application to Global Warming Impact Assessments»

Levasseur, Annie; Lesage, Pascal; Margni Manuele; Samson, Réjean; CIRAIG, Department of Chemical Engineering, École Polytechnique de Montréal, 2012: «Biogenic Carbon and Temporary Storage Addressed with Dynamic Life Cycle Assessment»

Selvig, Eivind m.fl., Civitas, 2010: «Klimagassberegninger for vernede boligbygg vs nye lavenergiboliger» (<http://hdl.handle.net/11250/176823>)

Sørnes, Kari; NTNU, 2011: «Heating and Ventilation of Highly Energy Efficient Residential Buildings: Environmental Assessment of Technology Alternatives» (<https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/234355>)

Wågø, Solvar, Haase, Mathis, Lien, Anne Gunnarshaug, Sintef Byggforsk 2015: «Revitaliserende oppgradering av boliger. En eksempelsamling» (<http://biblioteket.husbanken.no/arkiv/dok/Komp/Revitaliserende%20oppgradering%20av%20boliger.pdf>)

ByggOgBevar.no: «Villa 1935, Moss – Erfaringer fra Østlandet. Etterisolering og energieffektivisering av reisverkhus fra 1935» (<http://www.byggogbevar.no/miljoe-og-enoek/erfaringer/villa1935,-moss.aspx>)

Dynamic Carbon Footprinter v1.0 Instruction Manual, CIRAIG, (http://www.ciraig.org/pdf/DYNCO2_InstructionManual.pdf)

VillaDammen.no: <http://villadammen.no/>

Vedlegg 1: LCA-metodikk

Livsløpsanalyse (LCA – Life Cycle Assessment), er en metode for å vurdere miljøpåvirkningene forbundet med produkter eller systemer over hele livsløpet. Bidrag i LCA inkluderer material- og energibruk, i tillegg til avfall og utslipp til vann, jord og luft. Den resulterende miljøpåvirkningen over livsløpet er summen av påvirkningen fra alle bidragene. Det overordnede rammeverket for livsløpsvurderinger er gitt av standardene:

- NS - ISO 14040:2006 - "Miljøstyring – Livsløpsvurderinger - Prinsipper og rammeverk" (ISO, 2006a)
- NS - ISO 14044:2006 - "Miljøstyring – Livsløpsvurderinger - Krav og retningslinjer" (ISO, 2006b)

Systemgrensene som settes for analysen bestemmer hvilke prosesser og bidrag som er relevante å ta hensyn til. Systemgrensene må defineres både geografisk og i tid, og dessuten relativt til andre systemer, naturlige så vel som teknologiske. Valg av systemgrenser kan ha stor innvirkning på analyseresultatene, og kan i ekstreme tilfeller avgjøre hvorvidt et produkt anses som "miljøvennlig" eller ikke. Analysens formål og omfang stiller også krav til datakvalitet.

I utarbeidingen av livsløpsinventaret kvantifiseres og kartlegges alle inn- og utgående strømmer av materialer og energi til enhetsprosessene. Kilder til inventardata kan være LCI (Life Cycle Inventory)- databaser, statistiske data, miljødeklarasjoner, produsenter og leverandører. Det skilles mellom spesifikke og generiske data. Spesifikke data er reelle data knyttet til analyseobjektet og den aktuelle innsatsfaktoren, og kan for eksempel være knyttet til geografisk område eller produsent. Generiske data er generelle verdier for den aktuelle inngangsfaktoren, og kan typisk være data fra LCI-databaser. Den mest anerkjente av databasene er Ecoinvent¹¹, som er utviklet av Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Ecoinvent har godt dokumenterte prosesser og kildereferanser, er i kontinuerlig utvikling og henter i stor grad data fra europeisk forsknings- og utviklingsarbeid innen LCA. Denne dokumentasjonen gjør det mulig å identifisere om materialene i databasene er representativt for materialene etterspurt i byggeprosjektet. Versjon 3.1 av Ecoinvent er brukt i analysen.

LCA-programvaren SimaPro er benyttet for å hente ut miljødata fra Ecoinvent i analysen. SimaPro er utviklet av PRé Consultants¹², og er en internasjonalt anerkjent programvare for livsløpsvurdering (LCA). SimaPro har et bredt utvalg av databaser med informasjon som beskriver prosessene i livsløpet til forskjellige produkter og materialer med relaterte utslipp.

For beregning av klimapåvirkning er karakteriseringsmetoden ReCiPe benyttet. Ved hjelp av en karakteriseringsmetode fordeles utslipp fra produktprosessene inn i riktig utslippskategori og ekvivalentutslipp kan beregnes (for eksempel klimagassutslipp og CO₂-ekvivalenter). ReCiPe følger kravene i ISO 14040 til karakteriseringsmetoder.

¹¹ www.ecoinvent.org

¹² www.pre.nl

Vedlegg 2: Faktorer til energiberegninger

Parameter	Enhet	Skjematisk nøysom beboer	NS3031
Driftstid oppvarming, belysning og utstyr		16/7/52	16/7/52
Driftstid ventilasjon		16/7/52	24/7/52
Driftstid varmetilskudd personer		24/7/52	24/7/52
Luftmengde i driftstid	m ³ /hm ²	1,2	1,2 *
Luftmengde utenom driftstid	m ³ /hm ²	0,5	1,2 *
Temperatur i fullt oppvarmede rom, i driftstid	° C	21	21
Temperatur i delvis oppvarmede rom, i driftstid	° C	14	21
Temperatur i fullt oppvarmede rom, utenom driftstid	° C	17	19
Temperatur i delvis oppvarmede rom, utenom driftstid	° C	10	19
Energibruk belysning	kWh/m ² år	11,4	11,4
Energibruk elektrisk utstyr	kWh/m ² år	17,5	17,5
Energibruk til varmt tappevann	kWh/m ² år	25	29,8
Varmetilskudd belysning	kWh/m ² år	11,4	11,4
Varmetilskudd el-utstyr	kWh/m ² år	10,5	10,5
Varmetilskudd personer	kWh/m ² år	13,1	13,1
Andel av BRA definert som fullt oppvarmet	%	50	100

*Boenheter der A < 110 m²: $1,6 - 0,007 \times (A - 50)$

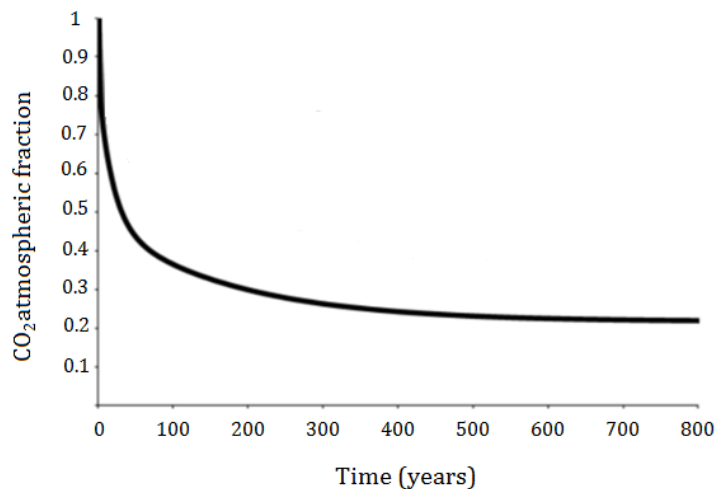
Vedlegg 3: Beregningsmetodikk og detaljerte beregningsresultater med tidsjustering av utslipp

Her utdypes detaljerte forutsetninger som ligger til grunn for den alternative beregningsmetodikken som er presentert i kapittel 5.

Global Warming Potential

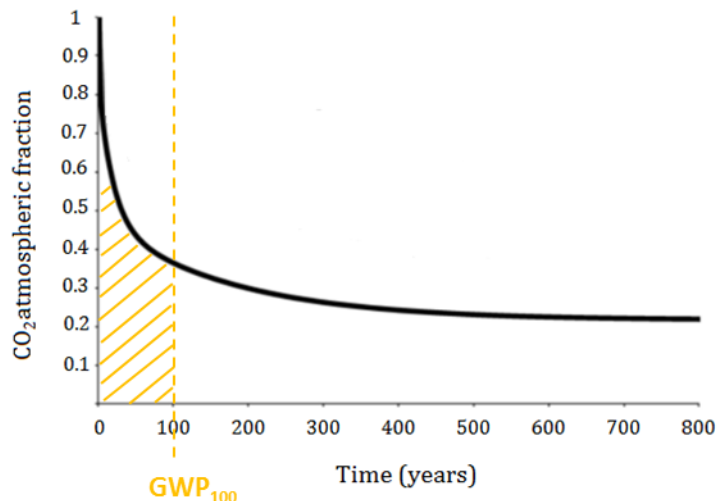
Global Warming Potential, GWP, er den mest brukte indikatoren for klimapåvirkning. GWP for en bestemt klimagass er knyttet til gassens strålingsintensitet, dvs. gassens evne til å påvirke forholdet mellom solinnstråling til og infrarød stråling fra jordens atmosfære over en bestemt tidsperiode. GWP måles i CO₂-ekvivalenter, som betyr at alle gassers klimapåvirkning måles relativt til virkningen av CO₂ – GWP for CO₂ er derfor alltid 1.

Tidshorisonten man måler klimaeffekten over er vesentlig for beregningsresultatet. Et utslipp av CO₂ til atmosfæren vil tynnes ut over tid, som følge av opptak i blant andre havene og biosfæren. Figuren under viser den såkalte Bern impuls-responsfunksjonen (IRF) som beskriver hvordan en gitt mengde CO₂ sluppet ut til atmosfæren avtar over tid:



Som figuren viser, reduseres konsentrasjonen av CO₂ relativt raskt over de første 100 årene, men flater deretter ut på ca. 0,21. Dette betyr at 21% av CO₂ som slippes ut til atmosfæren blir værende i svært lang tid.

GWP regnes som akkumulert strålingpådriv som følge av et klimagassutslipp, regnet over over en gitt tid, relativt til pådrivet for CO₂ over samme tidsperiode (arealet under kurven for en gitt klimagass relativt til arealet under kurven for CO₂). Det er derfor nødvendig å sette en tidshorisont for vurdering av klimapåvirkning. Den mest brukte tidshorisonten for GWP er 100 år, såkalt GWP₁₀₀. 100 års tidshorisont vil si at klimapåvirkning forårsaket etter 100 år utelates. En slik «cut-off» etter 100 år er vist under:



IPCC (FNs Klimapanel) la GWP_{100} til grunn i Kyoto-protokollen, men publiserer også GWP-faktorer for både 20-, 100- og 500 års tidshorisont, og i prinsippet kan klimapåvirkning måles over en hvilken som helst periode. Jo kortere tidshorisont som benyttes, desto større betydning tillegges utlipp som skjer i nær fremtid.

Dynamisk utslippsberegning

Valg av tidshorisont har også stor betydning for hvordan vi vurderer utlipp som skjer *frem i tid*. Det i LCA vanlig å benytte et statisk beregningsperspektiv, det vil si at klimaeffekten av utlipp betraktes likt, uavhengig av når de oppstår. Et utlipp 50 år frem i tid vil dermed vurderes å ha akkurat samme klimapåvirkning som et utlipp som skjer i dag.

En slik statisk beregningsmetodikk gjør lite for å synliggjøre det alvorlige budskapet som nå er anerkjent av mange klimaforskere; utslippsreduksjoner haster. IPCCs femte hovedrapport¹³ understreker betydningen av tidlige utslippsreduksjoner. Tidlige tiltak er nødvendige for å begrense temperatureffekten av de globale utlippene over tid. I tillegg er det stor usikkerhet rundt konsekvensene av å nå såkalte vippepunkter, der selvforsterkende effekter i det globale klimasystemet kan føre til at oppvarmingen skjer i enda høyere tempo enn det man hittil har observert.

En måte å tillegge utlipp i dag og nær fremtid større vekt, er å benytte en såkalt dynamisk tilnærming. Prinsippet bak dette er at man, i likhet med det økonomiske begrepet *nåverdi*, «diskonterer» utlippene til år null. I stedet for å anta at alle utlipp skjer i år 0, tar men med en dynamisk tilnærming hensyn til hvor lenge klimagassutlippene virker i atmosfæren innenfor analysens tidshorisont. Utspill som skjer tidlig i et gitt tidsrom vil dermed tillegges større vekt enn utspill som skjer mange år frem i tid.

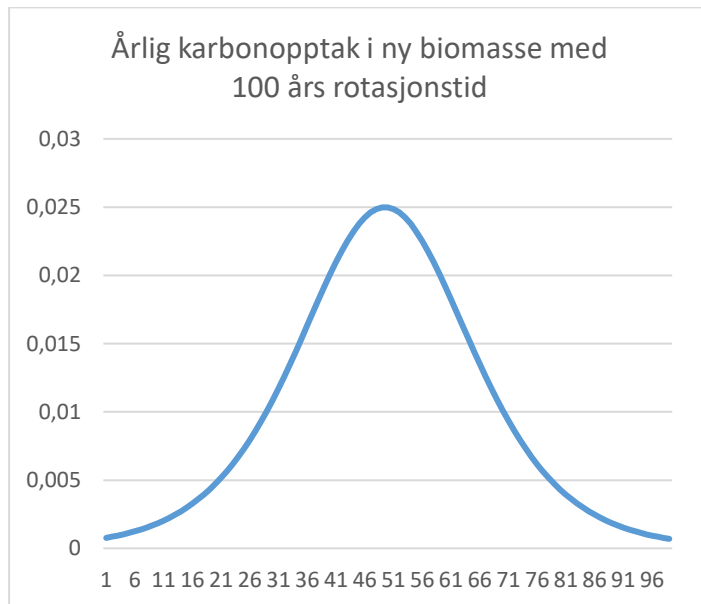
En dynamisk tilnærming gir en bedre representasjon av tidsaspektet for opptak av karbon i biobaserte produkter i forhold til tidspunkt for forbrenning for energiformål eller i avhending etter endt levetid. Med denne tilnærmingen er det mulig å ta hensyn til klimagevinst som følge av midlertidig karbonlagring i treprodukter, for eksempel i byggematerialer. Dette er ikke mulig med et statisk beregningsperspektiv, ettersom forbrenning etter endt levetid vil føre til at netto utspill over beregningsperioden blir null. Med en dynamisk metodikk, derimot, vil utslippet fra forbrenning etter endt levetid være lavere, og man får dermed en netto gevinst av lagringen.

¹³ <https://www.ipcc.ch/report/ar5/>

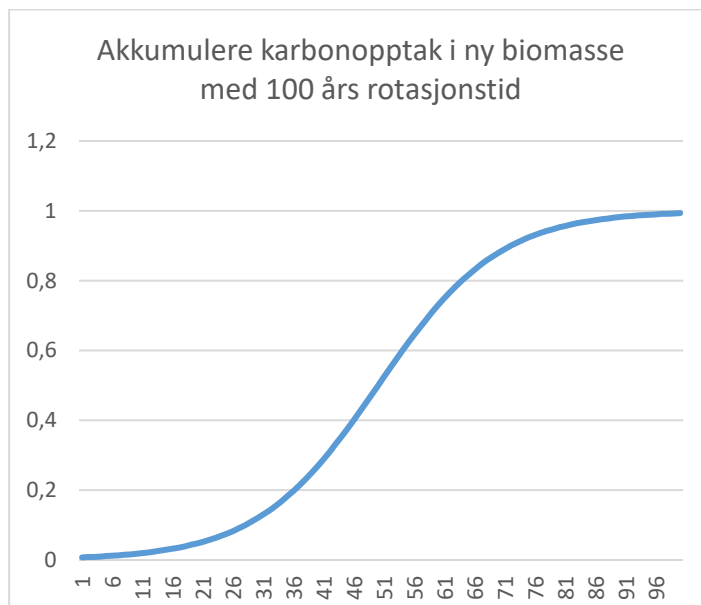
For å beregne tidsjustert klimaeffekten av opptak og utslipp er verktøyet Dynamic Carbon Footprinter (DynCO2)¹⁴ benyttet. Verktøyet er utviklet av Interuniversity Research Centre for the Life Cycle of Products, Processes and Services (CIRAIG) ved École Polytechnique de Montréal.

Beregning av karbonopptak i ny tilvekst

Opptak og utslipp av karbon bundet i biomasse, såkalt biogent CO₂, regnes per kg karbon. Opptak av karbon skjer ikke i like stor grad hvert vekstår, men følger en normalfordelt kurve:



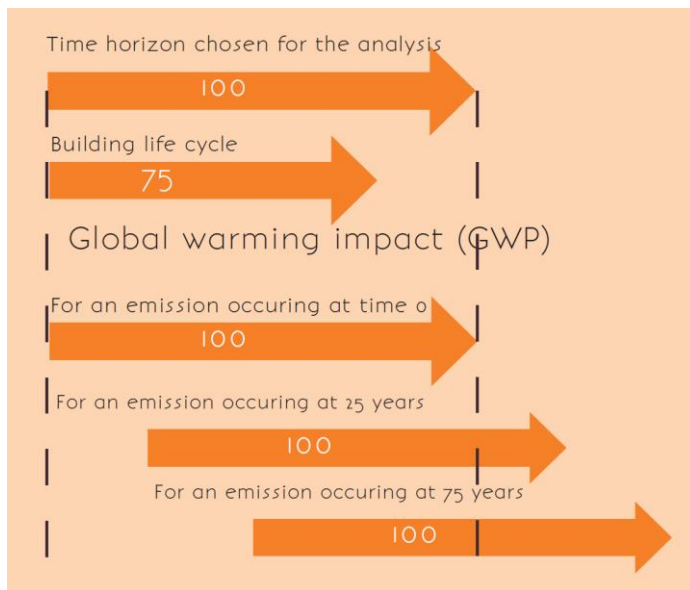
Akkumulerte karbonopptak over rotasjonsperioden (biomassens vekstkurve) følger derfor en S-form (logistisk vekst):



Det kan altså ikke antas likt opptak av karbon hvert år (lineær vekst). For å tidsjustere opptak av karbon over rotasjonsperioden, er opptakene som skjer som følge av bruk fordelt i henhold til vekstkurven. 100 års tidshorisont er lagt til grunn for beregning av

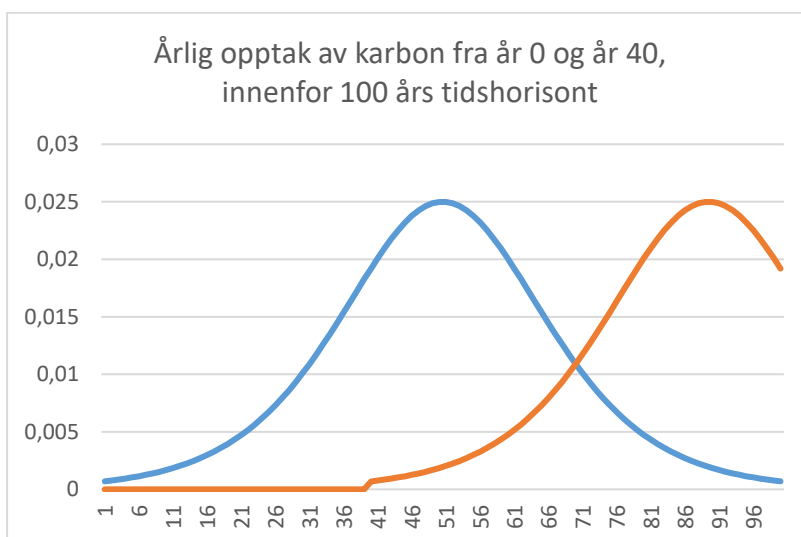
¹⁴ <http://www.ciraig.org/en/dynco2.php>

klimapåvirkning, i tråd med standard praksis. Dette medfører at effekten av opptak (og utslipp) som inntreffer innen 100 år fra analyseperiodens start medregnes, mens opptak som skjer utenfor 100 årsperioden ekskluderes. Dette er illustrert i figuren under, der de stiplede linjene markerer avgrensningen av tidshorisonten:



Kilde: Levasseur et al., 2010

For opptak i ny biomasse som plantes som følge av at det benyttes konstruksjonsvirke i utbygging regnes dermed alt opptak med, fordi hele rotasjonstiden faller innenfor 100 årsperioden. For vedfyring i år 40 regnes det imidlertid bare med resulterende opptak som skjer over de påfølgende 60 år. Dette er illustrert i figuren under – den blå kurven viser årlig opptak som følge av bruk i år 0, mens den oransje kurven viser opptak som følge av bruk i år 40. Samlet opptak som medregnes er arealene under kurvene, som er mindre for den oransje kurven, ettersom den kuttes av i år 100:



Opptak av karbon i ny tilvekst regnes som en konsekvens av hogst av trevirke, enten for bruk til energi- eller materialformål. Karbonopptaket regnes fra hogsttidspunktet. Utslipp fra forbrenning av byggematerialer ved avhending regnes derfor ikke som grunnlag for opptak i ny tilvekst, fordi opptaket allerede er medregnet som en konsekvens av trevirket ble hugget for bruk som byggematerialer. Medregning av opptak i begge tilfelle ville dermed ført til en dobbelttelling av opptak, både etter hogst og etter avhending. For beregning av utslipp fra

riving av Villa Dammen i opprinnelig stand i år 0 i referansescenariet er det derfor medregnet utslipp av karbon fra forbrenning av avfallstrevirke, men ingen opptak. Opptak i byggematerialer i det eksisterende bygget regnes altså som såkalt «sunk cost».

Summen av biogene utslipp i analyseperioden og resulterende opptak innenfor 100 års tidshorisont gir netto årlige biogene CO₂-utslipp. De årlige biogene utslippsverdiene er deretter tidsjustert ved bruk av DynCO₂, og sammenstilt med tidsjusterte årlige fossile utslipp (beregnet med samme verktøy), for å vurdere de totale klimapåvirkningen over analyseperioden.

Vedlegg 4: Dokumentasjon av energiberegninger og forutsetninger for beregning av energibehov for Villa Dammen

NB! Verdier i SIMIEN-utskrifter for Villa Dammen for spesifikt energibehov og spesifikk levert energi er ulike verdiene brukt som underlag for beregninger. Dette skyldes at SIMIEN-modellen for Villa Dammen inkluderer arealet i kjeller under oppvarmet BRA. Spesifikt energibehov i SIMIEN-utskriftene er derfor delt på 178 m² i stedet for 117 m², som er verdien for oppvarmet BRA som er brukt i beregningene. Denne ulikheten har ingen betydning for resultatene, ettersom det er totalverdiene fra SIMIEN-utskriftene som er lagt til grunn i beregningene

Målte forbruksdata for levert energi til Villa Dammen etter oppgradering

	Målte forbruksdata 2015/16		Målte forbruksdata 2014/15		Snitt av målt forbruk to siste år	
	Tot [kWh]	Per oppvarmet BRA [kWh/m ²]	Tot [kWh]	Per oppvarmet BRA [kWh/m ²]	Tot [kWh]	Per oppvarmet BRA [kWh/m ²]
El	12304	109,9	11000	98,2	11652	104,0
Ved	15000	133,9	12000	107,1	13500	120,5
Sum	27304	243,8	23000	205,4	25152	224,6

Dokumentasjon av energiberegninger for Villa Dammen, uten oppgradering, energiberegning iht. Skjematisk nøysom beboer



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/data simulering: 09:20 24/11-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\...\Før oppgradering_oljefyr_SNB.smi
Prosjekt: Torderødgate 16
Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	25909 kWh	149,3 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	4332 kWh	25,0 kWh/m ²
3a Vifter	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Belysning	1976 kWh	11,4 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	3040 kWh	17,5 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	35256 kWh	203,2 kWh/m ²

Leverert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Leverert energi	Spesifikk leverert energi
1a Direkte el.	15904 kWh	91,7 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	4545 kWh	26,2 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	13401 kWh	77,2 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	17272 kWh	99,6 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt leverert energi, sum 1-7	51123 kWh	294,7 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto leverert energi	51123 kWh	294,7 kWh/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 09:20 24/11-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\...\Før oppgradering_oljefyr_SNB.smi
Prosjekt: Torderødgate 16
Sone: Alle soner

Dekning av energibudsjett fordelt på energikilder						
Energikilder	Romoppv.	Varmebatterier	Varmtvann	Kjølebatterier	Romkjøling	El. spesifikt
El.	14,9 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	25,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	28,9 kWh/m ²
Olje	44,8 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Gass	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Fjernvarme	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Biobrensel	29,9 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Varmepumpe	59,7 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sol	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Annen	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sum	149,3 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	25,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	28,9 kWh/m ²

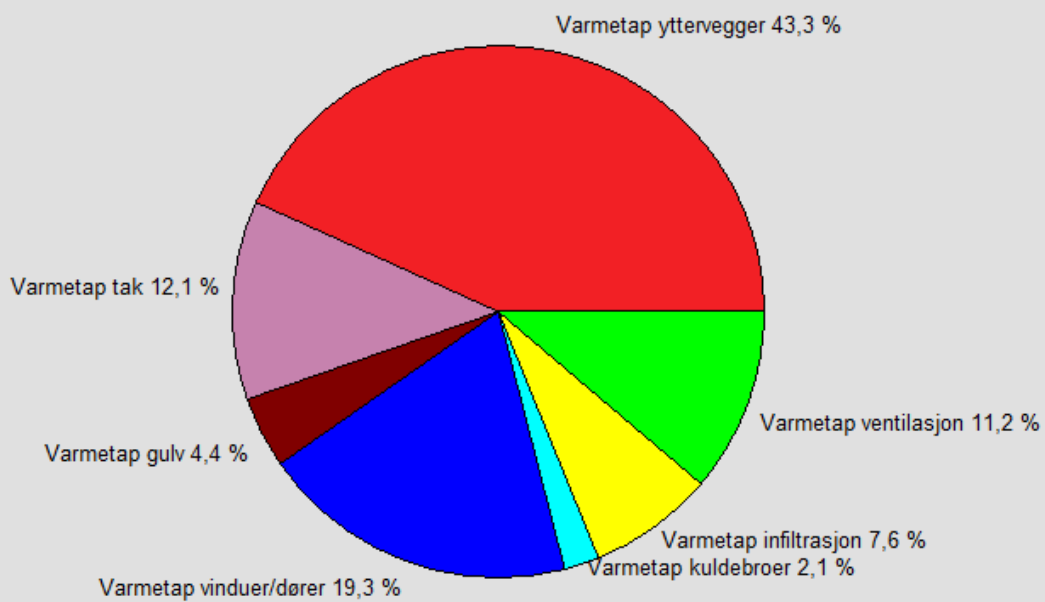


SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 09:20 24/11-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\...\Før oppgradering_oljefyr_SNB.smi
Prosjekt: Torderødgate 16
Sone: Alle soner

Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Varmetapstall yttervegger	1,23 W/m²K
Varmetapstall tak	0,34 W/m²K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,12 W/m²K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,55 W/m²K
Varmetapstall kuldebroer	0,06 W/m²K
Varmetapstall infiltrasjon	0,22 W/m²K
Varmetapstall ventilasjon	0,32 W/m²K
Totalt varmetapstall	2,84 W/m²K



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 09:20 24/11-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\...\Før oppgradering_oljefyr_SNB.smi
Prosjekt: Torderødgate 16
Sone: Alle soner

Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	
Effekt (dekning)	Dekningsgrad energibruk
4,9 kW (90 %)	95 %
4,3 kW (80 %)	87 %
3,8 kW (70 %)	79 %
3,3 kW (60 %)	70 %
2,7 kW (50 %)	60 %
2,2 kW (40 %)	49 %
1,6 kW (30 %)	38 %
1,1 kW (20 %)	26 %
0,5 kW (10 %)	13 %
Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert	-

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	175	
Areal tak [m ²]:	88	
Areal gulv [m ²]:	57	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	37	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	174	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	380	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	1,22	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,68	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,38	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	2,58	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	21,2	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,06	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	68	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	7,31	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 09:20 24/11-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\...\Før oppgradering_oljefyr_SNB.smi
Prosjekt: Torderødgate 16
Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ² /s]:	0,00	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	1,20	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	0,50	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,66	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	31	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	19,7	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	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	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	16,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	3,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	1,80	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	2,85	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	2,24	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,50	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,22	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/0,99/0,74/1,00	

Dokumentasjon av energiberegninger for scenario A3. Villa Dammen, uten oppgradering, energiberegning iht. NS 3031



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:19 6/12-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\... \Før oppgradering_oljefyr.smi
Prosjekt: Torderødgate 16
Sone: Alle soner

Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	40400 kWh	232,9 kWh/m ²
1b Ventilasjonvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	5168 kWh	29,8 kWh/m ²
3a Vifter	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Belysning	1976 kWh	11,4 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	3040 kWh	17,5 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonkjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	50583 kWh	291,5 kWh/m ²

Energivare	Lvert energi	Spesifikk lvert energi
1a Direkte el.	19109 kWh	110,1 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	7088 kWh	40,9 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	20896 kWh	120,4 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	26933 kWh	155,2 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt lvert energi, sum 1-7	74026 kWh	426,7 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto lvert energi	74026 kWh	426,7 kWh/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:19 6/12-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\...\Før oppgradering_oljefyr.smi
Prosjekt: Torderødgate 16
Sone: Alle soner

Dekning av energibudsjett fordelt på energikilder						
Energikilder	Romoppv.	Varmebatterier	Varmtvann	Kjølebatterier	Romkjøling	El. spesifikt
El.	23,3 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	29,8 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	28,9 kWh/m ²
Olje	69,9 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Gass	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Fjernvarme	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Biobrensel	46,6 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Varmepumpe	93,1 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sol	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Annen	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sum	232,9 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	29,8 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	28,9 kWh/m ²

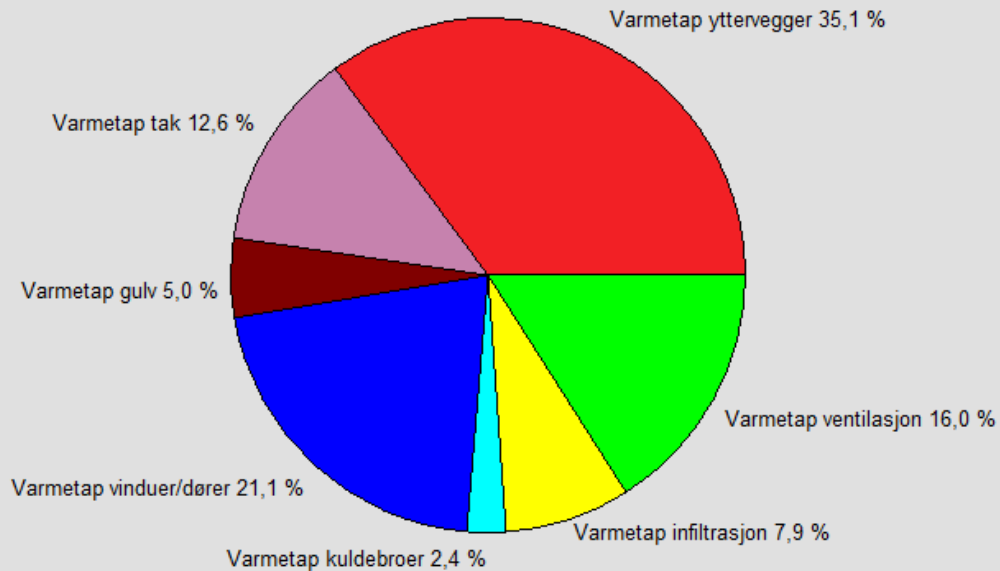


SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:19 6/12-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\...Før oppgradering_oljefyr.smi
Prosjekt: Torderødgate 16
Sone: Alle soner

Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Varmetapstall yttervegger	0,87 W/m ² K
Varmetapstall tak	0,31 W/m ² K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,12 W/m ² K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,52 W/m ² K
Varmetapstall kuldebroer	0,06 W/m ² K
Varmetapstall infiltrasjon	0,20 W/m ² K
Varmetapstall ventilasjon	0,40 W/m ² K
Totalt varmetapstall	2,48 W/m²K



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:19 6/12-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\...\Før oppgradering_oljefyr.smi
Prosjekt: Torderødgate 16
Sone: Alle soner

Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	
Effekt (dekning)	Dekningsgrad energibruk
7,8 kW (90 %)	96 %
6,9 kW (80 %)	89 %
6,1 kW (70 %)	82 %
5,2 kW (60 %)	74 %
4,3 kW (50 %)	64 %
3,5 kW (40 %)	54 %
2,6 kW (30 %)	43 %
1,7 kW (20 %)	30 %
0,9 kW (10 %)	16 %
Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert	-

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	162	
Areal tak [m ²]:	61	
Areal gulv [m ²]:	57	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	35	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	174	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	380	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,93	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,89	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,38	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	2,58	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	20,3	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,06	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	67	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	7,80	
Temperaturvirkningsqr. varmegjenvinner [%]:	0	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:19 6/12-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\...\Før oppgradering_oljefyr.smi
Prosjekt: Torderødgate 16
Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m³/s]:	0,00	
Luftmengde i driftstiden [m³/hm²]	1,20	
Luftmengde utenfor driftstiden [m³/hm²]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,66	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m²]:	50	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m²]:	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	

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/m²]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m²]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m²]	3,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m²]	1,80	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m²]	3,40	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m²]	1,50	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,50	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,23	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/0,99/0,74/1,00	

Dokumentasjon av energiberegninger for Villa Dammen, oppgradert, energiberegning iht. Skjematisk nøysom beboer



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 11:48 12/12-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\...\Oppgradert_4,4luftskifte_el og ved_SNB.smi
Prosjekt: Torderødgate 16
Sone: Alle soner

Energipost	Energibudsjett	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming		19606 kWh	113,0 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)		0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)		4332 kWh	25,0 kWh/m ²
3a Vifter		0 kWh	0,0 kWh/m ²
3b Pumper		0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Belysning		1976 kWh	11,4 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr		3040 kWh	17,5 kWh/m ²
6a Romkjøling		0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)		0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6		28953 kWh	166,9 kWh/m ²

Energivare	Levert energi til bygningen (beregnet)	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.		13900 kWh	80,1 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem		0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem		0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje		0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass		0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme		0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel		19706 kWh	113,6 kWh/m ²
6. Annen energikilde		0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk		-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7		33606 kWh	193,7 kWh/m ²
Solstrøm til eksport		-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi		33606 kWh	193,7 kWh/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 11:48 12/12-2016

Programversjon: 6.003

Simuleringsansvarlig: BSK

Firma: Entelligens AS

Inndatafil: C:\...\Oppgradert_4,4luftskifte_el og ved_SNB.smi

Prosjekt: Torderødgate 16

Sone: Alle soner

Dekning av energibudsjett fordelt på energikilder						
Energikilder	Romoppv.	Varmebatterier	Varmtvann	Kjølebatterier	Romkjøling	El. spesifikt
El.	28,3 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	18,7 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	28,9 kWh/m ²
Olje	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Gass	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Fjernvarme	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Biobrensel	84,8 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	6,2 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Varmepumpe	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sol	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Annen	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sum	113,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	25,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	28,9 kWh/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 11:48 12/12-2016

Programversjon: 6.003

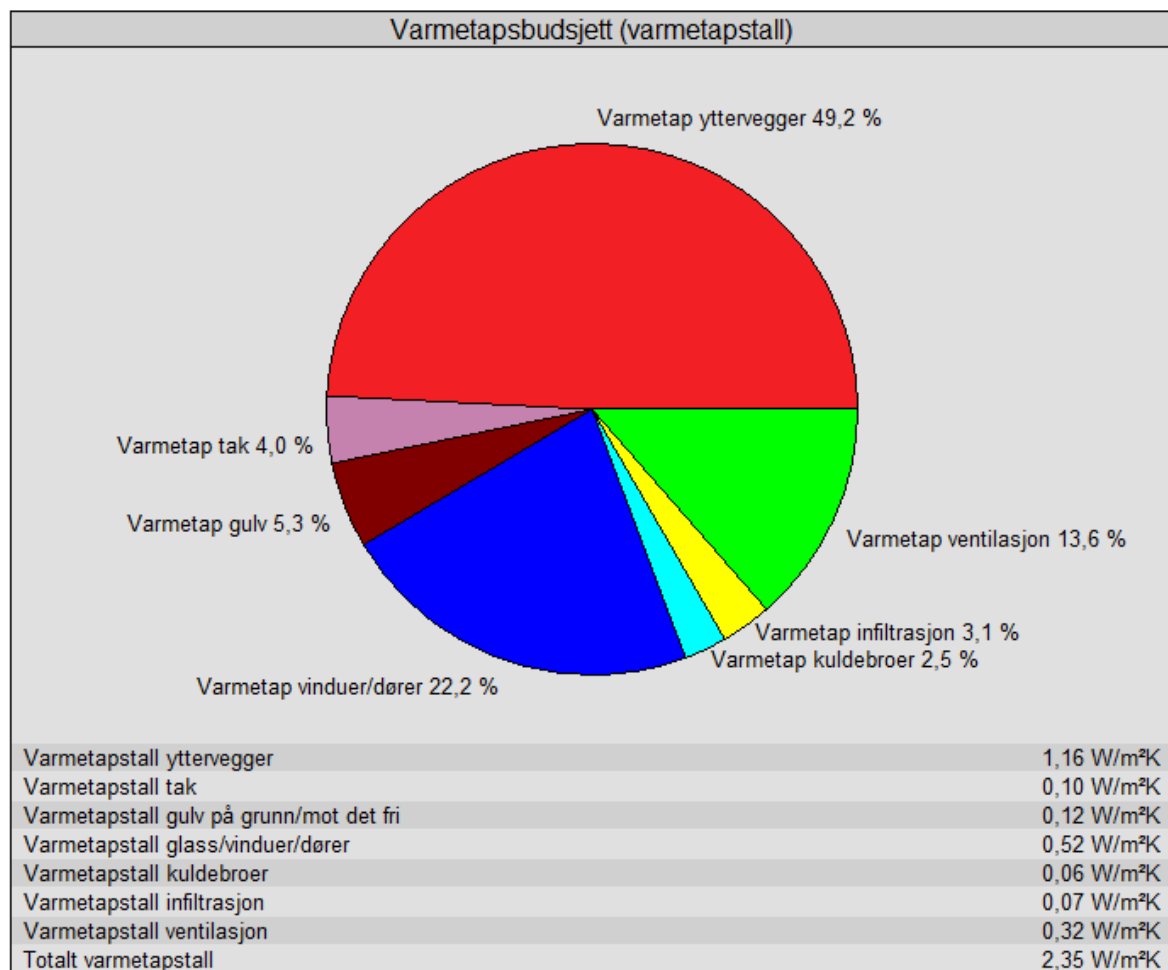
Simuleringsansvarlig: BSK

Firma: Entelligens AS

Inndatafil: C:\...\Oppgradert_4,4luftskifte_el og ved_SNB.smi

Prosjekt: Torderødgate 16

Sone: Alle soner





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 11:48 12/12-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\...\Oppgradert_4,4luftskifte_el og ved_SNB.smi
Prosjekt: Torderødgate 16
Sone: Alle soner

Effekt (dekning)	Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	Dekningsgrad energibruk
4,9 kW (90 %)		96 %
4,3 kW (80 %)		90 %
3,8 kW (70 %)		82 %
3,3 kW (60 %)		74 %
2,7 kW (50 %)		64 %
2,2 kW (40 %)		54 %
1,6 kW (30 %)		42 %
1,1 kW (20 %)		29 %
0,5 kW (10 %)		15 %
Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert		-

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	162	
Areal tak [m ²]:	61	
Areal gulv [m ²]:	57	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	35	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	174	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	380	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	1,24	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,27	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,38	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	2,58	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	20,3	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,06	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	67	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	4,40	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 11:48 12/12-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\...\Oppgradert_4,4luftskifte_el og ved_SNB.smi
Prosjekt: Torderødgate 16
Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ² /s]:	0,00	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	1,20	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	0,50	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,84	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	31	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	19,2	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	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	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	16,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	3,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	1,80	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	2,85	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	2,24	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,50	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,23	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/0,99/0,74/1,00	

Dokumentasjon av energiberegninger for Villa Dammen, oppgradert, med varmepumpe, energiberegning iht. Skjematisk nøysom beboer



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 11:43 12/12-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\...\Oppgradert_4,4luftskifte_LLVP og ved_SNB1.smi
Prosjekt: Torderødgate 16
Sone: Alle soner

Energipost	Energibudsjett	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming		19602 kWh	113,0 kWh/m ²
1b Ventilasjonvarme (varmebatterier)		0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)		4332 kWh	25,0 kWh/m ²
3a Vifter		0 kWh	0,0 kWh/m ²
3b Pumper		0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Belysning		1976 kWh	11,4 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr		3040 kWh	17,5 kWh/m ²
6a Romkjøling		0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonkjøling (kjølebatterier)		0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6		28949 kWh	166,9 kWh/m ²

Energivare	Levert energi til bygningen (beregnet)	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.		18346 kWh	105,7 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem		3439 kWh	19,8 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem		0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje		0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass		0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme		0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel		6223 kWh	35,9 kWh/m ²
6. Annen energikilde		0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk		-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7		28008 kWh	161,4 kWh/m ²
Solstrøm til eksport		-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi		28008 kWh	161,4 kWh/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 11:43 12/12-2016

Programversjon: 6.003

Simuleringsansvarlig: BSK

Firma: Entelligens AS

Inndatafil: C:\...\Oppgradert_4,4luftskifte_LLVP og ved_SNB1.smi

Prosjekt: Torderødgate 16

Sone: Alle soner

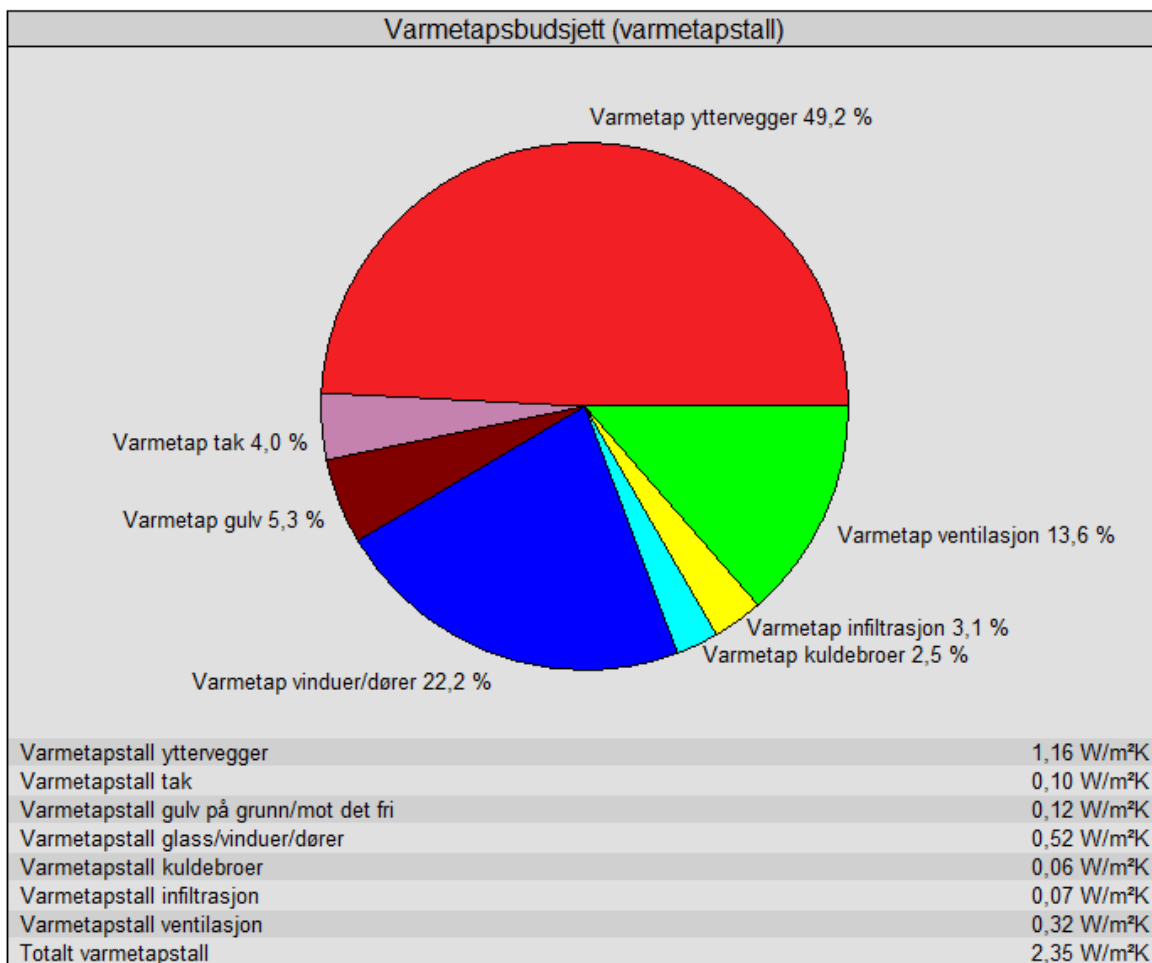
Dekning av energibudsjett fordelt på energikilder						
Energikilder	Romoppv.	Varmebatterier	Varmtvann	Kjølebatterier	Romkjøling	El. spesifikt
El.	45,2 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	25,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	28,9 kWh/m ²
Olje	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Gass	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Fjernvarme	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Biobrensel	22,6 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Varmepumpe	45,2 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sol	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Annen	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sum	113,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	25,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	28,9 kWh/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 11:43 12/12-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\...\Oppgradert_4,4luftskifte_LLVP og ved_SNB1.smi
Prosjekt: Torderødgate 16
Sone: Alle soner





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 11:43 12/12-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\...\Oppgradert_4,4luftskifte_LLVP og ved_SNB1.smi
Prosjekt: Torderødgate 16
Sone: Alle soner

Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	
Effekt (dekning)	Dekningsgrad energibruk
4,9 kW (90 %)	96 %
4,3 kW (80 %)	90 %
3,8 kW (70 %)	82 %
3,3 kW (60 %)	74 %
2,7 kW (50 %)	64 %
2,2 kW (40 %)	54 %
1,6 kW (30 %)	42 %
1,1 kW (20 %)	29 %
0,5 kW (10 %)	15 %
Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert	-

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	162	
Areal tak [m ²]:	61	
Areal gulv [m ²]:	57	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	35	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	174	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	380	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	1,24	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,27	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,38	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	2,58	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	20,3	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,06	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	67	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	4,40	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/data simulering: 11:43 12/12-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\...\Oppgradert_4,4luftskifte_LLVP og ved_SNB1.smi
Prosjekt: Torderødgate 16
Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	0,00	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	1,20	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	0,50	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	1,04	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	31	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,0	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	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	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	16,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	3,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	1,80	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	2,85	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	2,24	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,50	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,23	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/0,99/0,74/1,00	

Dokumentasjon av energiberegninger for Villa Dammen, oppgradert, energiberegning iht. NS 3031



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:04 12/12-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\...\Oppgradert_4,4luftskifte_el og ved_NS3031.smi
Prosjekt: Torderødgate 16
Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energiebehov	Spesifikt energiebehov
1a Romoppvarming	41870 kWh	241,3 kWh/m ²
1b Ventilasjonvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	5168 kWh	29,8 kWh/m ²
3a Vifter	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Belysning	1976 kWh	11,4 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	3040 kWh	17,5 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonkjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energiebehov, sum 1-6	52054 kWh	300,0 kWh/m ²

Leverte energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Leverte energi	Spesifikk leverte energi
1a Direkte el.	20866 kWh	120,3 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	39815 kWh	229,5 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt leverte energi, sum 1-7	60681 kWh	349,7 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto leverte energi	60681 kWh	349,7 kWh/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:04 12/12-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\...\Oppgradert_4,4luftskifte_el og ved_NS3031.smi
Prosjekt: Torderødgate 16
Sone: Alle soner

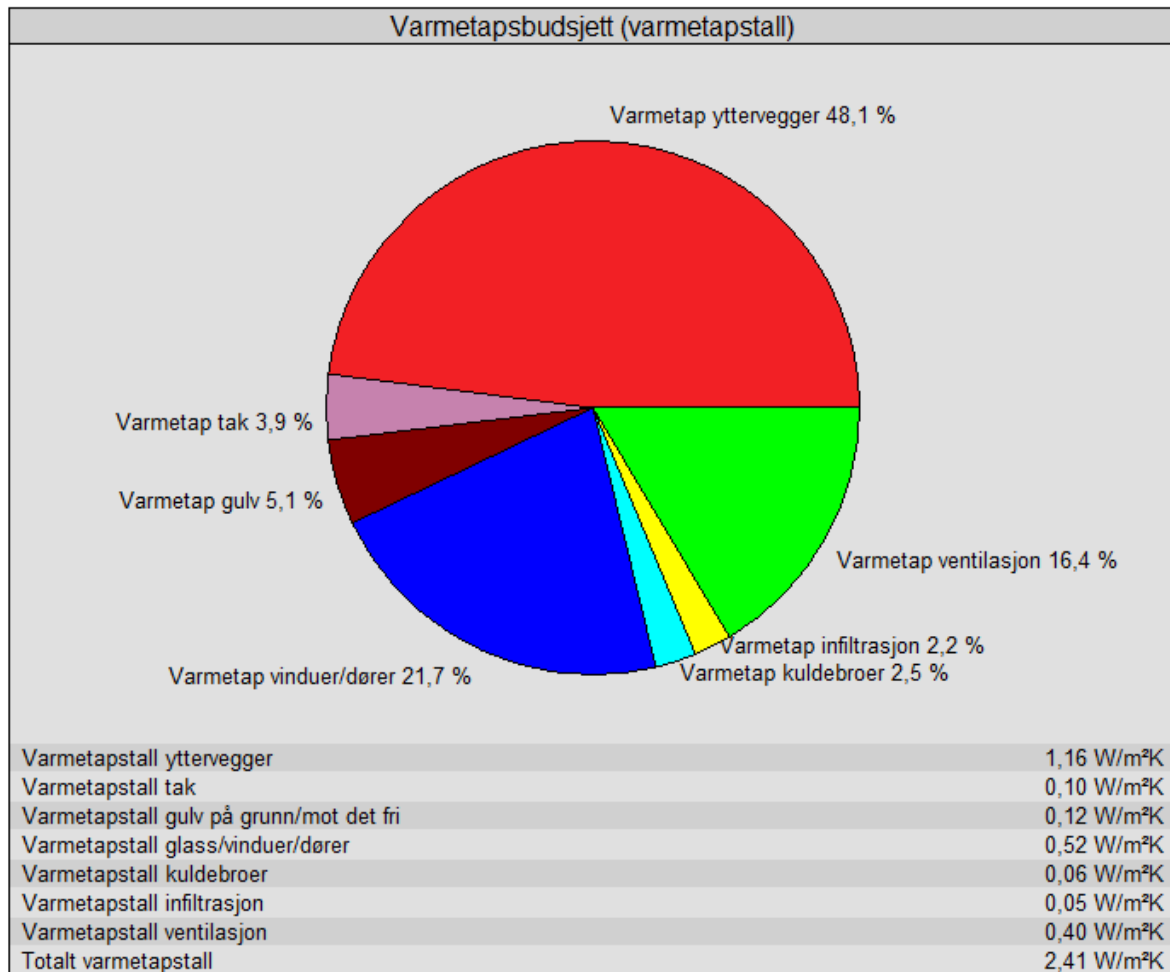
Dekning av energibudsjett fordelt på energikilder						
Energikilder	Romoppv.	Varmebatterier	Varmtvann	Kjølebatterier	Romkjøling	El. spesifikt
El.	60,3 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	22,3 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	28,9 kWh/m ²
Olje	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Gass	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Fjernvarme	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Biobrensel	181,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	7,4 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Varmepumpe	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sol	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Annen	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sum	241,3 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	29,8 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	28,9 kWh/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:04 12/12-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\...\Oppgradert_4,4luftskifte_el og ved_NS3031.smi
Prosjekt: Torderødgata 16
Sone: Alle soner





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:04 12/12-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\...\Oppgradert_4,4luftskifte_el og ved_NS3031.smi
Prosjekt: Torderødgate 16
Sone: Alle soner

Effekt (dekning)	Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	Dekningsgrad energibruk
7,8 kW (90 %)		98 %
6,9 kW (80 %)		94 %
6,1 kW (70 %)		87 %
5,2 kW (60 %)		79 %
4,3 kW (50 %)		69 %
3,5 kW (40 %)		58 %
2,6 kW (30 %)		47 %
1,7 kW (20 %)		32 %
0,9 kW (10 %)		16 %
Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert		-

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	162	
Areal tak [m ²]:	61	
Areal gulv [m ²]:	57	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	35	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	174	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	380	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	1,24	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,27	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,38	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	2,58	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	20,3	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,06	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	67	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	4,40	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:04 12/12-2016
Programversjon: 6.003
Simuleringsansvarlig: BSK
Firma: Entelligens AS
Inndatafil: C:\...\Oppgradert_4,4luftsifte_el og ved_NS3031.smi
Prosjekt: Torderødgate 16
Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	0,00	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	1,20	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,85	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	50	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	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	

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 ²]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	3,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	1,80	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	3,40	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	2,24	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,50	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,23	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/0,99/0,74/1,00	

Vedlegg 5: Dokumentasjon av energiberegninger for TEK10 referansebygg

Energiberegning for TEK10 referansebygg iht. Skjematisk nøysom beboer



Simuleringsnavn: Årssimulering TEK07
Tid/dato simulering: 14:28 7/12-2016
Programversjon: 6.004
Simuleringsansvarlig: Silje Tveit Eriksen
Firma: Asplan Viak AS
Inndatafil: \\sandvika10\oppdrag\608284\01\Simien\Stord_TEK16_bio_SNB.smi
Prosjekt: Referansebygg TEK16 (klimasone Moss)
Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	6958 kWh	37,2 kWh/m ²
1b Ventilasjonvarme (varmebatterier)	571 kWh	3,1 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	4678 kWh	25,0 kWh/m ²
3a Vifter	660 kWh	3,5 kWh/m ²
3b Pumper	103 kWh	0,6 kWh/m ²
4 Belysning	1931 kWh	10,3 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	3273 kWh	17,5 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonkjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	18174 kWh	97,1 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	15292 kWh	81,7 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	4795 kWh	25,6 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	20086 kWh	107,4 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	20086 kWh	107,4 kWh/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering TEK07

Tid/dato simulering: 14:28 7/12-2016

Programversjon: 6.004

Simuleringsansvarlig: Silje Tveit Eriksen

Firma: Asplan Viak AS

Inndatafil: \\sandvika10\opprodrag\608284\01\Simien\Stord_TEK16_bio_SNB.smi

Prosjekt: Referansebygg TEK16 (klimasone Moss)

Sone: Alle soner

Dekning av energibudsjett fordelt på energikilder						
Energikilder	Romoppv.	Varmebatterier	Varmtvann	Kjølebatterier	Romkjøling	El. spesifikt
El.	22,3 kWh/m ²	1,5 kWh/m ²	25,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	31,9 kWh/m ²
Olje	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Gass	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Fjernvarme	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Biobrensel	14,9 kWh/m ²	1,5 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Varmepumpe	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sol	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Annen	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sum	37,2 kWh/m ²	3,1 kWh/m ²	25,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	31,9 kWh/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering TEK07

Tid/dato simulering: 14:28 7/12-2016

Programversjon: 6.004

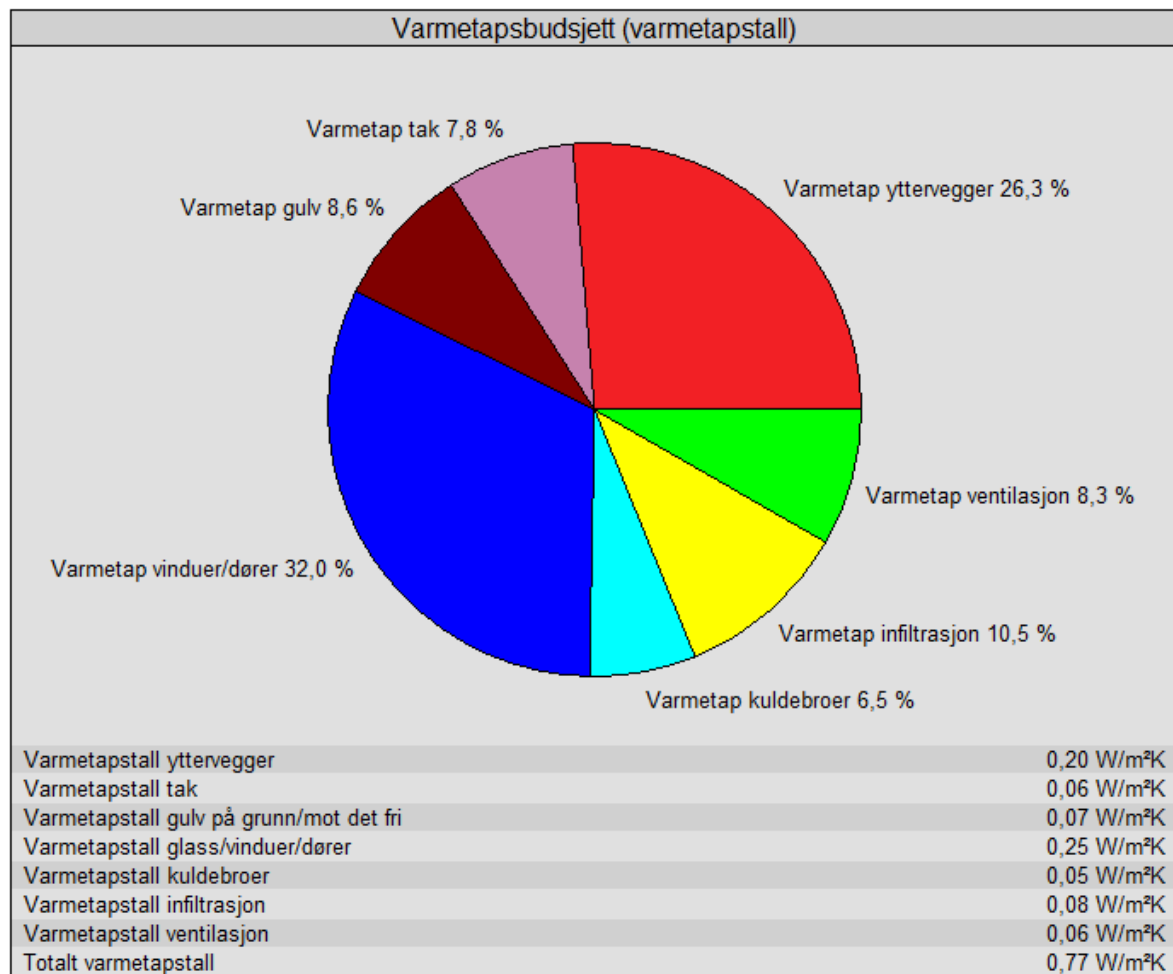
Simuleringsansvarlig: Silje Tveit Eriksen

Firma: Asplan Viak AS

Inndatafil: \\sandvika10\oppdrag\608284\01\Simien\Stord_TEK16_bio_SNB.smi

Prosjekt: Referansebygg TEK16 (klimasone Moss)

Sone: Alle soner





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering TEK07

Tid/dato simulering: 14:28 7/12-2016

Programversjon: 6.004

Simuleringsansvarlig: Silje Tveit Eriksen

Firma: Asplan Viak AS

Inndatafil: \\sandvika10\oppdrag\608284\01\Simien\Stord_TEK16_bio_SNB.smi

Prosjekt: Referansebygg TEK16 (klimasone Moss)

Sone: Alle soner

Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	
Effekt (dekning)	Dekningsgrad energibruk
6,7 kW (90 %)	100 %
6,0 kW (80 %)	100 %
5,2 kW (70 %)	100 %
4,5 kW (60 %)	99 %
3,7 kW (50 %)	97 %
3,0 kW (40 %)	93 %
2,2 kW (30 %)	84 %
1,5 kW (20 %)	66 %
0,7 kW (10 %)	38 %
Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert	-

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	172	
Areal tak [m ²]:	94	
Areal gulv [m ²]:	92	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	40	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	187	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	446	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,22	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,12	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,13	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	1,17	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	21,1	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,05	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	87	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1,50	
Temperaturvirkningsqr. varmegjenvinner [%]:	80	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering TEK07

Tid/dato simulering: 14:28 7/12-2016

Programversjon: 6.004

Simuleringsansvarlig: Silje Tveit Eriksen

Firma: Asplan Viak AS

Inndatafil: \\sandvika10\oppdrag\608284\01\Simien\Stord_TEK16_bio_SNB.smi

Prosjekt: Referansebygg TEK16 (klimasone Moss)

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	80,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ² /s]:	1,50	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	1,20	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	0,50	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,86	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	73	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	16,2	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	
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	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	16,0	
Driftstid belysning (timer)	9,5	
Driftstid utstyr (timer)	9,5	
Oppholdstid personer (timer)	9,5	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	2,24	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	2,24	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	3,52	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	2,11	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	2,85	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	1,45	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,19	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,23	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	0,85/1,00/0,94/1,00	

Energiberegning for TEK10 referansebygg iht. NS 3031



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering TEK10

Tid/dato simulering: 17:32 5/12-2016

Programversjon: 6.004

Simuleringsansvarlig: Silje Tveit Eriksen

Firma: Asplan Viak AS

Inndatafil: S:\oppdrag\sandvika\608284\01\Simien\Stord_TEK16_bio.smi

Prosjekt: Referansebygg TEK16 (klimasone Moss)

Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	9056 kWh	48,4 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	680 kWh	3,6 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	5573 kWh	29,8 kWh/m ²
3a Vifter	819 kWh	4,4 kWh/m ²
3b Pumper	127 kWh	0,7 kWh/m ²
4 Belysning	1931 kWh	10,3 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	3273 kWh	17,5 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	21459 kWh	114,7 kWh/m ²

Lvert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Lvert energi	Spesifikk lvert energi
1a Direkte el.	17728 kWh	94,8 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	6191 kWh	33,1 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt lvert energi, sum 1-7	23919 kWh	127,8 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto lvert energi	23919 kWh	127,8 kWh/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering TEK10

Tid/dato simulering: 17:32 5/12-2016

Programversjon: 6.004

Simuleringsansvarlig: Silje Tveit Eriksen

Firma: Asplan Viak AS

Inndatafil: S:\oppdrag\sandvika\608284\01\Simien\Stord_TEK16_bio.smi

Prosjekt: Referansebygg TEK16 (klimasone Moss)

Sone: Alle soner

Dekning av energibudsjett fordelt på energikilder

Energikilder	Romoppv.	Varmebatterier	Varmtvann	Kjølebatterier	Romkjøling	El. spesifikt
El.	29,0 kWh/m ²	1,8 kWh/m ²	29,8 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	32,9 kWh/m ²
Olje	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Gass	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Fjernvarme	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Biobrensel	19,4 kWh/m ²	1,8 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Varmepumpe	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sol	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Annen	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sum	48,4 kWh/m ²	3,6 kWh/m ²	29,8 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	32,9 kWh/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering TEK10

Tid/dato simulering: 17:32 5/12-2016

Programversjon: 6.004

Simuleringsansvarlig: Silje Tveit Eriksen

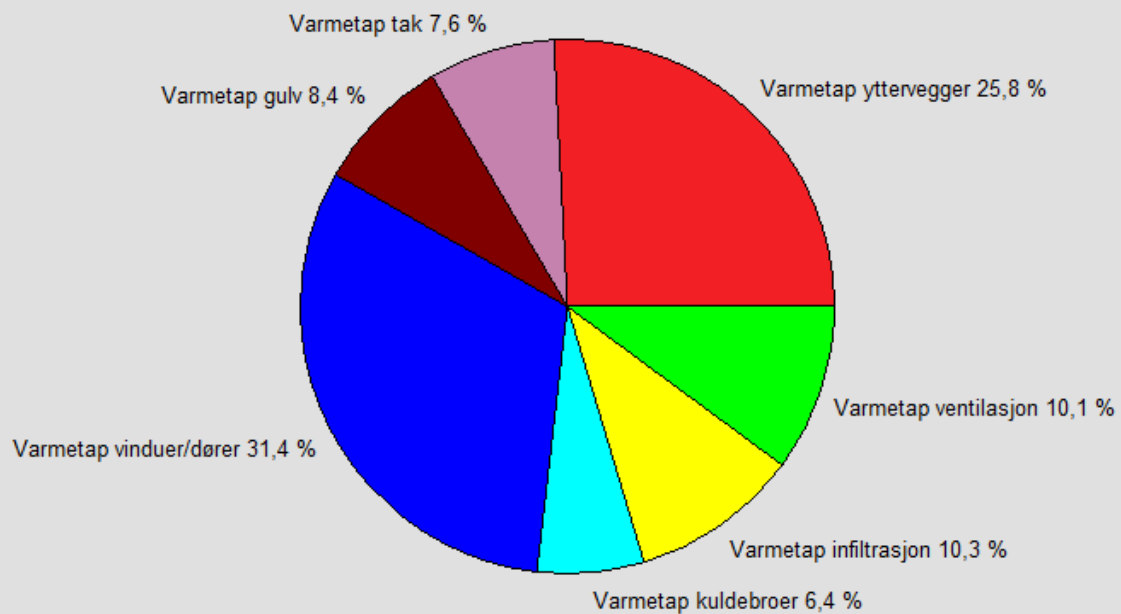
Firma: Asplan Viak AS

Inndatafil: S:\oppdrag\sandvika\608284\01\Simien\Stord_TEK16_bio.smi

Prosjekt: Referansebygg TEK16 (klimasone Moss)

Sone: Alle soner

Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Varmetapstall yttervegger	0,20 W/m ² K
Varmetapstall tak	0,06 W/m ² K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,07 W/m ² K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,25 W/m ² K
Varmetapstall kuldebroer	0,05 W/m ² K
Varmetapstall infiltrasjon	0,08 W/m ² K
Varmetapstall ventilasjon	0,08 W/m ² K
Totalt varmetapstall	0,78 W/m ² K



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering TEK10

Tid/dato simulering: 17:32 5/12-2016

Programversjon: 6.004

Simuleringsansvarlig: Silje Tveit Eriksen

Firma: Asplan Viak AS

Inndatafil: S:\oppdrag\sandvika\608284\01\Simien\Stord_TEK16_bio.smi

Prosjekt: Referansebygg TEK16 (klimasone Moss)

Sone: Alle soner

Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	
Effekt (dekning)	Dekningsgrad energibruk
6,5 kW (90 %)	100 %
5,8 kW (80 %)	100 %
5,1 kW (70 %)	99 %
4,3 kW (60 %)	97 %
3,6 kW (50 %)	93 %
2,9 kW (40 %)	87 %
2,2 kW (30 %)	75 %
1,4 kW (20 %)	58 %
0,7 kW (10 %)	34 %
Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert	-

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	172	
Areal tak [m ²]:	94	
Areal gulv [m ²]:	92	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	40	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	187	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	446	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,22	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,12	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,13	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	1,17	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	21,1	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,05	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	87	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1,50	
Temperaturvirkningsqr. varmegjenvinner [%]:	80	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering TEK10

Tid/dato simulering: 17:32 5/12-2016

Programversjon: 6.004

Simuleringsansvarlig: Silje Tveit Eriksen

Firma: Asplan Viak AS

Inndatafil: S:\oppdrag\sandvika\608284\01\Simien\Stord_TEK16_bio.smi

Prosjekt: Referansebygg TEK16 (klimasone Moss)

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	80,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,50	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	1,20	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,86	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	73	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	
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	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	9,5	
Driftstid utstyr (timer)	9,5	
Oppholdstid personer (timer)	9,5	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	2,24	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	2,24	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	3,52	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	2,11	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	3,40	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	1,45	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,19	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,23	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	0,85/1,00/0,94/1,00	

Vedlegg 6: Underlagsdata for materialbruk til oppgradering og drift og vedlikehold av Villa Dammen

KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALBRUK TIL OPPGRADERING			
Bygningsdel	Produkt	Mengde	Enhet
Gulv	Tre, konstruksjonsvirke, gran (35x300mm)	49,5	m2
		1,7325	m3
Etasjeskiller mot kjeller	Isolasjon, linfiberull	9,9	m3
Loft, tak over bad	Isolasjon, trefiber (Termoträ Original)	11	m3
Tak	Diffusjonsåpen vindsperre	220	m2
Tak	Lekter (30x48mm)	0,6732	m3
Tak	Sløyfer (23x48mm)	0,255024	m3
Tak	Sinkbeslag	0,0072027	m3
Pipe	Teglstein	220	kg
Pipe	Sement (ferdigblandet)	110	kg
Masseovn	Teglstein	1650	kg
Masseovn	Teglstein, ildfast	550	kg
Masseovn	Leirmørtel (20% leire, 80% sand)	330	kg
Masseovn	Kalk	55	kg
Masseovn	Sement	82,5	kg
VVS	Gråvannsvarmegjenvinner (Energy Saver 120l)	30	kg/stk
VVS	Varmtvannsbereder (Ecoline Sun RI SD 300l)	71	kg/stk
VVS	Varmelager, 3 coiler á 14m (62x62x125cm), pumpe & styring	30	kg/stk
Innervegger	Maling	224,75	m2
Himling	Maling	115,6	m2
Fasade	Maling	117,5	m2

KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALBRUK TIL VEDLIKEHOLD, VILLA DAMM

Bygningsdel	Produkt	Mengde	Enhet
VVS	Varmtvannsbereder	1	stk
VVS	Gråvannsvarmegjenvinner	1	stk
Innervegger	Maling	224,75	m2
Himling	Maling	115,6	m2
Fasade	Maling	117,5	m2
Bad	Komplett bad	1	stk
Vinduer, innervinduer	Glass	52,661654	kg
Vinduer, innervinduer	Trevirke	61,522229	kg
Tak	Utskifting av takstein (10%)	160	kg
Vinterhage	Trevirke	1,2527608	m3
Vinterhage	Galvanisert stål	0,02	m3
Vinterhage	Vindsperreduk	21	m2
Vinterhage	Isolasjon, linfiberull	2,37	m3
TOTALT FOR BYGGET			

KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALBRUK TIL VEDLIKEHOLD, VILLA DAMM

Bygningsdel	Produkt	Mengde	Enhet
VVS	Varmtvannsbereder	1	stk
Innervegger	Maling	224,75	m2
Himling	Maling	115,6	m3
Fasade	Maling	117,5	m2
Bad	Komplett bad	1	stk
Vinduer, innervinduer	Glass	52,661654	kg
Vinduer, innervinduer	Trevirke	61,522229	kg
Tak	Utskifting av takstein (10%)	160	kg
Vinterhage	Trevirke	1,2527608	m3
Vinterhage	Galvanisert stål	0,02	m3
Vinterhage	Vindsperreduk	21	m2
Vinterhage	Isolasjon, linfiberull	2,37	m3

Vedlegg 7: Underlagsdata for beregning av utslipp til avhending av Villa Dammen

KLIMAGASSUTSLIPP FRA RIVING/AVHENDING, VILLA DAMMEN, OPPGRADERT				
Bygningsdel	Material	MENGDENE		
		Mengde	Enhet	Omregningsfaktor
Riving	Drivstofforbruk og sortering av materialfraksjoner	178	m2	
Gulv mot grunn	Betong	6	m3	2400 kg/m3
Bærevegger kjeller	Betong	8	m3	2400 kg/m3
Yttervegg vaskerom	Betong	4	m3	2400 kg/m3
Dekke over vaskerom	Betong	2	m3	2400 kg/m3
Utv. trapper og repos.	Betong	1	m3	2400 kg/m3
Utv. trapper og repos.	Granitt	4	m3	2880 kg/m3
Vinduer	Glass	114	kg	
Vinduer	Trevirke	83	kg	
Dører	Ytterdører	4,2	m2	68,4207 kg/m2
Dører	Innerdører	17	m2	27,608 kg/m2
Gulv	Trevirke	2,4	m3	450 kg/m3
Yttervegger	Trevirke	13,5	m3	450 kg/m3
Yttervegger	Isolasjon, linfiberull	9,9	m3	38 kg/m3
Yttervegger	Maling	117,5	m2	0,21429 kg/m2
Innervegger	Trevirke	4	m3	450 kg/m3
Innervegger	Maling	340,35	m2	0,139 kg/m2
Tak	Tegl	125	m2	12,8 kg/m2
Tak	Trevirke	9	m3	450 kg/m3
Tak	Sink	0,0072027	m3	7130 kg/m3
Tak	Vindspærreduk	220	m2	0,075 kg/m2
Bad	Overflater, bad	1	stk	
Trapper	Trevirke	0,5	m3	450 kg/m3
Masseovn	Tegl	2200	kg	
Masseovn	Mørtel	467,5	kg	
Pipe	Tegl	1,8	m3	1850 kg/m3
Elektro	Kabling	112	m2	
VVS	Gråvannsvarmegjenvinner	1	stk	
VVS	Varmtvannsbereeder	1	stk	
VVS	Varmtvannstank	1	stk	
VVS	Pløst	112	m2	
Vinterhage	Trevirke	1,2527608	m3	450 kg/m3
Vinterhage	Galvanisert stål	0,02	m3	7800 kg/m3
Vinterhage	Vindspærreduk	21	m2	0,075 kg/m2
Vinterhage	Isolasjon, linfiberull	2,37	m3	38 kg/m3

KLIMAGASSUTSLIPP FRA RIVING/AVHENDING, VILLA DAMMEN, IKKE OPPGRADERT

		MENGE			
Bygningsdel	Material	Menge	Enhet	Omregningsfaktor	
Riving	Drivstofforbruk og sortering av materialfraksjoner	178	m2	0	0
Gulv mot grunn	Betong	6	m3	2400	kg/m3
Bærevegger kjeller	Betong	8	m3	2400	kg/m3
Yttervegg vaskerom	Betong	4	m3	2400	kg/m3
Dekke over vaskerom	Betong	2	m3	2400	kg/m3
Utv. trapper og repos.	Betong	1	m3	2400	kg/m3
Utv. trapper og repos.	Granitt	4	m3	2880	kg/m3
Vinduer	Glass	113,72307	kg	0	0
Vinduer	Trevirke	82,576933	kg	0	0
Dører	Ytterdører	4,2	m2	68,4207	kg/m2
Dører	Innerdører	17	m2	27,608	kg/m2
Gulv	Trevirke	2,4	m3	450	kg/m3
Yttervegger	Trevirke	13,5	m3	450	kg/m3
Yttervegger	Isolasjon, linfiberull	9,9	m3	38	kg/m3
Yttervegger	Maling	117,5	m2	0,21429	kg/m2
Innervegger	Trevirke	4	m3	450	kg/m3
Innervegger	Maling	340,35	m2	0,139	kg/m2
Tak	Tegl	125	m2	12,8	kg/m2
Tak	Trevirke	9	m3	450	kg/m3
Tak	Sink	0,0072027	m3	7130	kg/m3
Bad	Overflater, bad	1	stk	0	0
Trapper	Trevirke	0,5	m3	450	kg/m3
Pipe	Tegl	1,8	m3	1850	kg/m3
Elektro	Kabling	112	m2	0	0
VVS	Varmtvannstank	1	stk	0	0
VVS	Plast	112	m2	0	0
Vinterhage	Trevirke	1,2527608	m3	450	kg/m3
Vinterhage	Galvanisert stål	0,02	m3	7800	kg/m3
Vinterhage	Vindsperreduk	21	m2	0,075	kg/m2
Vinterhage	Isolasjon, linfiberull	2,37	m3	38	kg/m3

Vedlegg 8: Kilder for utslippsdata

UTSLIPPSTALL

MATERIALER

Material	Kilde
Tre, konstruksjonsvirke, gran	http://www.epd-norge.no/getfile.php/PDF/EPD
Linullisolasjon	http://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/data
Trefiberisolasjon	http://termotra.se/Content/77829/Miljobedomr
Diffusjonsåpen vindsperre, PP	Masteroppgave Dahlstrøm (2011)
Teglstein	Ecoinvent
Varmtvannstank, 200l	Masteroppgave Sørnes (2011)
Syrefast stål	Ecoinvent
Galvanisert stål	Ecoinvent
Sementmørtel	Ecoinvent
Kalkmørtel	Ecoinvent
Sand	Ecoinvent
Maling, innendørs	Ecoinvent
Maling, utendørs	Ecoinvent
Bad, komplett, inkl. svinn	Masteroppgave Dahlstrøm (2011)
Varerammer til vinduer, 1 lag glass med belegg	Masteroppgave Dahlstrøm (2011)
Vindusglass med belegg	Ecoinvent
Limtre	Masteroppgave Dahlstrøm (2011)
Sink	Ecoinvent

TRANSPORT

Transportmiddel	Kilde
Lastebil, materialtransport	Ecoinvent
Lastebil, avfallstransport	Ecoinvent
Lasteskip	Ecoinvent
Lekter	Ecoinvent

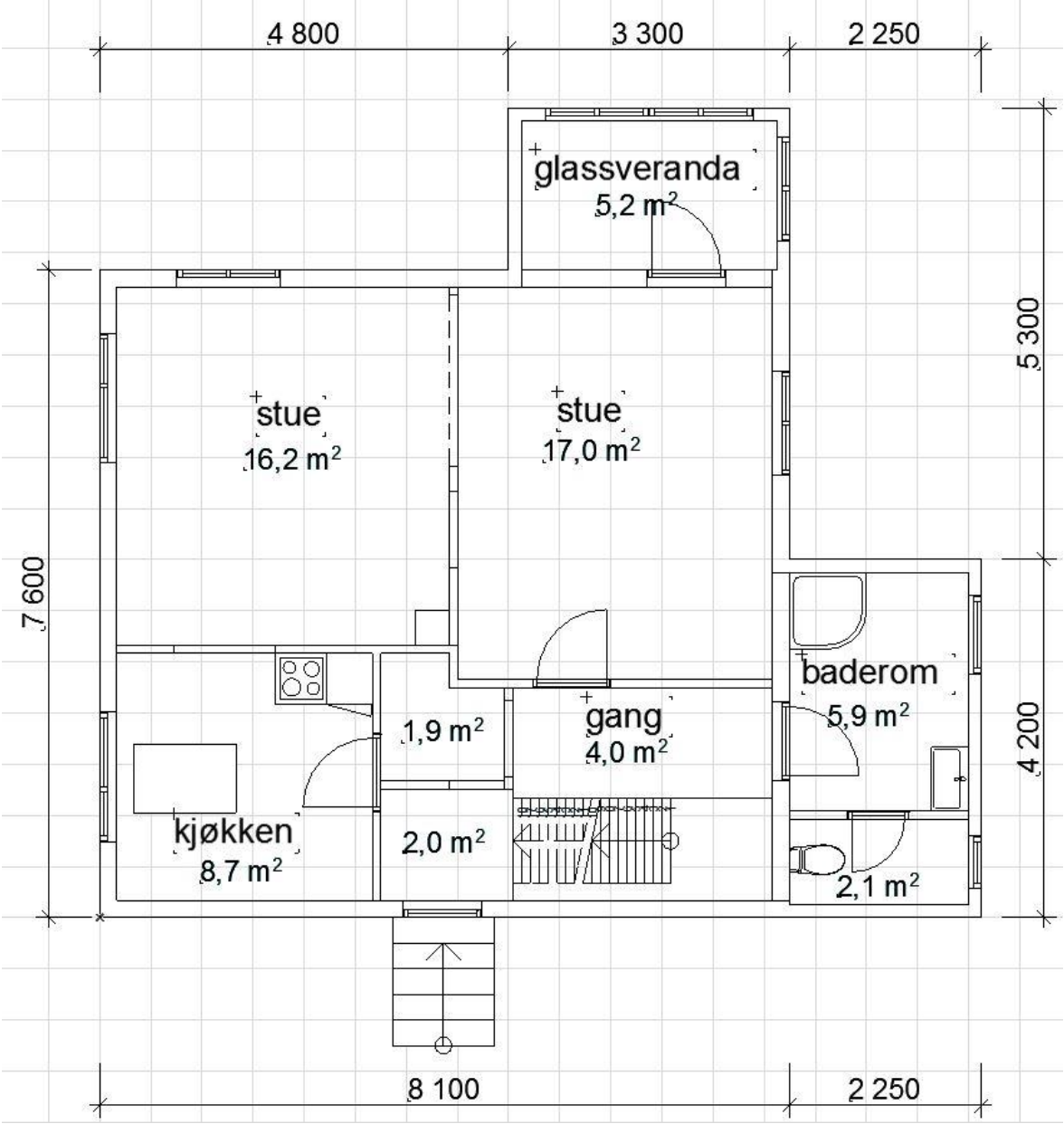
AVFALLSHÅNDTERING

Material	Kilde
Riving	Masteroppgave Dahlstrøm (2011)
Varmtvannstank, 200l	Masteroppgave Sørnes (2011)
Bad, komplett	Masteroppgave Dahlstrøm (2011)
Vinduer, varerammer	Masteroppgave Dahlstrøm (2011)
Uarmert betong, i bygg	Ecoinvent
Trevirke	Ecoinvent
Ytterdør	Ecoinvent
Innerdør	Ecoinvent
Vindu	Masteroppgave Dahlstrøm (2011)
Sink	Ecoinvent
Stål	Ecoinvent
Elektro	Masteroppgave Dahlstrøm (2011)
VVS	Masteroppgave Dahlstrøm (2011)
Tegl	Ecoinvent
Glass	Ecoinvent
Malingsrester, på trevirke	Ecoinvent
Mørtel og sement	Ecoinvent
Armert betong	Ecoinvent
Vindsperreduk	Ecoinvent

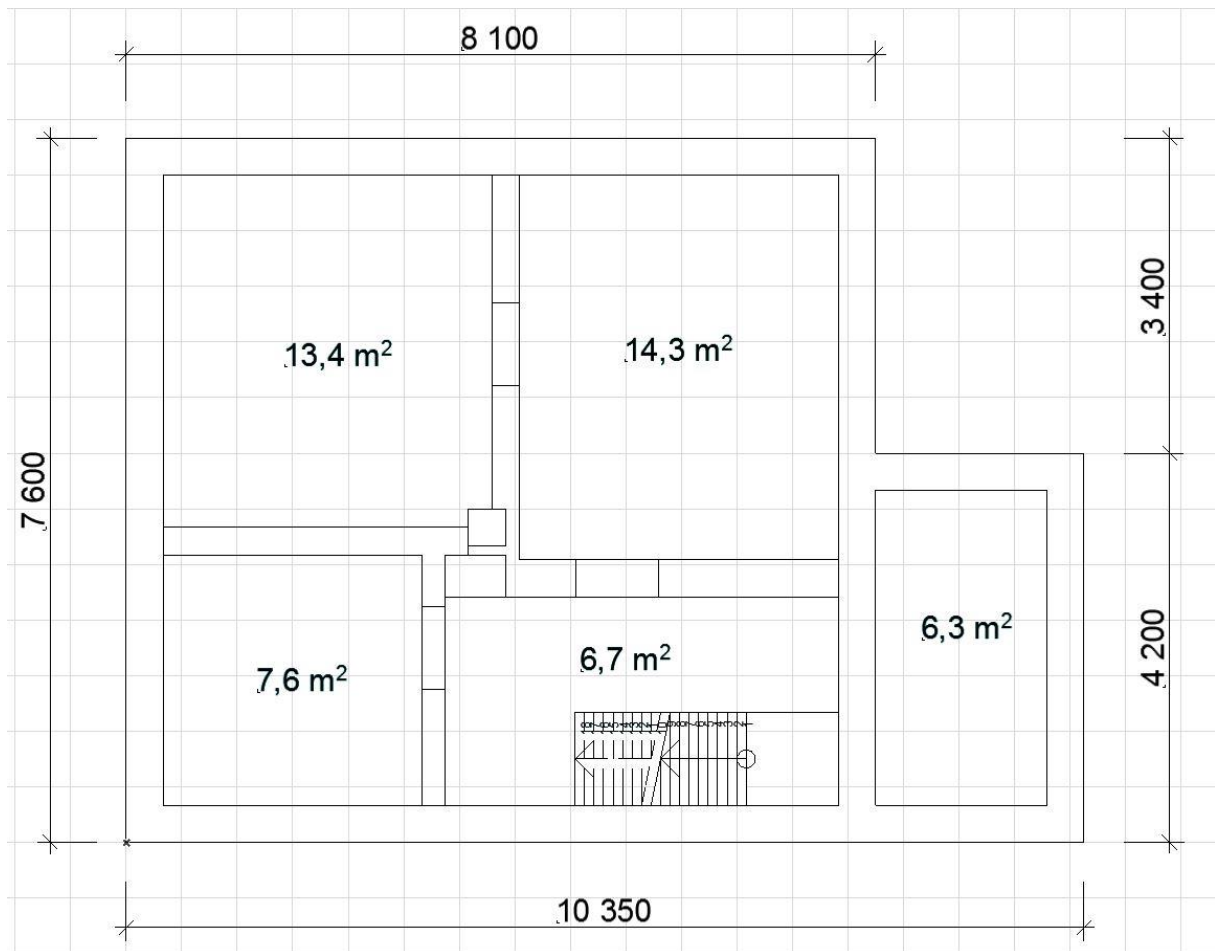
ENERGIKILDER

Energikilde	Kilde
Elektrisitet	ZEB
Parafin	Ecoinvent
Biobrensel, klimanøytral	ZEB
Biobrensel, ikke klimanøytral	NS16449:2014

Vedlegg 9: Plantegninger av Villa Dammen



Plan 1. etasje



Plan Kjeller