BACHELOROPPGAVE:

ENERGI OG ØKONOMISKE BETRAKTNINGER AV PASSIVHUS OG TEK-07 BOLIG

FORFATTERE: **BJØRN IVAR NORD**
TROND S. SØDERLUND
MATS T. GRØTTING

Dato: **25.5.2010**

Sammendrag

Tittel:	Energi og økonomiske betraktninger av passivhus og TEK-07 bolig	Dato : 25.5.2010
Deltakere:	Bjørn Ivar Nord Trond S. Søderlund Mats T. Grøtting	
Veileder:	Fred Johansen	
Oppdragsgiver:	Høgskolen i Gjøvik	
Kontaktperson:		
Stikkord:	Passivhus, Livssykluskostnader, Energiberegninger, Teknisk forskrift	
Antall sider:	Antall vedlegg: 58	Tilgjengelighet (åpen/konfidensiell):

Sammendrag:

"Boliger og næringsbygg, utenom industri, står i dag for ca. en tredjedel av norsk innenlands energibruk og har et CO_2-utslipp på 1,6 millioner tonn, som tilsvarer ca. 3 prosent av de samlede norske klimagassutslippene".(klimakur2020)

Begreper som "*reduksjon av drivhusgasser*", "*global oppvarming*", "*energieffektivisering*" og "*bærekraftig utvikling*" er høyst aktuelle både nasjonalt og internasjonalt.

Vi ønsket å se nærmere på energieffektivisering og hvordan dette påvirket økonomi og miljø i forhold til et samfunnsøkonomisk og et privatøkonomisk perspektiv. Vi valgte å sammenlikne to boligtyper, en bolig oppført etter den nye passivhusstandarden NS 3700 og en bolig oppført etter TEK-07.

Vi valgte å gjennomføre energiberegninger og livssykluskostnader for boligene ved tre ulike lokasjoner i Norge, dette for å danne et godt vurderingsgrunnlag.

Vi kom frem til at med våre forutsetninger var TEK-07 boligen det beste privatøkonomiske alternativet, mens samfunnsøkonomisk var passivhuset det beste alternativet.

Forord

Utgangspunktet for denne rapporten har som mål at vi som avgangsstudenter ved studiet Bachelor i ingeniørfag - bygg, prosjektstyring og ledelse ved Høgskolen i Gjøvik skulle skrive en avsluttende Hovedoppgave.

Herunder fikk vi i oppgave å utarbeide et forprosjekt i slutten av femte semester som videre dannet grunnlag for endelig bacheloroppgave. Prosessen herunder var både utfordrende samt tidkrevende men etter en del idemyldring valgte gruppen å se på hvilke utfordringer som er knyttet opp mot byggsektoren i disse tider.

Siden det her er et stort potensial vedrørende energibesparende tiltak rundt boligmassen valgte vi derfor å utarbeide en oppgave som omhandlet to boliger oppført i henholdsvis TEK-07 og passivhus standard. Vi valgte samtidig å se på økonomiske betraktninger ved å utføre en LCC-analyse som sammenligningsgrunnlag for de valgte standardene.

Gjennom store deler av prosjektets gang har vi vært nødt til å tilegne oss ny kunnskap i form av arbeid med diverse standarder og faglig litteratur, noe som har vært både motiverende og informativt.

Som en oppsummering vil vi si at prosjektet har vist seg å være svært utfordrende, spennende, krevende samt meget lærerikt, og det har gitt oss en innføring i aktuelle problemstillinger vi med stor sannsynlighet vil møte som fremtidige byggingeniører.

Bachelor gruppen har samtidig med prosjektet utarbeidet en hjemmeside for bacheloroppgaven.
URL: http://hovedprosjekter.hig.no/v2010/tol/bygg/energi/index.html

Vedrørende utarbeidelsen med rapporten har vi valgt å følge "Retningslinjer for bacheloroppgave ved Høgskolen i Gjøvik", i den grad dette har vært i samsvar med strukturen vi har valgt gjennomføre oppgaven på
URL: http://www.hig.no/student/bacheloroppgave/retningslinjer

Vi vil herunder rette en stor takk til vår veileder ved høgskolen i Gjøvik Fred Johansen samt Trine D. Pettersen fra Mesterhus for grunnlagsdata for de ulike boligene av passivhus og TEK-07 standard

Prosjektstyring og ledelse ved Høgskolen i Gjøvik har bestått av følgende personer:
Bjørn Ivar Nord, Mats T. Grøtting og Trond S. Søderlund

Gjøvik, 25. mai 2010

Innholdsfortegnelse

INNHOLDSFORTEGNELSE **1**

1. INNLEDNING **4**

1.1 INTRODUKSJON 4
1.2 BAKGRUNN 6
1.3 PROBLEMSTILLING 7
1.4 BEGRENSNINGER 7
1.5 OPPGAVEBESKRIVELSE 7

2. TEORI **8**

2.1 PASSIVHUS 8
2.1.1Generelt *8*
2.1.2 Krav *8*
2.1.3 Energiforsyning *8*
2.1.4 Internasjonalekrav *9*
2.2 TEK-07 10
2.3 NS 3031 12
2.3.1 Generelt om standarden *12*
2.3.2 Termer, definisjoner og symboler *12*
2.3.3 Utdrag fra fellesbestemmelsene *12*
2.4 NS 3940 14
2.5 LCC 15
2.5.1 Definisjon *15*
2.5.2 Kostnadsbegrep *16*
2.5.3 Beregningsmodell *16*
2.5.4 Norsk Standard NS 3454 – Definisjoner *18*
2.5.5 Kostnadsoppstilling, NS 3454, Kontoplanen *19*
2.5.6 Hovedpostene i kostnadsoppstillingen *19*

3. METODE **20**

3.1 ARBEIDSMETODE 20
3.2 ENERGIBEREGNINGER 20
3.3 LCC 21

4. GJENNOMFØRING **22**

4.1 GENERELT 22
4.2 ENERGIBEREGNINGER 22
4.2.1Passivhus *23*
4.2.1.1 Varmetapstall 23
4.2.1.2 Energibudsjett 24
4.2.1.3 Levert energi til bygning 25
4.2.2 Tek-07 bolig *26*
4.2.1.1 Varmetapstall 26
4.2.1.2 Energibudsjett 27
4.2.1.3 Levert energi til bygning 28
4.3 LIVSLØPS KOSTNADER (LCC) 29
4.4 BEREGNING AV CO_2 UTSLIPP 39

5. DISKUSJON **40**

5.1 ENERGIBEREGNINGER 40
5.1.1 Usikkerheter *40*

5.1.2 Argumenter for valg ... *41*
5.1.3 Vurdering av resultatene ... *42*
5.2 LIVS SYKLUS KOSTNADER ... 44
5.2.1 Usikkerheter ... *44*
5.1.2 Argumenter for valg ... *44*
5.1.3 Vurdering av resultatene ... *45*
5.3 CO_2 UTSLIPP ... 49

6. KONKLUSJON ... 50

KILDER ... 52

VEDLEGG ... 54

A. SKJEMA FOR INNDATA ... 54
A.1 Inndata skjema for passivhus ... *54*
A.2 Inndata TEK-07 bolig ... *56*
B. ENERGIBEREGNINGER ... 58
B.1 Energiberegninger for passivhus ... *58*
B.1.1 Varmetap ... 58
B.1.2 Varmetilskudd ... 66
B.1.3 Energibehov for romoppvarming ... 69
B.1.4 Energibehov for vifter ... 73
B.1.5 Varmebehov for frostsikring av varmegjenvinner ... 74
B.1.6 Energibudsjett ... 75
B.1.7 Beregning av behov for levert elektrisitet ... 76
B.2 Energiberegninger for TEK-07 Bolig ... *79*
B.2.1 Varmetap ... 79
B.2.2 Varmetilskudd ... 85
B.2.3 Energibehov for romoppvarming ... 88
B.2.4 Energibehov for vifter ... 92
B.2.5 Varmebehov for frostsikring av varmegjenvinner ... 93
B.2.6 Energibudsjett ... 94
B.2.7 Beregning av behov for levert elektrisitet ... 95
C. LCC ... 98
C.1 Ordforklaring ... *98*
C.2 Kontoplan og beskrivelse ... *100*
C.3 Kommunale avgifter ... *101*
C.4 Beregning energi ... *102*
C.5 Vedlikeholdskostnader ... *103*
C.6 Faktortabeller ... *104*
C.7 Estimerte merkostnader ... *107*
C.8 Valg av kalkulasjonstente ... *108*
D. INFORMATIVT ... 109
D.1 Strålingsfluks ... *109*
D.2 Vindus- og dørarealer Passivhus ... *110*
D.3 Vindus- og dørarealer TEK-07 ... *112*
D.4 Klimadata ... *113*
D.5 Spesifikt varmetilskudd fra tilluftsvifter for passivhus ... *114*
D.6 Spesifikt varmetilskudd fra tilluftsvifter for TEK'07 ... *115*
D.7 Solskjermingsfaktor ... *116*
D.8 Gjennomsnittlig total solfaktor, passivhus ... *117*
D.9 Gjennomsnittlig total solfaktor, TEK-07 ... *119*
D.10 Effektivt vindusareal, TEK-07 ... *121*
D.11 Effektivt vindusareal, passivhus ... *122*
D.12 BRA og nettovolum for passivhus ... *123*
D.13 Kriterier for passivhus etter NS-3700 ... *124*
D.14 Mesterhus Karita med passivhus-utførelse ... *126*
D.15 kantisolasjon passivhus ... *135*
D.16 kantisolasjon TEK-07 ... *136*

D.17 Varmtapstall TEK07 ..... *137*
D.18 Varmtapstall passivhus *138*
D.19 Arealer og omkretser for PASSIVHUS *139*
D.20 Arealer og omkretser for TEK07 ..... *140*
D.21 Symbolliste for energiberegninger *141*
D.22 Utdrag fra grunnlag TEK-07 Karita *142*
D.23 CO_2-utslipp for passivhus og TEK'07 bolig *143*
E. TEGNINGER 144
E.1 Første etasje TEK-07 ..... *144*
E.2 Andre etasje TEK-07 ..... *145*
E.3 Bjelkelag TEK-07 ..... *146*
E.4 Fundament TEK-07 ..... *147*
E.6 Snitt TEK-07 ..... *148*
E.7 Første etasje passivhus *149*
E.8 Andre etasje passivhus *150*
E.9 Snitt passivhus *151*
F. DIVERSE 152
F.1 Forprosjekt med gruppeavtale *152*
F.2 Logg *155*
F.3 Møtereferat *160*
F.4 Prosjektavtale *162*

1. Innledning

1.1 Introduksjon

Energi effektivisering i bygninger i Europa

I henhold til en avhandling publisert i 2010 av Katharina Thullner[1] i Sverige hevdes det følgende:
" Standards for low-energy buildings in Europe have proceeded differently in each country and today there is no common certification or legislation for low-energy buildings valid for all European member states. As a movement towards reducing energy use and emissions, a common legislation concerning buildings' energy performance, the EPBD was published in 2002 and came into force January 2003."

Fra dette fremgår det at standarder for lavenergi bygninger er per i dag ulike for de fleste land i Europa. Felles for de europeiske landene når det gjelder energieffektivisering er EU direktivet EPBD 2002/91/EC[2].
EU direktivet EPBD 2002/91/EC[2] har etter artikkel 1 som mål å fremme økt energieffektivitet i bygninger i Fellesskapet, idet det tas hensyn til uteklima og lokale forhold samt krav til inneklima og kostnadseffektivitet(St.prp. nr. 79 (2003-2004))[3].
Fra sammendraget[4] til direktivet er bakgrunnen beskrevet på følgende måte:

" The Directive forms part of the Community initiatives on climate change (commitments under the Kyoto Protocol) and security of supply (the Green Paper on security of supply). Firstly, the Community is increasingly dependent on external energy sources and, secondly, greenhouse gas emissions are on the increase. The Community can have little influence on energy supply but can influence energy demand. One possible solution to both the above problems is to reduce energy consumption by improving energy efficiency.

Energy consumption for buildings-related services accounts for approximately one third of total EU energy consumption. The Commission considers that, with initiatives in this area, significant energy savings can be achieved, thus helping to attain objectives on climate change and security of supply. Community-level measures must be framed in order to deal with such Community-level challenges."

Fra dette fremgår det at energiforbruket i bygninger står for omtrentlig en tredjedel av EUs totale energiforbruk. Her ser EU at med tiltak innen dette området så kan deler av målene rundt klima forandringer og dets ønske om å bli mindre avhengig av ekstern energi oppnås. Disse to punktene danner bakgrunnen for EU direktivet EPBD 2002/91/EC[2].

Direktivet gir et felles rammeverk for å fremme mer energieffektive bygninger innenfor EU/EØS (innlemmet i EØS-avtalen i 2004) og tar høyde for klimatiske og nasjonale forhold.

Direktivet inneholder fire hovedelementer(St.prp. nr. 79 (2003-2004))[3]:

- felles metode for utregning av energibruken i bygninger
- definerte nasjonale energikrav for nye bygg og bygninger som renoveres, med visse unntak
- Innføring av energisertifikat for nye og eksisterende bygg som viser hvor energieffektive byggene er, sett i sammenheng med energikravene.
- Periodisk inspeksjon av klimaanlegg over 12kW og fyringsanlegg over 20kW med hensyn til energibruk.

EPBD 2002/91/EC[2] som grunnlag for noen norske forskrifter og standarder

Norge som en del av EØS er knyttet til dette direktivet gjennom EØS-avtalens vedlegg IV, som ble innlemmet i 2004 (se St.prp. nr. 79 (2003-2004))[3]. Direktivet sier i artikkel 15(1) at alle medlemsstatene skal innen 4. januar 2006 sette i kraft de lover og forskrifter som er nødvendige for å etterkomme dette direktivet.

Fra en pressemelding[5] datert 31.5.2006 offentliggjør Kommunal- og regionaldepartementet forslag til ny byggefortskrift som skal ut på høring. De nye reglene skal tre i kraft 1.januar 2007 med en overgangsperiode til 2009, altså den nye TEK-07[6] forskriftene som er gjeldende i dag.

Fra NS-3031:2007[7] – *Beregninger av bygningers energiytelse metode og data,* henvises det til at standarden kompletterer og følger reglene og metodene der de finnes i de europeiske standardene knyttet til Bygningsenergidirektivet 2002/91/EC[2].

1.2 Bakgrunn

Bakgrunnen for oppgaven bygger på kapittel *15.2 Energibruk* i hovedrapporten Klimakur 2020 [8]. Her er følgende beskrevet om energibruk for bygninger:

"Boliger og næringsbygg, utenom industri, står i dag for ca. en tredjedel av norsk innenlands energibruk og har et CO2-utslipp på 1,6 millioner tonn, som tilsvarer ca. 3 prosent av de samlede norske klimagassutslippene".

Samtidig er begreper som "*reduksjon av drivhusgasser*", "*global oppvarming*", "*energieffektivisering*" og "*bærekraftig utvikling*" høyst aktuelle både nasjonalt og internasjonalt. Fra Stortingsmelding nr. 34 (2006-2007) *Norsk Klimapolitikk* (klimameldingen) varslet regjeringen at den vil legge frem en vurdering av klimapolitikken og behovet for endrede virkemidlet for Stortinget i 2010(*kilmakur2020*).

Fra kapittel 15 i klimakur2020[8] er det for bygg beskrevet fem energieffektiviseringstiltak:

"De fem hovedtiltakene for energieffektivisering er energioppfølging (EOS), isolering og tetting, teknisk utstyr (BTT – beste tilgjengelige teknologi), energistyring og lavenergiløsninger, der sistnevnte er en tiltakspakke der alle ovennevnte tiltak er kombinert sammen, i tillegg til at vinduer skiftes ut".

Fra kapittel 15.5.1 i klimakur2020[8] er det beskrevet ulike virkemidler som kan utløse energieffektiviseringstiltak, blant disse er: *"… innstramming av teknisk forskrift for bygg (TEK) med krav om lavenergiløsninger og passivløsninger…"*.

Siden det har blitt økt fokus den siste tiden på energieffektivisering ønsker vi å se nærmere på sist nevnte tiltak og sammenligne to boliger, den ene oppført etter dagens gjeldende TEK-07[6] og den andre etter passivhus standarden*, NS 3700 – Kriterier for lavenergi- og passivhus – Boligbygninger[9],* som har strengere krav enn dagens TEK-07[6].

Vi har derfor satt oss følgende prosjektmål:

Hovedmålet med prosjektet er å undersøke om boliger oppført etter passivhus standarden er mer energiøkonomiske enn boliger oppført etter kriteriene i § 8-21 a) i TEK -07[6].
Med dette mener vi om et passivhus er økonomisk gunstigere over tid i forhold til bolig oppført etter kriteriene i § 8-21 a) i TEK -07[6].

Delmål:

- Gjennomføre energi beregninger i henhold til NS-3031[7]
- Foreta livsløps analyse (LCC)
- Finne mengde co_2 utslipp grunnet energiforbruk etter NS-3031[7] og kostnader knyttet til dette

1.3 Problemstilling

Sammenlikne de energiøkonomiske kostnadene, de miljømessige kostnadene og livssykluskostnader for å gjøre en vurdering av hvilket alternativ som er mest lønnsomt, både privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk.

Delproblemstilling:

Hvilken betydning har geografisk lokasjon i Norge i forhold til hovedproblemstilling.

1.4 Begrensninger

Det vil kun bli sett på en boligtype fra mesterhus som blir utført etter både passivstandard og etter kriterier i TEK-07[6]. Grunnlagsmaterialet for passivhuset, som i dag er oppført etter lokale klimaforhold i Bodø, vil kunne gi bedre eller dårligere ved de andre lokasjonene enn hva kriteriene for passivhus tilsier.

Det benyttes kun tre geografiske lokasjoner for tenkt plassering av bygningene, og det er antatte grunnforhold som benyttes.

Når det gjelder mengde utslipp av co_2 så beregnes kun den mengden utslipp som kommer fra energiforbruket i boligens antatte levetid.

1.5 Oppgavebeskrivelse

Vi skal utføre energiberegninger ved bruk av NS 3031[7], for to boliger oppført etter ulike energieffektiviserings kriterier. Deretter skal det gjøres en økonomisk analyse ved bruk av LCC. Dette skal gjøres for begge boligene på de ulike geografiske lokasjonene, Karasjok, Oslo og Kvitsøy. Disse lokasjonene er valgt på grunnlag av årsmiddeltemperatur. Da henholdsvis laveste og høyeste årsmiddeltemperatur og standard referanse (Oslo) i NS 3031[7].

Når beregningene er gjennomført vil vi vurdere hvilken av boligene som har størst økonomisk gevinst, samt se hvilken betydning lokasjon har. I vurderingen vil vi ta hensyn til forhold som privat- og samfunnsøkonomi, ulike tekniske løsninger, behov for levert elektrisitet og energibudsjett.

Målgruppe:

Målgruppen for denne hovedoppgaven vil i all hovedsak være medstudenter på HiG.

2. Teori

2.1 Passivhus

2.1.1Generelt

Begrepet passivhus ble opprinnelig utviklet av passivhusinstituttet i tyskland, som står for en sertifisering av byggeprodukter og bygninger. Passivhus av fått større og større utbredelse i flere europeiske land. Det som kjennetegner et passivhus er at det har et veldig lavt energibehov, høy kvalitet og et godt inneklima. I Norge kom det en egen standard for passivhus NS 3700[9] i april.

Passivhus har fått stor utbredelse i Tyskland og Østerrike, og etter hvert også i andre land i Europa som Sveits, Belgia, Nederland og Sverige. Også i Norge øker også interessen for passivhus og det er flere prosjekter i gang i Norge i dag.

2.1.2 Krav

Minstekrav til bygningsdeler, komponenter og lekasjetall gitt i standarden NS 3700[9]

- U-verdi yttervegg $\leq 0{,}15\ W/(m^2 \cdot K)$
- U-verdi tak $\leq 0{,}13\ W/(m^2 \cdot K)$
- U-verdi gulv $\leq 0{,}15\ W/(m^2 \cdot K)$
- U-verdi vindu $\leq 0{,}80\ W/(m^2 \cdot K)$
- U-verdi dør $\leq 0{,}80\ W/(m^2 \cdot K)$
- Normalisert kuldebroverdi $\leq 0{,}03\ W/(m^2 \cdot K)$
- Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad $\leq 80\%$
- SFP-faktor ventilasjonsanlegg $\leq 1{,}5\ kW/(m^3 \cdot s)$
- Lekkasjetall ved 50 Pa $\leq 0{,}6\ h^{-1}$

I Norge har vi et litt annet klima, og har derfor andre krav enn de fra passivhus instituttet i Tyskland[10]. Dette fordi klima i nord til sør i Norge er vidt forskjellig. Dette tar man da hensyn til i beregningene etter tabell 3 NS3700[9]. Det vil si at man får et tilegg til minstekravet der det er lav gjennomsnittstemperatur.

2.1.3 Energiforsyning

Det stilles krav til at det benyttes andre energivarer enn elektrisitet og fossile brensler. Beregnet mengde levert elektrisk og fossil energi skal være mindre enn totalt netto energi behov fratrukket 50 % av netto energibehov til varmtvann NS 3700[9]

2.1.4 Internasjonalekrav

I motsetning til den norske standarden har det tyske passivhus instituttet[10] ett krav til romoppvarming for alle geografiske plasseringer i tyskland. Kravet er at beregnet årlig energibehov til romoppvarming ikke må overstige 15 kWh/m² per år.

2.2 TEK-07

TEK [6] er gitt som utfylling til bestemmelsen i plan- og bygningsloven, samt for gjennomføring av Norges forpliktelser i forhold til EØS-avtalen for krav til byggverk og til produkter i byggverk(jf. forskriftens § 1-1).

Blant de ulike kravene til byggverk og produkter til byggverk er det et avsnitt som omhandler energibruk. § 8-2 i dette avsnittet gir krav knyttet til energibruken.

Fra paragrafen er det beskrevet følgende:
"Byggverk skal utføres slik at det fremmer lavt energibehov. Byggverk skal plasseres og/eller utformes med hensyn til energieffektivitet, avhengig av lokale forhold".

Videre i avsnittet om energibruk gir forskriften følgende krav til energieffektivitet (§ 8-21):
"Bygning skal være så energieffektiv at den enten tilfredsstiller de krav som er angitt til energitiltak under bokstav a eller kravene til samlet netto energibehov (rammekrav) som angitt under bokstav b. Minstekrav i bokstav c skal uansett ikke overskrides.

For beregning av bruksareal (BRA) legges definisjonene i NS 3940[11] til grunn.

a) Energitiltak

Energitiltak i bygning skal tilfredsstille følgende nivå:

- *Samlet glass-, vindus- og dørareal: maksimalt 20% av bygningens oppvarmede bruksareal (BRA).*
- *U-verdi yttervegg: 0,18 W/m^2 K.*
- *U-verdi tak: 0,13 W/m^2 K.*
- *U-verdi gulv på grunn og mot det fri: 0,15 W/m^2 K.*
- *U-verdi glass/vinduer/dører: 1,2 W/m^2 K som gjennomsnittsverdi inkludert karm/ramme.*
- *Normalisert kuldebroverdi skal ikke overstige 0,03 W/m^2 K for småhus og 0,06 W/m^2 K for øvrige bygg, der m^2 angis i oppvarmet BRA.*
- *Lufttetthet: 1,5 luftvekslinger pr. time ved 50 Pa trykkforskjell. For småhus gjelder 2,5 luftvekslinger pr. time ved 50 Pa trykkforskjell.*
- *Årsmidlere temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg: 70%.*
- *Spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg, SFP-faktor (specific fan power):*
- *næringsbygg 2/1 kW/m^3 s (dag/natt)*
- *bolig 2,5 kW/m^3 s (hele døgnet).*
- *Automatisk utvendig solskjermingsutstyr eller andre tiltak for å oppfylle krav til termisk komfort uten bruk av lokalkjøling.*
- *Natt- og helgesenking av innetemperatur til 19 °C for de bygningstyper der det kan skilles mellom natt, dag og helgedrift. Idrettsbygg skal ha natt- og helgesenking av innetemperatur til 17 °C.*

Det er tillatt å fravike et eller flere av energitiltakene, dersom kompenserende tiltak gjør at bygningens energibehov ikke økes".

Som vi ser av paragraf § 8-21 første ledd skal ikke bygninger ikke overskride følgende mistekrav angitt i denne paragrafen:

”c) Minstekrav
Følgende minstekrav skal ikke overskrides:

	U-verdi yttervegg, W/m² K	***U-verdi tak, W/m² K***	***U-verdi gulv på grunn og mot det fri, W/m² K***	***U-verdi vindu, W/m² K***	***Lufttetthet, luftvekslinger pr. time ved 50 Pa trykkforskjell***
Bygning	*0,22*	*0,18*	*0,18*	*1,6*	*3,0*

”

Når det gjelder energiforsyningen til bygninger gir forskriften følgende krav i § 8-22:

”Bygning skal prosjekteres og utføres slik at en vesentlig del av varmebehovet kan dekkes med annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler hos sluttbruker.

Kravet til energiforsyning i første ledd gjelder ikke for bygning med et særlig lavt varmebehov eller dersom det fører til merkostnader over bygningens livsløp.

Boliger som etter annet ledd unntas krav om energiforsyning etter første ledd, skal ha skorstein og lukket ildsted for bruk av biobrensel. Dette gjelder likevel ikke boliger under 50 m² BRA”.

For paragraf § 8-22 andre ledd gir veiledning til TEK[12] følgende beskrivelse av hvordan dette leddet tolkes:

”Plikten etter første ledd bortfaller dersom ett av kriteriene nedenfor er oppfylt:

a) bygningens netto varmebehov er lavere enn 17.000 kWh/år.
b) tiltakshaver kan dokumentere at varmeløsningene medfører merkostnader over bygningens livsløp, sammenlignet med bruk av elektrisitet og/eller fossile brensler”.

2.3 NS 3031

2.3.1 Generelt om standarden

Norsk standard NS 3031:2007 [7]omfatter beregning av bygningers energiytelse. Standarden inneholder fellesbestemmelser og inndata som skal benyttes ved de ulike metodene beskrevet i standarden.

De ulike metodene er hhv en stasjonær metode og to dynamiske metoder, der den kun den stasjonære metoden er beskrevet i detalj. Standarden forteller blant annet hvordan varmetapstall, totalt netto energibehov, CO_2-utslipp og energikostnad skal bergenes.

Til disse beregningene er det også standardiserte inndata som kan benyttes for å forenkle noen av regne prosessene. NS 3031:2007 [7] kan blant annet brukes til å beregne og dokumentere bygningers teoretiske energibehov, samt på bakgrunn av behov for levert energi kan det beregnes CO_2-utslipp og energikostnad for den enkelte energivaren. All bruk av denne standarden vil henvises underveis i oppgaven.

2.3.2 Termer, definisjoner og symboler

Standarden inneholder et eget kapittel som omhandler termer, definisjoner og symboler. Disse termene, definisjonene og symbolene benyttes videre i denne oppgaven i de tilhørende vedleggene.

2.3.3 Utdrag fra fellesbestemmelsene

Standarden deler inndataene for energibehovsberegninger inn i tre deler

- standardverdier
- veiledende verdier
- dokumenterte verdier

Standardverdiene og de veiledende verdiene er gitt i standarden, disse kan benyttes dersom man ikke har egne verdier dokumentert etter andre standarder eller anerkjente metoder.

For arealer og volumer henvises det i hovedsak til beregningsmetoder i NS-3940 [11].

Videre er det beskrevet at bygninger skal deles opp i flere soner ut fra følgende forhold:

- flerfunksjonsbygninger
- ulike tekniske installasjonssystemer som betjener forskjellige deler av bygget
- ulikt soltilskudd i forskjellige deler av bygningen
- ulike interne varmetilskudd i forskjellige deler av bygget

Flerfunksjonsbygninger omfatter bygninger som har flere funksjoner enn en. Disse skal da deles inn i de ulike bygningskategoriene som omfattes etter tabell 3 i NS-3031 [7].

For bygninger med en ensartet bruksfunksjon der deler av bygningen bruker forskjellige oppvarmings-, kjøle- eller ventilasjonssystemer med ulike energiytelser skal bygningen beregningsmessig deles opp i soner.

For tilfeller der deler av bygningen får en betydelig større andel soltilskudd, skal bygningen beregningsmessig deles opp i soner. Tilfeller med moderate vindus- og glassarealer og med effektiv utvendig solskjerming vil det være nøyaktig nok å beregne med en sone (gjelder ikke for blant annet dimensjonerende oppvarmingsbehov).

Der det er store vindus- og glassarealer og/eller lite effektiv solskjerming skal bygningen deles inn i soner. Når produktet av arealandelen vinduer, dører og glassfelt, γ_{sol}, og total solfaktor for vindu og solskjerming overskrider 5 % deles bygget opp i minst tre soner med dybder som vist i NS-3031[7]. For slanke bygg kan det reduseres til to beregningssoner.

Der det i deler av bygningen er store interne varmetilskudd er det nødvendig og beregnningsmessig dele bygget opp i soner.

Beregningsmetode deles opp i to typer, stasjonær metode og dynamisk metode. Av disse to typene har dynamisk to alternativer, forenklet timeberegning og detaljert validerte beregningsprogrammer. Fra dette ser vi at vi alt har tre alternativer å velge mellom.

Valget av beregningsmetode avhenger av hvordan den aktuelle bygningen er tenkt eller brukes, dens og installasjonenes kompleksitet, om bygningen er ny eller eksisterende og formålet med energibehovsberegningen. For enkle bygg uten kjølesystemer og med normalt glassareal i klimaskjermen vil en månedsstasjonær metode kunne gi resultater som er nøyaktige nok. Med enkle bygninger menes bygg med liten grad av dynamiske påvirkinger.

2.4 NS 3940

Standarden NS 3940[11]

Standarden omhandler definisjoner og beregninger av areal- og volumbegreper.
De definisjonene og enhetene som er gjeldene for standarden benyttes videre i våres oppgave.

Arealer beregnes av måleverdige deler, dette er når fri høyde er minst 1,90 m og bredde er på minst 0,60 m. Det har ingen betydning om bygningsvolumet er tilgjengelig eller ikke, om det mangler gulv, vinduer, varmeisolering mv. Arealer angis i kvadratmeter med en desimal.

For bruksareal BRA regnes bruttoareal minus arealet som opptas av yttervegger.

Nettoareal er arealet mellom innside vegger for omsluttende bygningsdeler. Dette arealet bestemmes separat for hvert plan.

Nettovolum er produktet av nettoarealet og høyden mellom gulvets overkant og underkant i overliggende dekkekonstruksjonen/himling.

2.5 LCC

Teorien som er fremlagt her er basert på revidert utgave av NS 3454 2. utgave mars 2000 med navnet ”Livssykluskostnader for byggverk – prinsipper og struktur”[13].

Vi har også benyttet oss av ulike normative referanser herunder

- *Årskostnader*[14].
- *”Livssykluskostnader for bygninger Innføring og prinsipper, Beslutningsprosessen, Kalkyleanvisning, Eksempler”*[15]
- Norsk Standard 3454 ”Livssykluskostnader for byggverk"[13]
- Veiledning til praktisk bruk av LCC Multiconsult[16]

2.5.1 Definisjon

Livssykluskostnader innbefatter både investeringskostnadene (selve anskaffelsen) og FDVU - kostnader gjennom hele bruksperioden (forvaltning, drift, vedlikehold, utvikling) til og med riving.

NS 3454[13] "Livssykluskostnader for byggverk" er en metode å strukturere kostnader på og er et hjelpemiddel i planlegging, prosjektering og bruksfasen. Årskostnadene er en annuitet av levetidskostnaden. Den er et utrykk for de gjennomsnittlige årlige kostnader, inkludert renter og avskrivninger av kapitalen som påløper bygningen. Dette innebærer det beløp som må settes til side hvert år for å dekke alle kostnadene som påløper bygningen over levetiden.

LCC er en forkortelse for det engelske uttrykket ”Life Cycle Costing”, som kan oversettes til livssykluskostnader. Livssykluskostnader omfatter alle kostnader i løpet av en bygnings/bygningsdels levetid. Konseptet er å danne et helhetlig bilde av et produkts livssyklus. Metode og modell for vurdering av livssykluskostnader er nedfelt i Norsk Standard 3454[13]

ISO-standard 15686 Part 5 har definert begrepet "whole life costing" (kostnadsestimering for hele levetiden) i følge Kilde: ”*Livssykluskostnader for bygninger Innføring og prinsipper, Beslutningsprosessen, Kalkyleanvisning, Eksempler”* side 6[15]. på følgende måte (fritt oversatt):

”et verktøy til å evaluere kostnadsresultatet til bygningsarbeider, med mål om å gjøre det enklere å velge der det finnes flere alternativer som møter klientens krav og der disse alternativene fraviker fra hverandre, ikke bare i investeringskostnad, men også i de etterfølgende kostnader”.

2.5.2 Kostnadsbegrep

Årlige kostnader: beregnede eller registrerte kostnader for de enkelte år. Stilles opp jf. kontoplan i NS 3454[13].

•*Livssykluskostnader:* samlebegrep for alle kostnader som opptrer i byggets levetid
•*Levetidskostnader:* summen av alle kostnader neddiskontert til nåverdi
•*Årskostnader:* annuitet (like årlige kostnader) av levetidskostnaden

Ved gjennomføring av LCC synliggjør man de totale kostnadene forbundet med en investering, samtidig får man et sammenligningsgrunnlag av de alternativer som grunnlag for å velge. Herunder kan man videre undersøke for hvilke tiltak som gir mest kostnadseffektiv balanse mellom kapital og driftskostnader.
Videre får man oversikt over ulike rammer som angår utarbeidelse av kostnadsrammer, FDV(U)-budsjetter, etablere nøkkeltall, avdekke forbedringsmuligheter, benchmarking og lignende.

2.5.3 Beregningsmodell

jf."***Livssykluskostnader for bygninger Innføring og prinsipper, Beslutningsprosessen, Kalkyleanvisning, Eksempler" side 8-9[15]:***

"For å beregne årskostnaden må en gå veien om levetidskostnaden, det vil si nåverdien av de forventede årlige kostnadene gjennom bygningens levetid, eventuelt brukstid. Neddiskontert restverdi trekkes fra levetidskostnaden".

"Årskostnaden fås så ved å legge levetidskostnaden ut som en annuitet over den samme tidshorisonten. Det er det beløpet som må settes av hvert år for å dekke renter og avskrivninger på kapitalen pluss de årlige FDVU-kostnader. Fremtidig kroneverdi er sannsynligvis lavere enn dagens kroneverdi. Derfor må alle beløp føres til samme tidspunkt".

"Det er kroneverdien på dette tidspunkt som er grunnlag for sammenligningen av alternativer i faste priser. Denne omregningen til ett tidspunkt kalles diskontering. Diskonteringsfaktoren er basert på realrenten som representerer prisen på å låne eller låne ut penger. Når man har funnet en total nåverdi sum for alle fremtidige kostnader, er det mulig å fordele disse likt på hvert enkelt år gjennom resten av levetiden det vil si å få en årskostnad".

"Levetidskostnaden omfatter verdien av prosjektkostnad (Ko) + neddiskontert verdi av kostnader til forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling (FDVU) for å opprettholde teknisk og funksjonell standard ± neddiskontert verdi av eventuell restverdi/rivningskostnad (R). Renten (r) er renten av binding av kapital, dvs. avkall på avkastning ved alternativ investering".

"Alle kostnadsvariable måles på tidspunkter (t) gjennom brukstiden (T). Brukstiden (T) er også bindingsverdien av kapitalen og tidshorisonten frem til salg/eventuell rivning som gir enten en netto salgsverdi av bygningen (R er positiv) eller rivningskostnad (R er negativ)".

Underlag for beregningene

For at man skal muliggjøre gjennomføring av LCC analyse er det herunder viktig at man har innhentet relevant underlags (data) siden noen av de fremtidige kostnadene kommer hvert år, mens andre kommer med flere års mellomrom dvs. periodiske kostnader.[14]

Nøyaktigheten i datagrunnlaget vil derfor gjenspeile nøyaktigheten i beregningsresultatet.
Herunder vil forventet brukstid, rente, inflasjon, relativ prisutvikling og restverdi ved brukstiden utløp inngå i beregningsmodellen.

2.5.4 Norsk Standard NS 3454 – Definisjoner

Figurene illustrer sammenheng mellom livssykluskostnader, årlige kostnader, levetidskostnad og årskostnader på følgende måte[16]:

- Årlige kostnader

  Beregnede eller registrerte kostnader for de enkelte år. Stilles opp iht. kontoplan i NS 3454[13].

- Livssykluskostnader

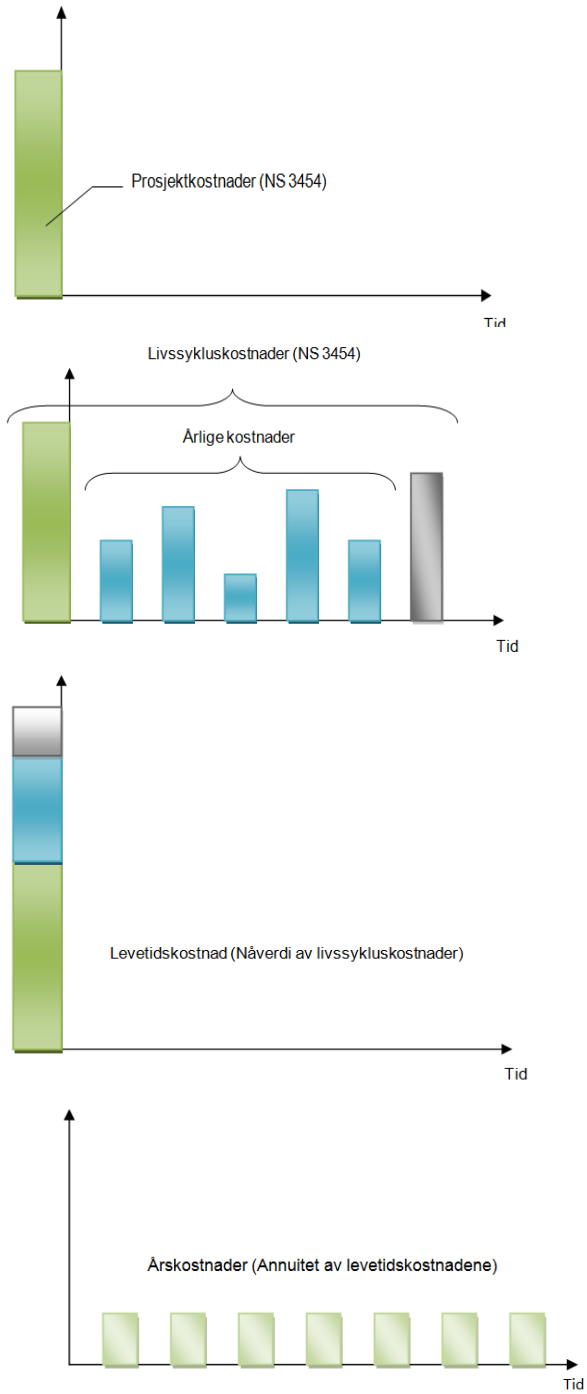
  Samlebegrep for alle kostnader som opptrer i byggets levetid

- Levetidskostnader

  Summen av alle kostnader neddiskontert til nåverdi (Lk = prosjekt + neddisk. FDVU og avhendingskostnad)

- Årskostnader

  Annuitet (like årlige kostnader) av levetidskostnaden (Åk = annuitet av Lk)



Figur av Bjørn Ivar Nor

Hovedkomponentene ved beregninger av levetidskostnaden består av:

- Kapitalkostnader
- FDVU- kostnader
- Renter
- Brukstid
- Restverdi ved brukstidens utløp.

2.5.5 Kostnadsoppstilling, NS 3454, Kontoplanen

jf.”***Livssykluskostnader for bygninger Innføring og prinsipper, Beslutningsprosessen, Kalkyleanvisning, Eksempler” side 9-10[15]:***

Norsk standard NS 3454[13] "Livssykluskostnader for byggverk, prinsipper og struktur" fastlegger hovedposter for livssykluskostnader, årligekostnader, levetidskostnad og årskostnader og klargjør forholdet mellom disse (jf. fig 2.1). Dette gir mulighet for registrering av erfaringstall og oppbygging av nøkkeltall. Da blir det mulig å sammenlikne byggverk (benchmarking).
Standarden gjelder alle typer byggeprosjekter og bygningsdeler. Den er et hjelpemiddel ved programmering, prosjektering og forvaltning, drift, vedlikehold, utvikling (FDVU). En standard kontoplan for føring av kostnader synliggjør utgiftene Knyttet til egen virksomhet i relevante kostnadsposter.

2.5.6 Hovedpostene i kostnadsoppstillingen

Hovedpostene i kostnadsoppstillingen etter[15] er følgende

1. Kapitalkostnader investeringen, restverdi ved salg, riving

2. Forvaltningskostnader offentlige avgifter, forsikringer, administrasjon, det vil si det koster selv om vi ikke bruker bygget

3. Driftskostnader løpende drift, ettersyn, energi, renhold, det vil si det daglige, ukentlige, månedlige som skal til for at bygget skal fungere

4. Vedlikeholdskostnader periodisk vedlikehold og utskiftninger, det vil si det vi kan definere som prosjekter for å opprettholde funksjon

5. Utviklingskostnader endringer i bygget som følge av endringer i virksomhet, offentlige pålegg og standardheving

6. Ledig Kan for eksempel benyttes til avbruddskostnader, det vil si de tap virksomheten i bygget lider dersom aktiviteter eller tekniske FDV -anlegg svikter.

7. Service/Støttekostnad til kjernebedriften kantine, resepsjon, IT, etc., det vil si kostnader som ikke er hovedvirksomheten i bygget eller FDVU

8. Potensial i eiendom strategiske analyser for "utvikling" av hele eiendommen. Blir kapitalkostnad når tiltaket effektueres
9. Ledig
”FDVU omhandler fremtidige kostnader som en konsekvens av de valg som gjøres ved investering”.

3. Metode

Vi velger følgende metode for å løse oppgaven:

- Energiberegninger etter NS3031[7]
- Kriterier for passivhus etter NS 3700[9]
- Forskriftskrav i TEK-07[6]
- Livssykluskostnader etter NS 3454[13]

Disse metodene velger vi å bruke på bakgrunn av hva vi ser er hensiktsmessig i forhold til problemstilling.

3.1 Arbeidsmetode

I gjennomføringen av denne oppgaven velger vi å jobbe både individuelt og som gruppe. Arbeidsoppgaver vil bli fordelt så likt som mulig underveis i arbeidet. Avslutningsvis vil alle gå igjennom de ulike delene av oppgavene slik at alle får en innføring i hverandres arbeider.

3.2 Energiberegninger

Alle energiberegninger blir utført etter NS 3031[7] med gjeldende kriterier for Tek-07[6] og passivhusstandarden NS 3700[9].

NS 3031[7] består av beregning av bygningers energiytelse. Standarden inneholder fellesbestemmelser og inndata som skal benyttes ved de ulike metodene beskrevet i standarden.

Der det skal gjøres energiberegninger for hver måned for dette år, velger vi å vise utregninger for januar måned. De resterende månedene vil de utregnede verdiene settes inn i en tabell. Alle energiberegninger legges til oppgaven som nummererte vedlegg. Det er kun hovedresultatene som blir lagt frem i oppgaven.

3.3 LCC

Gjennomføringen av livssykluskostnadene (LCC) vil i løses i henhold til nivå 2: Nøkkeltallsnivå.[15]

Forutsetningen for gjennomføring av dette nivået, er at man bør vite litt mer om kvalitet, materialbruk, energiløsninger og lignende. Dette gir grunnlag for tosiffernivå på FDVU- kostnadene. På grunnlag av skisseprossjekt for de respektive boligene, henholdsvis Passivhus og TEK-07 boligene fra Mesterhus skal vi gjennomføre en livsløpsanalyse (LCC) for hver av boligene. Hensikten med denne utarbeidelsen vil være å fastsette prosjektenes kostnadsramme med en spesifisert fordeling på kapital og FDV kostnader.

Fremgangsmåten for beregning av levetidskostnadene samt årlige kostnader jf. oppgavens hensikt er som følgende

Bruk av formelverket gitt i NS 3454[13].

Benytte beregningsfaktorer gitt i Tillegg E i NS 3454[13]
Diskonteringsfaktor – beregning av nåverdien av ett fremtidig beløp.
(se ”Norsk Standard 3454” [13] / ”Faktortabeller” Vedlegg C.6)

Invers annuitetsfaktor – beregning av nåverdien av en serie like årlige beløp.
(se ”Norsk Standard 3454” [13] / ”Faktortabeller” Vedlegg C.6)

Annuitetsfaktor - for å beregne årskostnadene av levetidskostnaden (dagens verdi).
(se ”Norsk Standard 3454” [13] / ”Faktortabeller” Vedlegg C.6)

Dette er beskrevet nærmere i teoridel for LCC

Underlag for vurderinger av FDVU-kostnader

Som underlag for vurdering av FDVU-kostnader er det gjennomgått investeringskalkyler, romprogram, plantegninger samt ulike estimater rundt materialbruk. Kostnadstallene er fremkommet på bakgrunn av nøkkeltall, erfaringstall fra tilsvarende bygninger, beregning av årskostnader med utgangspunkt i utskiftninger samt Multiconsult[15] og SINTEF`s[18] generelle erfaring med vurdering av FDVU-kostnader.

Til betraktning

Samtlige konti angitt i kapittel 3 (NS 3454[13]) er tatt i betraktning og vurdert i forhold til oppgavens formål, det vil si vi har foretatt visse revideringer ut ifra kontobeskrivelsens område og virke. Siden dette dreier seg om privatboliger hvor det er relativt liten erfaring med nøkkeltall i forhold til de ulike konti har vi valgt å fokusere på de postene vi mener er mest relevante.
Kapittelinndelingen herunder følger rekkefølgen i henhold til standarden nedfelt i NS 3454[13].

For de ulike konti vil det underveis henvises til vedlagt vedlegg for gjennomføring av beregninger samt informativ informasjon.

4. Gjennomføring

4.1 Generelt

Innhenting av data
Alle data vi benytter i denne gjennomføringen blir beregnet i vedlegg som det henvises til ved utregningene. De dataene som er standardverdier blir henvist videre i de ulike vedlegg.

4.2 Energiberegninger

For gjennomføring av de forskjellige energiberegningene som gjøres blir inndata samlet i to ulike skjema, ett for passivhus og ett for Tek'07 bolig. Det utføres først varmetapsberegninger med påfølgende varmetapstall. Dernest beregnes det varmetilskudd for boligene. Videre beregnes energibehov for romoppvarming med bakgrunn i de verdiene vi får for varmetap og varmetilskudd.

Når energibehovet for romoppvarming er utregnet vil vi videre beregne energibehov for vifter og energibehov ed frostsikring av varmegjenvinner. De verdiene vi kommer frem til etter dette benyttes til å fylle ut et såkalt netto energibudsjett. Med bakgrunn i de energibesparende tiltakene vi har valgt beregner vi så behov for levert energi. Disse resultatene fylles inn i en tabell for levert energi til bygningen.

4.2.1Passivhus

4.2.1.1 Varmetapstall

For utregninger henvises det til vedlegg D.18

Tabell 1 **Varmetransportkoeffisient**

Sted	H [W/K]
Oslo	100
Kvitsøy	100
Karasjok	99,9

Tabell 2 Varmetapsbudsjett for Oslo og Kvitsøy

Varmetapspost	Varmetapstall, *H''* [W/m^{2}K]
Yttervegger	0,090
Yttertak	0,029
Gulv	0,078
Vinduer og dører	0,128
Kuldebroer	0,027
Infiltrasjon	0,033
Ventilasjon	0,067
Samlet varmetapstall	0,452

Tabell 3 Varmetapsbudsjett for Karasjok

Varmetapspost	Varmetapstall, *H''* [W/m^{2}K]
Yttervegger	0,090
Yttertak	0,029
Gulv	0,078
Vinduer og dører	0,128
Kuldebroer	0,027
Infiltrasjon	0,033
Ventilasjon	0,067
Samlet varmetapstall	0,452

4.2.1.2 Energibudsjett

For utregninger henvises til vedlegg B.1.6

Tabell 4 Oslo

Energipost	energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibehov [kWh/(m^2*år]
Romoppvarming	3248,1	14,6
ventilasjonsvarme	0	0
Varmtvann	6615,6	29,8
Vifter og pumper	976,8	4,4
Belysning	2530,8	11,4
Teknisk utstyr	3885	17,5
Kjøling	0	0
Totalt netto energibehov	**17256,3**	**77,7**

Tabell 5 Kvitsøy

Energipost	energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibehov [kWh/(m^2*år]
Romoppvarming	1817,9	8,2
ventilasjonsvarme	0	0
Varmtvann	6615,6	29,8
Vifter og pumper	976,8	4,4
Belysning	2530,8	11,4
Teknisk utstyr	3885	17,5
Kjøling	0	0
Totalt netto energibehov	**15826,1**	**71,3**

Tabell 6 Karasjok

Energipost	energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibehov [kWh/(m^2*år]
Romoppvarming	8482,4	38,2
ventilasjonsvarme	65,4	0,29
Varmtvann	6615,6	29,8
Vifter og pumper	976,8	4,4
Belysning	2530,8	11,4
Teknisk utstyr	3885	17,5
Kjøling	0	0
Totalt netto energibehov	**22556**	**101,59**

4.2.1.3 Levert energi til bygning

Henviser til vedlegg B.1.7 for utregninger

Tabell 7 Samlet levert energibehov for Oslo

Energivare	Levert energi [kWh/år]	Spesifik levert energi [kWh/(m^2*år]
Elektrisitet	13255,4	59,7
Olje	0	0,0
Gass	0	0,0
Fjernvarme	0	0,0
Biobrensel	0	0,0
Annen energivare	0	0,0
Totalt levert energibehov	**13255,4**	**59,7**

Tabell 8 Samlet levert energibehov for Kvitsøy

Energivare	Levert energi [kWh/år]	Spesifik levert energi [kWh/(m^2*år]
Elektrisitet	12659,5	57,0
Olje	0	0
Gass	0	0
Fjernvarme	0	0
Biobrensel	0	0
Annen energivare	0	0
Totalt levert energibehov	**12659,5**	**57,0**

Tabell 9 Samlet levert energibehov for Karasjok

Energipost	energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibehov [kWh/(m^2*år]
Elektrisitet	15436,4	69,5
Olje	0	0
Gass	0	0
Fjernvarme	0	0
Biobrensel	0	0
Annen energivare	0	0
Totalt levert energibehov	**15436,4**	**69,5**

4.2.2 Tek-07 bolig

4.2.1.1 Varmetapstall

For utregninger henvises det til Vedlegg D.17

Tabell 10 Varmetransportkoeffisient

Sted	H [W/K]
Oslo	150,34
Kvitsøy	150,34
Karasjok	150,20

Tabell 11 Varmetapsbudsjett for Oslo og Kvitsøy

Varmetapspost	Varmetapstall, *H''* [W/m^{2}K]
Yttervegger	0,165
Yttertak	0,060
Gulv	0,138
Vinduer og dører	0,244
Kuldebroer	0,030
Infiltrasjon	0,132
Ventilasjon	0,119
Samlet varmetapstall	0,888

Tabell 12 Varmetapsbudsjett for Karasjok

Varmetapspost	Varmetapstall, *H''* [W/m^{2}K]
Yttervegger	0,165
Yttertak	0,060
Gulv	0,137
Vinduer og dører	0,244
Kuldebroer	0,030
Infiltrasjon	0,132
Ventilasjon	0,119
Samlet varmetapstall	0,887

4.2.1.2 Energibudsjett

For utregninger henvises det til vedlegg B.2.6

Tabell 13 Oslo

Energipost	energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibehov [kWh/(m^2*år]
Romoppvarming	8676,3	51,6
ventilasjonsvarme	0,0	0
Varmtvann	5044,2	30
Vifter og pumper	1227,4	7,30
Belysning	2858,4	17
Teknisk utstyr	3867,2	23
Kjøling	0,0	0
Totalt netto energibehov	21673,5	128,9

Tabell 14 Kvitsøy

Energipost	energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibehov [kWh/(m^2*år]
Romoppvarming	6237,7	37,1
ventilasjonsvarme	0,0	0
Varmtvann	5044,2	30
Vifter og pumper	1227,4	7,30
Belysning	2858,4	17
Teknisk utstyr	3867,2	23
Kjøling	0,0	0
Totalt netto energibehov	19234,9	114,4

Tabell 15 Karasjok

Energipost	energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibehov [kWh/(m^2*år]
Romoppvarming	18061,9	107,4
ventilasjonsvarme	19,4	0,12
Varmtvann	5044,2	30
Vifter og pumper	1227,4	7,30
Belysning	2858,4	17
Teknisk utstyr	3867,2	23
Kjøling	0,0	0
Totalt netto energibehov	**31078,5**	**184,82**

4.2.1.3 Levert energi til bygning

For utregninger henvises det til vedlegg B.2.7

Tabell 16 Samlet levert energibehov for Oslo

Energivare	Levert energi [kWh/år]	Spesifik levert energi [kWh/(m^2*år]
Elektrisitet	14594,6	86,8
Olje	0	0,0
Gass	0	0,0
Fjernvarme	0	0,0
Biobrensel	0	0,0
Annen energivare	0	0,0
Totalt levert energibehov	**14594,6**	**86,8**

Tabell 17 Samlet levert energibehov for Kvitsøy

Energivare	Levert energi [kWh/år]	Spesifik levert energi [kWh/(m^2*år]
Elektrisitet	13578,5	80,8
Olje	0	0
Gass	0	0
Fjernvarme	0	0
Biobrensel	0	0
Annen energivare	0	0
Totalt levert energibehov	**13578,5**	**80,8**

Tabell 18 Samlet levert energibehov for Karasjok

Energipost	energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibehov [kWh/(m^2*år]
Elektrisitet	18505,3	110,1
Olje	0	0
Gass	0	0
Fjernvarme	0	0
Biobrensel	0	0
Annen energivare	0	0
Totalt levert energibehov	**18505,3**	**110,1**

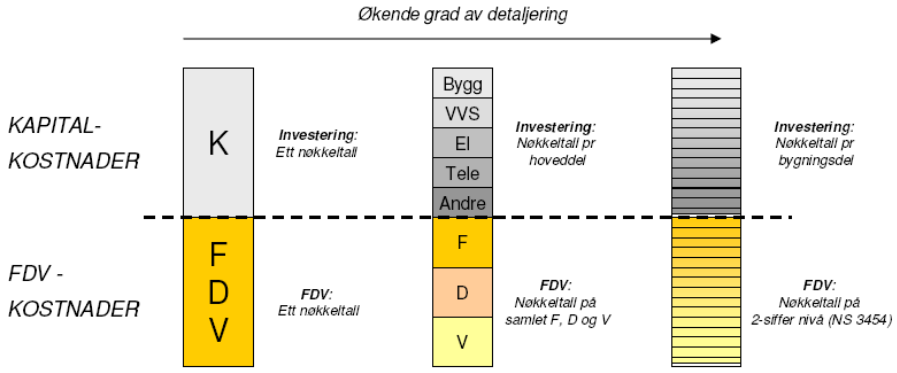
4.3 Livsløps kostnader (LCC)

Nivå 2: Nøkkeltallsnivå

Utredningsfase

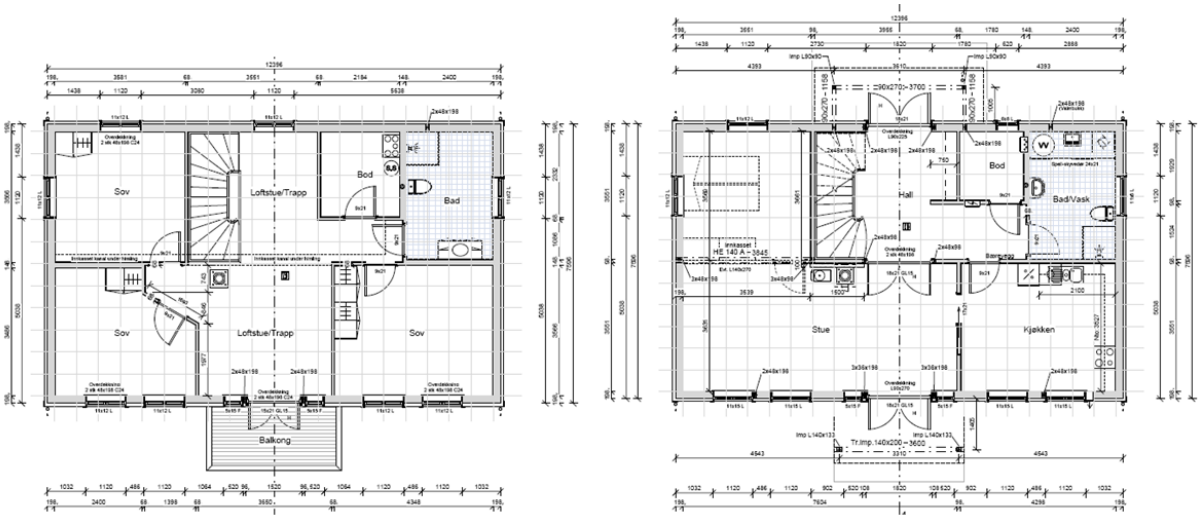
Hensiktene med denne utredningsfasen vil være å fastsette prosjektenes kostnadsramme med spesifisert fordeling på kapital og FDV kostnader. Disse betingelsene må ligge til rette for videre grunnlag gjeldene gjennomføring av LCC- analyse for hver av de respektive boligene (henvist under). Figuren 1 viser en grafisk fremstilling av fremgangsmetoden som vi benytter oss av, den systematiske gjennomgangen av dette vil bli ytterligere gjort rede for videre i kapitelet.

"Vurdering av nøkkeltall med utgangspunkt i premisser og tilgjengelig informasjon"

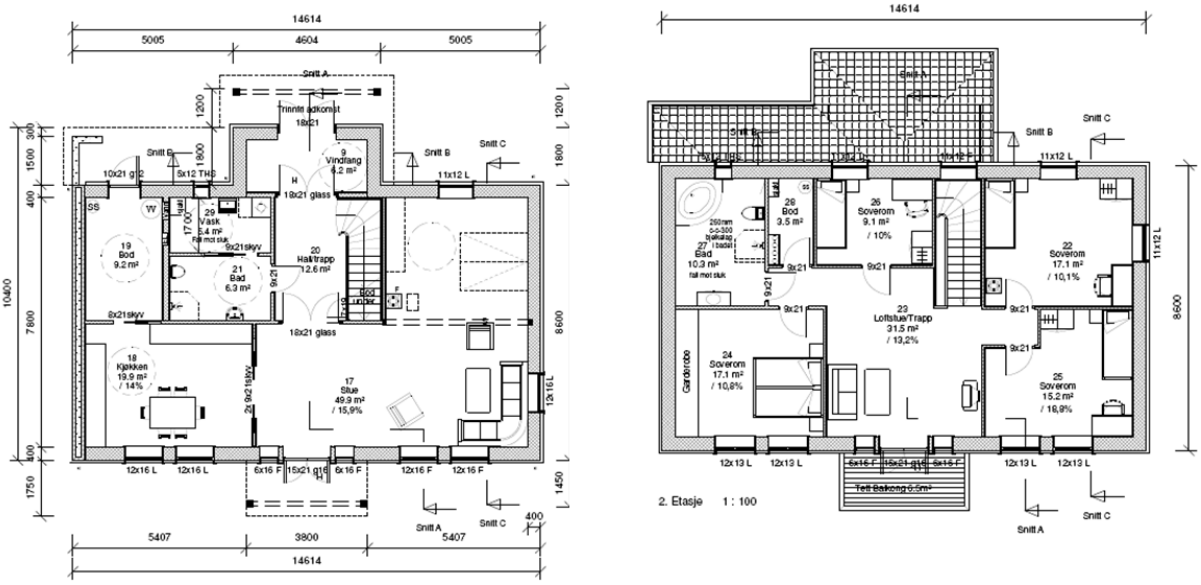


Figur1 pdf "Veiledning til praktisk bruk av LCC" Multiconsult side 36[15]

Estimert grunnlags kalkulasjon for de respektive boligene



Figur 2 bolig av tek-07 standard



Figur 3 bolig av passivhus standard

Bruttoareal av boligene	
BTA av TEK-07 bolig	**BTA m^2**
BTA 1. etasje: 12,396 x 7,596	94,16
BTA 2. etasje: 12,396 x 7,596	94,16
BTA_{tot}	**188m^2**
BTA av passivhus bolig	
BTA 1. etasje: (14,614 x 8,60) + (4,60 x 1,80)	133,96
BTA 2. etasje: 14,614 x 8,60	125,68
BTA_{tot}	**260m^2**

Beskrivelse av FDVU - kostnader
Konto 1 – Kapitalkostnader

Post 11 – Prosjektkostnader

Her har vi vagt å ta utgangspunkt i prosjektkostnaden ekskl. tomt

Herunder:
TEK-07 bolig: kr 1 886 000 inkl. mva. dvs. 10 032 kr/ m²
Passivhus bolig: kr 2 920 320 inkl. mva. dvs. 11 232 kr/ m²

Nærmere underlag: Vedlegg C.7

Post 12 – Restkostnad

Antatt kostnad kr 1000 kr/m^2 (rivekostnad, dagens pris) for hver av de respektive boligene.

Konto 2 – Forvaltningskostnader

Post 21 – Skatter og avgifter

Erfaringsdata fra Statistisk sentralbyrås[19] *"Generell skattesats, differensiert skattesats, bunnfradrag og fritak for nye boliger"* der vi har anvendt gjennomsnittlige skattesatsen tilsvarende 5,9 promille

Post 22 – Forsikringer

Faktiske årlige basert på 2 ‰ (promille) av Prosjektkostnaden ekskl. eiendom

Erfarings tall basert på Årskostnader Bok 1, "Beregningsanvisning for bygninger"[14]

Konto 3 – Driftskostnader

Post 34 – Vann og avløp

Grunnlaget for beregning av kostnader for vann og avløp, er bruk av Oslo kommunes Kalkulator for årsgebyr vann og avløp 2010.
Vi har tatt forbehold for at det ikke er vannmåler, men ved å oppgi BRA har vi fått oppgitt følgende opplysninger

TEK-07 bolig: 5 038,0 kr inkludert mva.
Passivhus bolig: 6 433,0 kr inkludert mva.

Nærmere underlag: Vedlegg C.3

Post 33 – Energi

331 Strøm

Vurdering rundt energiforbruk se vedlegg B.1.7 og B.2.7, siden forbruket varierer avhengig av lokasjoner er disse forutsetninger lagt til grunne:

- ***Passivhus årlig forbruk***
  Lokasjon:
  Karasjok: 17 288,66 kr
  Oslo: 14 846,05 kr
  Kvitsøy: 14 178,64 kr

- ***TEK-07 årlig forbruk***
  Lokasjon:
  Karasjok: 20 725,94 kr
  Oslo: 16 345,95 kr
  Kvitsøy: 15 207,92 kr

Nærmere underlag: Vedlegg C.4

Konto 4 – Vedlikeholdskostnader

Post 41 – Planlagt vedlikehold

Kostnader til maling av boligene hvert sjette år, totalt fem ganger.
Estimert pris grunnlag 276,7 kr/m^2

Nåverdi Passivhus: 184 126,49kr
Nåverdi TEK-07: 151 850,46 kr

Nærmere underlag: Vedlegg C.4

Konto 5 – Utviklingskostnader

Denne posten har vi valgt å utelate siden det er liten erfaring med dette i forhold til vår bygningskategori.

Kostnader og nøkkeltall fordelt etter kontoplanen i NS 3454[13]

Orientering

Utgangspunktet for beregningene er etter revidert NS 3454[13] Livssykluskostnader, dette innebærer at vi gjennomfører beregninger som omfatter forvaltning, drift, vedlikehold (FDV kostnader) gjennom hele brukstiden.

Tabell 19
Grunnlagsinformasjon for bolig Karita tek- 07.

Informasjon	Kommentar/ merknad
Bolig BTA: 188m²	*Tegningsgrunnlag*
Bygnings år: 2010	
To etasjer	*Tegningsgrunnlag*
Kjøpesum: kr 1 886 000 inkl. mva. dvs. 10 032 kr/ m²	*Herunder ekskl. tomt. Revidert Kostnadsoppstilling etter NS 3454*
Antatt rivning i år 2070	*Boligen har en antatt levetid på 60*
Antatt rivekostnad inklusiv deponering kr 1000 pr m² BTA	*Det er stor usikkerhet vedrørende kostnader rundt dette punktet*

Tabell 20
Grunnlagsinformasjon for bolig Karita passivhus.

Informasjon	Kommentar/ merknad
Bolig BRA: 260m²	*Tegningsgrunnlag*
Bygnings år: 2010	
To etasjer	*Tegningsgrunnlag*
Kjøpesum: kr 2 920 320 inkl. mva. dvs. 11 232 kr/ m²	*Herunder ekskl. tomt. Revidert Kostnadsoppstilling etter NS 3454*
Antatt rivning i år 2070	*Boligen har en antatt levetid på 60*
Antatt rivekostnad inklusiv deponering kr 1000 pr m² BTA	*Det er stor usikkerhet vedrørende kostnader rundt dette punktet*

Forutsetninger for utarbeidelse av livsløpskostnader er følgende:

- ***Realrenten/ kalkylerenten (r)***

  4 prosent, antar at prosjektet har en moderat Systematisk risiko.
  Nærmere underlag: Vedlegg C.8

- ***Brukstiden***
  60 år

- **Beregningsfaktorer**
  Sumfaktor for beregning av levetidskostnader: 22,6235
  Annuitetsfaktor for beregning av årlige kostnader: 0,0443

  Nærmere underlag faktortabeller: Vedlegg C.6

Livssykluskostnader for Byggverk, TEK-07 standard av Karita Del 1.1

Forklaring *Realrenten er satt til 4 prosent* *Brukstiden tilsvarer 60 år*	Kostnader	*Levetidskostnad N*	*Årligekostnader Å*
	Post 1. Kapitalkostnader		
	11 Prosjektkostnader Kjøpesummen er kr 1886 000 pr.2010		
Prosjektkostnad i år 0, vil være ekvivalent med Med kjøpesummen	N = 1 886 000	1 886 000	
Annuitetsfaktor tabell E.2 med 60 år og 4 % rente	Å = 1 886 000 x 0,0442 = 83 361,20		83 361,20
	12 Restkostnad		
Rivekostnad, dagens pris 1000 kr/m^2	Antatt kostnad kr 188 000		
Diskonteringsfaktor tabell E.3 med 60 år og 4 % rente	N = 188 000 x 0,0951 = 17 878,80	17 878,80	
Annuitetsfaktor tabell E.2 med 60 år og 4 % rente	Å = 17 878,80 x 0,0442 = 1 092,89		790,24
Årlige kostnader er annuiteten til levetidskostnadene. Annuitetsfaktor tabell E.2 med 60 år og 4 % rente	***Sum kapitalkostnader (K)*** Å = 1 903 878,80 x 0,0442 = 84 151,44	1 903 878,80	84 151,44
	Post 2. Forvaltningskostnader		
Gjennomsnittlig skattesats for eiendomsskatt 5,9 ‰ (promille) av prosjektkostnaden.	***21 Skatter og avgifter***		319,66
Faktiske årlige basert på 2 ‰ (promille) av Prosjektkostnaden ekskl. eiendom	***22 Forsikringer***		943
	Sum Forvaltningskostnader (F)		
Levetidskostnadene er nåverdien av årlige kostnader Tabell E.1 med 60 år og 4 %	N = 1262,66 x 22,6235 = 28 565,79	28 565,79	1262,66
	Post 3. Driftkostnader		
	33 Energi 331 Strøm *Karasjok **Oslo ***Kvitsøy ***34 Vann og avløp*** 341 Vannforbruk 342 Avløpsvann Gebyr Mva.		 *20 725,94 **16 345,95 ***15 207,92 1 525,00 2 291,000 215,00 1 007,00
Levetidskostnaden er her nåverdien av årlige kostnader (Tabell E.1 med 60 år og 4 %)	***Sum driftskostnader (D)*** N = 25 763,94 x 22,6235 = 582 870,50 N = 21 383,95 x 22,6235 = 483 779,79 N = 20 245,92 x 22,623 = 458 033,57	 *582 870,50 **483 779,79 ***458 033,57	 *25 763,94 **21 383,95 ***20 245,92

Livssykluskostnader for Byggverk, TEK-07 standard av Karita Del 1.2

Forklaring *Realrenten er satt til 4 prosent* *Brukstiden tilsvarer 60 år*	**Kostnader**	***Levetidskostnad N***	***Årligekostnader Å***
Antatt kostnader til maling hvert 6 år, kostnaden antas å påløpe seg 10 ganger Tabell E.2 med 60 år og 4 %	**Post 4. Vedlikeholdskostnader** ***41 Planlagt vedlikehold*** $N = 44\,521x\frac{(1+0{,}04)^{-6}x(1-(1+0{,}04)^{-6\,x\,10}}{1-(1+0{,}04)^{-6}}$ N = 151 850,46 Å = 151 850,46 x 0,0442 = 6 711,79	151 850,46	6 711,79
Levetidskostnaden er her nåverdien av årlige kostnader (Tabell E.1 med 60 år og 4 %)	***Sum vedlikeholdskostnader (V)*** N = 6 711,79 x 22,6235 = 151 844,19	151 844,19	6 711,79
post 5. utgår	**Post 5. Utviklingskostnader** Ingen		
Levetidskostnaden er her nåverdien av årlige kostnader. (Tabell E.1 med 60 år og 4 %) Årskostnaden er annuiteten av levetidskostnaden. (Tabell E.2 med 60 år og 4 %)	**Levetidskostnaden (post 1-5, KFDVU)** N = 117 889,83 x 22,6235 = 2 667 080,64 N = 113 509,84 x 22,6235 = 2 567 989,94 N = 112 371,81 x 22,6235 = 2 542 243,72 Å = 2 667 080,64 x 0,0442 = 117 884,96 Å = 2 567 989,94 x 0,0442 = 113 505,16 Å = 2 542 243,72 x 0,0442 = 112 367,17	*2 667 080,64 **2 567 989,94 ***2 542 243,72	*117 889,83 **113 509,84 ***112 371,81 *117 884,96 **113 505,16 ***112 367,17

Livssykluskostnader for Byggverk, Passivhus standard av Karita Del 2.1

Forklaring *Realrenten er satt til 4 prosent* *Brukstiden tilsvarer 60 år*	Kostnader	*Levetidskostnad N*	*Årligekostnader Å*
	Post 1. Kapitalkostnader		
	11 Prosjektkostnader Kjøpesummen er kr 2 920 320 pr.2010		
Prosjektkostnad i år 0, vil være ekvivalent med Med kjøpesummen	N = 2 920 320	2 920 320	
Annuitetsfaktor tabell E.2 med 60 år og 4 % rente	Å = 2 920 320 x 0,0442 = 129 078,14		129 078,14
	12 Restkostnad		
Rivekostnad, dagens pris 1000 kr/m^2	Antatt kostnad kr 260 000		
Diskonteringsfaktor tabell E.3 med 60 år og 4 % rente	N = 260 000 x 0,0951 = 24 726,00	24 726,00	
Annuitetsfaktor tabell E.2 med 60 år og 4 % rente	Å = 24 726,00 x 0,0442 = 1 092,89		1 092,89
Årlige kostnader er annuiteten til levetidskostnadene. Annuitetsfaktor tabell E.2 med 60 år og 4 % rente	***Sum kapitalkostnader (K)*** Å = 2 945 046,00 x 0,0442 = 130 171,03	2 945 046,00	130 171,03
	Post 2. Forvaltningskostnader		
Gjennomsnittlig skattesats for eiendomsskatt 5,9 ‰ (promille) av prosjektkostnaden.	***21 Skatter og avgifter***		494,97
Faktiske årlige basert på 2 ‰ (promille) av Prosjektkostnaden ekskl. eiendom	***22 Forsikringer***		1460,16
	Sum Forvaltningskostnader (F)		
Levetidskostnadene er nåverdien av årlige kostnader Tabell E.1 med 60 år og 4 %	N = 1955,13 x 22,6235 = 44 231,88	44 231,88	1955,13
	Post 3. Driftkostnader		
	33 Energi 331 Strøm *Karasjok **Oslo ***Kvitsøy ***34 Vann og avløp*** 341 Vannforbruk 342 Avløpsvann Gebyr Mva.		 *17 288,66 **14 846,05 ***14 178,64 1 971,00 2 961,00 215,00 1 286,0
Levetidskostnaden er her nåverdien av årlige kostnader (Tabell E.1 med 60 år og 4 %)	***Sum driftskostnader (D)*** N = 23 721,66 x 22,6235 = 536 666,98 N = 21 279,05 x 22,6235 = 481 406,59 N = 20 611,64 x 22,6235 = 466 307,44	 *536 666,98 **481 406,59 ***466 307,44	 *23 721,66 **21 279,05 ***20 611,64

Livssykluskostnader for Byggverk, Passivhus standard av Karita Del 2.2

Forklaring *Realrenten er satt til 4 prosent* *Brukstiden tilsvarer 60 år*	Kostnader	***Levetidskostnad N***	***Årligekostnader Å***
	Post 4. Vedlikeholdskostnader		
Antatt kostnader til maling hvert 6 år, kostnaden antas å påløpe seg 10 ganger Tabell E.2 med 60 år og 4 %	***41 Planlagt vedlikehold*** $N = 53\,984x\frac{(1+0{,}04)^{-6}x(1-(1+0{,}04)^{-6\,x\,10}}{1-(1+0{,}04)^{-6}}$ N = 184 126,49 Å = 184 126,49 x 0,0442 = 8 138,39	184 126,49	8 138,39
Levetidskostnaden er her nåverdien av årlige kostnader (Tabell E.1 med 60 år og 4 %)	***Sum vedlikeholdskostnader (V)*** N = 8 138,39 x 22,6235 = 184 118,89	184 118,89	8 138,39
	Post 5. Utviklingskostnader		
post 5. utgår	Ingen		
	Levetidskostnaden (post 1-5, KFDV)		
Levetidskostnaden er her nåverdien av årlige kostnader. (Tabell E.1 med 60 år og 4 %)	N = 163 986,21 x 22,6235 = 3 709 942,11 N = 161 543,60 x 22,6235 = 3 654 681,73 N = 160 876,19 x 22,6235 = 3 639 582,58	*3 709 942,11 **3 654 681,73 ***3 639 582,58	*163 986,21 **161 543,60 ***160 876,19
Årskostnaden er annuiteten av levetidskostnaden. (Tabell E.2 med 60 år og 4 %)	Å = 3 709 942,11 x 0,0442 = 163 979,44 Å = 3 654 681,73 x 0,0442 = 161 536,93 Å = 3 639 582,58 x 0,0442 = 160 869,55		*163 979,44 **161 536,93 ***160 869,55

Tabellene er basert på Kontoplan med overordene satser på nivå 1(ett siffer) og nivå (to sifre). Årskostnaden og levetidskostnaden regnes her ut ved hjelp av faktorene fra tabell E.1 og E.2. i vedlegg C.8 Sum faktoren og annuitetsfaktoren er inverse av hverandre, det vil si at produktet av faktorene skal være lik én. jf. Norsk Standard NS 3454[13] 2. utgave mars 2000 ”Livssykluskostnader for byggverk Prinsipper og struktur”.

Kommentar til usikkerhet vedrørende beregningene fra detaljblad 624.010 [18]
Det er viktig å merke seg at faktorene i tabellen er herunder gitt med bare fire desimaler, noe som fører til at produktet ikke blir lik en. Årskostnaden er her ikke lik summen av årlige kostnader. Avvikene ved bruk av tabell E.1 og E.2 vil ikke være avgjørende, og nøyaktigheten i beregningene anser vi derfor gode nok til det formålet vi skal bruke de til, dvs. sammenligningsgrunnlaget.

Oppsummerte kostnader

Tabellene nedenfor viser en oppsummering av de fremtidige FDV kostnadene iht. gjennomført livssykluskostnader for hver av de respektive boligene. Tabellene tar også utgangspunkt for valg av lokasjon henholdsvis Karasjok, Oslo og Kvitsøy, siden Hovedpost 3. Driftskostnader, Post 33. Beregning energi, vil være en avgjørende faktor for differanse rundt levetidskostnadene. Videre har vi regnet ned til kvadratmeterpris slik at sammenligningsgrunnlaget skal bli mest mulig representativt jf. oppgavens hensikt.

Tabell 21

Kostnadstype TEK-07	Nåverdi		Årskostnad		
	Totalt	Pr. m^2	Annuitetsfaktor E.2 med 4 % rente	Totalt	Pr. m^2
1. Kapitalkostnad	1 903 878,80	10 127,01	0,0442	84 151,44	447,67
2. Forvaltning	28 565,79	151,95	"	1262,66	6,72
3. Drift					
Karasjok	582 870,50	3 100,38	"	25 763,94	137,04
Oslo	483 779,79	2 573,30	"	21 383,95	113,74
Kvitsøy	458 033,57	2 436,35	"	20 245,92	107,69
4. Vedlikehold	151 844,19	807,68	"	6 711,79	35,70
Levetidskostnad					
Karasjok	2 667 080,64	14 186,60		117 884,96	627,05
Oslo	2 567 989,94	13 659,52		113 505,16	603,75
Kvitsøy	2 542 243,72	13 522,57		112 367,17	597,70

Tabell 22

Kostnadstype Passivhus	Nåverdi		Årskostnad		
	Totalt	Pr. m^2	Annuitetsfaktor E.2 med 4 % rente	Totalt	Pr. m^2
1. Kapitalkostnad	2 945 046,00	11 327,10	0,0442	130 171,03	500,66
2. Forvaltning	44 231,88	170,12	"	1955,13	7,52
3. Drift					
Karasjok	536 666,98	2 064,10	"	23 721,66	91,24
Oslo	481 406,59	1 851,56	"	21 279,05	81,84
Kvitsøy	466 307,44	1 793,49	"	20 611,64	79,28
4. Vedlikehold	184 118,89	708,15	"	8 138,39	31,30
Levetidskostnad					
Karasjok	3 709 942,11	14 269,01		163 979,44	630,69
Oslo	3 654 681,73	14 056,47		161 536,93	621,30
Kvitsøy	3 639 582,58	13 998,39		160 869,55	618,73

4.4 Beregning av CO_2 utslipp

Beregner årlig mengde CO_2 utslipp på bakgrunn av levert energi til begge boligtypene. Verdiene samles i en felles tabell.

For utregninger henvises det til vedlegg D.22

Tabell 23 Årlig mengde CO_2-utslipp i kg

Sted	Passivhus	TEK'07 bolig
Oslo	5235,9	5764,9
Kvitsøy	5000,5	5363,5
Karasjok	6097,4	7309,6

5. Diskusjon

5.1 Energiberegninger

5.1.1 Usikkerheter

Innledningsvis i forhold til valgte beregningsmetode, stasjonærmetode, er det usikkerhet rundt nøyaktigheten for valgt beregningsmetode, da en dynamisk metode vil gi et mer nøyaktig svar.

I beregningene for varmetap er det benyttet forenklet kuldebroledd, dette kan medføre et varmetap som kan være bedre eller dårligere enn det faktiske resultatet.

Det benyttes forenklet varmetransportsfaktor for varmetransport gjennom bygningsdeler gjennom uoppvarmede rom/soner. Dette kan medføre et varmetap som kan være bedre eller dårligere enn det faktiske resultatet.

Det vil være usikkerheter rundt årsmiddeltemperaturen, da det er benyttet en normal månedsgjennomsnittligtemperatur for de ulike lokasjonene, fra perioden 1961-1990(se vedlegg D.4). Denne kan være delvis utdatert som følge av temperatur endringer av klima de siste 20 år. Dette kan medføre et varmetap som kan være bedre eller dårligere enn det faktiske resultatet.

Da vi kun har antatt plassering av boligene på bakgrunn av årsmiddeltemperatur, vil det være usikkerheter rundt grunnforhold, da har vi forenklet det ved å gi alle tre lokasjoner samme grunnforhold. Dette kan medføre et varmetap som kan være bedre eller dårligere enn det utregnede resultatet i denne oppgaven.

Vi har brukt veiledende verdi på terrengskjermingskoeffisient fra NS 3031[7]. Dette er en antatt verdi, og vil kunne avvike noe ved andre reelle forhold.

For vinduer og glassfelt hvor det ikke er benyttet solskjerm har vi benyttet forenklet likning for total solfaktor, dette medfører at det vil være unøyaktighet i hvor høy eller lav soltilskuddet for dette glassfeltet/vindu blir.

Når det gjelder solskjerming fra horisont og bygningsutspring er det benyttet antatte verdier, disse kan variere noe ut fra bygningens utførelse og dets omgivelser.

Når det beregnes behov for levert energi vil det være usikkerheter i virkningsgraden til varmepumpe og varmegjenvinner for avfallsvann. Varmepumpens virkningsgrad vil variere mellom de geografiske lokasjonene, da temperaturforskjellene er ganske store. Når det gjelder varmegjenvinner for avfallsvann vil det være usikkerhet rundt effektgraden som leverandør oppgir.

5.1.2 Argumenter for valg

Når det gjelder valg av verdier har vi valgt å følge verdier oppgitt i standarden NS 3031[7] da det er denne standarden vi har valgt å legge til grunn for våre energiberegninger.

Argumentet for å benytte månedstasjonær beregningsmetode i forhold til dynamisk metode er at det i følge standarden NS 3031[7] er det nøyaktig nok, da det ikke er benyttet kjølesystem og det er normalt glass areal i klimaskjermen.

Det er valgt forenklet kuldebroledd fordi vi fikk dette oppgitt av mesterhus.

Forenklet varmetransportsfaktor for varmetransport er valgt på bakgrunn av at vi ikke har verdier for varmetransportkoeffisienten mellom den oppvarmede delen av bygningen og den uoppvarmede sonen (kaldtloft). Vi har heller ikke varmetransportkoeffisienten mellom den uoppvarmede sonen og det fri. Standarden tillater oss å benytte en tilnærmet verdi for varmetransportfaktoren og denne har vi valgt å benytte oss av.

Årsmiddeltemperaturen vi har benyttet på de ulike lokasjonene fra eklima.no[20] (met.no) er valgt da vi ikke har tilgang til dataprogram fra M21.no. I følge standarden vil dette være tilstrekkelig.

Valget av grunnforhold er valgt på grunnlag av at vi ikke har gjort noen geologiske undersøkelser på de ulike lokasjonene, og at vi vil ha områdene mest mulig like grunnet sammenlikning.

I forhold til soneinndeling av bygningen grunnet ulikt soltilskudd anser vi vindusarealet til å være moderat. Det er også effektiv utvendig solskjerming i sørlig orientering, slik at soltilskuddet kan reduseres betraktelig. Vi anser det derfor ikke nødvendig å benytte mer enn en sone for bygningen.

For vinduer og glassfelt hvor det ikke er benyttet solskjerm har vi benyttet forenklet likning for total solfaktor. Da det er definert i standarden NS 3031[7] at forenklet likning for total solfaktor kan benyttes der det ikke er kunstig solskjerming.

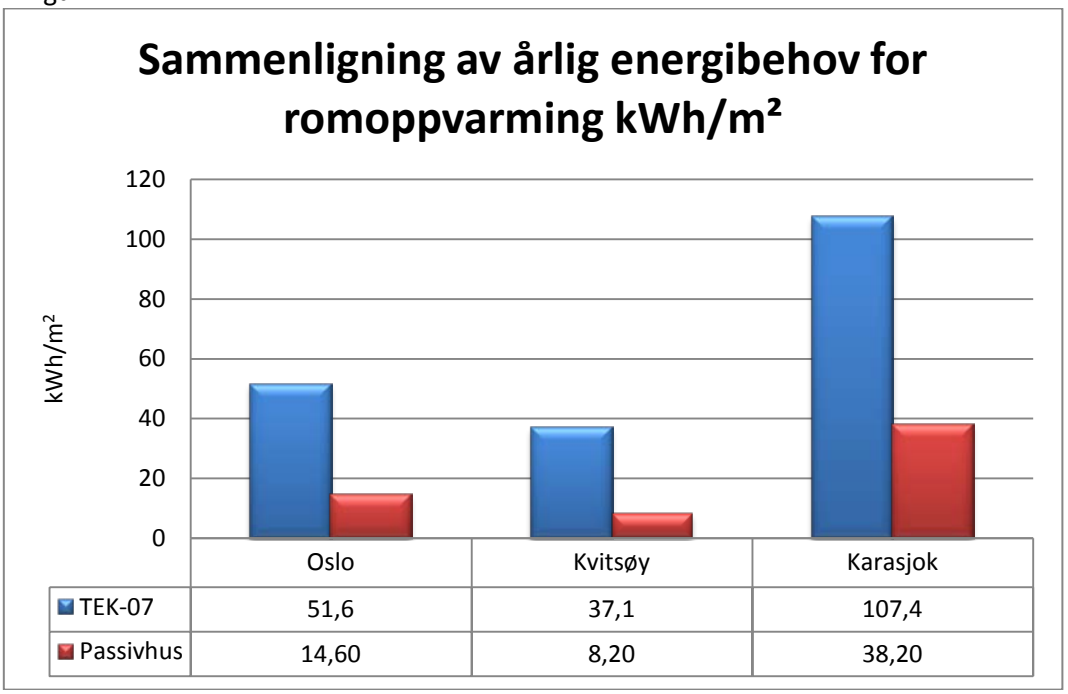
Ved valg av effektfaktor på varmepumpe har vi valgt en veiledende verdi i standarden NS 3031[7] da vi ikke har tatt stilling til hvilken produsent denne blir levert av.

Når det gjelder virkningsgrad på varmegjenvinner for avfallsvann har vi tatt utgangspunkt i det produsenten oppgir og benyttet en noe mer konservativ verdi på denne.

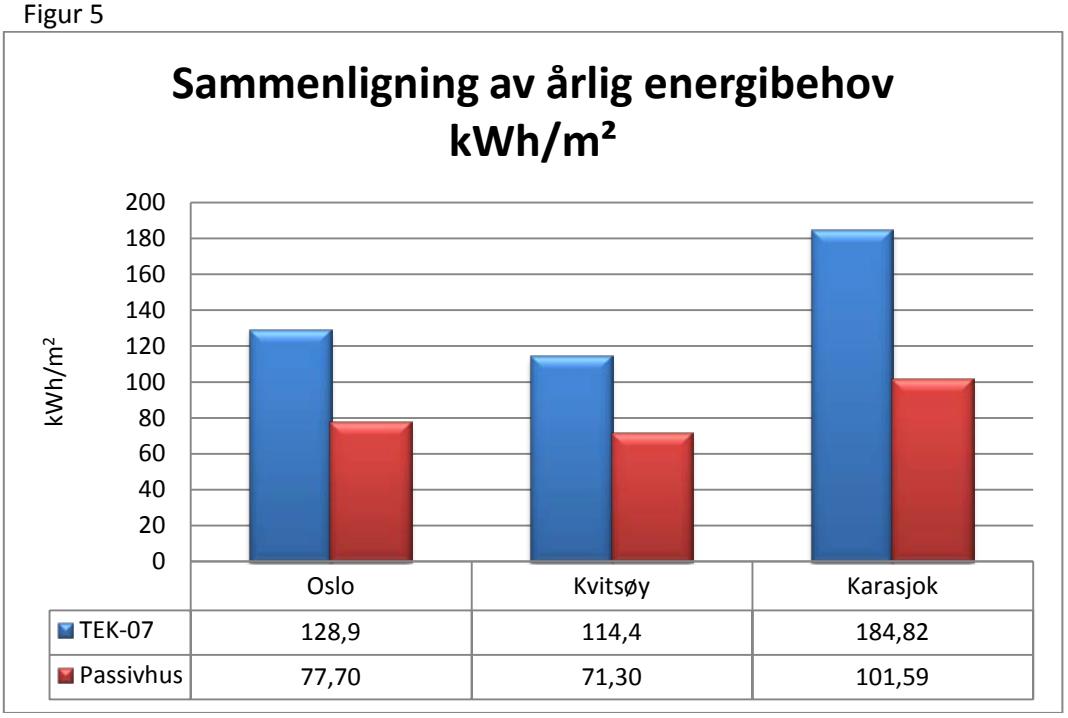
For å få best mulig sammenlikningsgrunnlag mellom boligtypene har vi valgt å benytte oss av de samme energisparende tiltak. Dette for at vi vil sammenlikne forskjellen i boligene og ikke energi tiltakene. Det stilles også krav i NS 3700[9] at total levert energi skal være mindre en total levert energi minus halve energibehovet til varmtvann.

5.1.3 Vurdering av resultatene

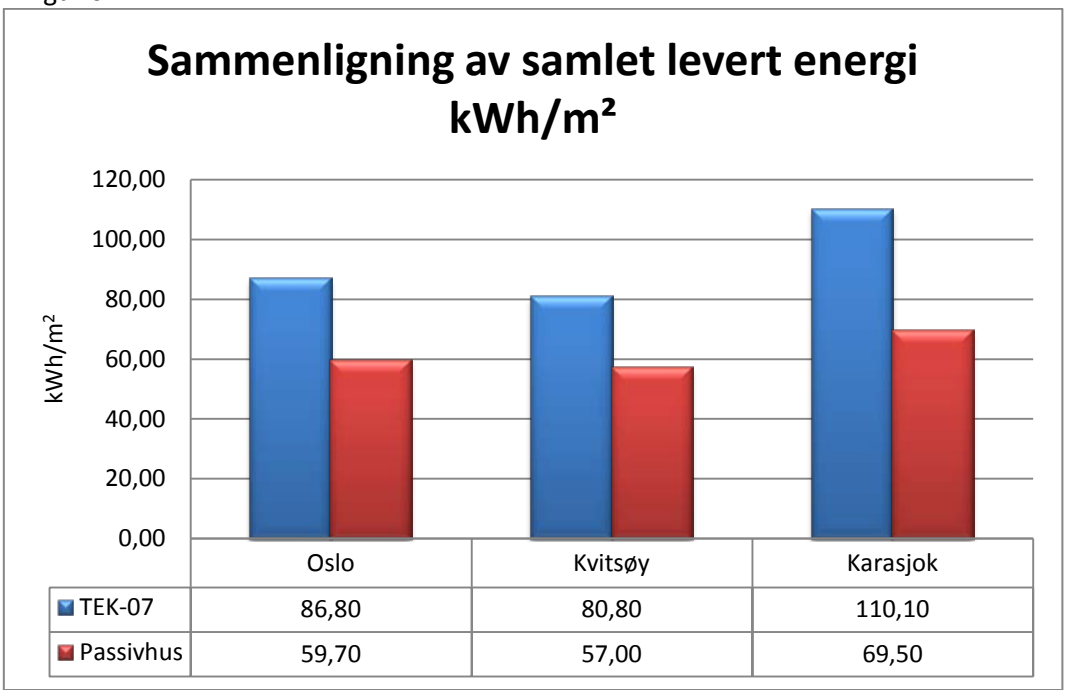
Figur 4



Figur 5



Figur 6



Ut ifra figur 4 ser vi store forskjeller når det gjelder romoppvarming, ulikhetene gjelder både mellom lokasjonen og mellom boligene. Differansen mellom lokasjonene skyldes de klimatiske variasjonene som temperatur (Jf. Vedlegg D.4), soltilskudd (jf. Vedlegg D.1) og frostmengder (jf. Vedlegg D.15 og D.16). Differansen mellom boligene skyldes forhold som ulik tetthet (jf. Vedlegg A.1 og A.2), Ulike vindustyper (jf. Vedlegg D.10 og D.11), bygningsmassen herunder forhold som tak og veggkonstruksjoner med forskjellige U-verdier (jf. Vedlegg A.1 og A.2) og virkningsgraden til varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg (jf. Vedlegg A.1 og A.2).

Videre i det totale energibudsjettet figur 5 ser vi at differansen mellom boligtypene har økt for alle lokasjoner. Dette skyldes nok at TEK-07[6] og passivhus standarden NS 3700[9] har litt forskjellige verdier de bruker når det gjelder belysning, teknisk utstyr, mens for vifter skyldes det at boligene operer med ulike SFP-faktorer.

For å tilfredsstille kravet om energiforsyning i NS 3700[9] (jf. Vedlegg D.13), måtte de installeres energi besparende tiltak i passivhuset. Da vi ønsket å få et likt mulig sammenlikningsgrunnlag, benytter vi de samme tiltakene i TEK-07 boligen også. Dette har ført til at den differansen vi så i energibudsjettet har minsket. Da TEK-07 boligen har et større behov til romoppvarming blir den prosentvise endringen større for TEK-07 boligen enn passivhusboligen som følge av virkningsgraden (jf. Del 1.1 i vedlegg B.1.7 og del 1.1 i vedlegg B.2.7) til varmepumpen.

5.2 Livs syklus kostnader

5.2.1 Usikkerheter

Det er usikkerhet knyttet til prosjektkostnadene siden grunnlaget for denne er basert på estimerte verdier knyttet til de ulike boligene. Denne er oppgitt som fra mesterhus sin prisliste for karita TEK-07 bolig ved et bruks areal på 172 m^2. Prisen er omregnet til en kvadratmeter og videre ganget opp med endret BRA i våres TEK-07 bolig. Videre er denne kvadratmeter prisen tilført en merkostnad for passivhus (jf. Vedlegg C.7) for å kompensere for endret bygningsmasse.

Det er også knyttet en viss usikkerhet til kalkylerente dette grunnet at kalkyleresultatet er svært følsomt selv for små endringer i kalkylerenten. For årskostnadene innebærer dette at jo høyere renter er desto mindre betydning får FDV-kostnadene i forhold til prosjektkostnadene [14 side 72]

Da det er lite erfaringsdata knyttet til bygningskategorien småhus gir det usikkerhet rundt valg av FDV poster. Det er heller ikke mye erfaringsdata rundt kostnader for disse postene, eksempelvis energikostnader og hvordan markedet påvirker denne.

Når det gjelder teorien vedrørende LCC er det en viss usikkerhet da den for det meste er tilpasset næringsbygninger.

Det er stor usikkerhet knyttet til brukstid, renteutvikling og inflasjonsutvikling samt restverdi ved brukstidens slutt.

5.1.2 Argumenter for valg

For prosjektkostnadene valgte vi å benytte oss av en estimert kostnad per kvadratmeter med tilhørende merkostnad(jf. Vedlegg C.7).

Siden det er stor usikkerhet knyttet til brukstid, renteutvikling og inflasjonsutvikling samt restverdi ved brukstidens slutt, er metodene som gjennomføres ved bruk av sikkerhetsmarginer basert på statistiske kilder. Valg for kalkylerente er hentet fra finansdepartementet sitt rundskriv r-109/2005 [21], fordi det vi anser at det er moderat risiko knyttet til prosjektet og da det er en del usikkerhet rundt dette punktet anser vi finansdepartementet som en pålitelig kilde.

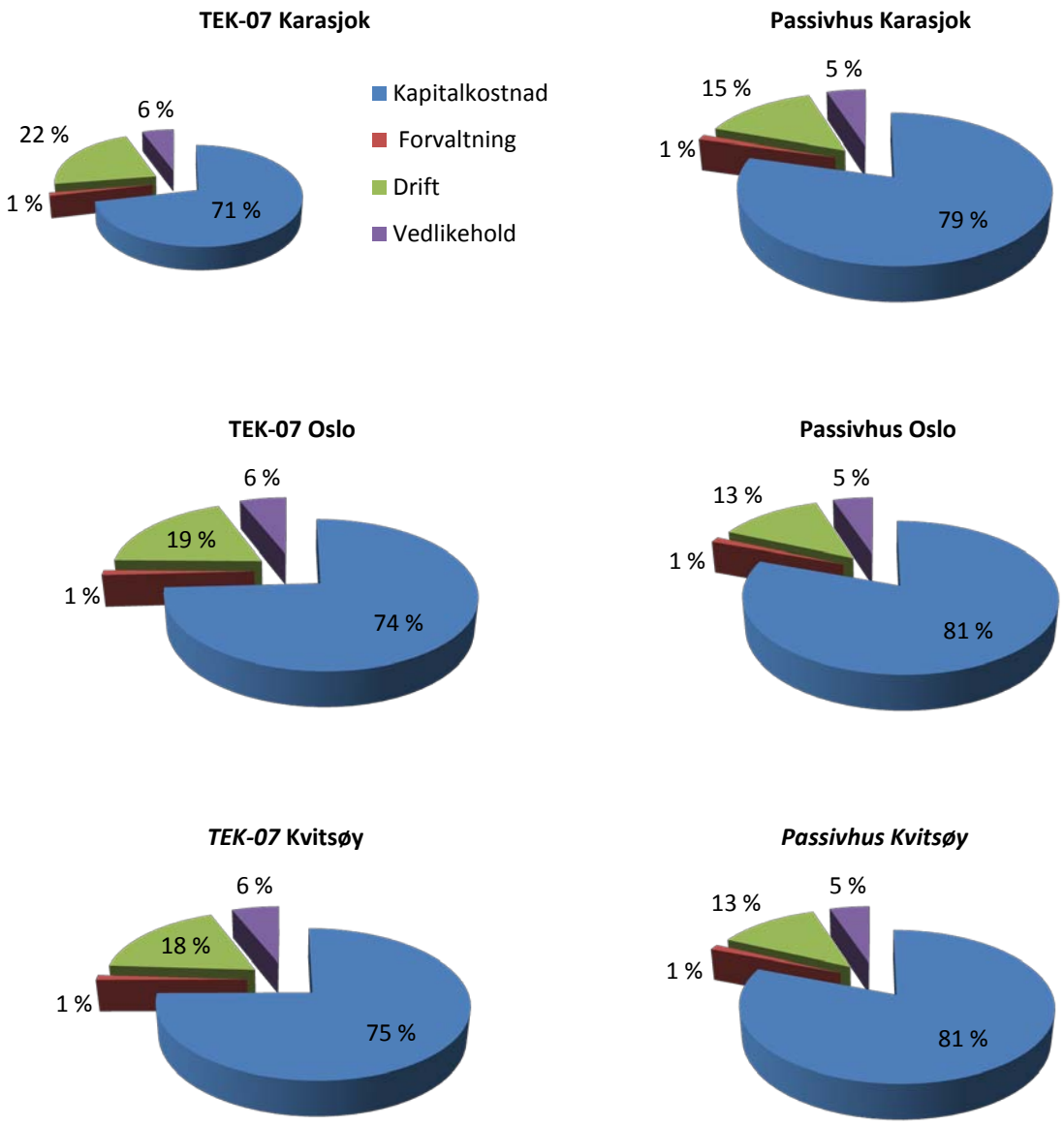
For oppsettet til kontoplan har vi benyttet oss av Sintef Byggforskseriens detaljblad 624.010 – *Livssykluskostnader for byggverk, beregningseksempler*[18] tabell 42, da denne følger bygger oppunder metoden i NS 3454 – *Livssykluskostnader*[13].

Utviklingskostnadene knyttet til LCC har vi valgt å utelate da det er meget liten erfaring rundt bygningskategorien småhus.

Når det gjelder valg av kostnader knyttet til FDV er disse beskrevet i de ulike vedleggene C.1 til C.8.

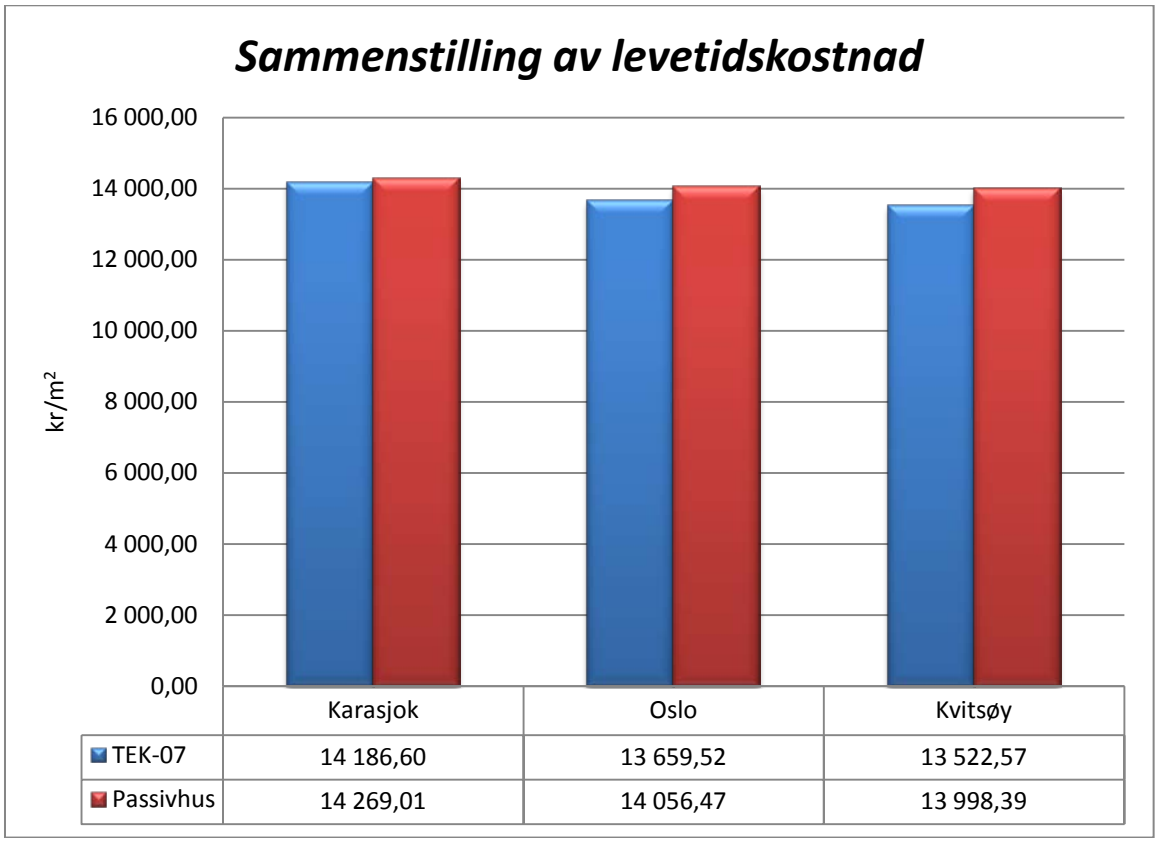
5.1.3 Vurdering av resultatene

Sektor diagrammene viser til prosentvis fordeling av levetidskostnad for de utvalgte lokasjoner.



Som vi kan se av sektordiagrammene viser de en prosentvis fordeling av levetidskostnadene på kapital og FDV. Ut ifra valg av lokasjoner og boligtyper etter TEK-07 og Passivhus standard kan man se at kapitalkostnadene utgjør en større prosentandel for Passivhus kontra TEK-07.

Når det gjelder valg av lokasjon ser vi at det i Kvitsøy og Oslo er det relativt lik fordeling av FDV og kapital kostnadene, mens for Karasjok er det en betydelig høyere prosentandel vedrørende FDV kostnader. Årsaken til dette er at energikostnadene som er tilknyttet driftskostnadene endres som følge av energiforbruk. jf. Vedlegg C.4

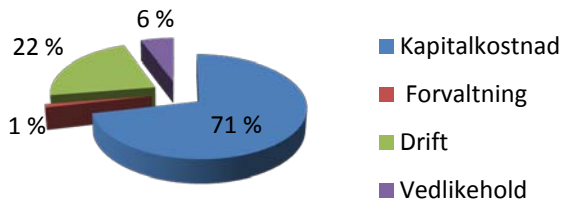


Figur 7

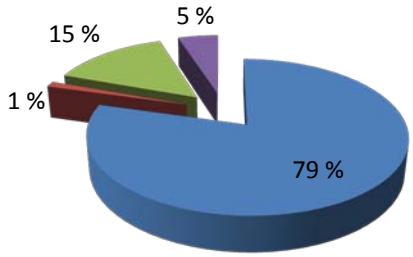
Som vi ser av figur 7 har vi gjennomført en sammenligning av levetidskostnader fordelt på de utvalgte lokasjoner av boliger oppført av TEK-07[6] og Passivhus standard[9]. Ut ifra de opplysninger som ligger til grunne her jf. Tabell 21 og 22 ser vi at levetidskostnadene (post 1-4, KFDV) er større for Passivhus kontra TEK-07 fordelt over alle lokasjonene. Dette skyldes nok at merkostnadene for passivhus er nok litt høy, samt at ulike valg i forhold til energiberegningene til TEK-07 bolig gjør at den ligger nærmere kriteriene for en såkalt lavenergibolig (jf. Tabell 5 i NS 3700[9] og verdi forslag for til lavenergihus for levert energi i Rapport 40: Energieffektivisering i bygg[22]).

Sektor diagrammene viser til prosentvis fordeling av årskostnad for de utvalgte lokasjoner

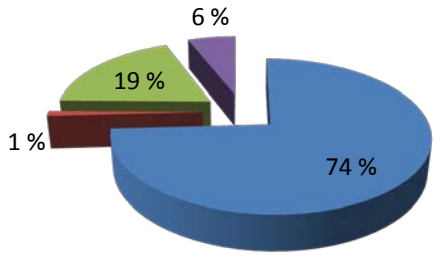
Årskostnad TEK-07 karasjok



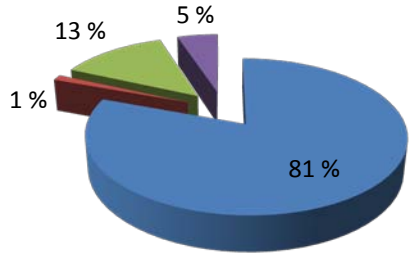
Årskostnad passivhusKarasjok



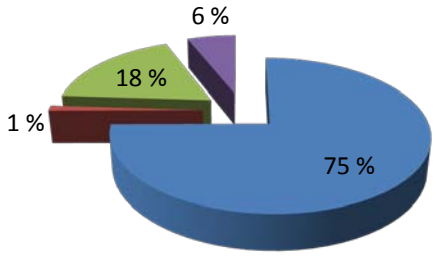
Årskostnad TEK-07 Oslo



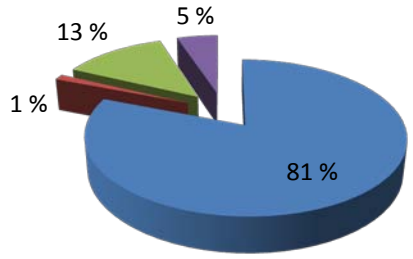
Årskostnad passivhusOslo



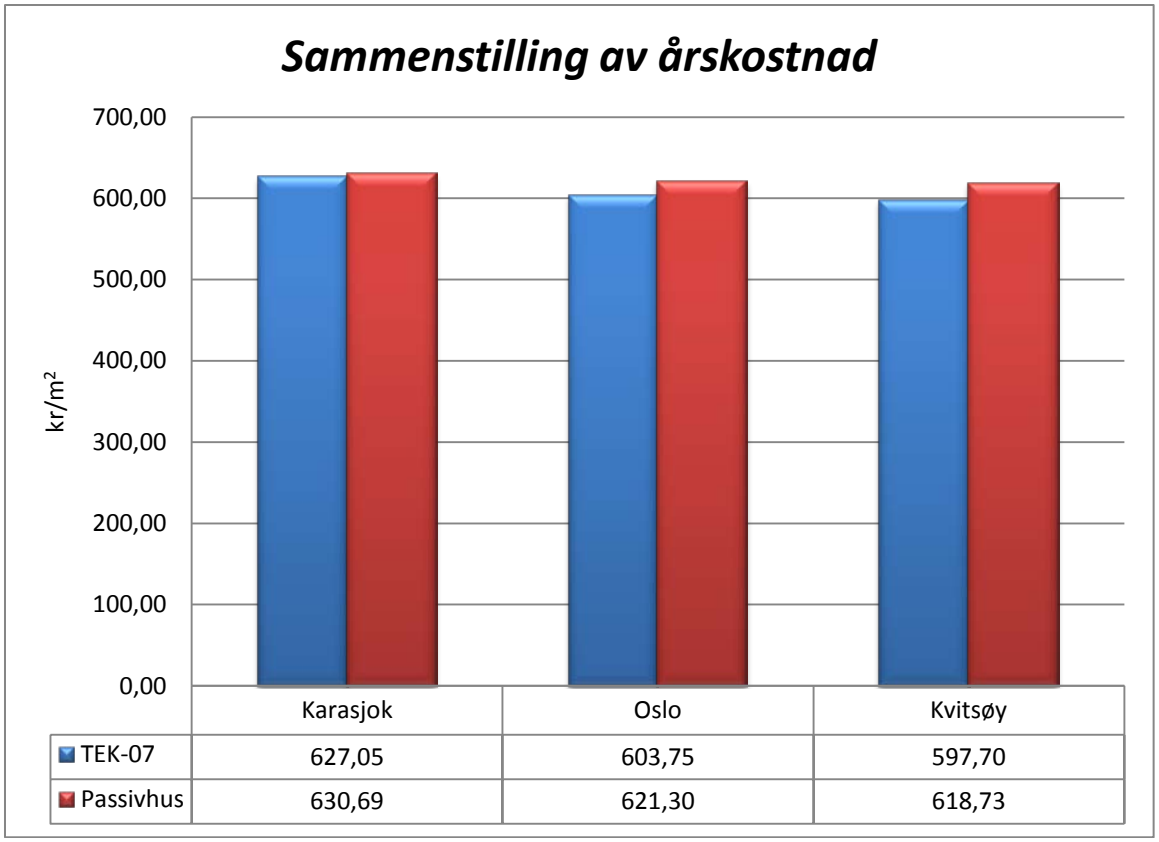
Årskostnad TEK-07 Kvitsøy



Årskostnad passivhus Kvitsøy



Som vi kan se av sektordiagrammene viser de en prosentvis fordeling av årskostnadene på kapital og FDV. Ut ifra valg av lokasjoner og boligtyper etter TEK-07 og Passivhus standard kan man se at kapitalkostnadene utgjør en større prosentandel for Passivhus kontra TEK-07 på samme måte som for levetidskostnadene. Ikke overraskende da levetidskostnadene og årskostnadene er ekvivalente.



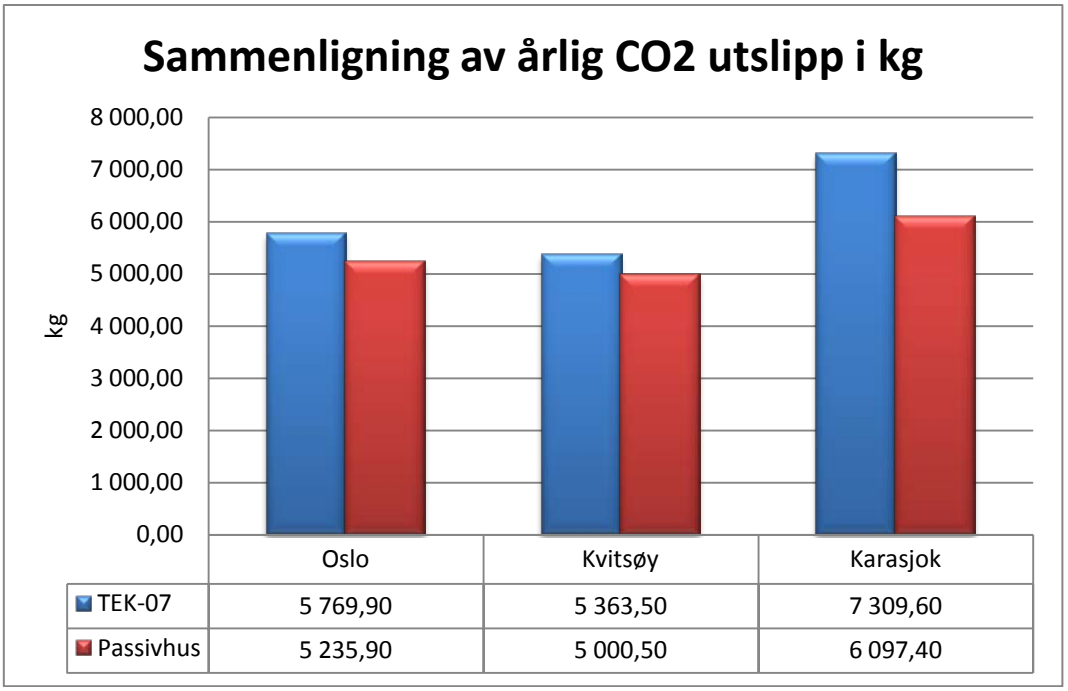
Figur 8

Som vi ser av figur 8 har vi gjennomført en sammenligning av årskostnadene fordelt på de utvalgte lokasjoner av boliger oppført av TEK-07[6] og Passivhus standard[9]. Ut ifra de opplysninger som ligger til grunne her jf. Tabell 21 og 22 ser vi at levetidskostnadene (post 1-4, KFDV) er større for Passivhus kontra TEK-07 fordelt over alle lokasjonene. Vi ser at grafene i figur 8 er identisk med grafene i figur 7 for levetidskostnadene, dette er ingen overraskelse da sumfaktoren og annuitetsfaktoren er invers av hverandre.

5.3 CO_2 utslipp

For utregninger henvises det til vedlegg D.23

Figur 9



Figuren viser årlig CO_2 utslipp som følge av levert energi til boligene. For vårt tilfelle har vi kun benyttet oss av elektrisitet som energivare. Det er knyttet usikkerhet til CO_2 faktoren, da denne synes å være i overkant høy som følge av at verdien er fra et gasskraftverk uten CO_2 håndtering som produserer elektrisitet (jf. Vedlegg D.23) Med tanke på at mesteparten av elektrisiteten produseres i Norge kommer fra vannkraft som anses å være en ren fornybar energikilde ville det nok vært riktigere å bruke en lavere CO_2 faktor.

6. Konklusjon

Energiøkonomiske kostnader:

Vi ser fra resultatene vist i figur 6 i diskusjonskapittelet at de energiøkonomiske kostnadene for passivhus er mindre enn for TEK-07 boligen. Sett i forhold til kravene stilt i TEK-07 forskriften[6] og i standarden NS 3700[9] ser vi at denne differansen kunne økt ytterligere. Dette grunnet at TEK-07 boligen ikke trenger å oppfylle kravet rundt energiforsyning i NS3700[9], der beregnet mengde av levert elektrisitet skal være mindre enn 50 % av totalt netto energibehov. På bakgrunn av dette kunne vi fjernet varmegjenvinneren for avfallsvann i TEK-07 boligen, differansen hadde økt og passivhuset ville sammenstilt med TEK-07 boligen kommet enda bedre energiøkonomisk ut.

Vi konkluderer med dette at passivhuset er mer energiøkonomisk enn TEK-07 boligen.

Miljømessige kostnader:

Vi ser fra resultatene vist i figur 9 i diskusjonskapittelet at de miljømessige kostnadene herunder CO_2-utslipp er mindre for passivhus enn for TEK-07 boligen. Dette er grunnet forholdene i netto energibudsjett. Det er sådd tvil rundt hvor vidt de årlige mengdene CO_2-utslipp er representative, dette grunnet forhold knyttet til CO_2-faktoren. Sett bort i fra hvor stor eller liten denne faktoren måtte være vil uansett forholdene mellom boligtypene og lokasjonene være ekvivalente.

Vi konkluderer med dette at passivhuset er mindre forurensende(CO_2-utslippsmessig sett) enn TEK-07 bolig.

Livssykluskostnader (LCC)

Som vi ser fra resultatene henvist i figur 7 og figur 8 i diskusjonskapittelet er levetidskostnadene og de årlige kostnadene lavere for TEK-07 boligen enn for passivhus boligen. Det vi da kan konkludere med ut i fra våre forutsetninger, er at det ikke vil være tilstrekkelig med en brukstid på 60 år.

Det er også viktig å merke seg at geografiske lokasjoner påvirker resultatene i den grad at driftskostnadene som utgjør en del av de totale FDV- kostnadene i form av energiforbruk endres ut ifra de klimatiskeforhold.

For årskostnadene vil disse være ekvivalent med levetidskostnadene siden sumfaktoren og annuitetsfaktoren er invers av hverandre.

Vi konkluderer med dette at det ved en brukstid på 60 år er TEK-07 boligen et rimeligere alternativ.

Hvilken betydning har geografisk lokasjon i Norge i forhold til hovedproblemstilling?

I områder med lav årsmiddeltemperatur er det gunstigere privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk å føre opp et passivhus kontra et TEK-07 hus. Dette grunnet at det gir en høyere energibesparelse for boligtypene seg imellom.

Privatøkonomisk vurdering

Ved en privatøkonomisk vurdering anser vi at det er livssykluskostnadene som er den faktoren som veier tyngst i forhold til et privatøkonomisk perspektiv. For en privatperson vil nok ikke CO_2-utslipp være en avgjørende faktor hvor vidt man skal velge passivhus eller TEK-07 bolig.

Rent energiøkonomisk vil det med våre forutsetninger være et lavere årlig behov for levert energi. Dette omgjort i kroner og øre vil gjøre at passivhuset har en lavere årlig energikostnad enn TEK-07 bolig. Men ser vi på de totale livssykluskostnader vil aldri passivhuset rekke å spare inn merkostnaden i en brukstid på 60 år.

Vi konkluderer derfor med at det privatøkonomisk, er TEK-07 boligen som er det beste alternativet.

Samfunnsøkonomisk vurdering

De samfunnsøkonomiske betraktningene i denne oppgaven er knyttet opp mot energiforbruk og CO_2-utslipp. Dette er viktige forhold Norge som en del av EØS har forpliktet seg til å redusere siden EUs bygningsenergidirektiv er innlemmet i EØS-avtalen. Disse forholdene vil derfor veie tyngst i denne samfunnsøkonomiske vurderingen.

Fra våres energiøkonomiske og miljømessige kostnadsvurdering mener vi at det rent samfunnsøkonomisk er passivhuset som er det beste alternativet.

Hva som eventuelt kunne vært gjort annerledes ved en gjentagelse av utviklingsarbeidet

Ved en gjentagelse av prosjektet ser vi i ettertid at man kunne tatt med flere elementer vedrørende energibesparende tiltak på passivhus. Vi kunne også valgt å sette opp TEK-07 boligen etter § 8-21b) i teknisk forskrift[6]. Og da benyttet høyere U-verdier som ville resultert i noe høyere energibehov. Da ville vi fått en enda større differanse mellom passivhus og TEK-07 bolig. Det ville også vært hensiktmessig og utført tiltak fra Enova [23] hvor de per i dag dekker inntil 40 prosent av merkostnaden på passivhus. Dette vil dermed bidra til en endring på kapitalkostnadene for passivhus slik at sammenligningsgrunnlaget rundt levetidskostnader ville fått et annet utfall.

Kilder

[1] Low-energy buildings in Europe - Standards, criteria and consequences: A study of nine European countries, Katharina Thullner 2010, ISRN LUTVDG/TVIT--10/5019--SE(161), EBD-R--10/32, ISBN 978-91-85147-42-7

[2] DIRECTIVE 2002/91/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2002 on the energy performance of buildings

[3] URL: http://www.regjeringen.no/nb/dep/ud/dok/regpubl/stprp/20032004/stprp-nr-79-2003-2004-.html?id=209532

[4] URL: http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/l27042_en.htm

[5] URL: http://www.regjeringen.no/nb/dep/krd/pressesenter/pressemeldinger/2006/nye-byggeforskrifter.html?id=104875

[6] Teknisk forskrift URL: http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-19970122-0033.html

[7] Norsk standard NS-3031:2007 – *Beregninger av bygningers energiytelse metode og data*

[8] Hovedrapport Klimakur 2020 Tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020

[9] Norsk standard *NS 3700 – Kriterier for lavenergi- og passivhus – Boligbygninger*

[10] Passivhaus institut i tyskland URL: http://www.passiv.de

[11] Norsk standard NS 3940 - Arealbegreper i bolig

[12] Veileder for teknisk forskrift URL: http://www.be.no/beweb/regler/veil/tekveil07/TekVeil07-082.pdf

[13] Norsk standard NS 3454 2. utgave mars 2000 med navnet ”Livssykluskostnader for byggverk – prinsipper og struktur”

[14] Svein Bjørberg, Ina Eide og Eigil Stang (1993). Årskostnader bok 1, beregningsanvisning for bygninger ISBN: 82-536-0441-9

[15] Svein Bjørberg, Anders Larsen, Håkon Øiseth: ”Livssykluskostnader for bygninger Innføring og prinsipper, Beslutningsprosessen, Kalkyleanvisning, Eksempler”

[16] Veiledning til praktisk bruk av LCC Multiconsult URL: http://www.arkitektur.no/?nid=162511

[17] ISO-standard 15686 Part 5 har definert begrepet "whole life costing" (kostnadsestimering for hele levetiden) i følge [15]

[18] SINTEF BYGGFORSK detaljblad 624.010 – Livssykluskostnader for byggverk, beregningeksempler

[19] Generell skattesats, differensiert skattesats, bunnfradrag og fritak for nye boliger URL: http://www.ssb.no/eiendomsskatt/

[20] eklima.no URL:
http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL
[21] Finansdepartementet URL:
http://www.regjeringen.no/upload/FIN/Vedlegg/okstyring/Rundskriv_109_2005_.pdf

[22] TOR HELGE DOKKA, GURO HAUGE, MARIT THYHOLT, MICHAEL KLINSKI OG
ANDERS KIRKHUS Energieffektivisering i bygninger – mye miljø for pengene! Sintef byggforsk URL:
http://www.sintef.no/upload/SB%20prrapp%2040.pdf

[23] URL: http://www.lavenergiprogrammet.no/article.php?articleID=1202&categoryID=134

[24] Byggforskserien fra SINTEF Byggforsk. Byggdetaljer 472.411 Solstrålingsdata for energi- og effektberegninger

[25] Byggforskserien fra SINTEF Byggforsk. Byggdetaljer 521.112 Golv på grunnen med ringmur. Varmeisolering, forstsikring og beregning av varmetap

[26] Produktbeskrivelse OSO URL: http://www.oso.no/download.asp?dafid=187

[27] Oslo kommunes Kalkulator for årsgebyr vann og avløp 2010. URL: www.vann-og-avlopsetaten.oslo.kommune.no/getfile.php/vann-%20og%20avl%C3%B8psetaten%20%28VAV%29/Internett%20%28VAV%29/Data/Vannkostkalkulator/VannKostKalkulator_2010.html

[28]Statistisk sentralbyrå – elkraftpris gjennomsnitt URL: *http://www.ssb.no/elkraftpris/*

[29] Talgø møre royal URL: http://issuu.com/amfikreativ/docs/talgo_mai_2010_more_royal_web

[30] *Mesterhus Oslo Prosjektkostnader (ekskl.) tomt beregnet ut fra mengder og enhetspriser etter bygningstabellen NS 3451/9/ URL: http://www.mesterhusoslo.no/?s=prisliste&m=div*

[31] Byggforskserien fra SINTEF Byggforsk. Byggdetaljer URL: 552.103 Oppvarming av boliger. Energiforbruk og kostnader

[32] Byggforskserien fra SINTEF Byggforsk. Byggdetaljer URL: 471.012 U-verdier. Vegger over terreng

[33] Byggforskserien fra SINTEF Byggforsk. Byggdetaljer URL: 451.021 Klimadata for termisk dimensjonering og frostsikring

[34] Byggforskserien fra SINTEF Byggforsk. Byggdetaljer URL: 521.112 Golv på grunnen med ringmur. Varmeisolering, frostsikring og beregning av varmetap

[35] prNS 3700 URL: http://hoeringer.standard.no/ENQ_stamped/246512/302588.pdf

Vedlegg

A. Skjema for inndata

A.1 Inndata skjema for passivhus

Bygningskategori småhus (etter tabell 3 NS3031)			
Størrelser		**Inndata**	**Dokumentasjon**
Arealer [m^2]	Yttervegger	195,1	Vedlegg D.19
	Tak [7]	114,6	Vedlegg D.19
	Gulv	114,6	Vedlegg D.19
	Vinduer og dører	33,9	Vedlegg D.2
Oppvarmet del av BRA (Afl) [m^2]		222	Vedlegg D.14
Oppvarmet luftvolum (V) [m^3]		524	Vedlegg D.14
U-verdi for bygningsdeler [W/m^2K]	Yttervegger	0,10	Vedlegg D.14
	Tak	0,06	Vedlegg D.14
	Gulv	0,08	Vedlegg D.14
	Vinduer og dører	0,84	Vedlegg D.14
Arealandel for Vinduer og dører (γsol) [%]		17	Vedlegg D.14
Normalisert kuldebroverdi (Ψ'') [W/m^2K]		0,027	Vedlegg D.14
Normaliert varmekapasitet (C'') [Wh/m^2K]		17	Tabell B.4 NS3031
Lekkasjetall (n_{50}) [h^{-1}]		0,6	Vedlegg D.14
Temperaturvirkningsgrad (ηt) for varmegjennvinner [%]		83	Vedlegg D.14
Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder [kW/(m^3/s)][1]		1,5	Vedlegg D.14
Gjennomsnittlig spesifikk ventilasjonsluftmengde V [m^3/(m^2*h)]		1,2	Tabell B.2 NS3031
Settpunkt-temperatur for oppvarming i °C[2]		20,3	Tabell B.2 NS3031
Årsmiddeltemperatur inne θ_i i°C[3]		20	ANTAGELSE
Amplitudevariasjon omkring årsmiddelteperatur θ_e i K [4]		11,2	Tillegg M NS3031
Kantisolasjon (vertikal) dybde i meter.		50	Vedlegg D.15
Kantisolasjon (horisontal) bredde i meter.		2/0,5/0,7	Vedlegg D.15
d_{iso} tykkelse på kantisolasjon i med mer		50/100	Vedlegg D.15
λ_{iso} varmekonduktivitet kantisolasjon		0,037	Se jackon[8]
λ varmekonduktivitet mot grunn[5]		0,034	Tabell B.8 NS3031
δ nedtrengningsbybden[5]		3,2	Tabell B.8 NS3031
w tykkelse på ringmur i meter		0,35	Vedlegg D.14
P omkrets på gulv i meter		46,8	Vedlegg D.19
Terrengskjermingskoeffisient *e*		0,07	Tabell B.6 NS3031
q''lys spesifikk gjennomsnittlig varmetilskudd fra belysning i W/m^2		1,95	Tabell A.2 NS3700

q''per spesifikk gjennomsnittlig varmetilskudd fra personer i W/m^2		1,5	Tabell A.2 NS3700
q''uts spesifikk gjennomsnittlig varmetilskudd fra utstyr i W/m^2!6		1,8	Tabell A.2 NS3700[6]
q''fan spesifikk gjennomsnittlig varmetilskudd fra vifter i W/m^2		0,44	Vedlegg D.5
Årlig netto energibehov	Belysning	11,4	Tabell A.2 NS3700
	Utstyr	17,5	Tabell A.2 NS3700
	Varmtvann	29,8	Tabell A.2 NS3700
[1] fra tabell A.3 i NS3031 så er driftstiden i småhus 24/7/52,			
[2] det er ikke intermittent drift, differanse mellom settpunt-temperaturen er da mindre enn 3K etter tillegg D i NS3031 kan det brukes da en settpunkt-temperatur for oppvarming etter tabell B.2 i NS3031			
[3] antas til å være 20°C			
[4] fra NS3031 tillegg M settes θe til 11,2°C			
[5] tabell B.8 i NS3031 angir verdi etter grunnfoldet (Sand/Grus)			
[6] Fra NS3700 blir q''uts 1,8			
[7] Varmetapet regnes gjennom klimasperren mot uoppvarmet sone (kaldtloft)			
[8]Se jackon produktguide "http://www.jackon.se/dav/4d5ed6dd2e.pdf"			

A.2 Inndata TEK-07 bolig

Bygningskategori småhus (etter tabell 3 NS3031)			
Størrelser		**Inndata**	**Dokumentasjon**
Arealer [m^2]	Yttervegger	159,87	Vedlegg D.20
	Tak	84,07	Vedlegg D.20
	Gulv	84,07	Vedlegg D.20
	Vinduer og dører	34,24	Vedlegg D.3
Oppvarmet del av BRA (Afl) [m^2]		168,14	Vedlegg D.12
Oppvarmet luftvolum (V) [m^3]		383	Vedlegg D.12
U-verdi for bygningsdeler [W/m^2K]	Yttervegger	0,18	datablad 471.012
	Tak	0,13	TEK-07
	Gulv	0,15	TEK-07
	Vinduer og dører	1,2	TEK-07
Arealandel for Vinduer og dører (γsol) [%]		20 %	TEK-07
Normalisert kuldebroverdi (Ψ'') [W/m^2K]		0,03	TEK-07
Normaliert varmekapasitet (C'') [Wh/m^2K]		17	Tabell B.4 NS3031
Lekkasjetall (n_{50}) [h^{-1}]		2,5	TEK-07
Temperaturvirkningsgrad (ηt) for varmegjennvinner [%]		70 %	TEK-07
Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder [kW/(m^3/s)][1]		2,5	TEK-07
Spesifikk ventilasjonsluftmengde V [m^3/(m^2h)]		1,2	Tabell B.2 NS3031
Settpunkt-temperatur for oppvarming i °C[2]		20,3	Tabell B.2 NS3031
Årsmiddeltemperatur inne θi i°C [3]		20	ANTAGELSE
Amplitudevariasjon omkring årsmiddelteperatur θe i K [4]		11,2	Tillegg M NS3031
Kantisolasjon (vertikal) dybde i meter.		40	Vedlegg D.20
Kantisolasjon (horisontal) bredde i meter.		2/0,5/0,7	Vedlegg D.20
d_{iso} tykkelse på kantisolasjon		50/100	50 eller 100mm avh. av hvor
λ_{iso} varmekonduktivitet kantisolasjon		0,037	Se jackon produktguide [7]
λ varmekonduktivitet mot grunn [5]		2	Tabell B.8 NS3031
δ nedtrengningsbybden [5]		3,2	Tabell B.8 NS3031
w tykkelse på ringmur i meter		0,35	Vedlegg D.14
P omkrets på gulv i meter		38,02	Vedlegg D.20
Terrengskjermingskoeffisient *e*		0,07	Tabell B.6 NS3031
q''lys spesifikk gjennomsnittlig varmetilskudd fra belysning i W/m^2		2,9	Tabell A.2 NS3031
q''per spesifikk gjennomsnittlig varmetilskudd fra personer i W/m^2		1,5	Tabell A.2 NS3031
q''uts spesifikk gjennomsnittlig varmetilskudd fra utstyr i W/m^2 [6]		2,4	Tabell A.2 NS3031 [6]
q''fan spesifikk gjennomsnittlig varmetilskudd fra vifter i W/m^2			Vedlegg D.6
Årlig netto energibehov	Belysning	17	Tabell A.2 NS3031
	Utstyr	23	Tabell A.2 NS3031
	Varmtvann	30	Tabell A.2 NS3031

[1] fra tabell A.3 i NS3031 så er driftstiden i småhus 24/7/52,
[2] det er ikke intermittent drift, differanse mellom settpunt-temperaturen er da mindre enn 3K etter tillegg D i NS3031 kan det brukes da en settpunkt-temperatur for oppvarming etter tabell B.2 i NS3031
[3] antas til å være 20°C
[4] fra NS3031 tillegg M settes θe til 11,2°C hvilket tilsvarer 284,2 Kelvin
[5] tabell B.8 i NS3031 angir verdi etter grunnfoldet
[6] Fra NS 3031 benyttes det for småhus et effektbehov på 60%, fra NS3700 blir q''uts 1,08 medregnet effektbehovet
[7]Se jackon produktguide "http://www.jackon.se/dav/4d5ed6dd2e.pdf"

B. Energiberegninger

B.1 Energiberegninger for passivhus

B.1.1 Varmetap

Varmetilskudd fra soltråling beregnes etter NS-3031[7], her beregnes det for hver måned.

1.1 Beregning av varmetap gjennom konstruksjoner mot det fri

$\boldsymbol{H}_D = \sum U_i A_i + \sum \psi_k l_k$ W/K

Der $\sum \psi_k l_k \approx \psi`` A_{fl}$

der

$\psi`` A_{fl}$ er varmetap ved kuldebro forenklet i henhold til NS 3031[7]
Afl er areal $[m^2]$ se vedlegg A.1
ψ`` er normalisert kuldebroverdi (per oppvarmet BRA) [W/(m^{2}K] se vedlegg A.1

$\boldsymbol{H}_D = \mathbf{63,154\ W/K}$

1.1.1 Kuldebroverdi

$\psi`` A_{fl} = 0{,}027 \cdot 222 = 5{,}994\ \mathrm{W/K}$

1.1.2 Yttervegger

$U_{Ytter} A_{Ytter} = 0{,}10 \cdot 195{,}1 = 19{,}51 \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{K}}$

1.1. 3 Gulv

$U_{Gulv} A_{Gulv} = 0{,}08 \cdot 114{,}6 = 9{,}17 \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{K}}$

1.1. 4 Vinduer og Dører

$U_{V/D} A_{V/D} = 0{,}84 \cdot 33{,}9 = 28{,}48 \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{K}}$

1. 2 Beregning av varmetap gjennom bygningsdeler mot uoppvarmede rom/soner

$$\boldsymbol{H_U} = b\left(\sum U_i A_i + \sum \psi_k l_k\right) \text{KWh}$$

der

U – varmegjennomgangskoeffisient (U-verdi) [W/(m^{2}K] Se vedlegg A.1
A - areal [$[m^2]$ se vedlegg A.1
ψ- kuldebroverdi (lineært varmegjennomgangskoeffisient) [W/mK] Se vedlegg A.1

Leddet med kuldebro er tatt med i punkt 1.1.1

b er fra tabell B.7 NS 3031[7]og satt til 0,93

$$\boldsymbol{H_U} = 0{,}93 \cdot 0{,}06 \cdot 114{,}6 = \mathbf{6{,}39} \qquad \mathbf{W/K}$$

1. 3 Beregning av varmetransport på grunn av ventilasjon

Varmetransportkoeffisient for ventilasjon:

$$\mathbf{H_V} = 0{,}33 \cdot \dot{V}(1 - \eta_T) \text{ W/K}$$

Der

$\dot{V}$ - gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde [m^3/h] Se vedlegg A.1
η_T – ytnyttingsfaktor, virkningsgrad se vedlegg A.1

$$\mathbf{H_V} = 0{,}33 \cdot (1{,}2 \cdot 222)(1 - 0{,}83) = 14{,}94 \text{ W/K}$$

I henhold til tabell A.3 I NS 3031[7] er standardverdi for driftstid 24/7/52 og derfor same luftventilasjonsmengde hele døgnet. $\dot{V}_{on}$er derfor lik $\dot{V}$etter tabell B.2

Gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde:

$$\dot{V} = \frac{t_{on}\dot{V}_{on} + t_{red}\dot{V}_{red}}{t_{on} + t_{red}} \qquad m^3/h$$

1.4 Beregning av varmetransport på grunn av infiltrasjon

1.4.1 Varmetransportkoeffisienten for infiltrasjon

$$\mathbf{H_{inf}} = 0{,}33 \cdot n_{inf} V \quad \text{W/K}$$

Der

η_{inf} – ytnyttingsfaktor for infiltrasjon se vedlegg A.1
V – oppvarmet luftvolum [m^3] se vedlegg A.1

$$\mathrm{H_{inf}} = 0{,}33 \cdot 0{,}042 \cdot 524 = 7{,}26 \text{ W/K}$$

1.4.2 Luftskifte for infiltrasjon

$$n_{inf} = \frac{n_{50} e}{1 + \frac{f}{e}\left(\frac{\dot{V}_1 - \dot{V}_2}{V n_{50}}\right)^2} \qquad [h^{-1}]$$

Da det benyttes balansert ventilasjon betyr det at tilluft er lik avtrekk, det gir at $\dot{V}_1 = \dot{V}_2$og settes derfor lik 0.

For terrengskjermingskoeffisienten e brukes veiledende verdier i tabell B.6 NS 3031[7], antall moderat skjerming.

$$n_{inf} = \frac{0{,}6 \cdot 0{,}07}{1 + \frac{f}{e}\left(\frac{0 - 0}{524 \cdot 0{,}6}\right)^2} = \frac{0{,}6 \cdot 0{,}07}{1} = 0{,}042$$

1.5 Beregning av varmetap mot grunnen gjennom bygningsdeler

$$\boldsymbol{Q_{g,i}} = t_i \left[H_g(\bar{\theta}_i \bar{\theta}_e) + H_{pe} \hat{\theta}_e cos\left(2\pi \frac{i-1-\beta}{12}\right)\right] \text{ kWh}$$

Der

$\bar{\theta}$ - årmiddeltemperatur [C˚] se vedlegg A.1
$\hat{\theta}$ - amplitudevariasjon omkring årsmiddeltemperaturen [K] se vedlegg A.1
t – tid [s,h] henholdsvis månedsvis
β - faseforskjell mellom utetemperatur og varmetap mot grunnen [måned]

1.5.1 karakteristisk dimensjon for gulv

B` = $\frac{A_g}{0,5 \cdot P} = \frac{114,6\ m^2}{0,5 \cdot 46,8\ m}$ = 4,9 m

1.5.2 Ekvivalent tykkelse for gulv

$$\mathbf{d_t} = w + \frac{\lambda}{U_{fl}} = 0,35\ m + \frac{2,0\ \frac{W}{mK}}{0,08\ \frac{W}{m^2K}} = 25,35\ m$$

1.5.3 Ekvivalent tykkelse for kantisolasjon

d` = $d_{iso}\left(\frac{\lambda}{\lambda_{iso}} - 1\right) = 0,05m\left(\frac{2,0\ \frac{W}{mK}}{0,037\frac{W}{mK}} - 1\right) = 2,65m$

Tabell 24 for **d`**

Sted	Ekvivalent tykkelse
Oslo	2,65m
Kvitsøy	2,65m
Karasjok	5,305m

1.5.4 Lineær varmegjennomgangskoeffisient for vertikal kantisolasjon (Oslo)

$$\psi_{g,e} = -\frac{\lambda}{\pi}\left[\ln\left(\frac{2D}{d_t} + 1\right) - \ln\left(\frac{2D}{d_t + d`} + 1\right)\right]$$

$$\psi_{g,e} = -\frac{2,0}{\pi}\left[\ln\left(\frac{2 \cdot 50m}{25m} + 1\right) - \ln\left(\frac{2 \cdot 50m}{25m + 2,6m} + 1\right)\right] = -0,05\ W/K$$

Tabell 25

Sted	varmegjennomgangskoeffisient horisontal
Oslo	$-0,05\ W/K$
Kvitsøy	$-0,05\ W/K$
Karasjok	-0,0960 W/K

*Karasjok benyttes ekvivalent tykkelse 5,305m

1.5.5 Lineær varmegjennomgangskoeffisient for horisontal kantisolasjon (Oslo)

$$\psi_{g,e} = -\frac{\lambda}{\pi}\left[\ln\left(\frac{D`}{d_t} + 1\right) - \ln\left(\frac{D`}{d_t + d`} + 1\right)\right]$$

$$\psi_{g,e} = -\frac{2,0}{\pi}\left[\ln\left(\frac{0,7m}{25m} + 1\right) - \ln\left(\frac{0,7}{25m + 2,6m} + 1\right)\right] = -0,0016\ W/K$$

Tabell 26

Sted	Varmegjennomgangskoeffisient vertikal
Oslo	$-0,0016$ W/K
Kvitsøy	$-0,0016$ W/K
Karasjok	$-0,00304$ W/K

*Karasjok benyttes ekvivalent tykkelse 5,305m

1.5.6 Lineær varmegjennomgangskoeffisient for kantisolasjon

$$\mathbf{U_g} = -\frac{\lambda}{0,457 \cdot B` + d_t + 0,5 \cdot z} = -\frac{2,0\frac{W}{mK}}{0,457 \cdot 4,9\ m + 25,35\ m + 0,5 \cdot 0} = 0,0725\ \frac{W}{m^2K}$$

1.5.7 Horisontal dynamisk varmetransportkoeffisient

$$\boldsymbol{H_{pe}} = 0,37 \cdot P\lambda\left[\left(1 - e^{-D`/\delta}\right)\ln\left(\frac{\delta}{d_t + d`} + 1\right) + e^{-D`I\delta}\ln\left(\frac{\delta}{d_t} + 1\right)\right] = 0,37 \cdot 46,8\ m \cdot 2,0\frac{W}{mK}\left[\left(1 - e^{-0,7/3,2}\right)\ln\left(\frac{3,2}{25,35 + 2,65} + 1\right) + e^{-0,7/3,2}\ln\left(\frac{3,2}{25,35} + 1\right)\right] = \mathbf{4,045}$$

Benytter 4,045 dette gir mest

1.5.8 Vertikal dynamisk varmetransportkoeffisient

$$\boldsymbol{H_{pe}} = 0{,}37 \cdot \mathrm{P}\lambda\left[\left(1 - \mathrm{e}^{-\mathrm{D}`/\delta}\right)\ln\left(\frac{\delta}{\mathrm{d_t} + \mathrm{d}`} + 1\right) + \mathrm{e}^{-\mathrm{D}`\mathrm{I}\delta}\ln\left(\frac{\delta}{\mathrm{d_t}} + 1\right)\right]$$

$$\boldsymbol{H_{pe}} = 0{,}37 \cdot 46{,}8\ \mathrm{m} \cdot 2{,}0\frac{W}{mK}$$
$$\left[\left(1 - \mathrm{e}^{-100/3{,}2}\right)\ln\left(\frac{3{,}2}{25{,}35 + 2{,}65} + 1\right) + \mathrm{e}^{-100/3{,}2}\ln\left(\frac{3{,}2}{25{,}35} + 1\right)\right] = 3{,}75$$

Tabell 27

Sted	Vertikal dynamisk varmetransportkoeffisient
Oslo	3,75 W/K
Kvitsøy	3,75 W/K
Karasjok	3,44 W/K

1.5.9 Stasjonær varmetransportkoeffisient

$$\mathbf{H_g} = \mathrm{U_g A_g} + \psi_{\mathrm{g,e}}\mathrm{P}$$

$$\mathbf{H_g} = 0{,}0725 \cdot 114{,}6 + (-\,0{,}0016 \cdot 46{,}8) = 8{,}235$$

Tabell 28

Sted	Stasjonær varmetransportkoeffisient
Oslo	8,235 W/K
Kvitsøy	8,325 W/K
Karasjok	8,166 W/K

1.5.10 Beregning av varmetap mot grunnen gjennom bygningsdeler

$$\mathbf{Q_{g,i}} = t_i \left[H_g(\bar{\theta}_i - \bar{\theta}_e) + H_{pe}\hat{\theta}_e \cos\left(2\pi \frac{i-1-\beta}{12}\right)\right]$$

Der

$Q_{g,i}$ er varmetapstall $[Kwh]$

$$\mathbf{Q_{g,i}} = \frac{744}{1000}\left[8{,}235\ (20-6{,}2) + 4{,}045\ \cdot 11{,}2\ \cdot\ \cos\left(2\pi \frac{1-1-2}{12}\right)\right] = 118{,}25\ [Kwh]$$

Tabell 29 Varmetapstabell mot grunn for de respektive lokasjonene. I kWh.

Sted/måned	Oslo	Kvitsøy	Karasjok
Januar	118,25	107,84	167,97
Februar	106,81	97,40	151,72
Mars	108,25	107,84	167,97
April	114,44	104,36	162,56
Mai	118,25	107,84	167,97
Juni	114,43	104,35	162,54
Juli	118,23	107,82	167,95
August	118,22	107,81	167,94
September	114,39	104,31	162,51
Oktober	118,19	107,77	167,91
November	114,35	104,28	162,47
Desember	118,14	107,73	167,86

1.6 Totalt varmetap

Totalt varmetap for måned

$$\mathbf{Q_{H,ls,i}} = (\mathbf{H_D} + \mathbf{H_U} + \mathbf{H_V} + \mathbf{H_{inf}})(\bar{\theta}_{Set,H} - \bar{\theta}_{e,i})t_i + \mathbf{Q_{g,i}}$$

Der

$Q_{H,ls,i}$ er varmetap per måned

$$\mathbf{Q_{H,ls,i}} = (63{,}154 + 6{,}39 + 14{,}94 + 7{,}26)(20{,}3 - (-3{,}7)\frac{744}{1000} + 118{,}25 = 1756{,}43$$

Tabell 30

	Oslo	Kvitsøy	Karasjok
Januar	1756,43	1343,30	2720,80
Februar	1654,27	1250,29	2352,70
Mars	1528,01	1302,35	2256,65
April	1138,30	1128,22	1708,26
Mai	705,26	906,45	1294,22
Juni	365,44	665,82	836,31
Juli	309,35	571,97	659,40
August	350,30	537,83	823,21
September	695,68	652,57	1153,35
Oktober	1066,97	844,95	1642,27
November	1422,25	1048,88	2124,32
Desember	1674,41	1220,33	2597,83

Tabell 31

Sted	Totalt varmetap	Spesifikt varmetap
Oslo	12666,68 kWh	57,06 kW/m^2
Kvitsøy	11472,97 kWh	51,68 kW/m^2
Karasjok	20169,32 kWh	92,85 kW/m^2

B.1.2 Varmetilskudd

1.1 Varmetilskudd for sol

Varmetilskudd fra soltråling beregnes etter NS-3031[7], her skal det beregnes tilskudd månedsvis.

$$Q_{sol,i} = t_i \sum I_{sol,i} \cdot A_s \cdot F_s \qquad [kWh]$$

der

t_i er antall timer i måned delt på 1000 for omregning til kWh
$I_{sol,i}$ er månedsgjennomsnittlig strålingsfluks mot utsiden av vinduene, se vedlegg D.1
A_s er effektivt vindusareal for soltilskudd, se vedlegg D.11
F_s er solskjermingsfaktor, se vedlegg D.7

Bruker verdier for $I_{sol,i}$ fra tabell 4a i Byggforskserien blad 472.411[24], her er disse verdien oppgitt som kWh/m^2. Det gjør at vi kan fjerne t_i fra likingen over.
Velger å bruke en helningsvinkel på 90°, ut fra dataene gir dette et litt mer konservativt tilskudd som resulterer i at reduksjonen til varmetapet for romoppvarming blir litt mindre.

Eksempel for Oslo i januar ($i = 1$) måned:

$$Q_{sol,1} = I_{sol,1} \cdot A_s \cdot F_s \qquad , der\ A_s\ er\ areal\ for\ orienteringen$$
$$Q_{sol,1} = (28 \cdot 6{,}94 + 7 \cdot 1{,}17 + 3 \cdot 3{,}66) \cdot 0{,}7938 = 169{,}5\ kWh$$

Tabell 32 Q_{sol} i kWh for Oslo

Sted	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nord	8,7	29,1	58,1	75,5	130,7	159,8	127,8	101,7	63,9	34,9	11,6	5,8
Sør	154,3	308,5	545,4	534,3	496,2	427,3	418,1	462,9	414,4	319,5	115,7	99,2
Øst	6,5	17,6	45,5	61,3	90,1	90,1	80,8	74,3	45,5	23,2	6,5	3,7
Vest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totalt	169,5	355,2	649	671,1	717	677,2	626,7	638,9	523,8	377,6	133,8	108,7

Tabell 33 Q_{sol} i kWh for Kvitsøy*

Sted	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nord	11,6	32	61	78,4	130,7	159,8	124,9	104,6	66,8	37,8	14,5	8,7
Sør	181,8	314,0	539,9	500,9	562,1	409,5	390,6	396,1	394,9	297,5	137,7	148,7
Øst	7,4	19,5	46,4	59,4	86,4	89,2	77,1	66,9	45,5	23,2	8,4	6,5
Vest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totalt	200,8	365,5	647,3	638,7	779,2	658,5	592,6	567,6	507,2	358,5	160,6	163,9

* For Kvitsøy brukes strålingsfluks verdier for Kristiansand, tilnærmet lik geografisk.

Tabell 34 Q_{sol} i kWh for Karasjok

Sted	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nord	0	8,8	38,2	62,3	142,3	189,7	151,2	105,7	47,4	14,7	0	0
Sør	0	189,2	484,2	595,9	567,8	427,0	434,9	444,1	342,9	217,0	11,1	0
Øst	0	7,4	32,5	60	81,6	83,5	78,8	57,2	32	12,2	0	0
Vest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totalt	0	205,4	554,9	718,2	791,7	700,2	664,9	607	422,3	243,9	11,1	0

1.2 Interntilskudd

$$Q_{int} = t_i\left(q``_{lys} + q``_{uts} + q``_{per} + q``_{fan}\right) A_{fl} \text{ [kWh]}$$

Der

q`` - spesifikk effekt [kW/m^3/s]

Eksempel for januar

$$Q_{int} = \frac{744}{1000} \cdot (1{,}95 + 1{,}80 + 1{,}50 + 0{,}44) \cdot 222$$

Tabell 35

	Oslo	Kvitsøy	Karasjok
Januar	939,8	939,8	939,8
Februar	848,9	848,9	848,9
Mars	939,8	939,8	939,8
April	909,5	909,5	909,5
Mai	939,8	939,8	939,8
Juni	909,5	909,5	909,5
Juli	939,8	939,8	939,8
August	939,8	939,8	939,8
September	909,5	909,5	909,5
Oktober	939,8	939,8	939,8
November	909,5	909,5	909,5
Desember	939,8	939,8	939,8

Totalt internt tilskudd pr. år

Tabell 36

Sted	Internt tilskudd pr år.	Spesifikt tilskudd pr. år
Oslo	11065,5 kWh	49,8 kWh/m^2
Kvitsøy	11065,5 kWh	49,8 kWh/m^2
Karasjok	11065,5 kWh	49,8 kWh/m^2

1.3 Totalt varmetilskudd

$$Q_{gn,i} = Q_{sol,i} + Q_{int,i}$$

Der

$Q_{gn,i}$ er totalt varmetilskudd per måned
$Q_{sol,i}$ er totalt soltilskudd per måned
$Q_{int,i}$ er totalt internt varmetilskudd per måned

Eksempel januar Karasjok

$Q_{gn,i} = 0 + 939{,}8$ = 939,8 kWh

Tabell 37 Totalt varmetilskudd i tabell i kWh

Måned	Oslo	Kvitsøy	Karasjok
Januar	1109,3	1140,6	939,8
Februar	1204,1	1214,4	1054,3
Mars	1588,8	1587,1	1497,7
April	1610,9	1548,2	1627,7
Mai	1656,8	1719	1731,5
Juni	1617	1568	1609,7
Juli	1566,5	1532,4	1604,7
August	1578,7	1507,4	1546,8
September	1463,6	1416,7	1331,8
Oktober	1317,4	1298,3	1183,7
November	1073,6	1070,1	920,6
Desember	1048,5	1103,7	939,8
Totalt	**16835,2**	**16705,9**	**15988,1**

B.1.3 Energibehov for romoppvarming

1.1 Tidskonstanten

$$\tau = \frac{C}{H} \approx \frac{C``\cdot A_{fl}}{H}$$

Oslo og Kvitsøy

$$\tau \approx \frac{17\cdot 222}{100} = 37{,}74$$

Karasjok

$$\tau \approx \frac{17\cdot 222}{99{,}9} = 37{,}78$$

1.2Dimensjonløs faktor for bygningens varmetreghet

$$A_H = 1 + \frac{\tau}{16}$$

Oslo og Kvitsøy

$$A_H = 1 + \frac{37{,}74}{16} = 3{,}36$$

Karasjok

$$A_H = 1 + \frac{37{,}78}{16} = 3{,}36$$

1.3 Forholdet mellom varmetilskudd og varmetap

$\gamma_{H,i}$ er forholdet mellom varmetilskudd og varmetap gitt ved

$$\gamma_{H,i} = \frac{Q_{gn,i}}{Q_{H,ls,i}}$$

Tabell 38

	Oslo	Kvitsøy	Karasjok
Januar	0,632	0,849	0,345
Februar	0,728	0,971	0,448
Mars	1,040	1,219	0,664
April	1,415	1,372	0,953
Mai	2,349	1,896	1,338
Juni	4,425	2,355	1,925
Juli	5,064	2,679	2,434
August	4,507	2,803	1,879
September	2,104	2,171	1,155
Oktober	1,235	1,537	0,721
November	0,755	1,020	0,433
Desember	0,626	0,904	0,362

1.4 Utnyttingsfaktoren

Denne faktoren kan regnes på tre måter

$$\eta_{H,i} = \begin{cases} \frac{1-\gamma_{H,i}{}^{a_H}}{1-\gamma_{H,i}{}^{a_H+1}} & ; Hvis\ \gamma_{H,i} \neq 1 \\ \frac{a_H}{a_H+1} & ; Hvis\ \gamma_{H,i} = 1 \\ \frac{1}{\gamma_{H,i}} & ; Hvis\ \gamma_{H,i} < 0 \end{cases}$$

Eksempel for januar Oslo

$$\eta_{H,i} = \frac{1-0{,}657^{3{,}45}}{1-0{,}657^{4{,}45}} = 0{,}905$$

Setter dette inn i tabell for henholdsvis Oslo, Kvitsøy og Karasjok

Tabell 39

	Oslo	Kvitsøy	Karasjok
Januar	0,909	0,829	0,981
Februar	0,875	0,782	0,962
Mars	0,755	0,689	0,898
April	0,624	0,638	0,789
Mai	0,411	0,496	0,649
Juni	0,225	0,411	0,490
Juli	0,197	0,365	0,398
August	0,221	0,350	0,500
September	0,454	0,442	0,712
Oktober	0,684	0,587	0,878
November	0,865	0,763	0,965
Desember	0,911	0,808	0,979

1.5 Oppvarmingsbehov for måned

$$Q_{H,nd,i} = Q_{H,ls,i} - \eta_{H,i} Q_{gn,i}$$

Eksempel januar for Oslo

$$Q_{H,nd,i} = 1688{,}7 - 0{,}905 \cdot 1109{,}3 = 685{,}0 kWh$$

Tabell 40

	Oslo	Kvitsøy	Karasjok
Januar	748,0	397,5	1798,5
Februar	600,5	301,0	1338,8
Mars	327,9	208,1	911,5
April	133,3	141,2	424,2
Mai	23,5	53,2	171,0
Juni	1,9	22,1	47,2
Juli	1,1	13,3	20,0
August	1,7	11,0	49,4
September	31,2	26,9	204,5
Oktober	166,1	82,3	603,3
November	493,4	232,5	1236,0
Desember	719,4	328,9	1678,0

Tabell 41

Sted	Oppvarmingsbehov	Spesifikt Oppvarmingsbehov kvm
Oslo	3248,1 kWh	14,6 kWh/m^2
Kvitsøy	1817,9 kWh	8,2 kWh/m^2
Karasjok	8482,4 kWh	38,2 kWh/m^2

B.1.4 Energibehov for vifter

Energibehov for vifter regnes etter formel

$$E_{fan,i} = \frac{\dot{V}_{on} SFP_{on} t_{i,on} + \dot{V}_{red} SFP_{red} t_{i,red}}{3600}$$

Fra tabell A.3 NS-3031[7] er driftstiden for ventilasjon i småhus 24/7/52. Det vil da si at ventilasjonen er på til en hver tid.
$\dot{V}_{red}, SFP_{red}\ og\ t_{i,red}$ er derfor lik 0

Vi får da følgende formel vi bruker

$$E_{fan,i} = \frac{\dot{V}_{on} SFP_{on} t_{i,on}}{3600}$$

Eksempel for januar

$$E_{fan,i} = \frac{1{,}2 \cdot 222 \cdot 1{,}5 + 744}{3600} = 82{,}6\ kWh$$

Tabell 42

	Oslo	Kvitsøy	Karasjok
Januar	82,6	82,6	82,6
Februar	74,6	74,6	74,6
Mars	82,6	82,6	82,6
April	79,9	79,9	79,9
Mai	82,6	82,6	82,6
Juni	79,9	79,9	79,9
Juli	82,6	82,6	82,6
August	82,6	82,6	82,6
September	79,9	79,9	79,9
Oktober	82,6	82,6	82,6
November	79,9	79,9	79,9
Desember	82,6	82,6	82,6
Totalt	***972,4***	***972,4***	***972,4***

B.1.5 Varmebehov for frostsikring av varmegjenvinner

Beregning av varmebehov for frostsikring av varmegjenvinner etter tillegg H.4 i NS-3031[7].
Det antas at vifteplasseringen er etter varmegjenvinneren i aggregatet og at det er benyttet regenerativt system. Ifølge merknad 3 i tillegg H.3 i NS-3031[7] kan da $\Delta\theta_1$ og $\Delta\theta_3$ settes lik 0 Kelvin.
Vi får da følgende minste utetemperatur som ikke innebærer frostsikring av varmegjenvinneren:

$$\theta'_{1,min} = \theta'_3 + \Delta\theta_3 - \Delta\theta_1 - \frac{\theta'_3 + \Delta\theta_3 - \theta_{4,min}}{\eta_T}$$

$$\theta'_{1,min} = 20 + 0 - 0 - \frac{20 + 0 - (-10)}{0{,}83} = -16{,}1\ °C$$

der

$\theta'_{1,min}$ er minste utetemperatur som ikke innebærer frostsikring av varmegjenvinneren, i $°C$.
θ'_3 er temperatur på fra luft, i $°C$.
$\Delta\theta_1$ er temperaturøkning over vifte montert på tilluftsiden, i $°C$.
$\Delta\theta_3$ er temperaturøkning over vifte montert på fraluftsiden, i $°C$.
$\theta_{4,min}$ er frostsikringstemperaturen etter tabell H.1 i NS-3031[7]. (roterende varmegjenvinner)
η_T er temperaturvirkningsgraden fra skjema A.1.

Fra $\theta'_{1,min}$ ser vi at når temperaturen er under -16,1 $°C$ vil det være behov for frostsikring av varmegjenvinneren.
Varmebehov eksempel for Karasjok i januar $(i = 1)$måned:

$$Q_{defrost,i} = 0{,}33 \cdot \dot{V} \cdot t_i \cdot max\{0; \theta'_{1,min} - \theta'_{1,i}\}$$

der

$\dot{V}$ er gjennomsnittlig luftventilasjonsmengde
t_i er antall timer i måneden delt på 1000 for omregning til kWh.
$\theta'_{1,i}$ er gjennomsnittlig utetemperatur i måneden i.

$$Q_{defrost,i} = 0{,}33 \cdot 266{,}4 \cdot \frac{744}{1000} \cdot max\{0; -16{,}1 - (-17{,}1) = 1\} = 65{,}4\ kWh$$

Tabell 43 Varmebehov per måned *(i kWh)*

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Oslo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kvitsøy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karasjok	65,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

B.1.6 Energibudsjett

Tabell 44 Oslo

Energipost	energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibehov [kWh/(m^2*år]
Romoppvarming	3248,1	14,6
ventilasjonsvarme	0	0
Varmtvann	6615,6	29,8
Vifter og pumper	976,8	4,4
Belysning	2530,8	11,4
Teknisk utstyr	3885	17,5
Kjøling	0	0
Totalt netto energibehov	**17256,3**	**77,7**

Tabell 45 Kvitsøy

Energipost	energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibehov [kWh/(m^2*år]
Romoppvarming	1817,9	8,2
ventilasjonsvarme	0	0
Varmtvann	6615,6	29,8
Vifter og pumper	976,8	4,4
Belysning	2530,8	11,4
Teknisk utstyr	3885	17,5
Kjøling	0	0
Totalt netto energibehov	**15826,1**	**71,3**

Tabell 46 Karasjok

Energipost	energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibehov [kWh/(m^2*år]
Romoppvarming	8482,4	38,2
ventilasjonsvarme	65,4	0,29
Varmtvann	6615,6	29,8
Vifter og pumper	976,8	4,4
Belysning	2530,8	11,4
Teknisk utstyr	3885	17,5
Kjøling	0	0
Totalt netto energibehov	**22556**	**101,59**

B.1.7 Beregning av behov for levert elektrisitet

Beregning for levert elektrisitet beregnes etter NS-3031[7], her beregnes det på årsbasis,

1.1 Levert energi til varmepumpesystemer

$E_{del,hp,el} = \frac{Q_{H,nd} \cdot f_{H,er} + Q_{W,nd} \cdot f_{W,er}}{\eta_{er}}$ [kWh]

Regneeksempel for Oslo

$E_{del,hp,el} = \frac{3248{,}1 \cdot 1}{2{,}40} = 1353{,}4$ kWh

η_{er} er den effektfaktoren vi har valgt å bruke etter NS 3031[7]

1.2 El-spsifikt forbruk er gitt ved

$E_{spes} = E_{fan} + E_p + E_l + E_{eq}$ [kWh]

Regneeksempel for Oslo

$E_{spes} = 976{,}8 + 0 + 2530{,}8 + 3885 = 7392{,}6$ kWh

1.3 Levert elektrisitet til el-spesifikt forbruk er gitt ved

$E_{del,spes-el} = E_{spes}(1 - f_{Ei-sol}) + \frac{E_{spes} f_{el-sol}}{\eta_{E-sol}}$ [kWh]

Regneeksempel for Oslo

$E_{del,spes-el} = 7392{,}6(1 - 0) + \frac{7392{,}6 \cdot 0}{0} = 7932{,}6$ kWh

1.4 Beregning av behov for levert elektrisitet

$E_{del,el} = E_{del,spes-el} + E_{del,er-el} + E_{del,hp,el} + E_{del,sol-el} + E_{del,C-el}$ [kWh]

På bakgrunn av dette vil derfor $E_{del,er-el}$, $E_{del,sol-el}$ og $E_{del,C-el}$ falle bort fra likningen.

Det er kun varmepumpen som benytter elektrisitet for romoppvarming. Som et ekstra energitiltak velger vi å installere en såkalt varmegjenvinner for avløpsvann. I følge "importørens"[26] hjemmeside har denne en besparelse på cirka femti prosent av forbruket energi.

Dersom tar en noe konservativ antagelse på førti prosent reduksjon av energibruken av varmtvann gir det.

$6615{,}6 \cdot 0{,}4 = 2646{,}2\ kWh/\text{år}$

Vi får da følgende likning for $E_{del,el}$

$E_{del,el} = E_{del,spes-el} + E_{del,hp,el} + (Varmtvann - varmegjenvinner)kWh$

Totalt for Oslo

$E_{del,el} = 7932{,}6 + 0 + 1353{,}4 + (6615{,}6 - 2646{,}2) = 13255{,}4$ kWh

Tabell 47

Sted	Levert energi	Spesifik levert energi
Oslo	13255,4 kWh	59,7 kWh/m^2
Kvitsøy	12659,5 kWh	57,0 kWh/m^2
Karasjok	15436,3 kWh	69,5 kWh/m^2

Tabell 48 Samlet levert energibehov for Oslo

Energivare	Levert energi [kWh/år]	Spesifik levert energi [kWh/(m^2*år]
Elektrisitet	13255,4	59,7
Olje	0	0,0
Gass	0	0,0
Fjernvarme	0	0,0
Biobrensel	0	0,0
Annen energivare	0	0,0
Totalt levert energibehov	**13255,4**	**59,7**

Tabell 49 Samlet levert energibehov for Kvitsøy

Energivare	Levert energi [kWh/år]	Spesifik levert energi [kWh/(m^2*år]
Elektrisitet	12659,5	57,0
Olje	0	0
Gass	0	0
Fjernvarme	0	0
Biobrensel	0	0
Annen energivare	0	0
Totalt levert energibehov	**12659,5**	**57,0**

Tabell 50 Samlet levert energibehov for Karasjok

Energipost	energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibehov [kWh/(m^2*år]
Elektrisitet	15436,4	69,5
Olje	0	0
Gass	0	0
Fjernvarme	0	0
Biobrensel	0	0
Annen energivare	0	0
Totalt levert energibehov	**15436,4**	**69,5**

B.2 Energiberegninger for TEK-07 Bolig

B.2.1 Varmetap

1.1 Beregning av varmetap gjennom konstruksjoner mot det fri

$\boldsymbol{H}_D = \sum U_i A_i + \sum \psi_k l_k$ W/K

Der $\sum \psi_k l_k \approx \psi'' A_{fl}$

$\psi'' A_{fl}$ er varmetap ved kuldebro forenklet i henhold til NS 3031[7]

$\boldsymbol{H}_D = \mathbf{87,52\ W/K}$

1.1.1 Kuldebroverdi

$\psi'' A_{fl} = 0{,}03 \cdot 168{,}14 = 5{,}044\ \mathrm{W/K}$

1.1.2 Yttervegger

$U_{Ytter} A_{Ytter} = 0{,}18 \cdot 159{,}87 = 28{,}777 \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{K}}$

1.1.3 Gulv

$U_{Gulv} A_{Gulv} = 0{,}15 \cdot 84{,}07 = 12{,}611 \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{K}}$

1.1.4 Vinduer og Dører

$U_{V/D} A_{V/D} = 1{,}2 \cdot 34{,}24 = 41{,}088 \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{K}}$

1.2 Beregning av varmetap gjennom bygningsdeler mot uoppvarmede rom/soner

$\boldsymbol{H_U} = b\left(\sum U_i A_i + \sum \psi_k l_k\right)$ W/K

Leddet med kuldebro er tatt med i punkt 1.1.1

b er fra tabell B.7 NS 3031[7] og satt til 0,93

$\boldsymbol{H_U} = 0{,}93 \cdot 0{,}13 \cdot 84{,}07 = 10{,}164$ **W/K**

1.3 Beregning av varmetransport på grunn av ventilasjon

Varmetransportkoeffisient for ventilasjon:

$\mathbf{H_V} = 0{,}33 \cdot \dot{V}(1 - \eta_T)$ W/K

$\mathbf{H_V} = 0{,}33 \cdot (1{,}2 \cdot 168{,}14)(1 - 0{,}70) = 19{,}975$ W/K

I henhold til tabell A.3 I NS 3031[7] er standardverdi for driftstid 24/7/52 og derfor same luftventilasjonsmengde hele døgnet. $\dot{V}_{on}$er derfor lik $\dot{V}$etter tabell B.2

Gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde:

$$\dot{V} = \frac{t_{on}\dot{V}_{on} + t_{red}\dot{V}_{red}}{t_{on} + t_{red}} \qquad m^3/h$$

1.4 Beregning av varmetransport på grunn av infiltrasjon

1.4.1 Varmetransportkoeffisienten for infiltrasjon

$\mathbf{H_{inf}} = 0{,}33 \cdot n_{inf}V$ W/K

$H_{inf} = 0{,}33 \cdot 0{,}175 \cdot 383{,}0 = 22{,}12$ W/K

1.4.2 Luftskifte for infiltrasjon

$$n_{inf} = \frac{n_{50}e}{1 + \frac{f}{e}\left(\frac{\dot{V}_1 - \dot{V}_2}{V\, n_{50}}\right)^2} \qquad h^{-1}$$

Da det benyttes balansert ventilasjon betyr det at tilluft er lik avtrekk, det gir at $\dot{V}_1 = \dot{V}_2$og settes derfor lik 0.

For terrengskjermingskoeffisienten e brukes veiledende verdier i tabell B.6 NS 3031[7], antall moderat skjerming.

$$n_{inf} = \frac{2{,}5 \cdot 0{,}07}{1 + \frac{f}{e}\left(\frac{0 - 0}{383 \cdot 2{,}5}\right)^2} = \frac{2{,}5 \cdot 0{,}07}{1} = 0{,}175\ W/K$$

1.5 Beregning av varmetap mot grunnen gjennom bygningsdeler

$$\boldsymbol{Q_{g,i}} = t_i \left[H_g(\bar{\theta}_i \bar{\theta}_e) + H_{pe} \hat{\theta}_e cos\left(2\pi \frac{i-1-\beta}{12}\right)\right] \text{ kWh}$$

1.5.1 karakteristisk dimensjon for gulv

$$\mathbf{B`} = \frac{A_g}{0{,}5 \cdot P} = \frac{84{,}07\ m^2}{0{,}5 \cdot 40\ m} = 4{,}2\ m$$

1.5.2 Ekvivalent tykkelse for gulv

$$\mathbf{d_t} = w + \frac{\lambda}{U_{fl}} = 0{,}35\ m + \frac{2{,}0\ \frac{W}{mK}}{0{,}15\ \frac{W}{m^2K}} = 13{,}68\ m$$

1.5.3 Ekvivalent tykkelse for kantisolasjon

$$\mathbf{d`} = d_{iso}\left(\frac{\lambda}{\lambda_{iso}} - 1\right) = 0{,}05m\left(\frac{2{,}0\ \frac{W}{mK}}{0{,}037\frac{W}{mK}} - 1\right) = 2{,}65m$$

Tabell 51 for **d`**

Sted	Ekvivalent tykkelse
Oslo	2,65m
Kvitsøy	2,65m
Karasjok	5,305m

1.5.4 Lineær varmegjennomgangskoeffisient for vertikal kantisolasjon (Oslo)

$$\psi_{g,e} = -\frac{\lambda}{\pi}\left[\ln\left(\frac{2D}{d_t} + 1\right) - \ln\left(\frac{2D}{d_t + d`} + 1\right)\right]$$

$$\psi_{g,e} = -\frac{2{,}0}{\pi}\left[\ln\left(\frac{2 \cdot 40m}{13{,}68m} + 1\right) - \ln\left(\frac{2 \cdot 40m}{13{,}68m + 2{,}65m} + 1\right)\right] = -0{,}095\ W/K$$

Tabell 52

Sted	varmegjennomgangskoeffisient horisontal
Oslo	$-0{,}095\ W/K$
Kvitsøy	$-0{,}095\ W/K$
Karasjok	$-0{,}174\ W/K$

*Karasjok benyttes ekvivalent tykkelse 5,305m

1.5.5 Lineær varmegjennomgangskoeffisient for horisontal kantisolasjon (Oslo)

$$\psi_{g,e} = -\frac{\lambda}{\pi}\left[\ln\left(\frac{D`}{d_t} + 1\right) - \ln\left(\frac{D`}{d_t + d`} + 1\right)\right]$$

$$\psi_{g,e} = -\frac{2,0}{\pi}\left[\ln\left(\frac{0,7m}{13,68m} + 1\right) - \ln\left(\frac{0,7}{13,68m + 2,65m} + 1\right)\right] = -0,00505\ W/K$$

Tabell 53

Sted	Varmegjennomgangskoeffisient vertikal
Oslo	$-0,00505$ W/K
Kvitsøy	$-0,00505$W/K
Karasjok	$-0,00872$ W/K

*Karasjok benyttes ekvivalent tykkelse 5,305m

1.5.6 Lineær varmegjennomgangskoeffisient for kantisolasjon

$$\mathbf{U_g} = -\frac{\lambda}{0,457 \cdot B` + d_t + 0,5 \cdot z} = -\frac{2,0\,\frac{W}{mK}}{0,457 \cdot 4,2\ m + 13,68\ m + 0,5 \cdot 0} = 0,128\ \frac{W}{m^2K}$$

1.5.7 Horisontal dynamisk varmetransportkoeffisient

$$\boldsymbol{H_{pe}} = 0,37 \cdot P\lambda\left[\left(1 - e^{-D`/\delta}\right)\ln\left(\frac{\delta}{d_t + d`} + 1\right) + e^{-D`I\delta}\ln\left(\frac{\delta}{d_t} + 1\right)\right]$$

$$\boldsymbol{H_{pe}} = 0,37 \cdot 38,94\ m \cdot 2,0\frac{W}{mK}\left[\left(1 - e^{-0,7/3,2}\right)\ln\left(\frac{3,2}{13,68 + 2,65} + 1\right) + e^{-0,7/3,2}\ln\left(\frac{3,2}{13,68} + 1\right)\right] = \mathbf{5,88}$$

Benytter 5,88 dette gir mest

1.5.8 Vertikal dynamisk varmetransportkoeffisient

$$\boldsymbol{H_{pe}} = 0,37 \cdot P\lambda\left[\left(1 - e^{-D`/\delta}\right)\ln\left(\frac{\delta}{d_t + d`} + 1\right) + e^{-D`I\delta}\ln\left(\frac{\delta}{d_t} + 1\right)\right]$$

$$\boldsymbol{H_{pe}} = 0,37 \cdot 38,94\ m \cdot 2,0\frac{W}{mK}$$
$$\left[\left(1 - e^{-80/3,2}\right)\ln\left(\frac{3,2}{13,68 + 2,65} + 1\right) + e^{-80/3,2}\ln\left(\frac{3,2}{13,68} + 1\right)\right] = 5,157$$

Tabell 54

Sted	Vertikal dynamisk varmetransportkoeffisient
Oslo	5,157 W/K
Kvitsøy	5,157 W/K
Karasjok	4,489 W/K

1.5.9 Stasjonær varmetransportkoeffisient

$$\mathbf{H_g} = U_g A_g + \psi_{g,e} P$$
$$\mathbf{H_g} = 0{,}128 \cdot 84{,}07 + (-0{,}00505 \cdot 38{,}94) = 10{,}564 \text{ W/K}$$

Tabell 55

Sted	Stasjonær varmetransportkoeffisient
Oslo	10,564 W/K
Kvitsøy	10,564 W/K
Karasjok	10,421 W/K

1.5.10 Beregning av varmetap mot grunnen gjennom bygningsdeler

$$\mathbf{Q_{g,i}} = t_i \left[H_g(\bar{\theta}_i - \bar{\theta}_e) + H_{pe} \hat{\theta}_e \cos\left(2\pi \frac{i-1-\beta}{12}\right) \right]$$

$$\mathbf{Q_{g,i}} = \frac{744}{1000} \left[10{,}564\ (20 - 6{,}2) + 5{,}157\ \cdot 11{,}2\ \cdot\ \cos\left(2\pi \frac{1-1-2}{12}\right) \right] = 151{,}43\ [Kwh]$$

Tabell 56 Varmetapstabell mot grunn for de respektive lokasjonene. I kWh.

Sted/måned	Oslo	Kvitsøy	Karasjok
Januar	151,43	140,42	210,95
Februar	136,78	126,84	190,65
Mars	151,43	140,43	211,08
April	146,55	135,90	204,27
Mai	151,43	140,42	211,07
Juni	146,53	135,90	204,26
Juli	151,41	140,40	211,05
August	151,39	140,39	211,04
September	146,79	135,84	204,21
Oktober	151,34	140,34	211,00
November	146,44	135,79	204,17
Desember	151,29	140,29	210,95

1.6 Totalt varmetap

Totalt varmetap for måned

$$\mathbf{Q_{H,ls,i}} = (\mathbf{H_D} + \mathbf{H_U} + \mathbf{H_V} + \mathbf{H_{inf}})(\bar{\theta}_{Set,H} - \bar{\theta}_{e,i})t_i + \mathbf{Q_{g,i}}$$

$$\mathbf{Q_{H,ls,i}} = (87{,}52 + 10{,}164 + 19{,}975 + 22{,}12)(20{,}3 - (-3{,}7)\frac{744}{1000} + 118{,}25 = 1688{,}7$$

Tabell 57

	Oslo	Kvitsøy	Karasjok
Januar	2647,32	2022,74	4100,38
Februar	2494,46	1883,36	3544,00
Mars	2314,54	1960,35	3393,34
April	1706,48	1695,83	2559,27
Mai	1045,79	1357,17	1927,00
Juni	528,97	991,35	1230,80
Juli	442,60	847,57	959,82
August	504,97	795,56	1209,40
September	1032,43	971,16	1713,82
Oktober	1596,88	1263,49	2457,30
November	2139,13	1574,95	3193,20
Desember	2522,39	1835,42	3913,19
	18975,96	17198,96	30201,53

Tabell 58

Sted	Totalt varmetap	Spesifikt varmetap
Oslo	18975,96 kWh	112,86 kW/m^2
Kvitsøy	17198,96 kWh	102,29 kW/m^2
Karasjok	30201,53 kWh	179,62 kW/m^2

B.2.2 Varmetilskudd

1.1 Varmetilskudd for sol

Varmetilskudd fra soltråling beregnes etter NS-3031[7], her skal det beregnes tilskudd månedsvis.

$$Q_{sol,i} = t_i \sum I_{sol,i} \cdot A_s \cdot F_s \ [kWh]$$

der

t_i er antall timer i måned delt på 1000 for omregning til kWh
$I_{sol,i}$ er månedsgjennomsnittlig strålingsfluks mot utsiden av vinduene, se vedlegg D.1
A_s er effektivt vindusareal for soltilskudd, se vedlegg D.10
F_s er solskjermingsfaktor, se vedlegg D.7

Bruker verdier for $I_{sol,i}$ fra tabell 4a i Byggforskserien blad 472.411[24], her er disse verdien oppgitt som kWh/m^2. Det gjør at vi kan fjerne t_i fra likingen over.
Velger å bruke en helningsvinkel på 90°, ut fra dataene gir dette et litt mer konservativt tilskudd som resulterer i at reduksjonen til varmetapet for romoppvarming blir litt mindre.

Eksempel for Oslo i januar ($i = 1$) måned:

$$Q_{sol,1} = I_{sol,1} \cdot A_s \cdot F_s \qquad , der\ A_s\ er\ areal\ for\ orienteringen$$
$$Q_{sol,1} = (28 \cdot 6{,}94 + 7 \cdot 1{,}17 + 3 \cdot 3{,}66) \cdot 0{,}7938 = 169{,}5\ kWh$$

Tabell 60 Q_{sol} i kWh for Oslo

Sted	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nord	8,6	28,7	57,3	74,5	129,0	157,7	126,2	100,4	63,1	34,4	11,5	5,7
Sør	194,6	380,6	657,8	651,1	732,5	644,4	614,7	699,6	583,7	394,2	144,5	124,8
Øst	5,4	14,6	37,6	50,6	74,4	74,4	66,7	61,3	37,6	19,2	5,4	3,1
Vest	6,4	17,5	45,0	60,7	89,2	89,2	80,0	73,5	45,0	23,0	6,4	3,7
Totalt	215,0	441,4	797,8	836,9	1025,1	965,7	887,5	934,9	729,4	470,8	167,8	137,3

Tabell 61 Q_{sol} i kWh for Kvitsøy*

Sted	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nord	11,5	31,5	60,2	77,4	129,0	157,7	123,3	103,2	65,9	37,3	14,3	8,6
Sør	229,3	387,4	651,2	610,4	685,0	617,6	574,1	598,7	556,2	367,1	172,0	187,3
Øst	6,1	16,1	38,3	49,1	71,3	73,6	63,6	55,2	37,6	19,2	6,9	5,4
Vest	7,4	19,3	46,0	58,8	85,5	88,2	76,3	66,2	45,0	23,0	8,3	6,4
Totalt	254,3	454,4	795,7	795,7	970,9	937,1	837,4	823,3	704,8	446,5	201,5	207,7

* For Kvitsøy brukes strålingsfluks verdier for Kristiansand, tilnærmet lik geografisk.

Tabell 62 Q_{sol} i kWh for Karasjok

Sted	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nord	0,0	8,7	37,7	61,4	140,4	187,2	149,2	96,5	46,8	17,4	0,0	0,0
Sør	0,0	234,9	587,7	744,2	702,0	630,3	626,0	549,1	434,3	276,5	14,0	0,0
Øst	0,0	6,1	26,8	49,6	67,4	68,9	65,1	47,3	25,6	10,0	0,0	0,0
Vest	0,0	7,4	32,2	59,4	80,8	82,6	78,0	56,6	30,6	11,9	0,0	0,0
Totalt	0,0	257,1	684,4	914,7	990,6	969,1	918,3	749,5	537,3	315,8	14,0	0,0

1.2 Interntilskudd

$$Q_{int} = t_i\left(q``_{lys} + q``_{uts} + q``_{per} + q``_{fan}\right) A_{fl} \text{ [kWh]}$$

For $q``_{fan}$ se vedlegg D.6

Eksempel for januar

$$Q_{int} = \frac{744}{1000} \cdot (2{,}9 + (2{,}4 * 0{,}6) + 1{,}5 + 0{,}74) \cdot 168{,}14 = 823{,}1\ kWh$$

Tabell 63

	Oslo	Kvitsøy	Karasjok
Januar	823,1	823,1	823,1
Februar	743,5	743,5	743,5
Mars	823,1	823,1	823,1
April	796,6	796,6	796,6
Mai	823,1	823,1	823,1
Juni	796,6	796,6	796,6
Juli	823,1	823,1	823,1
August	823,1	823,1	823,1
September	796,6	796,6	796,6
Oktober	823,1	823,1	823,1
November	796,6	796,6	796,6
Desember	823,1	823,1	823,1

Totalt internt tilskudd pr. år

Tabell 64

Sted	Internt tilskudd pr år.	Spesifikt tilskudd pr. år
Oslo	9691,7 kWh	57,6 kWh/m^2
Kvitsøy	9691,7 kWh	57,6 kWh/m^2
Karasjok	9691,7 kWh	57,6 kWh/m^2

1.3 Totalt varmetilskudd

$$Q_{gn,i} = Q_{sol,i} + Q_{int,i}$$

Eksempel januar Karasjok

$$Q_{gn,i} = 0 + 939{,}8 = 939{,}8 \text{ kWh}$$

Tabell 65 Totalt varmetilskudd i tabell i kWh

Måned	Oslo	Kvitsøy	Karasjok
Januar	1038,1	1077,4	823,1
Februar	1184,9	1197,9	1000,6
Mars	1620,9	1618,8	1507,5
April	1633,5	1592,3	1711,3
Mai	1848,2	1794	1813,7
Juni	1762,3	1733,7	1765,7
Juli	1710,6	1660,5	1741,4
August	1758	1646,4	1572,6
September	1526	1501,4	1333,9
Oktober	1293,9	1269,6	1138,9
November	964,4	998,1	810,6
Desember	960,4	1030,8	823,1
Totalt	**17301,2**	**17120,9**	**16042,4**

B.2.3 Energibehov for romoppvarming

1.1 Tidskonstanten

$$\tau = \frac{C}{H} \approx \frac{C``\cdot A_{fl}}{H}$$

Oslo og Kvitsøy

$$\tau \approx \frac{17\cdot 168{,}14}{150{,}783} = 18{,}96$$

Karasjok

$$\tau \approx \frac{17\cdot 168{,}14}{150{,}64} = 18{,}97$$

1.2 Dimensjonløs faktor for bygningens varmetreghet

$$A_H = 1 + \frac{\tau}{16}$$

Oslo og Kvitsøy

$$A_H = 1 + \frac{18{,}96}{16} = 2{,}19$$

Karasjok

$$A_H = 1 + \frac{18{,}97}{16} = 2{,}19$$

1.3 Forholdet mellom varmetilskudd og varmetap

$\gamma_{H,i}$ er forholdet mellom varmetilskudd og varmetap gitt ved

$$\gamma_{H,i} = \frac{Q_{gn,i}}{Q_{H,ls,i}}$$

Tabell 66

	Oslo	Kvitsøy	Karasjok
Januar	0,392	0,533	0,201
Februar	0,475	0,636	0,282
Mars	0,700	0,826	0,444
April	0,957	0,939	0,669
Mai	1,767	1,322	0,941
Juni	3,332	1,749	1,435
Juli	3,865	1,959	1,814
August	3,481	2,069	1,300
September	1,478	1,546	0,778
Oktober	0,810	1,005	0,463
November	0,451	0,634	0,254
Desember	0,381	0,562	0,210

1.4 Utnyttingsfaktoren

Denne faktoren kan regnes på tre måter

$$\eta_{H,i} = \begin{cases} \frac{1-\gamma_{H,i}{}^{a_H}}{1-\gamma_{H,i}{}^{a_H+1}} & ; Hvis\ \gamma_{H,i} \neq 1 \\ \frac{a_H}{a_H+1} & ; Hvis\ \gamma_{H,i} = 1 \\ \frac{1}{\gamma_{H,i}} & ; Hvis\ \gamma_{H,i} < 0 \end{cases}$$

Eksempel for januar Oslo

$$\eta_{H,i} = \frac{1-0{,}66^{2{,}45}}{1-0{,}66^{3{,}45}} = 0{,}84$$

Setter dette inn i tabell for henholdsvis Oslo, Kvitsøy og Karasjok

Tabell 67

	Oslo	Kvitsøy	Karasjok
Januar	0,918	0,864	0,976
Februar	0,887	0,823	0,954
Mars	0,798	0,749	0,898
April	0,701	0,708	0,810
Mai	0,482	0,587	0,707
Juni	0,285	0,485	0,557
Juli	0,249	0,446	0,472
August	0,274	0,427	0,593
September	0,546	0,530	0,767
Oktober	0,755	0,685	0,891
November	0,896	0,824	0,962
Desember	0,922	0,853	0,974

1.5 Oppvarmingsbehov for måned

$$Q_{H,nd,i} = Q_{H,ls,i} - \eta_{H,i} Q_{gn,i}$$

Eksempel januar for Oslo

$$Q_{H,nd,i} = 2647{,}32 - 0{,}918 \cdot 1038{,}1 = 1694{,}8\ kWh$$

Tabell 68

	Oslo	Kvitsøy	Karasjok
Januar	1694,8	1091,7	3296,9
Februar	1443,9	897,3	2589,2
Mars	1021,5	747,3	2039,1
April	560,8	568,7	1172,8
Mai	155,8	304,3	644,6
Juni	27,1	150,0	247,4
Juli	17,2	107,8	137,4
August	23,9	92,7	277,0
September	199,2	175,9	690,2
Oktober	619,7	394,0	1442,5
November	1275,2	752,5	2413,0
Desember	1637,2	956,5	3111,6

Tabell 69

Sted	Oppvarmingsbehov	Spesifikt Oppvarmingsbehov kvm
Oslo	8676,3 kWh	51,6 kWh/m^2
Kvitsøy	6238,7 kWh	37,1 kWh/m^2
Karasjok	18061,9 kWh	107,4 kWh/m^2

B.2.4 Energibehov for vifter

Energibehov for vifter regnes etter formel

$$E_{fan,i} = \frac{\dot{V}_{on}SFP_{on}t_{i,on}+\dot{V}_{red}SFP_{red}t_{i,red}}{3600}$$

Fra tabell A.3 NS-3031[1] er driftstiden for ventilasjon i småhus 24/7/52. Det vil da si at ventilasjonen er på til en hver tid.
$\dot{V}_{red}, SFP_{red}\ og\ t_{i,red}$ er derfor lik 0

Vi får da følgende formel vi bruker

$$E_{fan,i} = \frac{\dot{V}_{on}SFP_{on}t_{i,on}}{3600}$$

Eksempel for januar

$$E_{fan,i} = \frac{1{,}2\cdot 168{,}14\cdot 2{,}5\cdot 744}{3600} = 104{,}25\ kWh$$

Tabell 70

	Oslo	Kvitsøy	Karasjok
Januar	104,2	104,2	104,2
Februar	94,2	94,2	94,2
Mars	104,2	104,2	104,2
April	100,9	100,9	100,9
Mai	104,2	104,2	104,2
Juni	100,9	100,9	100,9
Juli	104,2	104,2	104,2
August	104,2	104,2	104,2
September	100,9	100,9	100,9
Oktober	104,2	104,2	104,2
November	100,9	100,9	100,9
Desember	104,2	104,2	104,2
Totalt	***1227,4***	***1227,4***	***1227,4***

B.2.5 Varmebehov for frostsikring av varmegjenvinner

Beregning av varmebehov for frostsikring av varmegjenvinner etter tillegg H.4 i NS-3031[7].
Det antas at vifteplasseringen er etter varmegjenvinneren i aggregatet og at det er benyttet regenerativt system. Ifølge merknad 3 i tillegg H.3 i NS-3031[7] kan da $\Delta\theta_1\ og\ \Delta\theta_3$ settes lik 0 Kelvin.
Vi får da følgende minste utetemperatur som ikke innebærer frostsikring av varmegjenvinneren:

$$\theta'_{1,min} = \theta'_3 + \Delta\theta_3 - \Delta\theta_1 - \frac{\theta'_3 + \Delta\theta_3 - \theta_{4,min}}{\eta_T}$$

$$\theta'_{1,min} = 20 + 0 - 0 - \frac{20 + 0 - (-10)}{0{,}7} = -16{,}7\ °C$$

der

$\theta'_{1,min}$ er minste utetemperatur som ikke innebærer frostsikring av varmegjenvinneren, i $°C$.
θ'_3 er temperatur på fraluft, i $°C$.
$\Delta\theta_1$ er temperaturøkning over vifte montert på tilluftsiden, i $°C$.
$\Delta\theta_3$ er temperaturøkning over vifte montert på fraluftsiden, i $°C$.
$\theta_{4,min}$ er frostsikringstemperaturen etter tabell H.1 i NS-3031[7]. (roterende varmegjenvinner)
η_T er temperaturvirkningsgraden fra vedlegg A.1.

Fra $\theta'_{1,min}$ ser vi at når temperaturen er under -16,1 $°C$ vil det være behov for frostsikring av varmegjenvinneren.
Varmebehov eksempel for Karasjok i januar $(i = 1)$måned:

$$Q_{defrost,i} = 0{,}33 \cdot \dot{V} \cdot t_i \cdot max\{0; \theta'_{1,min} - \theta'_{1,i}\}$$

der

$\dot{V}$ er gjennomsnittlig luftventilasjonsmengde
t_i er antall timer i måneden delt på 1000 for omregning til kWh.
$\theta'_{1,i}$ er gjennomsnittlig utetemperatur i måneden i.

$$Q_{defrost,i} = 0{,}33 \cdot 201{,}8 \cdot \frac{744}{1000} \cdot max\{0; -16{,}7 - (-17{,}1) = 0{,}4\} = 19{,}8\ kWh$$

Tabell 71 Varmebehov per måned *(i kWh)*

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Oslo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kvitsøy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karasjok	19,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

B.2.6 Energibudsjett

Tabell 72 Oslo

Energipost	energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibehov [kWh/(m^2*år]
Romoppvarming	8676,3	51,6
ventilasjonsvarme	0,0	0
Varmtvann	5044,2	30
Vifter og pumper	1227,4	7,30
Belysning	2858,4	17
Teknisk utstyr	3867,2	23
Kjøling	0,0	0
Totalt netto energibehov	21673,5	128,9

Tabell 73 Kvitsøy

Energipost	energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibehov [kWh/(m^2*år]
Romoppvarming	6237,7	37,1
ventilasjonsvarme	0,0	0
Varmtvann	5044,2	30
Vifter og pumper	1227,4	7,30
Belysning	2858,4	17
Teknisk utstyr	3867,2	23
Kjøling	0,0	0
Totalt netto energibehov	19234,9	114,4

Tabell 74 Karasjok

Energipost	energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibehov [kWh/(m^2*år]
Romoppvarming	18061,9	107,4
ventilasjonsvarme	19,4	0,12
Varmtvann	5044,2	30
Vifter og pumper	1227,4	7,30
Belysning	2858,4	17
Teknisk utstyr	3867,2	23
Kjøling	0,0	0
Totalt netto energibehov	**31078,5**	**184,82**

B.2.7 Beregning av behov for levert elektrisitet

1.1 Levert energi til varmepumpesystemer

$E_{del,hp,el} = \frac{Q_{H,nd} \cdot f_{H,er} + Q_{W,nd} \cdot f_{W,er}}{\eta_{er}}$ [kWh]

Regneeksempel for Oslo

$E_{del,hp,el} = \frac{8676,3 \cdot 1}{2,40} = 3615,1$ kWh

η_{er} er den effektfaktoren vi har valgt å bruke etter NS 3031[7]

1.2 El-spsifikt forbruk er gitt ved

$E_{spes} = E_{fan} + E_p + E_l + E_{eq}$ [kWh]

Regneeksempel for Oslo

$E_{spes} = 1227,4 + 0 + 2858,4 + 3867,2 = 7953\ kWh$

1.3 Levert elektrisitet til el-spesifikt forbruk er gitt ved

$E_{del,spes-el} = E_{spes}(1 - f_{Ei-sol}) + \frac{E_{spes} f_{el-sol}}{\eta_{E-sol}}$ [kWh]

Regneeksempel for Oslo

$E_{del,spes-el} = 7953(1 - 0) + \frac{7953 \cdot 0}{0} = 7953$ kWh

1.4 Beregning av behov for levert elektrisitet

$E_{del,el} = E_{del,spes-el} + E_{del,er-el} + E_{del,hp,el} + E_{del,sol-el} + E_{del,C-el}$ [kWh]

På bakgrunn av dette vil derfor $E_{del,er-el}$, $E_{del,sol-el}$ og $E_{del,C-el}$ falle bort fra likningen.

Det er kun varmepumpen som benytter elektrisitet for romoppvarming. Som et ekstra energitiltak velger vi å installere en såkalt varmegjenvinner for avløpsvann[26]. I følge "importørens" hjemmeside har denne en besparelse på cirka femti prosent av forbruket energi.

Dersom tar en noe konservativ antagelse på førti prosent reduksjon av energibruken av varmtvann gir det.

$5440{,}2 \cdot 0{,}4 = 2017{,}7\ kWh/år$

Vi får da følgende likning for $E_{del,el}$

$$E_{del,el} = E_{del,spes-el} + E_{del,hp,el} + (Varmtvann - varmegjenvinner)kWh$$

Totalt for Oslo

$$E_{del,el} = 7953 + 3615{,}1 + (5044{,}2 - 2017{,}7) = 14594{,}6\ \text{kWh}$$

Tabell 75

Sted	Levert energi	Spesifik levert energi
Oslo	14594,6 kWh	86,8 kWh/m^2
Kvitsøy	13578,5 kWh	80,8 kWh/m^2
Karasjok	18505,3 kWh	110,1 kWh/m^2

Tabell 76 Samlet levert energibehov for Oslo

Energivare	Levert energi [kWh/år]	Spesifik levert energi [kWh/(m^2*år]
Elektrisitet	14594,6	86,8
Olje	0	0,0
Gass	0	0,0
Fjernvarme	0	0,0
Biobrensel	0	0,0
Annen energivare	0	0,0
Totalt levert energibehov	**14594,6**	**86,8**

Tabell 77 Samlet levert energibehov for Kvitsøy

Energivare	Levert energi [kWh/år]	Spesifik levert energi [kWh/(m^2*år]
Elektrisitet	13578,5	80,8
Olje	0	0
Gass	0	0
Fjernvarme	0	0
Biobrensel	0	0
Annen energivare	0	0
Totalt levert energibehov	**13578,5**	**80,8**

Tabell 78 Samlet levert energibehov for Karasjok

Energipost	energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibehov [kWh/(m^2*år]
Elektrisitet	18505,3	110,1
Olje	0	0
Gass	0	0
Fjernvarme	0	0
Biobrensel	0	0
Annen energivare	0	0
Totalt levert energibehov	**18505,3**	**110,1**

C. LCC

C.1 Ordforklaring

Ordforklaringer gitt i [15]

Prosjektkostnad K0
Summen av samtlige investeringskostnader ved prosjektets ferdigstilling.

Restkostnad RT
Avhendingskostnad ved utgangen av brukstiden T for å rive/fjerne byggverket.

Kapitalkostnad N
Prosjektkostnad fratrukket nåverdien av restverdi! N = K – R. Når bygningen rives ved slutten av brukstiden, er N= summen av prosjektkostnad og restkostnad.

Forvaltningskostnader F
Kostnader som påløper bygningen uansett om den er i drift eller ikke. Dette er kommunale skatter og avgifter, forsikringer og administrasjon.

Driftskostnader D
Kostnader til løpende drift, renhold, vakt, sikring, energi. (Omfatter også løpende vedlikehold, skade og hærverk)

Vedlikeholdskostnader V
Med vedlikeholdskostnader menes kostnader som er nødvendige for å opprettholde bygningen og de tekniske installasjoner på et fastsatt kvalitetsnivå, og dermed gjøre det mulig å bruke bygningen til sitt tiltenkte formål innenfor en gitt brukstid. Kostnader som skal dekke standardheving skal betraktes som en investering og inngår i utviklingskostnadene.

Utviklingskostnader U
Med utvikling menes løpende, mindre ombygginger som følge av omorganisering, nytt utstyr, nye krav fra myndigheter samt standardheving ut fra utgangspunktet

Servicekostnader S
Kostnader for de aktiviteter som ikke er FDVU men nødvendig for at virksomheten i bygget skal foregå mest mulig effektivt. Dette er post, bibliotek, kantine, flytting, møblering, IT-tjenester, sentralbord etc

Potensialet P
Kostnader til større ombygginger som følge av bruksendring, tilpasning til gjeldende krav og forskrifter, etc. Denne posten er å betrakte som en strategisk post for planlegging og budsjettering, dvs. en fremtidig kapitalkostnad. Ved effektuering av arbeidene vil kostnaden inngå som del av kapitalkostnaden.

Brukstid T
Det antall år bygningen blir brukt eller planlegges brukt til samme formål. Vesentlige bruksendringer og/eller ombygginger betraktes som et nytt prosjekt.

Levetid
Det må skjelnes mellom: *Estetisk levetid* Den tid en bygningsdel oppfyller sitt estetiske krav. *Funksjonell levetid* Den tiden bygningen/bygningsdelen oppfyller sine funksjonelle og tekniske krav. *Økonomisk levetid* Den tiden bygningen/bygningsdelen kan utnyttes uten at det er økonomisk å rive, bygge om eller skifte ut. Levetiden påvirkes av materialtekniske egenskaper, design (utdetaljering materialvalg), utførelse (håndverksmessigstandard), påkjenninger (klima/bruk) og vedlikehold (forebyggende)

Faste priser
Pengeverdien knyttet til en bestemt dato. Omregning fra løpende priser til faste priser gjøres ved en prisindeks som angis i beregningene. Historiske kostnader justeres frem med prisindeks, mens fremtidige kostnader angis direkte i faste priser.

Realrente r
Relativ avkastning av kapital når avkastningen regnes i samme pengeverdi som kapitalbeløpet, dvs. differansen mellom nominell rente og inflasjon. Realrenten utrykker avkastningen av beste alternative bruk av ressursene som bindes i bygningskapital.

Nominell rente rn
Relativ avkastning på kapital når avkastningen regnes i løpende verdi, og kapitalbeløpet regnes i nominell historisk verdi.

Nåverdi
Den sum som i dag settes til forrentning, for at man på et nærmere angitt tidspunkt skal ha det beløpet som forfaller til betaling. Nåverdien regnes ut ved å multiplisere det fremtidige beløp med en faktor som kalles diskonteringsfaktoren.

Diskonteringsfaktor
Nåverdien av en krone innbetalt i slutten av år n.

Livssykluskostnad
Alle kostnader som inntreffer over levetiden (evt brukstiden)

Levetidskostnader LK
Summen av kapitalkostnad og nåverdien av alle kostnader
til forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling (FDVU) i levetiden (evt brukstiden), dvs. neddiskontert verdi av livssykluskostnaden.

Årskostnad ÅK
Summen av årskostnadene til kapital og FDVU Årskostnaden beregnes ved å multiplisere levetidskostnaden med annuitetsfaktoren.

Annuitetsfaktor
Den faktor en må multiplisere levetidskostnaden med for å få like årlige beløp over brukstiden. Annuitetsfaktor er kun avhengig av rente og brukstid.

C.2 Kontoplan og beskrivelse

Tabell79Viser revidert kontoplan for underinndeling av hovedpostene jf. NS 3454:2000[13]
Vi har herunder valgt å ta for oss de postene vi mener er mest relevant for utarbeidelse av FDVU kostnadene. Dette danner videre grunnlag for gjennomføring av LCC analyse for de respektive boligene.
Det er viktig å merke seg, sidene dette omfatter privatboliger som sådan har vi valgt å utelate hovedpost 5. Utviklingskostnader.

Tabell 79

Kontoplan med beskrivelse iht. NS 3454	Beskrivelse
1. Kapitalkostnader	
11 Prosjektkostnad	Investeringer basert på kostnadsoppstilling iht. NS 3453
12 Restkostnader	NV av Kostnader til riving av bygningen
2. Forvaltningskostnader	
21 Skatter og avgifter	Eiendomsskatt, forbruksuavhengige kommunale avgifter
22 Forsikring	Brannforsikring, innbruddsforsikring
3. Driftskostnader	
33 Energi	I Hovedsak elektrisk strøm
34 Vann og Avløp	Vannforbruk, avløpsvann, rensing av vann.
4. Vedlikeholdskostnader	
41 Planlagt vedlikehold	Vedlikehold som følge av normal slitasje (f eks maling) som gjøres med jevne mellomrom for å hindre forfall.
5. Utviklingskostnader	Ingen løpende kostnader for denne virksomheten

C.3 Kommunale avgifter

Post 34. Kommunale avgifter

For å anslå kostnad for de kommunale avgiftene har vi valgt å bruke [27]Oslo kommunes Kalkulator for årsgebyr vann og avløp 2010.

Vi har tatt forbehold for at det ikke er vannmåler, men ved å oppgi BRA har vi fått oppgitt følgende opplysninger for henholdsvis passiv og TEK 07 boligene:

Tabell 80

Passivhus Karita BRA 222 m²	
Bruksareal 222 m² gir et beregnet vannforbruk på 289 m³ pr. år (basert på 1,30 m³/m² areal)	
Vann, 289 m³ á 6,83 kr	1 971,00 kr
Avløp, 289 m³ á 10,26 kr	2 961,00 kr
Abonnementsgebyr	215,00 kr
Sum uten mva	5 147,00 kr
+MVA	1 286,0 kr
=SUM inkludert mva	6 433,0 kr

Tabell 81

TEK 07 Karita BRA 171,8 m²	
Bruksareal 171.8 m² gir et beregnet vannforbruk på 223 m³ pr. år (basert på 1,30 m³/m² areal)	
Vann, 223 m³ á 6,83 kr	1 525,00 kr
Avløp, 223 m³ á 10,26 kr	2 291,00 kr
Abonnementsgebyr	215,00 kr
Sum uten mva	4 031,00 kr
+MVA	1 007,0 kr
=SUM inkludert mva	5 038,0 kr

C.4 Beregning energi

Post 33. Beregning energi
Den totale strømprisen[28] medregnet avgifter og nettleie for husholdninger var i gjennomsnitt 112 øre/kWh i 1. kvartal 2010. Av dette utgjorde kraftprisen 53,6 øre/kWh, nettleia 27,6 øre/kWh og forbruksavgiften på elektrisk kraft og merverdiavgift 30,8 øre/kWh. Utgangspunkt for forbruk av elektrisitet for de ulike lokasjonene er fra energiberegningene for levert elektrisitet.
Med utgangspunkt i dette har vi nedfor beregnet årlig strøm pris for de ulike lokasjoner.

Tabell 82 energiberegning passivhus årlig forbruk

Lokasjon	kWh/år	Gjennomsnitt total strømpris medregnet avgifter og nettleie	Sum kr
Karasjok	15 436,30	112 øre/kWh	17 288,66
Oslo	13 255,40	112 øre/kWh	14 846,05
Kvitsøy	12 659,50	112 øre/kWh	14 178,64

Tabell 83 energiberegning TEK-07 årlig forbruk

Lokasjon	kWh/år	Gjennomsnitt total strømpris medregnet avgifter og nettleie	Sum kr
Karasjok	18 505,30	112 øre/kWh	20 725,94
Oslo	14 594,60	112 øre/kWh	16 345,95
Kvitsøy	13 578,50	112 øre/kWh	15 207,92

C.5 Vedlikeholdskostnader

Hovedpost 4. Vedlikeholdskostnader Post 41.
Planlagt vedlikeholdskostnad

Tabell 84

Vedlikeholdskostnad	
Pris[29] maling 2 strøk	125 kr/ m^2
Pris pr. m^2 maler	151,69 kr/m^2
Estimert pris grunnlag	276,7 kr/m^2
TEK-07	
Nettoareal yttervegger	160,9m^2
Estimert nåverdi maling av bygning	$160{,}9\ x\ 276{,}7\ \approx 44\ 521{,}00\ kr$
Nåverdi	$\mathrm{N} = 44\ 521{,}00\ x \frac{(1+0{,}04)^{-6} x (1-(1+0{,}04)^{-6\ x\ 10}}{1-(1+0{,}04)^{-6}}$ = 151 850,46 kr

Tabell 85

Passivhus	
Nettoareal yttervegger	195,1m^2
Estimert nåverdi maling av bygning	$195{,}1\ x\ 276{,}7\ \approx 53\ 984{,}00\ kr$
Nåverdi	$\mathrm{N} = 53\ 984\ x \frac{(1+0{,}04)^{-6} x (1-(1+0{,}04)^{-6\ x\ 10}}{1-(1+0{,}04)^{-6}}$ = 184 126,49kr

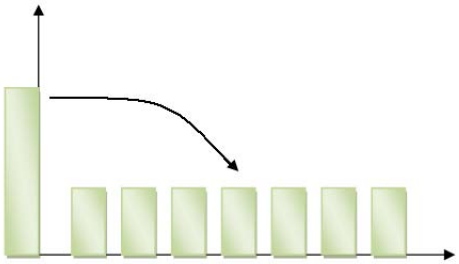
C.6 Faktortabeller

Norsk Standard 3454[13] – Faktortabeller (1 av 3)
Invers annuitetsfaktor (dagens verdi av en serie like årlige beløp)

Tabell E.1

Rente Tid	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	8 %	9 %	10 %
1	0,9709	0,9615	0,9524	0,9434	0,9346	0,9259	0,9174	0,9091
2	1,9135	1,8861	1,8594	1,8334	1,8080	1,7833	1,7591	1,7355
3	2,8286	2,7751	2,7232	2,6730	2,6243	2,5771	2,5313	2,4869
4	3,7171	3,6299	3,5460	3,4651	3,3872	3,3121	3,2397	3,1699
5	4,5797	4,4518	4,3295	4,2124	4,1002	3,9927	3,8897	3,7908
6	5,4172	5,2421	5,0757	4,9173	4,7665	4,6229	4,4859	4,3553
7	6,2303	6,0021	5,7864	5,5824	5,3893	5,2064	5,0330	4,8684
8	7,0197	6,7327	6,4632	6,2098	5,9713	5,7466	5,5348	5,3349
9	7,7861	7,4353	7,1078	6,8017	6,5152	6,2469	5,9952	5,7590
10	8,5302	8,1109	7,7217	7,3601	7,0236	6,7101	6,4177	6,1446
15	11,9379	11,1184	10,3797	9,7122	9,1079	8,5595	8,0607	7,6061
20	14,8775	13,5903	12,4622	11,4699	10,5940	9,8181	9,1285	8,5136
25	17,4131	15,6221	14,0939	12,7834	11,6536	10,6748	9,8226	9,0770
30	19,6004	17,2920	15,3725	13,7648	12,4090	11,2578	10,2737	9,4269
40	23,1148	19,7928	17,1591	15,0463	13,3317	11,9246	10,7574	9,7791
50	25,7298	21,4822	18,2559	15,7619	13,8007	12,2335	10,9617	9,9148
60	27,6756	22,6235	18,9293	16,1614	14,0392	12,3766	11,0480	9,9672

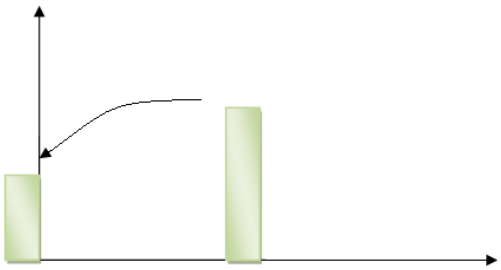
Norsk Standard 3454[13] – Faktortabeller (2 av 3)
Annuitetsfaktor (årskostnaden av levetidskostnaden (dagens verdi))



Tabell E.2

Rente Tid	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	8 %	9 %	10 %
1	1,0300	1,0400	1,0500	1,0600	1,0700	1,0800	1,0900	1,1000
2	0,5226	0,5302	0,5378	0,5454	0,5531	0,5608	0,5685	0,5762
3	0,3535	0,3603	0,3672	0,3741	0,3811	0,3880	0,3951	0,4021
4	0,2690	0,2755	0,2820	0,2886	0,2952	0,3019	0,3087	0,3155
5	0,2184	0,2246	0,2310	0,2374	0,2439	0,2505	0,2571	0,2638
6	0,1846	0,1908	0,1970	0,2034	0,2098	0,2163	0,2229	0,2296
7	0,1605	0,1666	0,1728	0,1791	0,1856	0,1921	0,1987	0,2054
8	0,1425	0,1485	0,1547	0,1610	0,1675	0,1740	0,1807	0,1874
9	0,1284	0,1345	0,1407	0,1470	0,1535	0,1601	0,1668	0,1736
10	0,1172	0,1233	0,1295	0,1359	0,1424	0,1490	0,1558	0,1627
15	0,0838	0,0899	0,0963	0,1030	0,1098	0,1168	0,1241	0,1315
20	0,0672	0,0736	0,0802	0,0872	0,0944	0,1019	0,1095	0,1175
25	0,0574	0,0640	0,0710	0,0782	0,0858	0,0937	0,1018	0,1102
30	0,0510	0,0578	0,0651	0,0726	0,0806	0,0888	0,0973	0,1061
40	0,0433	0,0505	0,0583	0,0665	0,0750	0,0839	0,0930	0,1023
50	0,0389	0,0466	0,0548	0,0634	0,0725	0,0817	0,0912	0,1009
60	0,0361	0,0442	0,0528	0,0619	0,0712	0,0808	0,0905	0,1003

Norsk Standard 3454[13] – Faktortabeller (3 av 3)
Diskonteringsfaktor (dagens verdi av ett fremtidig beløp)



Tabell E.3

Rente Tid	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	8 %	9 %	10 %
1	0,9709	0,9615	0,9524	0,9434	0,9346	0,9259	0,9174	0,9091
2	0,9426	0,9246	0,9070	0,8900	0,8734	0,8573	0,8417	0,8264
3	0,9151	0,8890	0,8638	0,8396	0,8163	0,7938	0,7722	0,7513
4	0,8885	0,8548	0,8227	0,7921	0,7629	0,7350	0,7084	0,6830
5	0,8626	0,8219	0,7835	0,7473	0,7130	0,6806	0,6499	0,6209
6	0,8375	0,7903	0,7462	0,7050	0,6663	0,6302	0,5963	0,5645
7	0,8131	0,7599	0,7107	0,6651	0,6227	0,5835	0,5470	0,5132
8	0,7894	0,7307	0,6768	0,6274	0,5820	0,5403	0,5019	0,4665
9	0,7664	0,7026	0,6446	0,5919	0,5439	0,5002	0,4604	0,4241
10	0,7441	0,6756	0,6139	0,5584	0,5083	0,4632	0,4224	0,3855
15	0,6419	0,5553	0,4810	0,4173	0,3624	0,3152	0,2745	0,2394
20	0,5537	0,4564	0,3769	0,3118	0,2584	0,2145	0,1784	0,1486
25	0,4776	0,3751	0,2953	0,2330	0,1842	0,1460	0,1160	0,0923
30	0,4120	0,3083	0,2314	0,1741	0,1314	0,0994	0,0754	0,0573
35	0,3554	0,2534	0,1813	0,1301	0,0937	0,0676	0,0490	0,0356
40	0,3066	0,2083	0,1420	0,0972	0,0668	0,0460	0,0318	0,0221
45	0,2644	0,1712	0,1113	0,0727	0,0476	0,0313	0,0207	0,0137
50	0,2281	0,1407	0,0872	0,0543	0,0339	0,0213	0,0134	0,0085
55	0,1968	0,1157	0,0683	0,0406	0,0242	0,0145	0,0087	0,0053
60	0,1697	0,0951	0,0535	0,0303	0,0173	0,0099	0,0057	0,0033

C.7 Estimerte merkostnader

Merkostnader[22] vil herunder være relativt grove estimater basert på realiserte lavenergi- og passivhusprosjekter i Norge, Sverige, og delvis Tyskland og Østerrike. Men det er også gjort en kvalitativ vurdering av forventet utvikling av løsninger og komponenter, som vil redusere kostnadene.

Anslåtte merkostnader ved nybygging og rehabilitering fordelt på de ulike nivåene er vist i tabell 86 Kostnadene satt opp i tabellen er kun merkostnader for selve energitiltakene.

Tabell 86 Estimerte merkostnader. jf. SINTEF Byggforsk prosjektrapport 40[22]

Nivå	Nybygg		Rehabilitering	
	Boliger	Yrkesbygg	Boliger	Yrkesbygg
Forskriftsnivå 2007 (kr/m²)	0	0	750	500
Lavenerginivå 2012 (kr/m²)	600	400	1 000	600
Passivhusnivå 2017 (kr/m²)	1 200	800	1 500	900
Passivhus+ nivå 2022 (kr/m²)	1 500	1 000	1 800	1 080

På grunnlag av skisseprosjekt for henholdsvis passiv og TEK- 07 boligene samt forankring i overnevnte tabell vet vi derfor at anslått merkostnad i forhold til disse to standardene vil være 1200 kr/m². Kjøpesum[30] for TEK-07 boligen tilsvarer kr 1 886 000 inkl. mva tilsvarende i år 2010. Estimerer med grunnlag i opplysningene ovenfor for prosjektkostnadene vedrørende passivhus boligen siden denne fortsatt er under oppføring og vi ikke har fått noen estimater herunder.

- $\text{Kvadratmeterpris for TEK} - 07 \text{ boligen} = \frac{1\,886\,000}{188} = 10\,032 \text{ kr/m}^2$
- $\text{Kvadratmeterpris for passivhus boligen} = 10\,032 + 1\,200 = 11\,232 \text{ kr/m}^2$
- $\text{Kjøpesum passivhus boligen} = 11\,232x260 = 2\,920\,320\ kr$

C.8 Valg av kalkulasjonstente

Grunnlag for estimering av realrenten er hentet fra Finansdepartementet rundskriv R-109/2005 ”[21] Behandling av kalkulasjonsrente, risiko, kalkulasjonspriser og skattekostnad i samfunnsøkonomiske analyser”

I punkt 2. Kalkulasjonsrente og risiko, står det blant annet

”for å kunne sammenlikne og summere nytte- og kostnadsvirkninger som oppstår på ulike tidspunkt, er det behov for en kalkulasjonsrente. Videre er det beskrevet at det for mindre, enkeltstående prosjekter benyttes risikotillegg dersom det ikke utføres særskilte analyser. Det tas utgangspunkt i et normalavkastningskrav som i rimelig grad passer for en stor gruppe av offentlige tiltak. Normalrenten på 4 pst. skal i utgangspunktet benyttes på offentlige tiltak med moderat systematisk risiko”.

Realrenten for våre beregninger har vi derfor valgt å sette lik 4 prosent siden vi antar at prosjektet har en moderat systematisk risiko.

D. Informativt

D.1 Strålingsfluks

Gjennomsnittlig innstråling pr. måned (kWh/m^2 mnd) mot uskjermet flate.
Verdiene i denne tabellen er utdrag fra tabell 4 a Byggforskserien blad 472.411[24] med en helningsvinkel for flater på 90°.

Illustrasjon fra Byggforskserien blad 472.411[24]

Tabell 87 Strålingsfluks for sørlig orientering i kWh/(m^2 mnd)

Sted	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Oslo	28	56	99	96	108	96	91	104	85	58	21	18
Kvitsøy*	33	57	98	90	101	92	85	89	81	54	25	27
Karasjok	0	34	87	106	101	92	91	79	61	39	2	0

* For Kvitsøy brukes strålingsfluks verdier for Kristiansand, tilnærmet lik geografisk.

Tabell 88 Strålingsfluks for østlig orientering i kWh/(m^2 mnd)

Sted	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Oslo	7	19	49	66	97	97	87	80	49	25	7	4
Kvitsøy*	8	21	50	64	93	96	83	72	49	25	9	7
Karasjok	0	8	35	64	87	89	84	61	33	13	0	0

* For Kvitsøy brukes strålingsfluks verdier for Kristiansand, tilnærmet lik geografisk.

Tabell 89 Strålingsfluks for nordlig orientering i kWh/(m^2 mnd)

Sted	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Oslo	3	10	20	26	45	55	44	35	22	12	4	2
Kvitsøy*	4	11	21	27	45	55	43	36	23	13	5	3
Karasjok	0	3	13	21	48	64	51	33	16	6	0	0

* For Kvitsøy brukes strålingsfluks verdier for Kristiansand, tilnærmet lik geografisk.

Tabell 90 Strålingsfluks for vestlig orientering i kWh/(m^2 mnd)

Sted	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Oslo	7	19	49	66	97	97	87	80	49	25	7	4
Kvitsøy*	8	21	50	64	93	96	83	72	49	25	9	7
Karasjok	0	8	35	64	87	89	84	61	33	13	0	0

* For Kvitsøy brukes strålingsfluks verdier for Kristiansand, tilnærmet lik geografisk.

D.2 Vindus- og dørarealer Passivhus

Karita Passivhus- standard

Dør Rapport					
Etasje	**Dørfamilie**	**Størrelse**	**Antall**	**Areal brutto**	**Areal netto***
1. Etasje					
1. Etasje	Balkongdør BD2S 1x3 jugend	15x21 g16	1	3,15	2,52
1. Etasje	Balkongdør BDS 2x3 Jugend	10x21 g12	1	2,1	1,68
1. Etasje	Hoveddør 2-Fløyet 2x4 Glass(Sirdal)	18x21	1	3,78	3,024
1 Etasje tot.			**3**	**9,03**	**7,224**
2. Etasje					
2. Etasje	Balkongdør BD2S 1x3 jugend	15x21 g16	1	3,15	2,52
2 Etasje tot.			**1**	**3,15**	**2,52**

Vindus Rapport					
Etasje	**Vindusfamilie**	**Størrelse**	**Antall**	**Areal brutto**	**Areal netto***
1. Etasje					
1. Etasje	Vindu FKS 2 Jugend	6x16 F	2	1,92	1,536
1. Etasje	Vindu ISS 2x3 Jugend	11x12 L	1	1,32	1,056
1. Etasje	Vindu ISS 2x3 Jugend	12x16 F	2	3,84	3,072
1. Etasje	Vindu ISS 2x3 Jugend	12x16 L	3	5,76	4,608
1. Etasje	Vindu THS 2 Horiz Jugend	5x12 THS	1	0,6	0,480
1. Etasje tot.			**9**	**13,44**	**10,752**
2. Etasje					
2. Etasje	Vindu FKS 2 Jugend	6x16 F	2	1,92	1,536
2. Etasje	Vindu ISS 2x3 Jugend	11x12 F	1	1,32	1,056
2. Etasje	Vindu ISS 2x3 Jugend	11x12 L	3	3,96	3,168
2. Etasje	Vindu ISS 2x3 Jugend	12x13 L	4	6,24	4,992
2. Etasje	Vindu THS 2 Horiz Jugend	5x12 THS	1	0,6	0,480
2. Etasje tot			**11**	**14,04**	**11,232**

Tot. Areal for vinduer og dører:	**39,66**	**31,728**

Soltilskudd	**Himmelretning**	**Lysåpning m²***	**Solfaktor glass****	**Type solavskjerming**
Nordvendt fasade	N	8,124	0,45	Ingen
Østvendt fasade	Ø	2,592	0,45	Ingen
Sydvendt fasade	S	17,358	Vedlegg D.8	Persienner
Vestvendt fasade	V	0	0	Ingen

* Lysåpningen regnes som 80 % av det totale vindusarealet
*Lysåpningen regnes som 50 % av det totale dørareal.
** Ikke kunstig solavskjerming , forenkles derfor etter NS 3031[7] to lags glass

D.3 Vindus- og dørarealer TEK-07

Karita TEK 07- standard

Dør Rapport					
Etasje	**Dørfamilie**	**Størrelse**	**Antall**	**Areal brutto**	**Areal netto***
1. Etasje					
1. Etasje	Balkongdør BD2S 1x3 jugend	15x21 g15	1	3,15	2,52
1. Etasje	Hoveddør 2-Fløyet 2x4 Glass(Sirdal)	18x21	1	3,78	3,024
1 Etasje tot.			**2**	**6,93**	**5,544**
2. Etasje					
2. Etasje	Balkongdør BD2S 1x3 jugend	15x21 g15	1	3,15	2,52
2 Etasje tot.			**1**	**3,15**	**2,52**

Vindus Rapport					
1. Etasje					
1. Etasje	Vindu ISS 2x3 Jugend	11x12 L	2	2,64	2,112
1. Etasje	Vindu ISS 2x3 Jugend	11x15L	4	6,6	5,28
1. Etasje	Etter tegning	6x8 L	1	0,48	0,384
1. Etasje	Etter tegning	11x8 L	1	0,88	0,704
1. Etasje	Etter tegning	5x15 F	2	1,5	1,2
1. Etasje tot.			**10**	**12,1**	**9,68**
2. Etasje					
2. Etasje	Vindu ISS 2x3 Jugend	11x12 L	8	10,56	8,448
2. Etasje	Etter tegning	5x15 F	2	1,5	1,2
2. Etasje tot			**10**	**12,06**	**9,648**

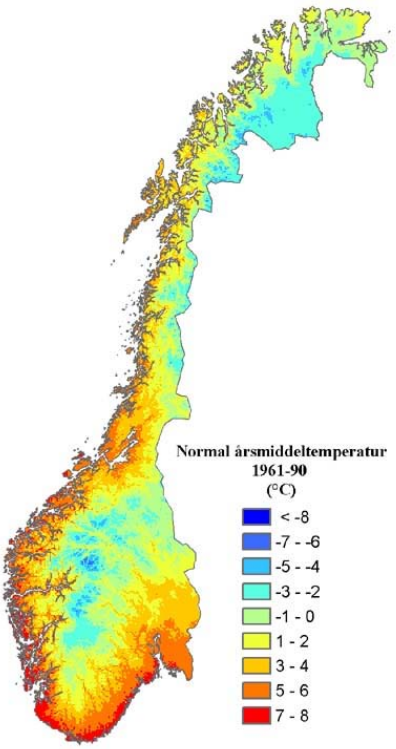
Tot. Areal for vinduer og dører:	**34,24**	**27,392**

Soltilskudd	**Himmelretning**	**Lysåpning m²***	**Solfaktor glass****	**Type solavskjerming**
Nordvendt fasade	N	17,44	0,56	Ingen avskjerming
Østvendt fasade	Ø	2,11	0,56	Ingen avskjerming
Sydvendt fasade	S	6,58	0,56	Ingen avskjerming
Vestvendt fasade	V	1,76	0,56	Ingen avskjerming

* Lysåpningen regnes som 80% av det totale vindusarealet
** Ikke kunstig solavskjerming , forenkles derfor etter NS 3031[7] to lags glass

D.4 Klimadata

Klimadata i dette vedlegget er kun temperatur utdrag fra stedlige klimadata.
For Oslo er det benyttet klimadata fra standard referanseår gitt i tabell M.1 i NS-3031[7]. For Kvitsøy og Karasjok er det benyttet klimadata fra Meteorologisk institutt sin elektroniske klimadatabase eKlima[20], og da henholdsvis temperaturer fra normalperioden 1961 – 1990.



Figur 1 *Illustrasjon fra Meteorologisk institutt, met.no*

Tabell 91 Årsmiddeltemperaturer

Sted	Stasjonsnr.	Temperatur °C
Oslo		6,2
Kvitsøy	44568	7,6
Karasjok	97250	-2,4

Tabell 92 Månedsmiddeltemperaturer i °C

Sted	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Oslo	-3,7	-4,8	-0,5	4,8	11,7	16,5	17,5	16,9	11,5	6,4	0,5	-2,5
Kvitsøy	2,2	1,6	2,8	4,8	8,6	11,8	13,5	14,0	12,0	9,5	6,0	4,0
Karasjok	-17,1	-15,4	-10,3	-3,1	3,8	10,1	13,1	10,7	5,3	-1,3	-9,4	-15,3

D.5 Spesifikt varmetilskudd fra tilluftsvifter for passivhus

Beregning av spesifikt varmetilskudd fra tilluftsvifter beregnes etter likning (32) i NS-3031[7].

$$q''_{fan} \approx 0{,}33 \cdot \dot{V} \cdot \frac{[(1-\eta_T)\Delta\theta_1 + \Delta\theta_2 + (\eta_T \cdot \Delta\theta_3)]}{A_{fl}}$$

der

$\Delta\theta_1$ er temperaturøkning over vifte montert på tilluftsiden før varmegjenvinneren, i $°C$.
$\Delta\theta_2$ er temperaturøkning over vifte montert på tilluftsiden etter varmegjenvinneren, i $°C$.
$\Delta\theta_3$ er temperaturøkning over vifte montert på fraluftsiden før varmegjenvinneren, i $°C$.
η_T er temperaturvirkningsgraden fra skjema vedlegg A.1.
$\dot{V}$ er gjennomsnittlig luftventilasjonsmengde.
0,33 er luftens varmekapasitet per volum.
A_{fl} er boligens bruksareal, BRA.
$\Delta\theta_{1,2,3}$ er beregnet etter tillegg H.2 i NS-3031[7].

Det er benyttet et balansert ventilasjonssystem hvilket innebærer at tilluft er lik fraluft.
$\Delta\theta_{fan,ex} = 0{,}37 \cdot SFP, i\ Kelvin$
$\Delta\theta_{fan,s} = 0{,}37 \cdot SFP, i\ Kelvin$
$\Delta\theta_{1,2,3} = \Delta\theta_{fan,ex} = \Delta\theta_{fan,s} = 0{,}37 \cdot 1{,}5 = 0{,}56\ Kelvin$
Vi ser fra tillegg H.2 NS-3031[7] at temperatur økningen over viftene er lik for ulike plasseringer av viftene. Vi får da følgende spesifikke varmetilskudd fra tilluftsvifte.

$$q''_{fan} = 0{,}33 \cdot 266{,}4 \cdot \frac{[(1-0{,}83)0{,}56 + 0{,}56 + (0{,}83 \cdot 0{,}56)]}{222} = 0{,}44\ W/m^2$$

D.6 Spesifikt varmetilskudd fra tilluftsvifter for TEK'07

Beregning av spesifikt varmetilskudd fra tilluftsvifter beregnes etter likning (32) i NS-3031[7].

$$q''_{fan} \approx 0{,}33 \cdot \dot{V} \cdot \frac{[(1-\eta_T)\Delta\theta_1 + \Delta\theta_2 + (\eta_T \cdot \Delta\theta_3)]}{A_{fl}}$$

der

$\Delta\theta_1$ er temperaturøkning over vifte montert på tilluftsiden før varmegjenvinneren, i $°C$.
$\Delta\theta_2$ er temperaturøkning over vifte montert på tilluftsiden etter varmegjenvinneren, i $°C$.
$\Delta\theta_3$ er temperaturøkning over vifte montert på fraluftsiden før varmegjenvinneren, i $°C$.
η_T er temperaturvirkningsgraden fra Vedlegg A.2
$\dot{V}$ er gjennomsnittlig luftventilasjonsmengde.
0,33 er luftens varmekapasitet per volum.
A_{fl} er boligens bruksareal, BRA.
$\Delta\theta_{1,2,3}$ er beregnet etter tillegg H.2 i NS-3031[7].

Det er benyttet et balansert ventilasjonssystem hvilket innebærer at tilluft er lik fraluft.
$\Delta\theta_{fan,ex} = 0{,}37 \cdot SFP, i\ Kelvin$
$\Delta\theta_{fan,s} = 0{,}37 \cdot SFP, i\ Kelvin$
$\Delta\theta_{1,2,3} = \Delta\theta_{fan,ex} = \Delta\theta_{fan,s} = 0{,}37 \cdot 2{,}5 = 0{,}93\ Kelvin$
Vi ser fra tillegg H.2 NS-3031[1] at temperatur økningen over viftene er lik for ulike plasseringer av viftene. Vi får da følgende spesifikke varmetilskudd fra tilluftsvifte.

$$q''_{fan} = 0{,}33 \cdot 201{,}77 \cdot \frac{[(1-0{,}70)0{,}93 + 0{,}93 + (0{,}70 \cdot 0{,}93)]}{168{,}14} = 0{,}74\ W/m^2$$

D.7 Solskjermingsfaktor

Solskjermingsfaktor for horisont, nærliggende bygg, vegetasjon, og eventuelle bygningsutspring, Fs			
Lokasjon	Orientering	Sommer	Vinter
58 ˚Nord	S	0,8019	0,7938
	ØV	0,7938	0,7938
	N	0,7938	0,7938
70 ˚Nord	S	0,8100	0,8019
	ØV	0,8019	0,7938
	N	0,8100	0,8019
$1. Fromel: Fs = Fhor * Fov * Ffin\ ved\ \alpha = 30^{\circ}$			

Fs etter tillegg E.2 i NS 3031[7]

-F_{hor} forenklet til 0,9 (antar at horisontalvinkelen er mindre enn 20°)

-F_{fin} er satt til 0,9

-F_{ov}, fra tegningsgrunnlaget er takutstikket er 550mm og fra gesims til midt på vinduet er det ca 900mm

$$\rightarrow \tan^{-1}\frac{550}{900} = 31{,}4° \approx 30°$$

Kan derfor bruke α = 30° i Tabell E.6 i NS 3031[7] for solskjermingsfaktor.

D.8 Gjennomsnittlig total solfaktor, passivhus

$\bar{g}_t$ er total solfaktor for kombinasjon av glasset og den kunstige solskjermingen som gjennomsnitt i løpet av måneden.
$\bar{g}_t$ beregnes etter tillegg E.1 i NS-3031[7] der det benyttes kunstig solskjerming. For vinduer der det ikke benyttes kunstig solskjerming settes $\bar{g}_t$ forenklet lik $0{,}9 \cdot g_\perp$, der $g_\perp$ er solfaktoren ved normal innstråling.

$$\bar{g}_t = (1 - f_{with}) \cdot g_g + f_{with} \cdot g_t$$

der

g_g er solfaktoren for glassfelt
g_t er den totale solfaktoren for kombinasjon av glassfelt og kunstig solskjerming
f_{with}er tidsvariabelen for om solskjerming er på eller av.

Siden sørvendt fasade har kunstig solskjerming trenger vi å beregne f_{with}.
Fra NS-3700[9] står det at f_{with} skal være satt til 0 i fyringssesongen. Fyringssesongen er i henhold til Byggforkserien blad 552.103[31] avsnitt 12 når døgnmiddeltemperaturen blir mer enn 9 °C om våren og mindre enn 11 °C om høsten.

Forutsetninger:

- Breddegrader:

  Benytter følgende breddegrader tilpasset henholdsvis tabell E.4 og E.5 i NS-3031[7].

$$\left.\begin{matrix} Oslo\ 59° \\ Kvitsøy\ 59° \end{matrix}\right\} 58° - 64°$$
$$Karasjok\ 69° \approx 70°$$

- Persiennesystem med 80mm lameller
- Vinduene består av 3 lags energi glass
- Manuelt styrt solskjerming
- Kunstig solskjerming mot sør

Tabell 93

Sted	Fyringsesongens lengde [dgr]
Oslo	233
Kvitsøy ≈ Stavanger	229
Karasjok	291

Utdrag fra tabell 123 Byggforskserien blad 522.103[3]

Eksempel Oslo:

Fra tabell 123 i Byggforskserien blad 522.103[3] har Oslo en fyringssesong på 233 dager, det tilsvarer omtrent 7,5 måneder. Vi gjør en forenklet tilnærming og bruker månedsmiddeltemperaturen fra vedlegg D.4. For Oslo ser vi da at døgnmiddeltemperaturen blir mer enn 9 °C i mai og mindre enn 11 °C i oktober. Dette gir da en fyringssesong på 7 måneder. Vi har en minimal reduksjon av tilført varme fra solstråling som følge av at solskjerming varer 0,5 måneder mer enn hva fyringssesongens lengde tilsier. Dette gjør at fradraget til varmetapet i henhold til energibehov for romoppvaming blir litt lavere og kan derfor ses på som at vi får et litt "strenger" resultat i forhold til romoppvaming.

For Oslo fra tabell E.4 i NS-3031[1] vil da f_{with} for eksempelvis juni, sørvendt fasade, være 0,23.

Tabell 94 f_{with} for sydvendt fasade

Sted	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Oslo	0	0	0	0	0,19	0,23	0,21	0,22	0,15	0	0	0
Kvitsøy	0	0	0	0	0	0,23	0,21	0,22	0,15	0	0	0
Karasjok	0	0	0	0	0	0,19	0,18	0	0	0	0	0

Beregner nå $\bar{g}_t$ for de ulike orienteringene. Med eksempel for Oslo i januar måned.
Sydvendt fasade:

$$\bar{g}_t = (1 - f_{with}) \cdot g_g + f_{with} \cdot g_t$$
$$\bar{g}_t = (1 - 0) \cdot 0{,}40 + 0 \cdot 0{,}05 = 0{,}40$$

Nord og østvendt fasade: (forenklet metode, 3 lags energi glass fra tabell B.5 NS-3031[7])

$$\bar{g}_t = 0{,}9 \cdot g_\perp$$
$$\bar{g}_t = 0{,}9 \cdot 0{,}50 = 0{,}45$$

Tabell 95 $\bar{g}_t$ for sydvendt fasade

Sted	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Oslo	0,40	0,40	0,40	0,40	0,33	0,32	0,33	0,32	0,35	0,40	0,40	0,40
Kvitsøy	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,32	0,33	0,32	0,35	0,40	0,40	0,40
Karasjok	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,33	0,34	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40

Tabell 96 $\bar{g}_t$ for nord og østvendt fasade

Sted	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Oslo	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Kvitsøy	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Karasjok	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45

D.9 Gjennomsnittlig total solfaktor, TEK-07

$\bar{g}_t$ Er total solfaktor for kombinasjon av glasset og den kunstige solskjermingen som gjennomsnitt i løpet av måneden.
$\bar{g}_t$ beregnes etter tillegg E.1 i NS-3031[7] der det benyttes kunstig solskjerming. For vinduer der det ikke benyttes kunstig solskjerming settes $\bar{g}_t$ forenklet lik $0{,}9 \cdot g_\perp$, der $g_\perp$ er solfaktoren ved normal innstråling.

$$\bar{g}_t = (1 - f_{with}) \cdot g_g + f_{with} \cdot g_t$$

der

g_g er solfaktoren for glassfelt
g_t er den totale solfaktoren for kombinasjon av glassfelt og kunstig solskjerming
f_{with} er tidsvariabelen for om solskjerming er på eller av.

Siden sørvendt fasade har kunstig solskjerming trenger vi å beregne f_{with}.

Forutsetninger:

- Breddegrader:

  Benytter følgende breddegrader tilpasset henholdsvis tabell E.4 og E.5 i NS-3031[7].

  $$\left.\begin{matrix} Oslo\ 59° \\ Kvitsøy\ 59° \end{matrix}\right\} 58° - 64°$$
  $$Karasjok\ 69° \approx 70°$$

- Persiennesystem innvendig med 28mm lameller
- Vinduene består av 2 lags energiglass
- Manuelt styrt solskjerming
- Kunstig solskjerming mot sør

Eksempel Oslo:

For Oslo fra tabell E.4 i NS-3031[7] vil da f_{with} for eksempelvis juni, sørvendt fasade, være 0,23.

Tabell 97 f_{with} for sydvendt fasade

Sted	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Oslo	0,06	0,15	0,23	0,19	0,19	0,23	0,21	0,22	0,15	0,15	0,10	0,07
Kvitsøy	0,06	0,15	0,23	0,19	0,19	0,23	0,21	0,22	0,15	0,15	0,10	0,07
Karasjok	0,04	0,12	0,21	0,10	0,14	0,19	0,18	0,14	0,05	0,02	0,08	0,06

Beregner nå $\bar{g}_t$ for de ulike orienteringene. Med eksempel for Oslo i januar måned.
Sydvendt fasade:

$$\bar{g}_t = (1 - f_{with}) \cdot g_g + f_{with} \cdot g_t$$
$$\bar{g}_t = (1 - 0{,}06) \cdot 0{,}51 + 0{,}06 \cdot 0{,}38 = 0{,}50$$

Nord og østvendt fasade: (forenklet metode, 2 lags energiglass fra tabell B.5 NS-3031[7])

$$\bar{g}_t = 0{,}9 \cdot g_{\perp}$$
$$\bar{g}_t = 0{,}9 \cdot 0{,}61 = 0{,}549$$

Tabell 98 $\bar{g}_t$ for sydvendt fasade

Sted	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Oslo	0,502	0,491	0,480	0,485	0,485	0,480	0,483	0,481	0,491	0,491	0,497	0,501
Kvitsøy	0,502	0,491	0,480	0,485	0,485	0,480	0,483	0,481	0,491	0,491	0,497	0,501
Karasjok	0,505	0,494	0,483	0,497	0,492	0,485	0,487	0,492	0,504	0,507	0,500	0,502

Tabell 99 $\bar{g}_t$ for nord, vest og østvendt fasade

Sted	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Oslo	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549
Kvitsøy	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549
Karasjok	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549	0,549

D.10 Effektivt vindusareal, TEK-07

Effektivt vindusareal, A_s, beregnes etter likning (30) i NS-3031[7].
$A_s = A_w \cdot \bar{g}_t \cdot (1 - F_F)$

der

A_w er totalt vindusareal inkludert karm og ramme, i m^2
F_F er karm/ramme arealfraksjon
$\bar{g}_t$ er total solfaktor, se vedlegg D.9

Fra likningen over ser vi at den totale lysåpningen til vindu og dører for en gitt himmelretning er $A_w \cdot (1 - F_F)$. Denne er beregnet i vedlegg D.10.
Vi får da følgende formel vi benytter oss av til utregningen av det effektive vindusarealet, F_s.

Eksempel for sørvendt fasade i Oslo januar måned:

$$A_s = \bar{g}_t \cdot lysåpning_{,sør}$$
$$A_s = 0{,}502 \cdot 17{,}44\ m^2 = 8{,}755\ m^2$$

Tabell 100 A_s for sydvendt fasade, i m^2

Sted	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Oslo	8,755	8,563	8,371	8,458	8,458	8,371	8,423	8,389	8,563	8,563	8,668	8,737
Kvitsøy	8,755	8,563	8,371	8,458	8,458	8,371	8,423	8,389	8,563	8,563	8,668	8,737
Karasjok	8,807	8,615	8,424	8,668	8,581	8,458	8,493	8,581	8,790	8,842	8,720	8,755

Tabell 101 A_s for Oslo, Kvitsøy og Karasjok for nord, vest og østvendt fasade, i m^2

Orient.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nord	3,612	3,612	3,612	3,612	3,612	3,612	3,612	3,612	3,612	3,612	3,612	3,612
Vest	1,158	1,158	1,158	1,158	1,158	1,158	1,158	1,158	1,158	1,158	1,158	1,158
Øst	0,966	0,966	0,966	0,966	0,966	0,966	0,966	0,966	0,966	0,966	0,966	0,966

D.11 Effektivt vindusareal, passivhus

Effektivt vindusareal, A_s, beregnes etter likning (30) i NS-3031[7].
$A_s = A_w \cdot \bar{g}_t \cdot (1 - F_F)$

der

A_w er totalt vindusareal inkludert karm og ramme, i m^2
F_F er karm/ramme arealfraksjon
$\bar{g}_t$ er total solfaktor, se vedlegg D.1

Fra likningen over ser vi at den totale lysåpningen til vindu og dører for en gitt himmelretning er $A_w \cdot (1 - F_F)$. Denne er beregnet i vedlegg D.11.
Vi får da følgende formel vi benytter oss av til utregningen av det effektive vindusarealet, F_s.

Eksempel for sørvendt fasade i Oslo januar måned:

$$A_s = \bar{g}_t \cdot lysåpning_{,sør}$$
$$A_s = 0{,}40 \cdot 17{,}358\ m^2 = 6{,}94\ m^2$$

Tabell 102 A_s for sydvendt fasade, i m^2

Sted	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Oslo	6,94	6,94	6,94	6,94	5,73	5,55	5,73	5,55	6,08	6,94	6,94	6,94
Kvitsøy	6,94	6,94	6,94	6,94	6,94	5,55	5,73	5,55	6,08	6,94	6,94	6,94
Karasjok	6,94	6,94	6,94	6,94	6,94	5,73	5,90	6,94	6,94	6,94	6,94	6,94

Tabell 103 A_s for Oslo, Kvitsøy og Karasjok for nord, vest og østvendt fasade, i m^2

Orient.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nord	3,66	3,66	3,66	3,66	3,66	3,66	3,66	3,66	3,66	3,66	3,66	3,66
Vest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Øst	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17

D.12 BRA og nettovolum for passivhus

Fra tegningsgrunnlaget i vedlegg D.14 ser vi bygningen har benyttet en 198 mm veggkonstruksjon. Fra tabell 211 i Byggforskserien byggdetaljer 471.012[32] for yttervegger med bindingsverk ser vi at dette tilsvarer en U-verdi på 0,22 W/mK, denne U-verdien ønsker vi å senke til 0,18 for å tilfredsstille de kravene som er i TEK-07 § 8-21 a)[6].

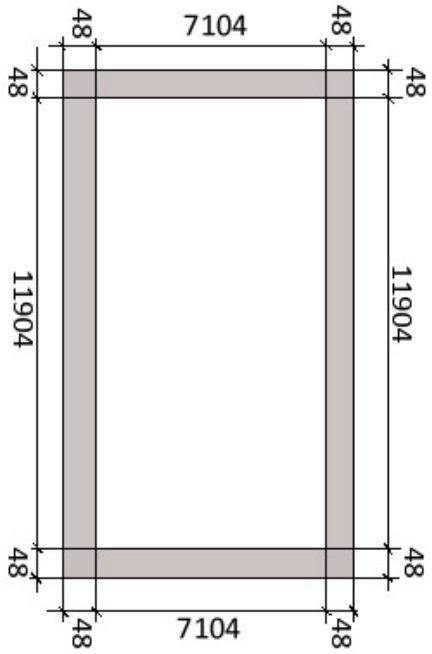
Med en U-verdi på 0,18 får vi fra tabell 211 at dette tilsvarer et bindingsverk på 148 + 98 mm. Med dette grunnlaget med et tillegg på veggtykkelsen fra antatte innvendige gipsplater på 13 mm må vi beregne BRA og nettovolum for bygningen ut fra det tegningsgrunnlaget som foreligger.

For nettovolum beregnes det for innvendig klimasperre (dampsperre). Det beregnes forenklet slik at vi velger kun å trekke fra det ekstra volumet de 48 mm med bindingsverk gir i forholdt til det oppgitte nettovolum se vedlegg D.22

BRA:

$$Veggtykkelse = 148 + 98 + 13 = 259\,mm$$
$$1.etg = 12396 - (259 \cdot 2) \cdot 7596 - (259 \cdot 2)$$
$$= 11{,}878\,m * 7{,}078\,m = 84{,}07\,m^2$$
$$1.etg = 2.etg \rightarrow BRA = 168{,}14 \approx \mathbf{168{,}1\,m^2}$$

Fradrag fra nettovolum pga økt veggtykkelse:



Høyden på boligen, innveding klimaskjerm minus etasjeskiller

$5{,}12\,m - 0{,}32\,m = 4{,}80\,m$

Hjørner:

$l \cdot b \cdot h \cdot ant. = 0{,}048 \cdot 0{,}048 \cdot 4{,}80 \cdot 4 = 0{,}0442\,m^3$

Langsider:

$l \cdot b \cdot h \cdot ant. = 11{,}904 \cdot 0{,}048 \cdot 4{,}80 \cdot 2 = 5{,}4854\,m^3$

Kortsider:

$l \cdot b \cdot h \cdot ant. = 7{,}104 \cdot 0{,}048 \cdot 4{,}80 \cdot 2 = 3{,}2735\,m^3$

$\rightarrow$ $\mathbf{8{,}8\,m^3 \approx 9\,m^3}$

Nytt nettovolum for bygningen:

$392\,m^3 - 9\,m^3 = \mathbf{383\,m^3}$

D.13 Kriterier for passivhus etter NS-3700

Overordnede kriterier for varmetap, oppvarmingsbehov og energiforsyning

1 Varmetapstall

Varmetapstallet skal beregnes etter NS-3031[7] og det utregnede varmetapstallet skal ikke overskride følgende verdi fra kapittel 4.1 i NS-3700[9] tabell 2.
Fra vedlegg A.1 ser vi at boligen vår har en A_{fl} på 222 m^2, dette gir da følgende:
For boliger der 100 $m^2 \leq A_{fl} < 250$ m^2 skal varmetapstallet ikke overskride $\mathbf{0,55\ W/(m^2 \cdot K)}$

2 Kjølebehov etter lokalt klima

Termisk kjøling skal oppnås uten mekanisk kjøling av romluft og/eller tilluft.

3 Oppvarmingsbehov etter lokalt klima

Oppvarmingsbehov skal beregnes etter NS-3031[7]. Beregningene skal omfatte romoppvarming og eventuelt ventilasjonsvarme. Det benyttes luftmengder og internt varmetilskudd fra tillegg A i NS-3700[9]. For energibehov benyttes det lokale klimadata fra vedlegg D.4.

Fra tabell 3 i NS-3700[9] får vi følgende høyeste netto energibehov til oppvarming:

Bolig der $A_{fl} < 250$ m^2 med årsmiddeltemperatur ≥ 6,3 °C

$$15 + 5{,}4 \cdot \frac{(250 - A_{fl})}{100} \rightarrow\ kWh/(m^2 \cdot \text{år})$$

Bolig der $A_{fl} < 250$ m^2 med årsmiddeltemperatur < 6,3 °C

$$15 + 5{,}4 \cdot \frac{(250 - A_{fl})}{100} + \left(2{,}1 + 0{,}59 \cdot \frac{(250 - A_{fl})}{100}\right) \cdot (6{,}3 - \theta_{ym}) \rightarrow\ kWh/(m^2 \cdot \text{år})$$

Tabell 104

Sted	θ_{ym}	Energibehov $kWh/(m^2 \cdot \text{år})$
Oslo	6,2	**16,74**
Kvitsøy	7,2	**16,51**
Karasjok	-2,4	**36,22**

4 Energiforsyning

Det er krav til at varmesystemet skal benytte i vesentlig grad andre energivarer enn elektrisitet og fossile brensler og skal beregnes etter likning (1) i NS-3700[9].

$$E_{del,el} + E_{del,oil} + E_{del,gas} < E_t - 0{,}5 \cdot Q_{W,nd}$$

der

$E_{del,el}$ er energi fra årlig levert elektrisitet, i kWh/år
$E_{del,oil}$ er energi fra årlig levert olje, i kWh/år
$E_{del,gas}$ er energi fra årlig levert gass, i kWh/år
E_t er totalt årlig netto behov, i kWh/år
$Q_{W,nd}$ er årlig netto energibehov for oppvarming av tappevann, i kWh/år

Den boligen vi beregner for benyttes det kun elektrisitet, så energivarene olje og gass er ikke med i beregningene. For å oppfylle kravene i TEK-07[6] og NS 3700[9] om at en vesentlig del av oppvarmingen skal kunne bruke alternativ fornybar energi utover elektrisitet ser vi for oss at boligene har en form for ovn til forbrenning av biobrensel. Verdiene anvendt er hentet fra energiberegninger for passivhus i vedlegg B.1

Tabell 105

Sted	$E_{del,el}$	$E_t - 0,5 \cdot Q_{W,nd}$	Godkjent
Oslo			
Kvitsøy			
Karasjok			

5 Minstekrav til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall

Tabell 106

Egenskap	Passivhus
U-verdi yttervegg	≤ 0,15 W/(m^2·K)
U-verdi tak	≤ 0,13 W/(m^2·K)
U-verdi gulv	≤ 0,15 W/(m^2·K)
U-verdi vindu	≤ 0,80 W/(m^2·K)
U-verdi dør	≤ 0,80 W/(m^2·K)
Normalisert kuldebroverdi, Ψ''	≤ 0,03 W/(m^2·K)
Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinnere	≥ 80 %
SFP-faktor ventilasjonsanlegg	≤ 0,15 kW/(m^3·K)
Lekkasjetall ved 50 Pa, n_{50}	≤ 0,60 h^{-1}

D.14 Mesterhus Karita med passivhus-utførelse

Kort beskrivelse av Mesterhus Karita

Karita er et av kataloghusene til Mesterhus som er omprosjektert til passivhusstandard.

Huset som skal bygges i Bodø av Mesterhusforhandleren Byggmester Erling Skipnes AS, er noe modifisert noe i forhold til standardutgaven.

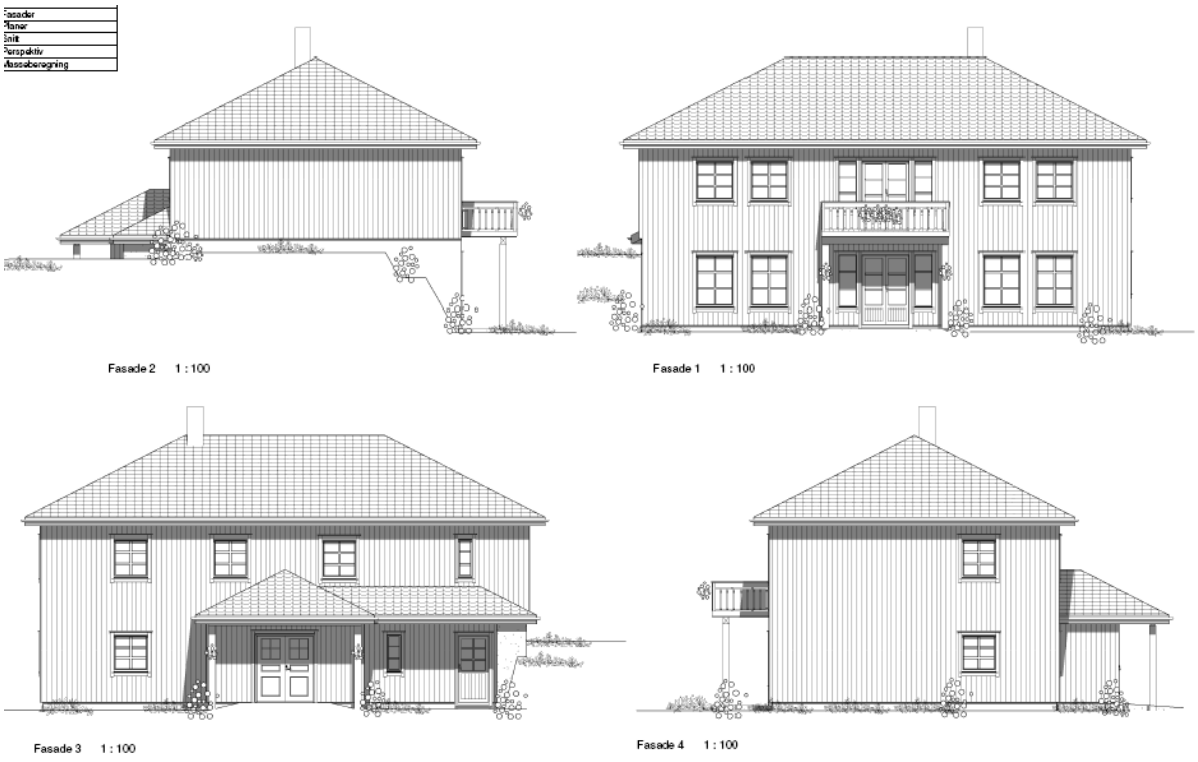
Huset er utvidet med rundt 50 m^2 i forhold til katalogvarianten, etter ønske fra byggherren. Det må påpekes at denne utvidelsen er med bakgrunn i ønsker om endring av planløsningen og har ingen sammenheng med valgt energistandard for boligen. Det er bygget flere tilsvarende boliger med samme størrelse som passivhusvarianten, deriblant et slikt hus på nabotomta der passivhuset oppføres.

Boligen har et tradisjonelt, tidløst og herskapelig utseende, med valmtak. Boligen er tilrettelagt for livsløpsstandard med mulighet for soverom i hovedetasjen. I 2. etasje er det 4 soverom, bad samt en romslig loftstue

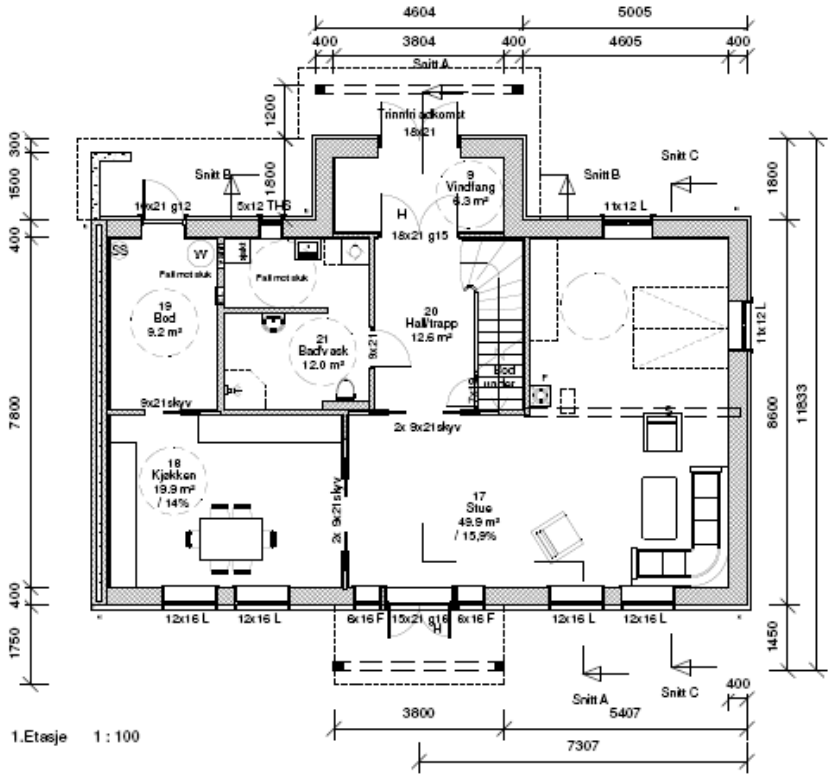
Bygningskroppen er relativt kompakt med en rektangulær form.

Hoveddata for boligen

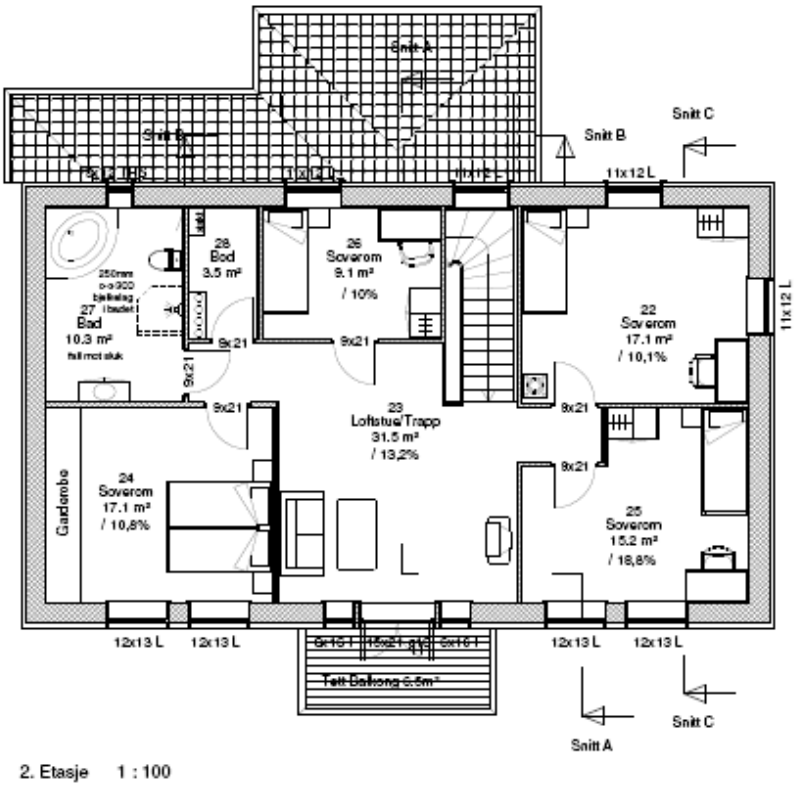
Oppvarmet areal for boligen er 222 m^2, fordelt på 2 etasjer. Oppvarmet volum er 524 m^3. Hovedfasaden er orientert rett mot sør. Det er 17 % vindus- og dørareal i forhold til BRA. 72 % av vindusarealet er rettet mot sør, 20 % mot nord mens de resterende 8 % er mot øst.



Figur 1 Fasadetegninger av Mesterhus Karita som passivhus



Figur 2 Plantegninger av 1. etasjen av Mesterhus Karita som passivhus



Figur 3 Plantegninger av 2. etasjen av Mesterhus Karita som passivhus

Boligen skal oppføres i Bodø, som har en middeltemperatur på 4,8 °C. Midlere horisontal solflux er 83 W/m^2. Det planlegges utvendig solskjerming av alle vinduene mot sør.

Byggetekniske løsninger

Det tas sikte på å bygge alle utvendige isolerte konstruksjoner med I-tre, dvs. både i vegger og tak. Det er kaldt uluftet loft med horisontal isolasjon, og bærende takstoler. Veggene er isolert med 400 mm isolasjon mens taket har 500 mm isolasjon. All isolasjon er i 33-klassen, dvs. det er benyttet isolasjon med noe bedre isolerende egenskaper enn det som normalt benyttes i tradisjonelle småhus.

Det benyttes dampåpent undertak, der vindsperren trekkes rundt undergurt, for så å klemmes mot vindsperre på veggen. En har dermed oppnådd et kontinuerlig vindsperresjikt rundt hele huset. Som vanlig i dette området, benyttes det dobbelt vindtetting, med gips og et dukprodukt på utsiden.

I ytterveggen mot terreng benyttes det et EPS-basert elementsystem med en U-verdi på 0,17 W/m^{2}K. I tillegg vil veggen lektes ut med 50 mm som isoleres. Hele denne ytterveggen er mer eller mindre mot terreng, så samlet U-verdi blir noe mindre når terrengets varmeisolerende egenskaper tas hensyn til.

Golvet isoleres med 400 mm isolasjon under betongsålen.

Det benyttes svært godt isolerende vinduer, med en samlet U-verdi på 0,78 W/m^{2}K. Når Ytterdørene har noe høyere U-verdi slik at samlet U-verdi for vinduer og dører er 0,84 W/m^{2}K.

Tabell 1 Beskrivelse av komponentene benyttet i Mesterhus Karita - Bodø

Komponent	Verdi	Beskrivelse
U-verdi yttervegg mot luft	0,10 W/m^{2}K	400 mm I-profil, 400 mm 33-isolasjon (NBI 471.013) [1]
U-verdi yttervegg mot terreng	0,13 W/m^{2}K	350 mm Jackon-elementer, 50 mm innv. tilleggsisolering, 33 isolasjon, 2,25 m oppfylling (NBI 471.014)
U-verdi tak	0,06 W/m^{2}K	500 mm I-profil, 500 mm 33-isolasjon, kaldt loft (NBI 471.013)
U-verdi golv	0,08 W/m^{2}K	Parkett, betong, 400 mm isolasjon
U-verdi vinduer og dører	0,84 W/m^{2}K	Trelags passivhusvinduer
Virkningsgrad varmegjenvinner	83 %	Roterende gjenvinner
SFP-faktor	1,5 kW/m^3/s	EC-vifter, lavt trykktap i kanaler
Lekkasjetall ved 50 Pa	0,6 h^{-1}	Dobbel vindtetting, gips + duk

[1] Benytter U-verdier for etasjeskillere siden det ikke er angitt U-verdier for vegger tykkere enn 300 mm.

Estimat for kuldebroer

Estimat for kuldebroer er per i dag vanskelig å gjøre særlig nøyaktig siden det ikke i Norge foreligger beregnede kuldebroverdier for så godt isolerte konstruksjoner som det benyttes i passivhus. Kuldebroverdiene for passivhusutførelsen er derfor tatt utgangspunkt i eksisterende kuldebroverdier for noe mindre isolerte konstruksjoner med de usikkerheter dette medfører.

Nedenfor er gitt en oversikt over estimerte kuldebroer.

Tabell 2 Kuldebroer i Mesterhus Karita - Bodø

Kuldebro	Lengde (m)	Kuldebroverdi (W/mK)	W/K	Normalisert kuldebroverdi (W/m^{2}K)
Vindu/dører	118,8	0,04	4,752	0,021
Utv. hjørner	31,2	0,03	0,936	0,004
Innv. Hjørner	10,4	-0,06	-0,624	-0,003
Ringmur	46,4	0,01	0,464	0,002
Gesims	46,4	0,01	0,464	0,002
Totalt			5,992	0,027

Ventilasjonsløsning

Det skal være balansert ventilasjon med roterende varmegjenvinning, med virkningsgrad på 83 %. Det benyttes EC-vifter samt et optimalisert kanalnett med noe større kanaldimensjoner enn det som benyttes normalt. Gjennom dette oppnår en mindre energi til viftedrift enn normalt, samt at gjenvinneren vil yte noe ekstra i forhold til når det brukes mindre kanaldimensjoner.

Videre vurderes det også enkelt behovsstyring av ventilasjonslufta der det benyttes en Hjemme/Borte- bryter. Dette er det for øvrig ikke tatt hensyn til i energiberegningene, slik at det beregnes med luftmengder tilsvarende NS 3031 hele døgnet. Beregningen er altså noe konservative mht. luftmengder.

Varmeløsning

Siden passivhusstandarden fortsatt er under vurdering når prosjektet prosjekteres , er det uklart hvilket nivå med hensyn til fornybar energi som er gyldig for norske forhold. I prosjektet tas det derfor sikte på å tilfredsstille et nivå på 30-40 % fornybar energi. I tillegg til dette kravet, har det også vært stor fokus på å finne løsninger som kan ansees som akseptable på massemarkedet sett i forhold til kostnader. Dvs. investeringskostnadene må sees i sammenheng med besparelsene for byggherren. I tillegg skulle løsningen være brukervennlig, noe som også er viktig for og nå et massemarked.

Distribusjonssystemet

For utnyttelse av fornybar energi til romoppvarming kreves det normalt vannbåren distribusjon. Tradisjonelle radiatorer er ansett som uaktuelt pga. estetikk. I inngangsparti og begge badene skal det være golvvarme primært av komforthensyn, slik at det i første omgang ble vurdert kun vannbåren golvvarme i disse golvene. Det ble også vurdert å legge vannbåren golvvarme i resten av 1. etasjen, men man valgte å utelate denne muligheten både pga. av pris og komfort, dvs. vanskelig å regulere når det er såpass lavt oppvarmingsbehov.

Det ble innhentet pris på vannbåren golvvarme på de rommene der det skal være golvvarme fra den lokale rørleggeren. Resultatet av pristilbudet var nedslående – tilbudet var uforholdmessig høyt, og kunne ikke forsvares ut fra kravet om privatøkonomi.

Alternativet med varmelister ble ikke vurdert, men kunne muligens vært et alternativ som kunne forsvares ut fra økonomi. Varmedistribusjon via ventilasjonsluft ble vurdert som uaktuelt primært ut fra komforthensyn.

Energikilde

<u>Solfangere:</u>

Takhellingen til huset er for liten til at det er særlig effekt i solfangeren. Det anbefales minst 30 % helling, og gjerne mer i nord-Norge der solhøyden er mindre enn lengre sør. Siden Bodø er et svært værhardt område mht. til vind er det lite aktuelt med ikke integrerte solfangere siden det er stor fare for at disse skal ødelegges i løpet av høst/vinteren. Det er ikke aktuelt å plassere solfangere på sørveggen primært pga. estetiske forhold. Det ble også vurdert å plassere solfangere på vestveggen, men siden denne ligger mot en liten kolle, er det minimalt med sol på denne fasaden.

Boligen med gitte plassering og arkitektur er derfor ikke egnet for solfangere.

<u>Varmepumpe luft til vann</u>

Det er vurdert ulike alternativer for luft til vann varmepumper.

<u>Luft til vann varmepumper</u>

Når det gjelder luft til vann varmepumpe ble flere produkter fra ulike leverandører vurdert og funnet for kostbar sett i forhold til privatøkonomi pga. det lave energiforbruket. I et passivhus vil det være oppvarming av tappevann som er det dominerende siden oppvarmingsbehovet i huset er så lite. Det medfører en del problemstillinger siden en luft/vann pumpe trenger kontinuerlig vannsirkulasjon. Dvs. at en pumpe på 60-90 W vil gå kontinuerlig året rundt. En varmekabel i utedelen vil også trekke strøm så fort det begynner å bli kaldt ute.

Besparelsen ved å benytte varmepumpe kun til tappevann vil ligge på 3000 - 3500 kr årlig, mens merkostnaden vil være på 70-80.000. Tilbakebetalingstiden vil således ligge på vel 20 år, noe som vanskelig kan sies være privatøkonomisk akseptabelt så lenge tilbakebetalingstiden trolig er lengre enn varmepumpas levetid. Besparelsen vil være noe større, dvs. rundt 200-300 kr dersom det

monteres vannbåren distribusjon i golvene som skal ha golvvarme, mens de økte investeringene (basert på lokale pristilbud) ikke vil kunne forsvare tiltaket.

Luft til vann varmepumpe er derfor ikke ansett som et tiltak som vil kunne forsvares ut fra privatøkonomiske forhold for massemarkedet der kundene normalt ikke er spesielt interessert i svært ambisiøse energitiltak.

Mesterhus ser derfor et behov for enkle og rimelige varmepumper som primært kan dekke tappevannsbehovet. Dette vil være svært interessant å benytte både sett i forhold til passivhus, men også for boliger med mer normalt oppvarmingsstandard..

Luft til luft varmepumpe

En luft til luft varmepumpe vil kunne dekke det meste av romoppvarmingsbehovet, og har en akseptabel investeringskostnad. Problemet med en slik pumpe er at tappevannet ikke dekkes av en slik pumpe, slik at dette tiltaket alene ikke kan tilfredsstille kravet om 30-40 % fornybar energi. Siden en slik luft til luft varmepumpe kan forsvares ut fra privatøkonomiske forhold, ble det valgt å installere en slik varmepumpe i huset.

En slik varmepumpe vil også kunne brukes til kjøling om sommeren, noe som også er betryggende for byggherren som er bekymret for at det skal bli for varmt i huset. Siden huset leveres med solavskjerming på alle vinduer mot sør, skal sommerkomforten vært godt ivaretatt, men muligheten for eventuell kjøling er også viktig for byggherren slik at det ble valgt en slik luft til luft varmepumpe.

Varmegjenvinning av avløpsvann

Varmegjenvinning av avløpsvann er ikke inkludert i energiberegningene verken for passivhus eller for boliger med mer normalt energiteknisk standard. Tiltaket vil derfor kunne regnes inn i fornybarandelen.

Det ble vurdert å benytte et system med varmegjenvinning av varmtvannet som vil bidra til forvarming av varmtvannet. Fra produsenten (Oso) oppgis det at en slik varmegjenvinner har en virkningsgrad på 50 %. Selv om man regner noe mer konservativt enn det produsenten oppgir med hensyn til virkningsgrad (30 %), vil et slikt system sammen med vedovnen være tilstrekkelig til å innfri kravet om 40 % fornybar energi.

Men løsningen ble forkastet da en vurderte at plassering av gjenvinningstanken ikke var optimal i forhold til ønsket plassering av varmtvannstank, samt at løsningen krevde mer vedlikehold enn ønskelig.

Miljodusjen er et annet alternativ der varmen fra dusjvannet utnyttes til forvarming av inntaksvannet mens man dusjer. Dette er derfor et system som kun reduserer energibehovet til forvarmes av tappevannet mens man dusjer, slik at utnyttelsesgraden av gjenvinningen er umiddelbar, og er proporsjonal med forbruket. Leverandøren oppgir rundt 40 % besparelse av energibehovet per dusj. Forutsetningen for en slik varmegjenvinner er at det er dusjkabinett, slik at gjenvinneren kan plasseres under dusjen. I passivhuset er det dusjkabinett i et av badene, og gjenvinneren monteres i denne dusjen.

Dersom man grovt regner med at det går 3 kWh for en normal dusj, og det dusjes 2 ganger daglig i den aktuelle dusjen, vil energiforbruket til dusjingen årlig være vel 2000 kWh. Ved bruk av miljødusjen på en av dusjene vil besparelsen være rundt 850 kWh/ år, dvs. omtrent 4 kWh/m^2. Tiltaket vil således telle positivt inn i regnskapet knyttet til fornybar-andelen.

Byggherren ønsker vedovn av hyggehensyn, noe Byggmester Erling Skipnes ønsker å etterleve. Passivhuset vil derfor bli levert med pipe og vedovn. Vedovnen vil dermed dekke den andelen av romoppvarmingen som ikke dekkes av varmepumpa.

Totalt vil tiltaket med vedovn, luft til luft varmepumpe og Miljødusjen medføre et redusert elforbruk, tilsvarende andel fornybart, på rundt 15 kWh/m^2.

Beregnet energibehov

Oppvarmingsbehovet, netto energibehov og behov for levert energi er beregnet med to ulike forutsetninger: Den ene alternativet er redusert interntilskudd i henhold til foreslått beregningsforutsetninger prNS 3700. I det andre alternativet er oppvarmingsbehovet beregnet i hht. gjeldende NS 3031.

Tabell 3 Beregnet netto energibehov og oppvarmingsbehov i hht. internlaster i NS 3031

Energipost	Energibehov		Spesifikt energibehov	
Romoppvarming	2587	kWh	10,9	kWh/m²
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0	kWh	0	kWh/m²
Oppvarming av tappevann	6583	kWh	29,8	kWh/m²
Vifter	968	kWh	4,4	kWh/m²
Pumper	0	kWh	0	kWh/m²
Belysning	3743	kWh	16,9	kWh/m²
Teknisk utstyr	5163	kWh	23,4	kWh/m²
Romkjøling	0	kWh	0	kWh/m²
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0	kWh	0	kWh/m²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	19044	kWh	85,2	kWh/m²

Sammenlignet med en tilsvarende bolig utført i henhold til TEK07-nivået, er netto oppvarmingsbehov 19 % i forhold til forskriftsnivået på 57 kWh/m^2.

Tabell 4 Beregnet netto energibehov i hht. internlaster i prNS 3700

Energipost	Energibehov		Spesifikt energibehov	
Romoppvarming	3438	kWh	15,1	kWh/m²
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0	kWh	0	kWh/m²
Oppvarming av tappevann	6583	kWh	29,8	kWh/m²
Vifter	968	kWh	4,4	kWh/m²
Pumper	0	kWh	0	kWh/m²
Belysning	2581	kWh	11,7	kWh/m²
Teknisk utstyr	3872	kWh	17,5	kWh/m²
Romkjøling	0	kWh	0	kWh/m²
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0	kWh	0	kWh/m²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	17443	kWh	78,4	kWh/m²

<u>Sammenligner med foreslåtte krav i prNS 3700:</u>
Krav til maksimalt tillatt energibehov til oppvarming for det gitte huset i Bodø er 15,6 kWh/m^2 BRA.

Siden beregnet oppvarmingsbehov er 15,1 kWh/m^2 BRA, tilfredsstiller utførelsen forslaget til kravsnivå i prNS3700.

Varmetapstall

Beregnet varmetapstall for boligen er som vist i tabellen under.

Tabell 5 Beregnet varmetapstall

Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,09
Varmetapstall tak	0,03
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,05
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,14
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,03
Varmetapstall ventilasjon	0,07
Totalt varmetapstall	0,45

Sammenligner med foreslåttekrav i prNS 3700:
Krav til maksimalt tillatt varmetapstall for passivhus er 0,5 W/m^{2}K.

Beregnet varmetapstall for den beskrevne utførelsen er 0,45 W/m^{2}K, dvs. utførelsen tilfredsstiller forslaget til kravsnivå i prNS3700 for varmetapstall.

Andel fornybar energi

Totalt vil tiltaket med vedovn, luft til luft varmepumpe og Miljødusjen medføre et redusert elforbruk på rundt 15 kWh/m^2. Dette innebærer en reduksjon av elforbruket på rundt 35 % sett i forhold til et prosjekt uten disse tiltakene. Målet om 30-40 % fornybart er således oppnådd.

Komponentkrav

I tabellen under er komponentkravene i prNS 3700 sammenlignet med reelle konstruksjoner og løsninger.

Tabell 8 Komponentkrav

Egenskap	Krav	Reelt
U-verdi yttervegg	≤ 0,15 W/m^{2}K	0,10/0,13 W/m^{2}K
U-verdi golv på grunn	≤ 0,13 W/m^{2}K	0,08 W/m^{2}K
U-verdi tak	≤ 0,15W/m^{2}K	0,06 W/m^{2}K
U-verdi vinduer	≤ 0,8 W/m^{2}K	0,78 W/m^{2}K
U-verdi dører	≤ 0,8 W/m^{2}K	1,0 W/m^{2}K
Normalisert kuldebroverdi	≤ 0,03 W/m^{2}K	0,027 W/m^{2}K
Virkningsgrad varmegjenvinner	≥ 80 %	83 %
SFP-faktor	≤ 1,5 kW(m^3/s)	1,5 kW(m^3/s)
Lekkasjetall ved 50 Pa, n50	≤ 0,60 h^{-1}	0,60 h^{-1}

Sammenligner med foreslåtte krav i prNS 3700
Alle komponentkrav med unntak av ytterdørene er i henhold til foreslåtte krav.
Men siden alle andre krav er tilfredsstilt, ser dette avviket kun som ubetydelig så lenge alle andre overordnede krav er tilfredsstilt.

Sommerkomfort

For å oppnå akseptable innetemperaturer på sommerstid er det nødvendig med en eller annen form for solavskjerming.

Det er utført simuleringer med og uten solskjerming, der tilfellet uten solskjerming gir en maksimal innetemperatur på 38 C, mens tilfellet med solskjerming gir en maksimal innetemperatur på 29 C. Når man i tillegg antar at det etableres gjennomlufting av huset, vil innetemperaturen reduseres ytterligere, og man oppnår akseptable innetemperaturer kun et par grader høyere enn innetemperaturen.

Tilsvarende beregninger av innetemperaturen er også gjort for samme hus, men utført i TEK07-standard. Innetemperaturen for et slikt hus vil da være 32 °C uten solskjerming, mens temperaturen ligger på 26 grader uten solskjerming. Ytterligere reduksjon av innetemperaturen oppnås selvsagt også for denne standarden ved gjennomlufting.

En slik sammenligning viser at for å oppnå et akseptabelt inneklima også sommerstid, er det nødvendig med utvendig solskjerming, og ikke minst mulighet for god gjennomlufting av huset. Utformingen av huset med store dører på de to langsidene, samt mange vinduer gir gode muligheter til gjennomlufting slik at det forventes gode komfortforhold også sommerstid.

Trine Dyrstad Pettersen
30.11.2009

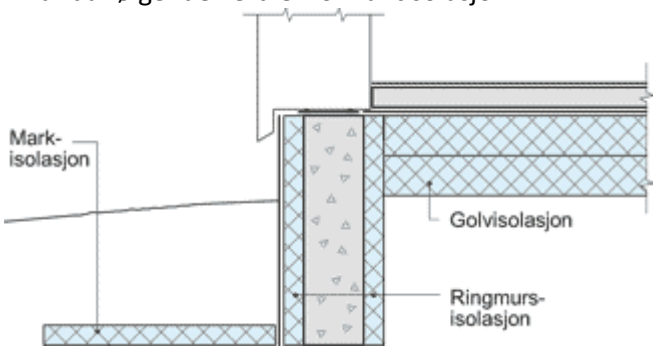
Mesterhus Norge

D.15 kantisolasjon passivhus

Tabell 107 Benytter dimensjonerende frostmengder F_{50} etter tabell 3 Byggforskserien blad 451.021[33].

Sted	Frostmengde (h°C) F_{50}
Oslo	20 000
Kvitsøy	3 000
Karasjok	78 000

Grunnforholdene er antatt å være av ikke-telefarlig art. Fra Byggforskserien blad 521.112[34] avsnitt 23 står det at for frostmengder kaldere enn 30 000 h°C må det brukes markisolasjon med bredde over 2,0 meter. Dersom man velger å benytte bredde lik den i tabell 23b i dette bladet må vannrørene under gulvet nær ringmuren isoleres mot frost, dette blir en betingelse vi velger å benytte oss av i forhold til lokasjonen Karasjok. Det er kun ringmursisolasjon på yttersiden av ringmuren.
Vi får da følgende verdier for kantisolasjon:



Figur 2 *Illustrasjon fra Byggforskserien blad 521.112[34] fig. 22 a*

Tabell 108 Horisontal kantisolasjon (markisolasjon)

Sted	Bredde i m
Oslo	2
Kvitsøy	0,5
Karasjok	0,7

Tabell 109 Vertikal kantisolasjon (ringmursisolasjon)*

Sted	Dybde i m
Oslo	50
Kvitsøy	50
Karasjok	50

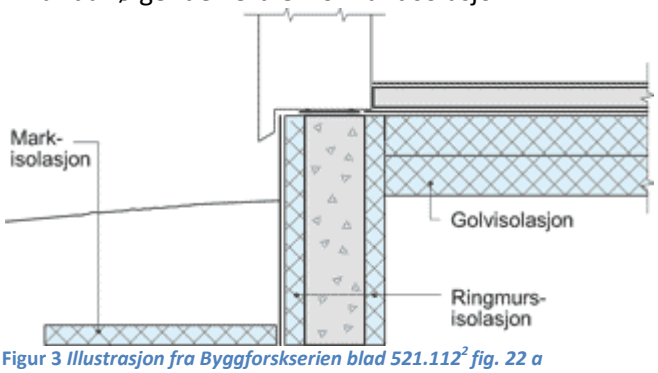
*tykkelsen til den vertikale kantisolasjonen er 50mm for Oslo og Kvitsøy, men 100mm for Karasjok.

D.16 kantisolasjon TEK-07

Tabell 110 Benytter dimensjonerende frostmengder F_{50} etter tabell 3 Byggforskserien blad 451.021[33].
Tabell 110

Sted	Frostmengde (h°C) F_{50}
Oslo	20 000
Kvitsøy	3 000
Karasjok	78 000

Grunnforholdene er antatt å være av ikke-telefarlig art. Fra Byggforskserien blad 521.112[34] avsnitt 23 står det at for frostmengder kaldere enn 30 000 h°C må det brukes markisolasjon med bredde over 2,0 meter. Dersom man velger å benytte bredde lik den i tabell 23b i dette bladet må vannrørene under gulvet nær ringmuren isoleres mot frost, dette blir en betingelse vi velger å benytte oss av i forhold til lokasjonen Karasjok. Det er kun ringmursisolasjon på yttersiden av ringmuren.
Vi får da følgende verdier for kantisolasjon:



Figur 3 *Illustrasjon fra Byggforskserien blad 521.112[2] fig. 22 a*

Tabell 111Horisontal kantisolasjon (markisolasjon)

Sted	Bredde i m
Oslo	2
Kvitsøy	0,5
Karasjok	0,7

Tabell 112 Vertikal kantisolasjon (ringmursisolasjon)*

Sted	Dybde i m
Oslo	40
Kvitsøy	40
Karasjok	40

*tykkelsen til den vertikale kantisolasjonen er 50mm for Oslo og Kvitsøy, men 100mm for Karasjok.

D.17 Varmtapstall TEK07

Varmetapstall og varmetapsbudsjett for TEK07[6] etter NS-3031[7] kapittel 5.
Verdiene i tabellene er hentet fra varmetapsberegninger i vedlegg.

$$H = H_D + H_U + H_g + H_v + H_{inf}$$

For TEK 07:

Eksempel Oslo:

$$H = 87{,}52 + 10{,}16 + 10{,}42 + 19{,}98 + 22{,}12 = 150{,}34$$

Tabell 113 Varmetransportkoeffisient

Sted	H [W/K]
Oslo	150,34
Kvitsøy	150,34
Karasjok	150,20

Tabell 114 Varmetapsbudsjett for Oslo og Kvitsøy

Varmetapspost	Varmetapstall, *H''* [W/m^{2}K]
Yttervegger	0,165
Yttertak	0,060
Gulv	0,138
Vinduer og dører	0,244
Kuldebroer	0,030
Infiltrasjon	0,132
Ventilasjon	0,119
Samlet varmetapstall	0,888

Tabell 115Varmetapsbudsjett for Karasjok

Varmetapspost	Varmetapstall, *H''* [W/m^{2}K]
Yttervegger	0,165
Yttertak	0,060
Gulv	0,137
Vinduer og dører	0,244
Kuldebroer	0,030
Infiltrasjon	0,132
Ventilasjon	0,119
Samlet varmetapstall	0,887

D.18 Varmtapstall passivhus

Varmetapstall og varmetapsbudsjett for passivhus etter NS-3031[7] kapittel 5.
Verdiene i tabellene er hentet fra varmetapsberegninger i vedlegg.

$$H = H_D + H_U + H_g + H_v + H_{inf}$$

For passivhus:

Eksempel Oslo:

$$H = 63{,}15 + 6{,}39 + 8{,}24 + 14{,}94 + 7{,}26 = 100$$

Tabell 116 Varmetransportkoeffisient

Sted	H [W/K]
Oslo	100
Kvitsøy	100
Karasjok	99,9

Tabell 117 Varmetapsbudsjett for Oslo og Kvitsøy

Varmetapspost	Varmetapstall, *H''* [W/m^{2}K]
Yttervegger	0,090
Yttertak	0,029
Gulv	0,078
Vinduer og dører	0,128
Kuldebroer	0,027
Infiltrasjon	0,033
Ventilasjon	0,067
Samlet varmetapstall	0,452

Tabell 118Varmetapsbudsjett for Karasjok

Varmetapspost	Varmetapstall, *H''* [W/m^{2}K]
Yttervegger	0,090
Yttertak	0,029
Gulv	0,078
Vinduer og dører	0,128
Kuldebroer	0,027
Infiltrasjon	0,033
Ventilasjon	0,067
Samlet varmetapstall	0,452

D.19 Arealer og omkretser for PASSIVHUS

Arealene og omkretsene er beregnet fra tegningsgrunnlag i vedlegg E.7-9

Omkrets for kantisolasjon:

$$(8{,}6\ m + 5{,}005\ m\ + 1{,}8\ m) \cdot 2 + 14{,}614\ m + 4{,}604\ m \approx 50\ m$$

Omkrets for gulv:

$$(8{,}6\ m + 5{,}005\ m\ + 1{,}8\ m) \cdot 2 + 13{,}814\ m + 3{,}804\ m \approx 46{,}8\ m$$

Areal for gulv og tak:

Arealene er beregnet fra innside vegg.

$$13{,}814\ m \cdot 7{,}8\ m + 3{,}804\ m \cdot 1{,}8\ m \approx 114{,}6\ m^2$$

Areal for yttervegger:

Beregner litt forenklet med tanke på det veggarealet som taket til vindfanget opptar, velger å beregne veggarealet for andre etasje fra himlingen i vindfanget.
Benytter omkrets for gulv opp til etasjeskiller som innvendig vertikal flate for første etasje.
Det trekkes til slutt fra arealet for vinduer og dører i vedlegg D.2 fra det samlede arealet for de vertikale flatene.

$$(46{,}8\ m\ \cdot 2{,}4\ m) + (7{,}8\ m \cdot 2 + 13{,}814\ m \cdot 2) \cdot 2{,}72\ m - 33{,}9\ m^2$$
$$= 196\ m^2$$

D.20 Arealer og omkretser for TEK07

Arealene og omkretsene er beregnet fra tegningsgrunnlag i vedlegg E.1-6

Omkrets for kantisolasjon:

$$12{,}396m \cdot 2 + 7{,}596m \cdot 2 \approx 40\ m$$

Omkrets for gulv:

$$(12{,}396\ m - 0{,}246\ m \cdot 2) \cdot 2 + (7{,}596\ m - 0{,}246\ m \cdot 2) \cdot 2$$
$$= 38{,}02m$$

Areal for gulv og tak:

Arealene er beregnet fra innside vegg og veggtykkelsen får derfor et tillegg for antatt 13 mm gips.

$$(12{,}396\ m - 0{,}259\ m \cdot 2) \cdot (7{,}596\ m - 0{,}259\ m \cdot 2) = 84{,}07\ m^2$$

Areal for yttervegger:

Beregnes som bygningens innvendige vertikale flater minus areal for vinduer og dører i vedlegg D.3, der høyden er på 5,12 meter.

$$\big((12{,}396\ m - 0{,}259\ m \cdot 2) + (7{,}596\ m - 0{,}259\ m \cdot 2)\big) \cdot 5{,}12\ m \cdot 2 - 34{,}24\ m^2$$
$$= 159{,}87\ m^2$$

D.21 Symbolliste for energiberegninger

A - areal [[m^2]
a - faktor for bygningens varmetreghet
b - varmetapsfaktor
C - bygningens samlede varmekapasitet [Wh/K]
C`` - normalisert varmekapasitet (per oppvarmet del av BRA) [Wh/(m^2· K)]
D - dybde, bredde [m]
d- tykkelse [m]
E – energi [kWh]
e – energipris [kr/kWh]
e,f terrengskjermingskoeffisienter
F_F – karm/ramme arealfraksjon av vindu
g – solfaktor
$\bar{g}_t$ – totalsolfaktor for kombinasjonen av glasset og den kunstige solskjermingen, som gjennomsnitt i løpet av måneden
H – varmetransportkoeffisient [W/K]
H``- varmetapstall [W/(m^2· K]
I_{sol} – gjennomsnittlig strålingsfluks [W/m^2]
m – masse [kg]
n_{50} – lekasjetall, luftveksling ved 50 Pa [h^{-1}]
P – omkrets
Q – varme (energi) [J,KWh]
q – effekt (varme) [W]
q`` - spesifikk effekt [kW/m^3/s]
SFP – spesifikk vifteeffekt [kW/m^3/s)
t – tid [s,h]
U – varmegjennomgangskoeffisient (U-verdi) [W/(m^{2}K]
V – oppvarmet luftvolum [m^3]
$\dot{V}$ - gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde [m^3/h]
w – tykkelse grunnmur/ringmur [m]
β - faseforskjell mellom utetemperatur og varmetap mot grunnen [måned]
γ - forholdet mellom varmetilskudd og varmetap
γ_{sol} - arealandel vinduer, dører og glassfelt (per oppvarmet del av BRA) [%]
δ - nedtrengningsdybde [m]
η – ytnyttingsfaktor, virkningsgrad
θ - temperatur [C˚]
$\bar{\theta}$ - årmiddeltemperatur [C˚]
$\hat{\theta}$ - amplitudevariasjon omkring årsmiddeltemperaturen [K]
k – effektiv varmekapasitet per m^2 [Wh/m^{2}K]
λ - termisk konduktivitet (varmeledningsevne) [W/(mK]
τ - bygningens tidskonstant [h]
ψ - kuldebroverdi (lineært varmegjennomgangskoeffisient) [W/mK]
ψ`` - normalisert kuldebroverdi (per oppvarmet BRA) [W/(m^{2}K]

D.22 Utdrag fra grunnlag TEK-07 Karita

Energitiltak og samlet netto energibehov

Kontroll og dokumentasjon av bygningers energieffektivitet i henhold til TEK

SINTEF Byggforsk

Type bygning:	Småhus	Prosjektbeskrivelse
Oppvarmet bruksareal (m^2):	171,8	Mesterhus Karita
Oppvarmet volum (m^3):	392	
Bygningens omkrets (m)	40	

D.23 CO_2-utslipp for passivhus og TEK'07 bolig

Det er beregnet CO_2-utslipp fra bygningene etter metode beskrevet i NS 3031[7].

$$m_{CO_2} = \sum (E_{del,i} \cdot K_{del,i})$$

der

m_{CO_2}	er årlig CO_2-utslipp, i kilogram
$E_{del,i}$	er årlig levert energi for energivaren *i*, i kWh
$K_{del,i}$	er CO_2-faktoren for en energivare *i*, i kg/kWh

Da det ifølge NS 3031 ikke er utarbeidet nasjonale verdier for CO_2-faktorer benyttes de verdiene som er beskrevet i høringsforslaget til NS 3700[9], nemlig prNS 3700[35]. Det er i våres oppgave kun benyttet elektrisitet som energikilde, CO_2-faktoren for elektrisitet fra kraftnett satt til 395 g/kWh.

Vi får da følgende verdier for årlig CO_2-utslipp:

Eksempel fra Oslo for passivhus (deles på 1000 for omregning til kg):

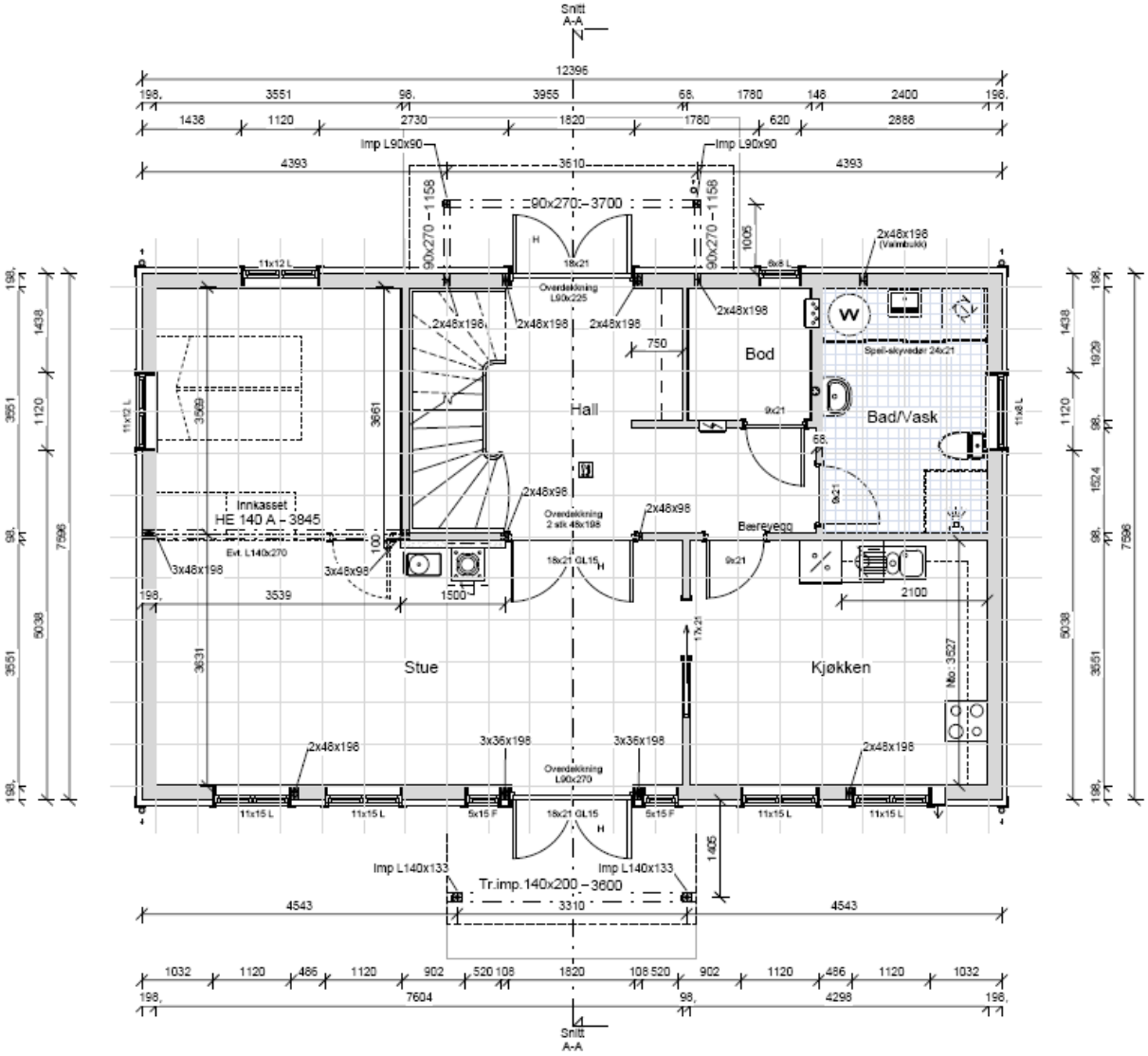
$$m_{CO_2} = \sum (E_{del,i} \cdot K_{del,i}) = \frac{13255{,}4 \cdot 395}{1000} = 5235{,}9 \text{ kg}$$

Tabell 119 Årlig mengde CO_2-utslipp i kg

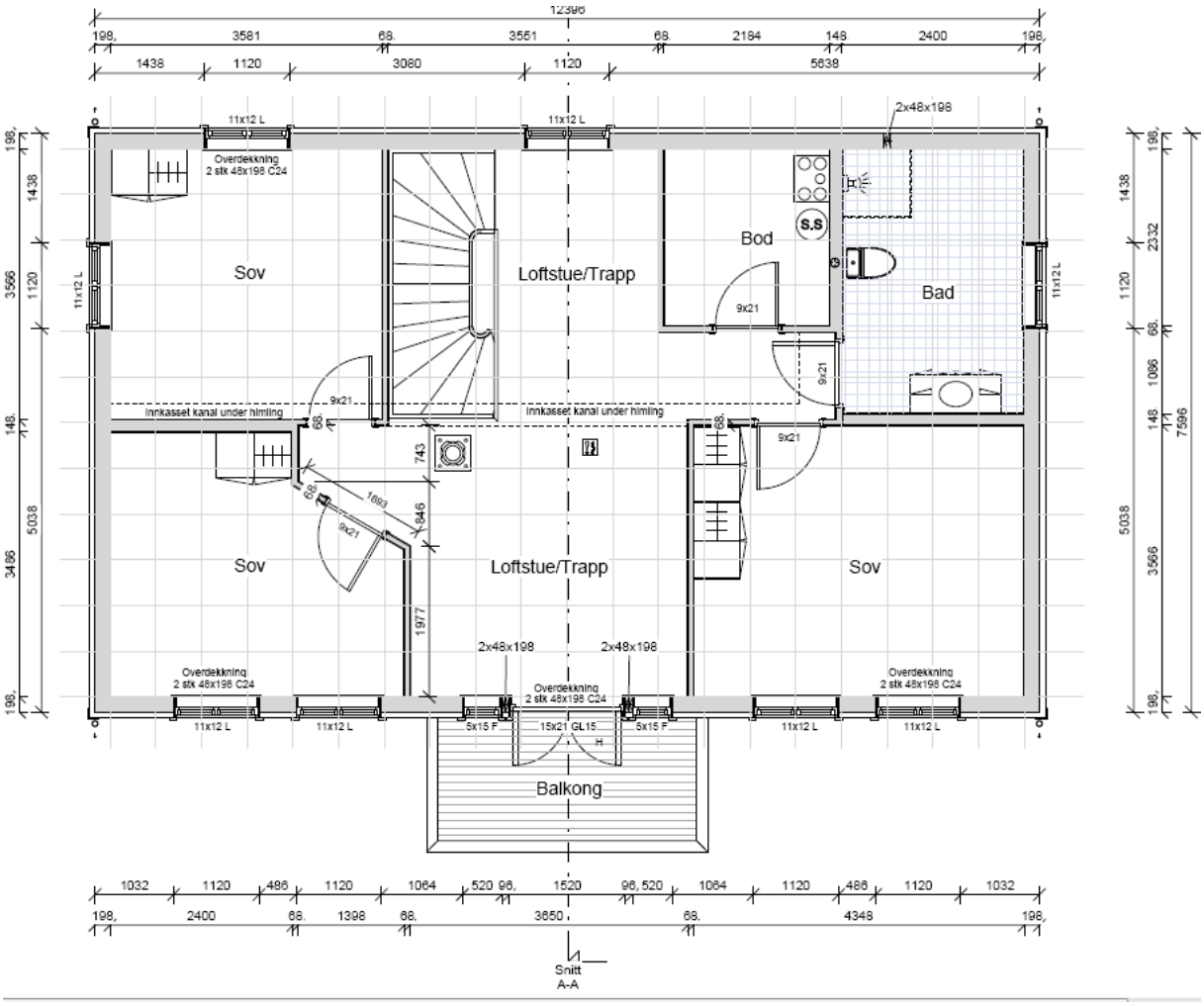
Sted	Passivhus	TEK'07 bolig
Oslo	5235,9	5764,9
Kvitsøy	5000,5	5363,5
Karasjok	6097,4	7309,6

E. Tegninger

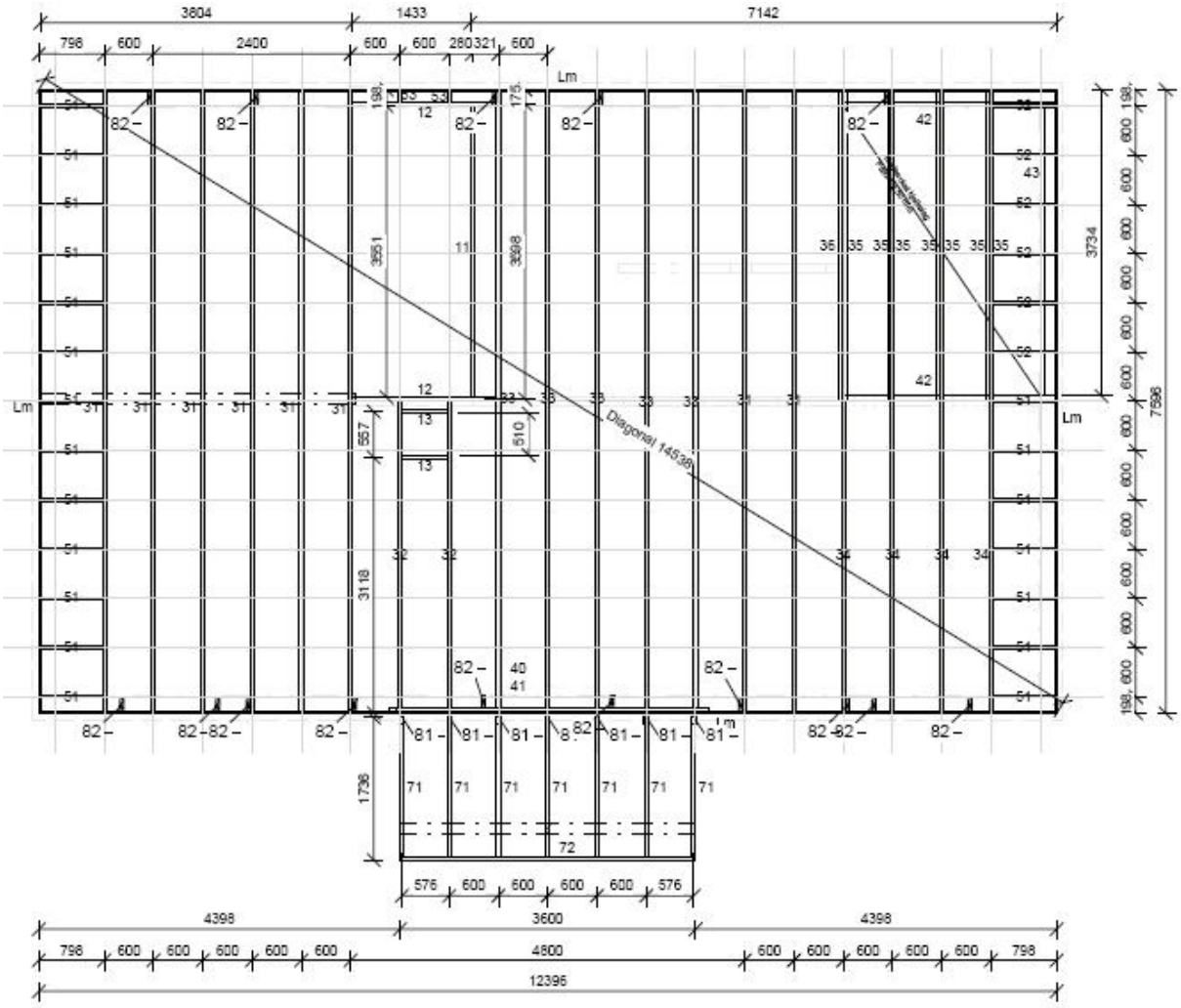
E.1 Første etasje TEK-07



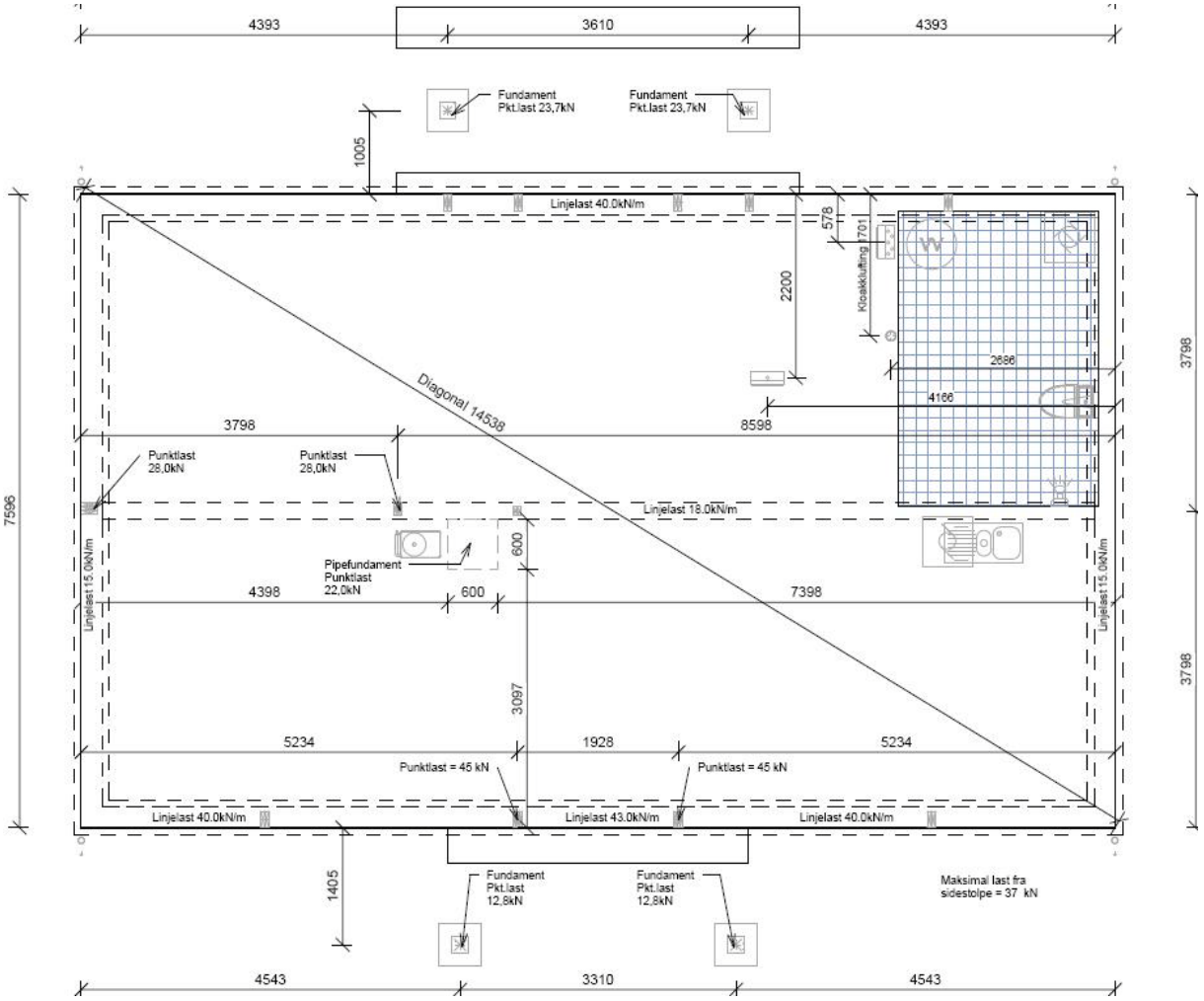
E.2 Andre etasje TEK-07



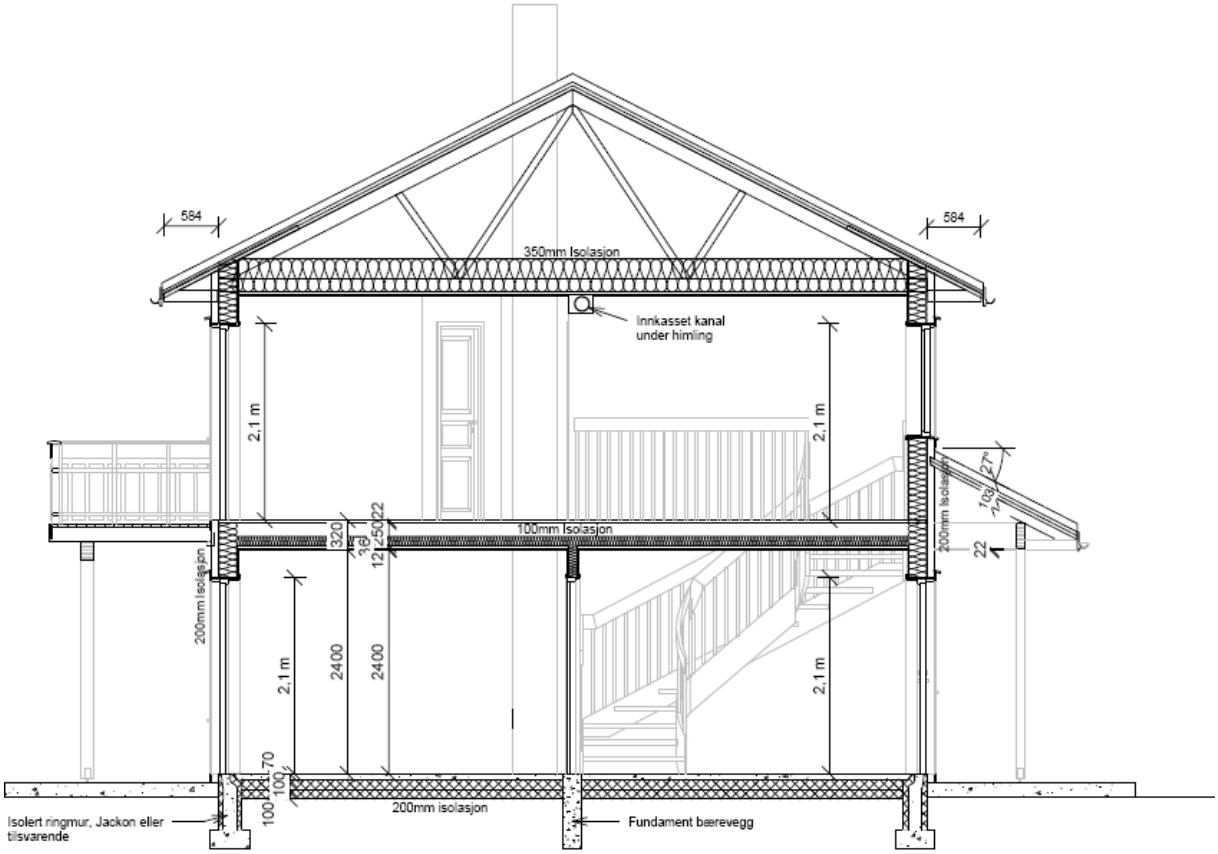
E.3 Bjelkelag TEK-07



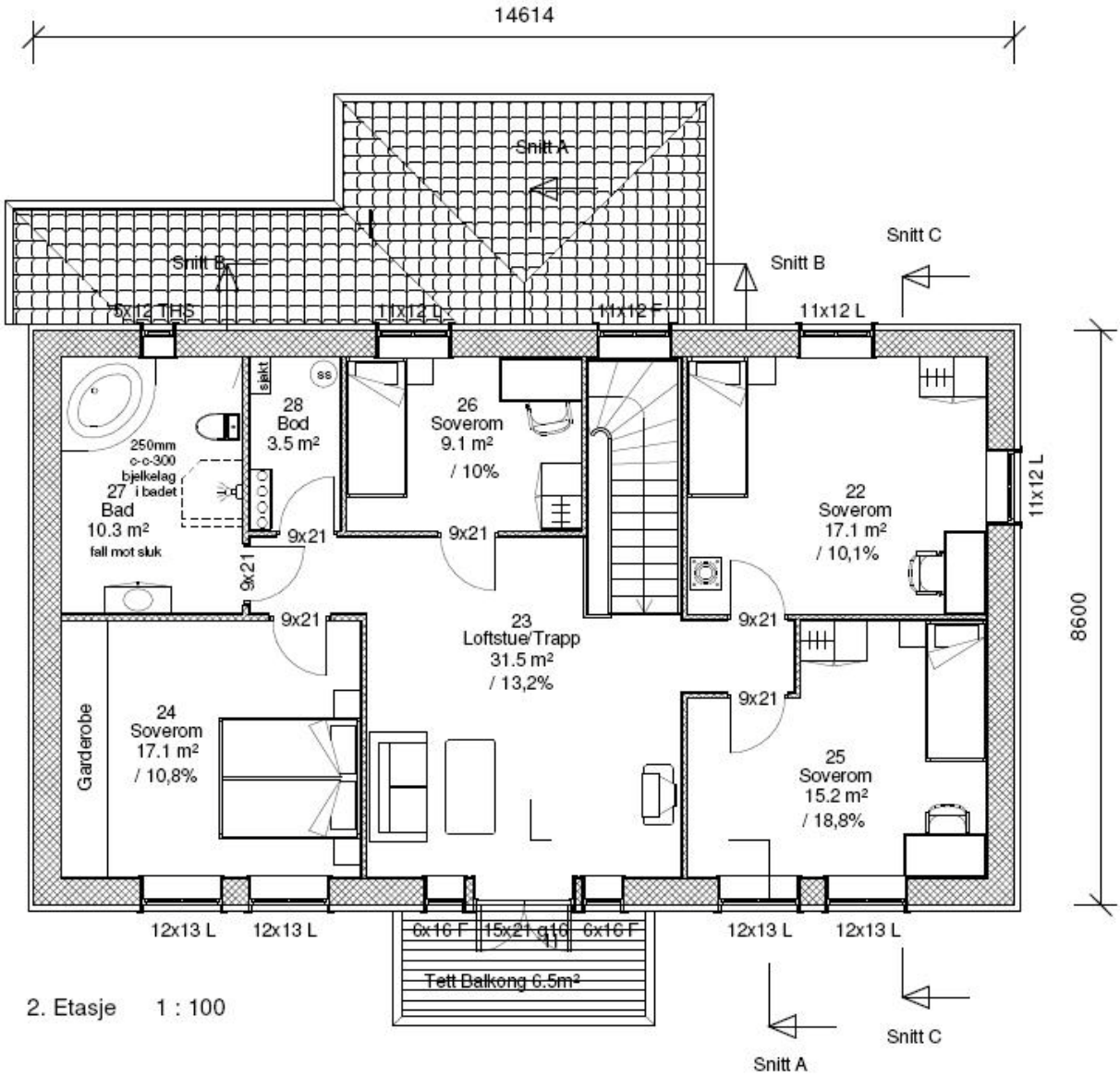
E.4 Fundament TEK-07



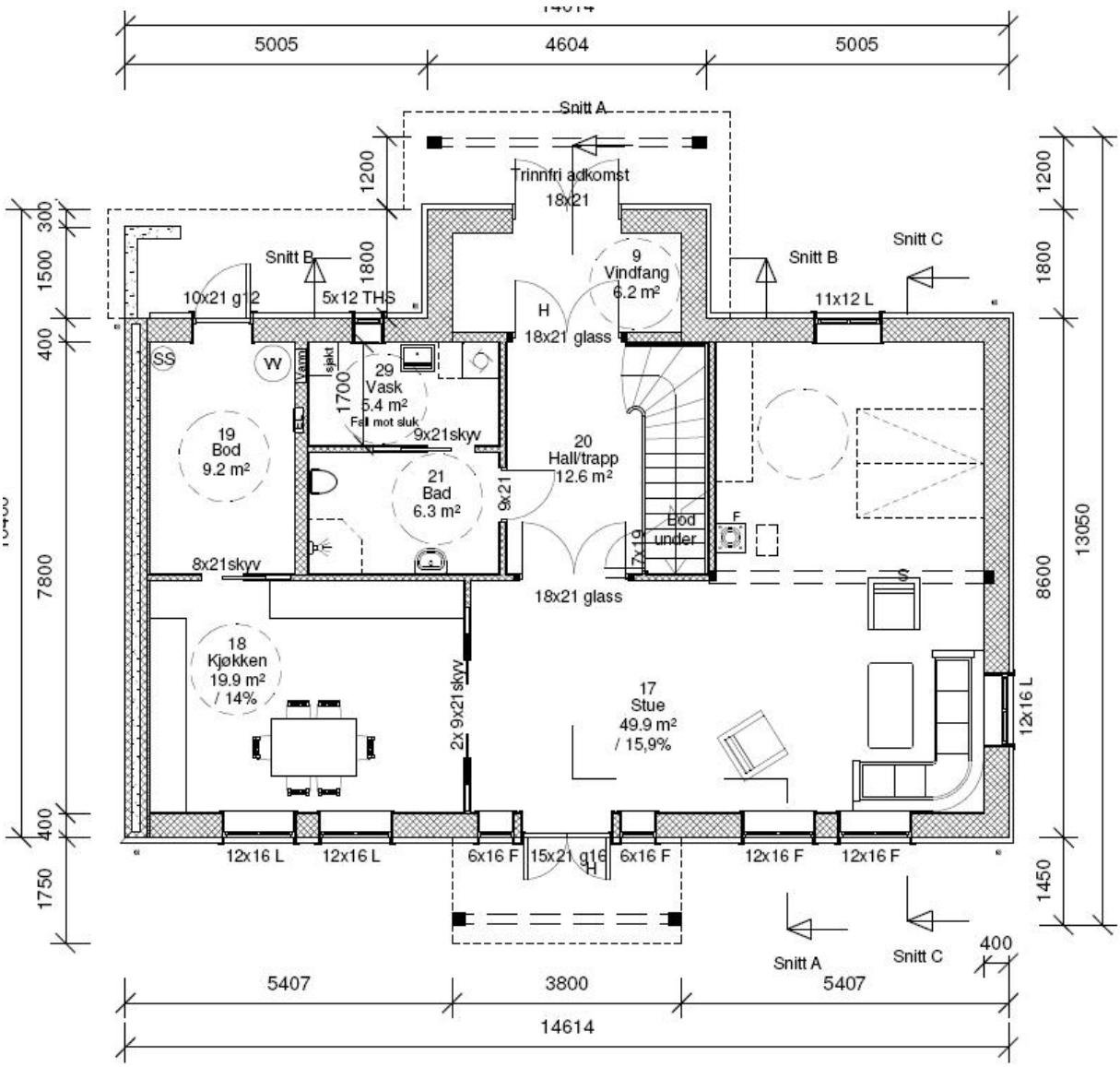
E.6 Snitt TEK-07



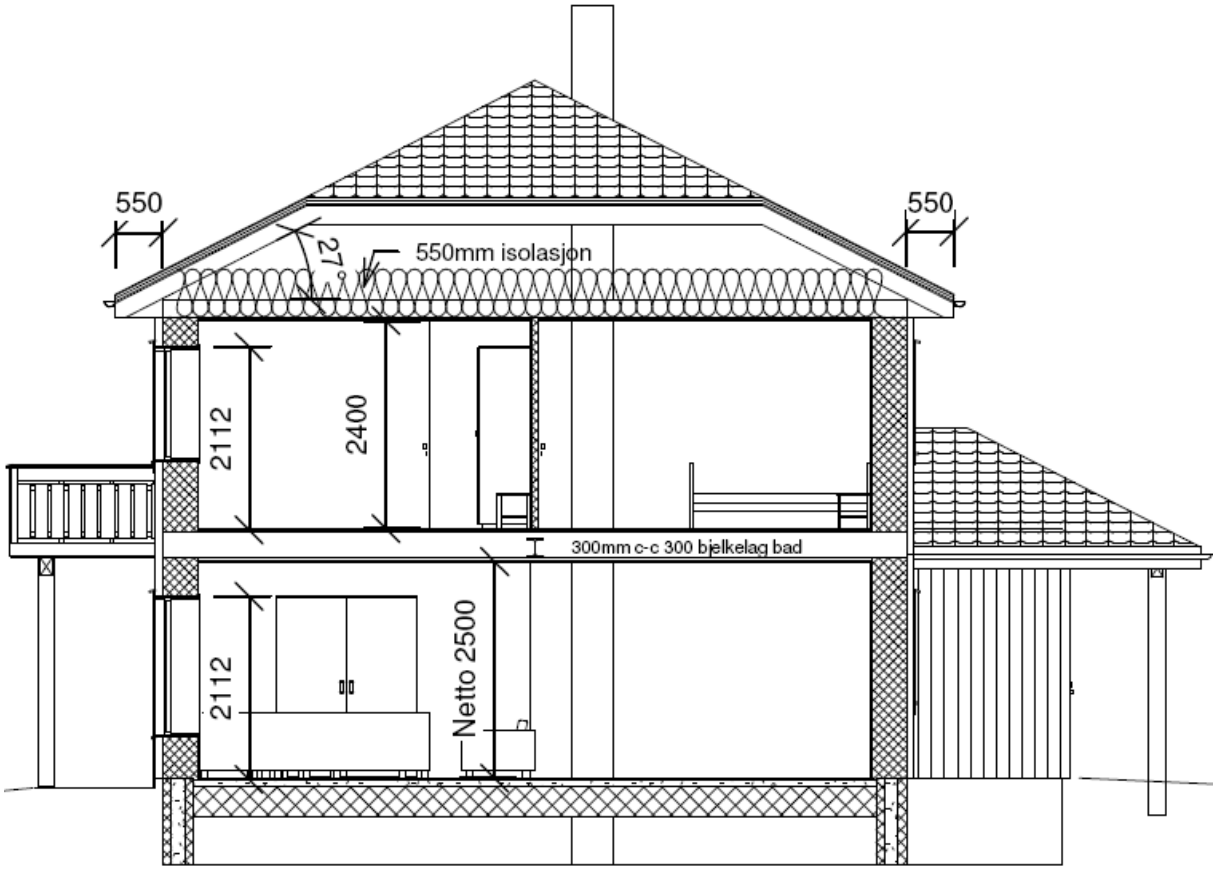
E.7 Første etasje passivhus



E.8 Andre etasje passivhus



E.9 Snitt passivhus



F. Diverse

F.1 Forprosjekt med gruppeavtale

Gruppemedlemmer

Mats T. Grøtting
Trond Sindre Søderlund
Bjørn Ivar Nord

Veileder HIG

Fred Johansen

Bakgrunn

Formålet med denne oppgaven er at vi i sjette og avsluttende semester skal gjennomføre en bacheloroppgave tilsvarende 20 studiepoeng i studiet ingeniørfag - bygg, prosjektstyring og ledelse. Bakgrunnen for valgt område vil derfor være å utarbeide en oppgave som både reflekterer den kunnskap vi har opparbeidet oss gjennom snart tre år på HIG samtidig kunne knytte dette opp mot utfordringer i det sivile liv som byggingeniør.

Som en introduksjon til valg av oppgave jf. Norges Naturvernforbund "hvor Bygningsmassen i Norge står for omtrent 40 prosent av landets samlede energiforbruk" har vi derfor valgt å legge fokus på energiberegninger ved å ta utgangspunkt i to forskjellige standarder for oppføring av bolighus, henholdsvis passiv/ massivhus standard og TEK 07.
Siden det har blitt økt fokus den siste tiden på energieffektivisering rundt oppføring av boliger i form av strengere standarder er det derfor interessant for oss i denne oppgaven å se hvor mye dette faktisk utgjør på lang sikt.

Prosjektmål

Hovedmålet med prosjektet er å undersøke om boliger oppført etter passiv/massivhus standarden er mer energiøkonomiske enn boliger oppført etter TEK '07.
Med dette mener vi om et passivthus er økonomisk gunstigere over tid i forhold til bolig oppført etter standard rammer i TEK '07.
Delmål:

- Gjennomføre energi beregninger i henhold til NS-3031
- Foreta livsløps analyse (LCC)
- Finne mengde co_2 utslipp grunnet energiforbruk etter NS-3031 og kostnader knyttet til dette

Problemstilling

Sammenlikne de energiøkonomiske kostnadene, de miljømessige kostnadene og kostnader knyttet til LCC for å gjøre en vurdering hvilket av alternativene som er mest økonomiske, både personlig og samfunnsmessig.
Del problemstilling.
Hvilken betydning har geografisk lokasjon i forhold til hovedproblemstilling.

Avgrensninger

Avgrensninger vil bli utarbeidet underveis i prosjektet der vi ser det vil være hensiktsmessig å gjøre dette, og forbeholder oss retten til dette.
I utgangspunktet skal vi benytte oss av to typer boliger som sammenlikningsgrunnlag.
Når det gjelder mengde utslipp av co_2 så beregnes kun den mengden utslipp som kommer fra energiforbruk i boligens antatte levetid.

Arbeidsmetode

Under gjennomføring av hovedprosjektet ønsker vi å få en så jevn som mulig fremdrift for å unngå unødvendig lange dager og stress relaterte arbeidsmetoder.

- Arbeidstid

fortrinnsvis klokka 8 – 16 i ukedagene dersom ikke annet er avtalt.

- Ressursbehov

NS-3031, verktøy innen LCC, nødvendig programvare til pc, kaffetrakter og ellers andre nødvendige datablader og standarder.

- Arbeidsmåte

Vi velger å jobbe både individuelt og som gruppe. Arbeidsoppgaver vil bli fordelt likt underveis.

- Dokumentasjon av fremdrift

Loggføring av utført arbeid og videre arbeid. Det skal også lages en overordnet fremdriftsplan med milepæler og frister.

Gruppeavtale

Gruppens medlemmer er pliktig til å møte til avtalt tid og sted, unntak vil være der et gruppemedlem ved sykdom eller annen gyldig grunn ikke kan møte. Oppmøtetid vil være fra kl. 08.00 -16.00.

Gruppereglene vil fungere som en rettskraftig avtale mellom gruppens medlemmer og trer i kraft først når samtlige medlemmer har undertegnet den.

Hvert enkelt medlem er pliktig å overholde bestemmelser i denne avtalen.

Ansvarsfordelingen vil være likestilt mellom gruppens medlemmer.

Det vil føres fremdriftsplan som skal være veiledende i den grad dette er gjennomførbart, dersom det oppstår avvik fra denne skal det iverksettes tiltak snarest slik at gruppen kommer i mål til fastsatt tidspunk. Hver enkelt av gruppens medlemmer har ansvar for å holde seg oppdatert på fremdriften.

Det vil føres referater/ logg for samtlige statusmøter, møter med veileder og evt. samarbeidspartnere som videre legges på prosjektets webside samt som vedlegg i den endelige rapporten.

Oppstår det kostnader som påløper i forbindelse med hovedprosjektet, vil dette fordeles likt mellom gruppens medlemmer.

Dersom det oppstår konflikter innad i gruppen skal man først ta dette opp innad i gruppen, dersom kompromiss ikke strekker til vil prosjektets veileder ta en beslutning basert på innspill fra samtlige av medlemmene i gruppen.

Gruppens medlemmer er pliktig å utføre arbeidet i henhold til jf. gruppeavtale, dersom dette ikke innfris og gjentatte overtredelser oppstår kan gruppens medlemmer kreve at vedkommende ekskluderes fra gruppen.

Et gruppemedlem står ikke fritt til å forlate gruppen, med mindre det er flertall for dette.

Jeg har lest gruppereglene og godtar disse betingelser.

Gjøvik, 22. januar 2010

_____ _____

F.2 Logg

Logg

Dato: 1.11.2009
Sted: HIG
Tilstede: Trond Søderlund, Bjørn Nord, Mats Grøtting

Hva er gjort:
Gruppen har diskutert hva gruppen kan tenke seg å jobbe med. Og har lagt dette frem for de andre i gruppen.

Plan videre:
Ta ideene videre til møte med veileder. For så å velge ett av forslagene.

Neste møte:
Onsdag 5.11.2009

Logg

Dato: 5.11.2009
Sted: HIG
Tilstede: Bjørn Nord, Trond Søderlund, Fred Johansen, Roy Fossum og Mats Grøtting

Hva er gjort:
Har hatt et møte med veileder. Avklarert mulighetene. Gruppen vil jobbe videre og muligens endre tema frem mot endelig frist.

Plan videre:
Se på andre muligheter, da ang. Energi, termografering, miljø, økonomi

Neste møte:
Onsdag 8.11.2009

Logg

Dato: 8.11.2009
Sted: HIG
Tilstede: Bjørn Nord, Trond Søderlund, Fred Johansen og Mats Grøtting

Hva er gjort:
Gruppen har sett på andre alternativer. Vi diskuterte siste og legger disse frem for gruppen og avtaler videre prosess.

Plan videre:
Gruppen legger seg på Energi og økonomi og skal videre legge frem forslag på neste møte for dette.

Neste møte:
Onsdag 9.11.2009

Logg

Dato: 9.11.2009
Sted: HIG
Tilstede: Bjørn Nord, Trond Søderlund, Fred Johansen og Mats Grøtting

Hva er gjort:
Kommer frem på møtet at energiøkonmisk betrakting vil være interessant da med tanke på passivhus, massivtrehus og vanlige hus.

Plan videre:
Gruppen skal jobbe videre med Energi og økonomi og skal videre legge frem forslag på neste møte for dette.

Neste møte:
21.1.2010

Logg

Dato: 21.1.2010
Sted: HIG
Tilstede: Bjørn Nord, Trond Søderlund og Mats Grøtting

Hva er gjort:
Fra forrige møte har alle medlemmer kommet med forslag til grupperegler, første utkast til for prosjekt.

Plan videre:
Møte med Fred Johansen og eventuelle endringer i forprosjektet. Undersøke mulig samarbeidspartnere.

Neste møte:
Onsdag 27. januar 2010

Logg

Dato: 27. Januar 2010
Sted: HIG
Tilstede: Fred Johansen, Bjørn Nord, Trond Søderlund og Mats Grøtting

Hva er gjort:
Diskuterte videre fremdrift for gruppen. Kom frem til mulig kontaktperson i massivtrehus. Har levert inn prosjektskisse.

Plan videre:
Videreutvikle vår nyutviklede webside. Sette opp fremdriftsplan i MS project.
Kontakte Mesterhus (Trine Pettersen)
Møte med Fred Johansen om to til tre uker.

Logg

Dato: 8. Februar 2010
Sted: HIG
Tilstede: Bjørn Nord, Trond Søderlund og Mats Grøtting

Hva er gjort:
Sendt mail til Trine P fra mestehus, venter på svar. Jobbet med hjemmeside og logg.

Plan videre:
Fortsette om en uke, da alle i gruppen har innlevering i Revit Construction å jobbe med.

Logg

Dato: 15. Februar 2010
Sted: HIG
Tilstede: Bjørn Nord, Trond Søderlund og Mats Grøtting

Hva er gjort:
Mottatt meil fra Trine Pettersen og har gjort avtale med henne om et lite samarbeid.
Har satt opp rammer i MS-project.

Plan videre:
Oppdatere hjemmeside i forhold til mesterhus. Ordne med kontrakten med høyskolen i løpet av denne uken.

Logg

Dato: 23. Februar 2010
Sted: HIG
Tilstede: Trond Søderlund og Mats Grøtting

Hva er gjort:
Oppdatert hjemmesiden i forhold til mesterhus og noen små andre detaljer.
Levert signert kontrakt (Fred, Trond, Bjørn og Mats) til Natasja Bours.
Diskutert mal oppsettet for bacheloroppgaven.

Plan videre:
Mats oppdaterer logg og Ms-Project (Hvilke kapitler vi jobber med i bachelor oppgaven)
Trond setter opp malen til prosjektet i word.
Fordelt arbeidsoppgaver i teoridelen som følger: Mats tar for seg ”hva er passivhus”. Trond skriver om NS 3031. Bjørn tar for seg ”LCC”

Logg

Dato: 5.3.2010
Sted: HIG
Tilstede: Trond Søderlund, Mats Grøtting og Bjørn I. Nord

Hva er gjort: Avtalt et møte med Trine Pettersen den 12.3.2010

Plan videre: Avvente å avklare usikkerheter vedrørende informasjon og oppgaven generelt

Logg

Dato: 12.3.2010 kl: 10.00
Sted: Nils Hansens vei 20667 Oslo
Tilstede: Bjørn I. Nord, Trond Søderlund, Mats Grøtting og Trine D. Pettersen

Hva er gjort:
Samtale med Trine D Pettersen (samarbeidspartner) hvorvidt vi skal ta for oss Karita (kataloghus oppført etter passivhus standard) og hva slags materialgrunnlag som skal brukes/innhentes.

Plan videre:
- Har fått epost med ulike standarder samt økonomiske betraktninger rundt dette
- Samle inn informasjon for videre arbeid

Logg

Dato: 15.4.2010 kl: 09.00
Sted: HIG
Tilstede: Bjørn I. Nord, Trond Søderlund og Mats Grøtting

Hva er gjort:
Etter en periode med litt mindre tid til bacheloroppgaven på grunn av diverse andre avsluttende fag, har vi nå gjenopptatt arbeidet for fullt.

Plan videre:
- Beregne bygningenes energi ytelse
- Bestille den nye passivhus standarden vedtatt 1.april
- Skrive Teori kapittelet: Passivhus, LCC og NS 3031 + Kilder
- Oppdatere nettlogg
- Diskuterte og sette opp malen vi vil bruke for prosjektet
- Bestemme lokasjonen for byggen

Logg

Dato: 26.4.2010 kl: 09.00
Sted: HIG
Tilstede: Bjørn I. Nord, Trond Søderlund og Mats Grøtting

Hva er gjort:

- Skrevet teori om Passivhus, LCC og NS3031
- Laget kilde liste
- Laget komplett mal for rapporten
- Mottatt passivhus standarden
- Bestemt lokasjonene
- Kommet i full gang med energi beregninger
- LCC og FDVU kostnader er godt i gang

Plan videre:

- Skrive ferdig beregninger for passivhuset
- Gjøre ferdig LCC og FDVU

Logg

Dato: 3.5.2010 kl: 09.00
Sted: HIG
Tilstede: Bjørn I. Nord, Trond Søderlund og Mats Grøtting

Hva er gjort:

- Skrive ferdig beregninger for passivhuset
- Gjøre ferdig LCC og FDVU på passivhuset

Plan videre:

- Beregne tilsvarende beregninger for TEK 07 boligen
- Regne på LCC og FDVU i forhold til TEK07 boligen

F.3 Møtereferat

Møtereferat	Fredag	Dato: 12.3.2010 kl: 10.00	Nils Hansens vei 2 0667 Oslo

Møte innkalt av:	Mats T Grøtting
Møtetype	Info møte ang. bachelor
Møteleder	Trond Søderlund
Protokollfører	Bjørn Ivar Nord
Veileder	Fred Johansen
Tilstede	Mats T Grøtting, Bjørn Ivar Nord, Trond Søderlund og Trine D Pettersen (Mesterhus)

Emner på dagsordenen

Tid 120 min.	**Agenda** Drøfting og innhenting av info gjeldene passivhus standard	

Diskusjon	

Samtale med Trine D Pettersen (samarbeidspartner) hvorvidt vi skal ta for oss Karita (kataloghus etter passivhus standard) og hva slags material grunnlag som kan innhentes for beregninger i henhold til oppgaven.

Annet	Har fått mail rundt energiberegninger for ”Karita” etter TEK- 07 standard samt detalj tegninger av bygningen.

Gjøremål	**Ansvarlig**	**Tidsfristdatoer**
Samle inn informasjon for videre arbeid	Bjørn Ivar Nord	29.04.2010

Møtereferat	Onsdag	Dato: 28.4.2010 kl: 10.00	Kontoret til Fred Johansen

Møte innkalt av:	Mats T Grøtting
Møtetype	Info møte ang. bachelor
Møteleder	Trond Søderlund
Protokollfører	Bjørn Ivar Nord
Veileder	Fred Johansen
Tilstede	Mats T Grøtting, Bjørn Ivar Nord, Trond Søderlund og Fred Johansen

Emner på dagsordenen

Tid	**Agenda**	
45 min	Drøfting	

Diskusjon	

Samtale med veileder Fred Johansen vedrørende oppsett for rapportmal og gjennomføring av LCC analyse.

Annet	Gjennomgang av status og videre frendrift.

Gjøremål	**Ansvarlig**	**Tidsfristdatoer**
Utføre energiberegninger, samt gjennomgang av resultater med veileder Fred Johansen.	Bjørn Ivar Nord	Etter behov

F.4 Prosjektavtale

HØGSKOLEN I GJØVIK

PROSJEKTAVTALE

mellom Høgskolen i Gjøvik (HiG) (utdanningsinstitusjon),

_____

_____ (oppdragsgiver), og

Trond Søderlund, Bjørn Ivar Nord og Mats Grøtting

_____ (student(er))

Avtalen angir avtalepartenes plikter vedrørende gjennomføring av prosjektet og rettigheter til anvendelse av de resultater som prosjektet frembringer:

1. Studenten(e) skal gjennomføre prosjektet i perioden fra 9/11-2009 til 3/6-2010

   Studentene skal i denne perioden følge en oppsatt fremdriftsplan der HiG yter veiledning. Oppdragsgiver yter avtalt prosjektbistand til fastsatte tider. Oppdragsgiver stiller til rådighet kunnskap og materiale som er nødvendig for å få gjennomført prosjektet. Det forutsettes at de gitte problemstillinger det arbeides med er aktuelle og på et nivå tilpasset studentenes faglige kunnskaper. Oppdragsgiver plikter på forespørsel fra HiG å gi en vurdering av prosjektet vederlagsfritt.

2. Kostnadene ved gjennomføringen av prosjektet dekkes på følgende måte:
   - Oppdragsgiver dekker selv gjennomføring av prosjektet når det gjelder f.eks. materiell, telefon/fax, reiser og nødvendig overnatting på steder langt fra HiG. Studentene dekker utgifter for trykking og ferdigstillelse av den skriftlige besvarelsen vedrørende prosjektet.
   - Eiendomsretten til eventuell prototyp tilfaller den som har betalt komponenter og materiell mv. som er brukt til prototypen. Dersom det er nødvendig med større og/eller spesielle investeringer for å få gjennomført prosjektet, må det gjøres en egen avtale mellom partene om eventuell kostnadsfordeling og eiendomsrett.

3. HiG står ikke som garantist for at det oppdragsgiver har bestilt fungerer etter hensikten, ei heller at prosjektet blir fullført. Prosjektet må anses som en eksamensrelatert oppgave som blir bedømt av faglærer/veileder og sensor. Likevel er det en forpliktelse for utøverne av prosjektet å fullføre dette til avtalte spesifikasjoner, funksjonsnivå og tider.

4. Den totale besvarelsen med tegninger, modeller og apparatur så vel som programlisting, kildekode, disketter, taper mv. som inngår som del av eller vedlegg til besvarelsen, gis det en kopi av til HiG, som vederlagsfritt kan benyttes til undervisnings- og forskningsformål. Besvarelsen, eller vedlegg til den, må ikke nyttes av HiG til andre formål, og ikke overlates til utenforstående uten etter avtale med de øvrige parter i denne avtalen. Dette gjelder også firmaer hvor ansatte ved HiG og/eller studenter har interesser.

   Besvarelser med karakter C eller bedre registreres og plasseres i skolens bibliotek. Det legges også ut en elektronisk prosjektbesvarelse uten vedlegg på bibliotekets del av skolens Internett-sider. Dette avhenger av at studentene skriver under på en egen avtale hvor de gir biblioteket tillatelse til at deres hovedprosjekt blir gjort tilgjengelig i papir og nettutgave (jfr. Lov om opphavsrett). Oppdragsgiver og veileder godtar slik

offentliggjøring når de signerer denne prosjektavtalen, og må evt. gi skriftlig melding til studenter og dekan om de i løpet av prosjektet endrer syn på slik offentliggjøring.

5. Besvarelsens spesifikasjoner og resultat kan anvendes i oppdragsgivers egen virksomhet. Gjør studenten(e) i sin besvarelse, eller under arbeidet med den, en patentbar oppfinnelse, gjelder i forholdet mellom oppdragsgiver og student(er) bestemmelsene i Lov om retten til oppfinnelser av 17. april 1970, §§ 4-10.

6. Ut over den offentliggjøring som er nevnt i punkt 4 har studenten(e) ikke rett til å publisere sin besvarelse, det være seg helt eller delvis eller som del i annet arbeide, uten samtykke fra oppdragsgiver. Tilsvarende samtykke må foreligge i forholdet mellom student(er) og faglærer/veileder for det materialet som faglærer/veileder stiller til disposisjon.

7. Studenten(e) leverer 3 - tre - eksemplarer av oppgavebesvarelsen med vedlegg til Studenttorget. I tillegg leveres et eksemplar til oppdragsgiver. HiG kan stille til disposisjon ytterligere eksemplar(er) for oppdragsgiver mot at denne godtgjør produksjonskostnadene.

8. Denne avtalen utferdiges med et eksemplar til hver av partene. På vegne av HiG er det dekan som godkjenner avtalen.

9. I det enkelte tilfelle kan det inngås egen avtale mellom oppdragsgiver, student(er) og HiG som nærmere regulerer forhold vedrørende bl.a. eiendomsrett, videre bruk, konfidensialitet, kostnadsdekning og økonomisk utnyttelse av resultatene.

   Dersom oppdragsgiver og student(er) ønsker en videre eller ny avtale, skjer dette uten HiG som partner.

10. Når HiG også opptrer som oppdragsgiver trer HiG inn i kontrakten både som utdanningsinstitusjon og som oppdragsgiver.

11. Eventuell uenighet vedrørende forståelse av denne avtale løses ved forhandlinger avtalepartene i mellom. Dersom det ikke oppnås enighet, er partene enige om at tvisten løses av voldgift, etter bestemmelsene i tvistemålsloven av 13.8.1915 nr. 6, kapittel 32.

12. Deltakende personer ved prosjektgjennomføringen:

HiGs veileder (navn): FRED JOHANSEN

Oppdragsgivers kontaktperson (navn): _____

Student(er) (signatur): _____ dato 19.02.10

_____ dato _____

Trond Søderlund dato 19.02.10

_____ dato 19.02.10

Oppdragsgiver (signatur): _____ dato _____

Dekan (signatur): _____ dato 23.02.10

Revidert 11.10.07, Ivar Moe