

KRISTIANSUND KOMMUNE

# Fredrik Selmers gt. 1, 3 og 5 Energikonsept



**COWI**

KRISTIANSUND KOMMUNE

## Fredrik Selmers gt. 1, 3 og 5 Energikonsept



OPPDRAGSNR.	DOKUMENTNR.				
A222929	001				
VERSJON	UTGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET	KONTROLLERT	GODKJENT
01	07.05.2021	Energikonsept	MAGA, JOST, NRRU	LAFS	MAGA
00	23.04.2021	Energikonsept	MAGA, JOST, NRRU	LAFS	MAGA

# INNHOOLD

1	Sammendrag	4
2	Innledning	5
2.1	Om bygget	5
2.2	Føringer i kommunale planer, vedtak og utredninger	5
2.3	Definisjoner og begreper	6
2.4	Metode	8
3	Vurdering av tekniske løsninger	9
3.1	Energibehov iht. TEK17	9
3.2	Effektbehov/maksimaleffekt ved DUT	11
3.3	Tekniske løsninger for oppvarming (inkl. estimert klimagassutslipp)	12
3.4	Energimerke	23
3.5	BREEAM-sertifisering	24
3.6	Vurdering av nesten nullenergi	24
3.7	Vurdering av ZEB-O	25
3.8	Smarte innovative løsninger i byggefasen	26
3.9	Tiltak for å redusere behovet for kjøpt energi ytterligere	26
4	Drøfting av energistrategi – anbefalt strategi	28
5	Vedlegg	30

# 1 Sammendrag

Ved forholdsvis enkle grep kan omsorgsboligene i Fredrik Selmers gt. 1-3-5 oppnå passivhus-standard, noe som bidrar til at bygget får et lavt energibehov.

For å redusere byggets behov for kjøpt energi, er det sett på ulike energiforsyningsløsninger for egenprodusert fornybar elektrisk energi. Takets vinkel og orientering er veldig godt egnet til solceller. Ved taksteinsintegrerte solceller kan en oppnå lignende utseende som et "vanlig" tak, samtidig som en unngår investeringskostnaden til taktekking. Disse kan dekke ca. 47 % av byggets behov for direkte elektrisitet, og det som ikke kan nyttiggjøres i bygget kan eksporteres ut på nettet.

Ut ifra tilgjengelighet og effektivitet, egner bergvarmepumpe seg svært godt for å dekke oppvarmingsbehovet og varmtvannsberedning. Den kan dekke omkring 95 % av behovet (forutsatt system for Legionella-bekjempelse på varmtvann).

Med både passivhus-standard, solceller på tak og bergvarmepumpe, vil bygget ha så lite behov for levert/kjøpt energi, at det kan oppnås nesten nullenergi-bygning, nZEB, iht. FutureBuilt sin definisjon. Omsorgsboligene oppnår også energimerke "Lysegrønn A".

## 2 Innledning

Eksisterende bygning i Fr. Selmers gt. 1-3-5 skal rives og det skal bygges et nytt bygg med omsorgsboliger for Kristiansund kommune. I den forbindelse er det utarbeidet et ambisjonsnotat for å avdekke potensialer for reduksjon av klimagassutslipp og finne riktig ambisjonsnivå for dette bygget. Videre presenteres mulige energiambisjoner, beregnet energibehov til bygget, ulike energiforsyningsløsninger og en kost-nytte-vurdering av disse. Deretter vurderes resultatene opp mot de ulike energiambisjonene, noe som danner grunnlaget for å finne riktig ambisjonsnivå.

### 2.1 Om bygget

Det er planlagt at bygget skal bestå av 12 omsorgsboliger med fellesarealer i midten av bygget. Bygget har kjeller under omtrent halvparten av grunnflaten, to etasjer og loft. Det er planlagt skråtak med orientering nord/sør. Det vil være utstrakt bruk av glass i byggets midtsone. Figur 2-1 gir en visualisering av foreløpig konsept.



Figur 2-1 3D-modell av foreløpig planlagt konsept (ARK). Bygget sett fra sør.

### 2.2 Føringer i kommunale planer, vedtak og utredninger

Asplan Viak har utarbeidet rapporten "*Klimafotavtrykk og klimakrav i Ålesund og Kristiansund kommune*<sup>1</sup>", som tar for seg en analyse av klimafotavtrykket av innkjøp til Ålesund og Kristiansund kommune, og ser på hvordan klimakrav kan benyttes til å påvirke dette. COWI har utarbeidet et miljøprogram for å oppsummere hvilke krav og anbefalinger som gjelder for de nye omsorgsboligene, se eget notat. Det er et høyt fokus på energi, der følgende vektlegges:

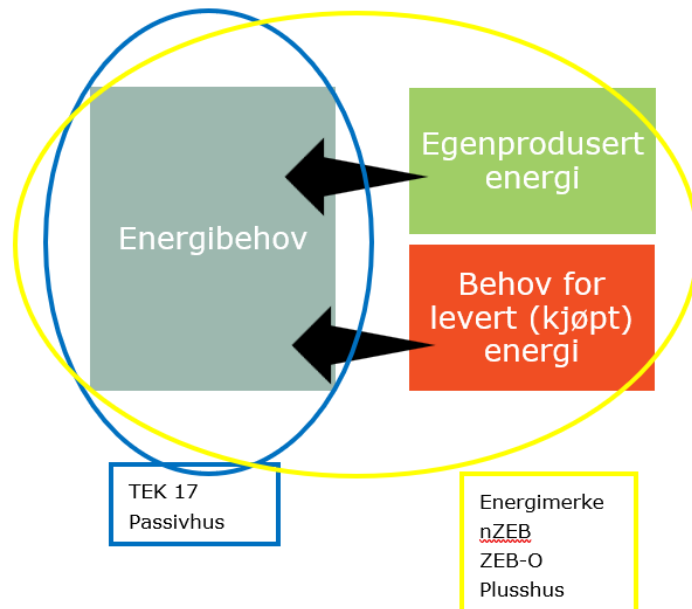
- > Fokus på energiløsninger med alternativs-vurderinger for ulike energikilder (varmepumpe med energibrønner i fjell, solceller på tak og ev. fasade, termiske solfangere), inkludert vurdering av levetid/driftskostnader/- investeringskostnader (LCC).

<sup>1</sup> Utgivelsesdato 30 oktober 2020

- > Mulig oppnåelse av nær nullenergibygg(nZEB), plusshus, samt nullutslippsbygg ZEB-O.
- > God ressursutnyttelse av energi og lave klimagassutslipp
- > Lave drift- og vedlikeholdskostnader
- > Merkeordninger som BREEAM og Energimerke

## 2.3 Definisjoner og begreper

I dette kapittelet gis en kort forklaring av de mest relevante begrepene relatert til energiproduksjon, energibruk og CO<sub>2</sub>-utslipp for bygget. Figur 2-2 illustrerer hvordan disse begrepene henger sammen.



Figur 2-2 Byggets behov for levert energi er forenklet sagt lik differansen mellom byggets energibehov og egenprodusert termisk og elektrisk energi.

**Netto energibehov** – Bygningens energibehov uten hensyn til energisystemets virkningsgrad eller tap i energikjeden [NS 3031]. Den energien bygningen trenger i drift, og som det stilles krav til i forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK17), se Figur 2-2. Sier noe om kvaliteten til klimaskallet (U-verdier, lekkasjetall, kuldebroer) og tekniske installasjoner (varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg, effektbehov belysning o.l.). Netto energibehov er altså *uavhengig* av type elektrisk og termisk energiforsyning.

**Levert energi** – Summen av energi, uttrykt pr. energivare, levert over bygningens systemgrenser for å dekke bygningens samlede elektriske og termiske energibehov inkl. systemtap som ikke gjenvinnes [NS 3031]. Det er altså byggets netto energibehov trukket fra energiproduksjon i/på bygget, f.eks. varmepumpe og solceller (behov for kjøpt energi for å dekke energibehov), og med systemtap hensyntatt.

**Passivhus** – Bygninger med spesielt tett og godt isolert bygningskropp, samt balansert ventilasjonsanlegg med høyeffektiv varmegjenvinning, og som dermed oppnår lavere oppvarmingsbehov enn bygninger som oppføres iht. dagens byggeforskrift (TEK17). Byggets oppvarmings- og kjølebehov beregnes med lokalt klima og standardiserte inndata på driftstider og internlast (teknisk utsyr, personbelastning). Beregningene baserer seg på energibehovet, der energiforsyningen (levert energi) ikke har betydning.

**nZEB (nesten nullenergibygning)** – "Nær nullenergibygg" er iht. FutureBuilt foreslått definert som å ha et totalt energiforbruk som er 70 % lavere enn TEK17-nivået. For omsorgsboliger kategorisert som boligblokk tilsvarende dette et behov for netto vektet *levert* energi på maks 40 kWh/m<sup>2</sup>år.

**ZEB-O (nullutslippsbygning)** – Bygningens *fornybare energiproduksjon* kompensere for klimagassutslippet fra *drift* av bygningen.

**CO<sub>2</sub>-faktor** – CO<sub>2</sub>-faktor (g/kWh) brukes til å beregne en ekvivalent mengde karbondioksid som blir sluppet ut i atmosfæren per enhet levert energi [NS 3031]. CO<sub>2</sub>-faktoren brukes for å beregne potensiell påvirkning på global oppvarming knyttet til energibehov i hele eller deler av bygningens levetid.

**Plusshus** – Det fins i dag ingen standard for begrepet plusshus i Norge eller internasjonalt. FutureBuilt plusshus (2018), gir følgende definisjon: "Energibruk relatert til drift av bygningen skal over året minst kompenseres gjennom produksjon av fornybar energi. For å regnes som plusshus må det produseres overskuddsenergi på 2 kWh/m<sup>2</sup> BRA pr år."

### Merkeordninger

**Energimerke:** Energimerket oppsummerer energitilstanden for bygningen med en Energikarakter og en Oppvarmingskarakter. Energikarakteren blir gitt ut ifra beregnet *levert energi*, mens oppvarmingskarakteren avgjøres av andelen av levert energi som stammer fra elektrisitet og fossile energikilder. Energimerking av bygninger er styrt av Energimerkeforskriften. Kontrollberegning utføres i henhold til NS 3031:2014. Beregningen utføres med faste og standardiserte verdier for bruksavhengige data som inne-temperatur, driftstider m.m. Klimadata for Oslo skal benyttes.

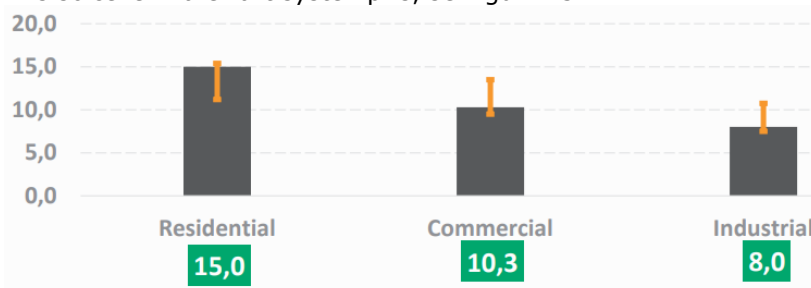
**BREEAM-Nor:** En sertifiseringsordning av bærekraftige bygg. Et BREEAM-Nor sertifikat utstedes i fem nivåer – "Pass", "Good", "Very Good", "Excellent" og "Outstanding". Sertifiseringen er basert på dokumentert miljøprestasjon i ni kategorier – Ledelse, helse- og innemiljø, energi, transport, vann, materialer, avfall, arealbruk og økologi samt forurensning. Internasjonale studier viser at BREEAM-bygg har høyere markedsverdi, høyere leieinntekter, større belegg, lavere driftskostnader, økt brukertilfredshet og redusert finansiell risiko.

## 2.4 Metode

Det er innledningsvis utarbeidet en energiberegning av det skisserte nybygget for å vurdere byggets årlige energibehov og dermed behov for levert energi. Dette ut ifra et ambisjonsnivå som ansees å være bærekraftig mtp. materialbruk og energibesparelse. Det er så sett på ulike termiske og elektriske energiforsyningsløsninger med mulig energiproduksjon, der disse er vurdert opp mot hverandre i et kost-nytte-perspektiv. Deretter er det vurdert oppnåelse av nesten nullenergibygning og nullutslippsbygning ZEB-O.

Følgende forutsetninger er lagt til grunn for energiberegningene:

- > Det er tatt utgangspunkt i tegningsunderlag fra 21.03.2021.
- > Klimadata Kristiansund.
- > Bygningskategori boligblokk.
- > Beregningsstandard NS 3031:2014 og NS 3700:2013 ligger til grunn. Det er tatt utgangspunkt i FutureBuilt sin definisjon av nesten nullenergibygning.
- > Beregning av bygningens energibehov er foretatt i SIMIEN 6.016.
- > Beregning av el.produksjon fra solceller og solcelletakstein er fra PVsyst 7.1
- > Økonomisk analyse av solceller er foretatt i HOMER Pro 3.14, varmepumpe i eget regneark
  - > Kalkulasjonsrente (realrente) 4 %
  - > Strømpriser fra 2019 og Kristiansund kommunes strømvtales
  - > Forbruksdata fra SIMIEN og produksjonsdata fra PVsyst
  - > Antatt 25 år levetid på hele anlegget med full reinvestering (svært konservativt) for hele solcelleanlegget.
  - > 50 år tidshorisont
  - > Priser eks. mva.
  - > Prisen for solcelletaksteinen er hentet fra Solar Norge som er importør av Sunstyle solcelletakstein. Grunnet lite erfaring er det knyttet usikkerhet til denne.
  - > Pris solceller fra erfart systempris, se Figur 2-3.



Figur 2-3 Erfaringspriser for solcellesystemer i Norge<sup>2</sup>. Søylen viser medianen for investeringskostnad eks. mva., og variasjon er presentert som første og tredje kvartil.

<sup>2</sup> I 2019 spurte Multiconsult 64 installatører og leverandører om erfaringstall for solcelleinstallasjoner.



## 3 Vurdering av tekniske løsninger

### 3.1 Energibehov iht. TEK17

Tabell 3-1 gir en oppsummering av energikrav iht. TEK17, samt forslag til sentrale inndata for å tilfredsstille disse. Dette er kun veiledende verdier, og entreprenør må selv dokumentere tilfredsstillelse av energiambisjon, slik at prosjektspesifikke inndata kan fravikes.

Tabell 3-1 Minimumskrav til U-verdier iht. TEK17, samt forslag til prosjektspesifikke kvaliteter til klimaskillende konstruksjoner og ventilasjon.

Element	Minimumskrav TEK17	Prosjektspesifikke verdier	Tilsvarende oppbygning
<b>U-verdi gulv på grunn [W/m<sup>2</sup>K]</b>	0,18	0,13*	Betongplate med 200 mm isolasjon, $\lambda_d \leq 0,038$ .
<b>U-verdi gulv mot det fri [W/m<sup>2</sup>K]</b>	0,18	0,13	Betongdekke med kontinuerlig isolasjon som bindes til betongen, $\lambda_d \leq 0,035$ .
<b>U-verdi yttervegg mot terreng</b>	0,22	0,14*	200 mm kontinuerlig isolasjon
<b>U-verdi yttervegg mot det fri [W/m<sup>2</sup>K]</b>	0,22	0,17	Bindingsverksvegg med gjennomgående trestendere. 250 + 50 mm isolasjon, $\lambda_d \leq 0,035$ .
<b>U-verdi tak [W/m<sup>2</sup>K]</b>	0,18	0,13	Luftet tak med tresperrer, 48 mm. 350 mm isolasjon $\lambda_d \leq 0,037$ .
<b>U-verdi vindu, dør og overlys i tak, inkludert karm/ramme [W/m<sup>2</sup>K]</b>	1,2	0,8	Gjennomsnittlig verdi. 3-lags energiglass. Passivhusnivå.
<b>Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell [luftutveksling pr. time]</b>	1,5	0,8	Tilsvarende nesten passivhusnivå
<b>Normalisert kuldebroverdi [W/m<sup>2</sup>K]</b>	-	0,09	Gjennomsnittlig 100 mm kuldebrobryter
<b>Temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]</b>	-	82	Roterende varmegjenvinner
<b>SFP-faktor [kW/m<sup>3</sup>/s]</b>	-	2,0	Kanalføringer med lav luftmotstand/trykkfall

\* Verdi hensyntatt terreng

Det er benyttet standardiserte inndata for internlast, driftstider, luftmengder, klima (Oslo) m.m. iht. NS3031.

Beregnet netto energibehov for bygget er vist i Tabell 3-2.

Tabell 3-2 Omsorgsboligenes netto energibehov sammenlignet med krav i TEK17.

	Krav til netto energibehov i TEK17 [kWh/m <sup>2</sup> år]	Beregnet netto energibehov [kWh/m <sup>2</sup> år]
<b>Omsorgsboliger</b>	95 (105)*	95,1

\* Rammekravet kan økes med 10 kWh/m<sup>2</sup>år dersom det produseres fornybar elektrisitet til bygningen, minst 20 kWh/m<sup>2</sup>år.

Resultatutskrift fra energiberegningen med inndata o.l. ligger i vedlegg 1.

### 3.1.1 Tiltak for å oppnå passivhus-standard

Det er sett på tiltak på bygningskroppen og på ventilasjonsanlegg for å oppnå bygning av "passivhus-standard" iht. NS3700:2013.

Evaluering opp mot passivhus-standard viser at TEK17-nivå nesten tilsvarer passivhus. Tiltak med grov beregnet kostnadskonsekvens som kan gjennomføres for å tilfredsstille kravene i passivhus-standard, er presentert i tabellen under (tiltakene må gjennomføres samlet). Bygget har et oppvarmet bruksareal, BRA, på ca. 1 400 m<sup>2</sup>.

Tabell 3-3 Forslag til tiltak som kan gjøres for å oppnå passivhus iht. NS 3701 (alle tiltakene må gjennomføres, det er altså ikke tilstrekkelig at ett av tiltakene gjennomføres).

Tiltak fra TEK17 til passivhus-standard		Tiltak på bygget	Merkostnad [kr/m <sup>2</sup> BRA], kr ekskl. mva i parentes, ca. kostnader
1	Redusere lekkasjetallet fra 0,8 til 0,6 h <sup>-1</sup>	Mer presis utførelse. Inkludert mertid til utførelse.	20 (28 000)
2	Redusere normalisert kuldebroverdi fra 0,09 til 0,03 W/m <sup>2</sup> K	Siden isolasjonstykkelsene i bygget er uforandret, kan kuldebroene forbedres ved å flytte bæresystemet innover slik at isolasjonstykkelsen øker på utsiden av dekkeforkanter o.l. (til 100-150 mm). Grunnet isolasjonstykkelsen i vegger (300 mm) ansees dette som oppnåelig. Vindusplasseringen i vegglivet optimaliseres og bør trekkes litt inn i vegg. Isolering av konstruksjoner mot grunnen kan øke. Det er medtatt kostnader til økt prosjektering, beregning av kuldebroverdi og isolering av konstruksjoner mot grunnen. Hvis stålsøyler må øke, mulig	200 (280 000)
3	Forbedre SFP-faktor fra 2,0 til 1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)	Dette medfører større ventilasjonsaggregat og/eller kanalnett, som igjen kan medføre større sjakter i bygget. Det er medtatt priskonsekvens for et større aggregat med økt trykk i kanalnettet som et alternativ til å oppnå bedre SFP-faktor (tall mottatt fra leverandør, Exhausto, men kun ment som en indikasjon der dette avhenger av valgt system).	5 (7 000)

Disse tiltakene ansees som relativt enkle, og medfører ikke store kostnadskonsekvenser. Disse tiltakene legges derfor til grunn for videre analyse av behov for levert energi.

### 3.1.2 Netto energibehov i lokalt klima og passivhus

I Figur 3-1 er beregnet netto energibehov for bygget vist for lokalt klima og med standardiserte inndata iht. NS 3031:2014 og NS 3700:2013, som benyttes som referansepunkt i sammenligning med energiambisjonene. Inndata med passiv-hustiltak ligger til grunn. I norske boligblokker er spesifikt energibehov til varmtvannsberedning målt til ca. 30 kWh/(m<sup>2</sup>år)<sup>3</sup>. For flermannsboliger, som i Fredrik Selmers gate 1-5 med eldre beboere, er imidlertid spesifikt tappevannsforbruk en del lavere, i størrelsesorden 6-7 kWh/(leilighet/dag)<sup>2</sup>. Energiforbruket til varmt tappevann kan derfor bli en god del lavere i praksis enn standardiserte inndata.

Energi budsjett (NS 3700)			
Energipost	Energi behov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	15638 kWh	11,0 kWh/m <sup>2</sup>	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	4065 kWh	2,9 kWh/m <sup>2</sup>	
2 Varmt vann (tappevann)	42185 kWh	29,8 kWh/m <sup>2</sup>	
3a Vifter	8269 kWh	5,8 kWh/m <sup>2</sup>	
3b Pumper	948 kWh	0,7 kWh/m <sup>2</sup>	
4 Belysning	16123 kWh	11,4 kWh/m <sup>2</sup>	
5 Teknisk utstyr	24808 kWh	17,5 kWh/m <sup>2</sup>	
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>112037 kWh</b>	<b>79,1 kWh/m<sup>2</sup></b>	

Figur 3-1 Beregnet netto energibehov for omsorgsboligene basert på lokalt klima.

Videre i rapporten er det vurdert energiforsyningsløsninger basert på dette energibehovet. Som en ser har bygget omtrent samme behov for elektrisitet (vifter, pumper, belysning, teknisk utstyr) som for termisk energi (romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvannsberedning).

Det er ikke vurdert ytterligere tiltak på bygningskroppen, da dette ikke ansees som økonomisk lønnsomt sett i forhold til energibesparelsen og det økte klimagassutslippet fra materialbruk. De tekniske systemene ansees også å være bra optimalisert. Det påpekes at beregnet energibehov i dette notatet baserer seg på normaliserte inndata, og byggets reelle behov vil kunne avvike fra dette avhengig av bruken.

### 3.2 Effektbehov/maksimaleffekt ved DUT

Det er kjørt en vintersimulering i SIMIEN av hele bygget som helhet for å få en pekepinn på maksimalt (brutto) effektbehov ved dimensjonerende utetemperatur (DUT). Netto dimensjonerende effektbehov er ca. 90 % av bruttobehovet. Klima er satt til Kristiansund, som har en dimensjonerende utetemperatur på -8,8 °C. Det er også tatt en stikkprøve på effektbehovet for en hjørneleilighet og felles spisestue, som har mye glass i fasade. Resultatene er vist i tabellen under.

<sup>3</sup> VarmtVann2030 – Harald Taxt Walnum, SINTEF Community, 2020

Tabell 3-4 Overslag på forventet effektbehov ved dimensjonerende vinterforhold.

Sone	Effektbehov romoppvarming	
<b>Hele bygget som helhet, gjennomsnitt</b>	Brutto – 20,7 W/m <sup>2</sup> Netto – 18,6 W/m <sup>2</sup>	Brutto – 29,3 kW Netto – 26,3 kW
<b>Hjørneleilighet 1.etg</b>	31,7 W/m <sup>2</sup>	1,3 kW
<b>Felles spisestue 2.etg</b>	39,3 W/m <sup>2</sup>	1,4 kW

### 3.3 Tekniske løsninger for oppvarming (inkl. estimert klimagassutslipp)

#### 3.3.1 Varmepumpeanlegg

Varmepumper representerer en bærekraftig og energieffektiv teknologi da de dekker varmebehov med typisk **60 til 80 % lavere energibruk** enn direkte elektrisk oppvarming ettersom de utnytter en fritt tilgjengelig ekstern varmekilde (omgivelsesvarme, fornybar varme) – fjell/berg, vann eller uteluft.

Oppvarming – Varmepumper er en grunnlastvarmekilde, og vil avhengig av type varmekilde dimensjoneres for å dekke 80-95 % av byggets årlige energibehov til romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft. For et boligbygg av passivhus-standard i Kristiansund vil en varmepumpe dimensjoneres for ca. 45-50 % av maks. netto varmeeffektbehov ved dimensjonerende utetemperatur (DUT). For tilleggsoppvarming på de kaldeste dagene benyttes en spisslastkilde, vanligvis en **elektrokjel**. Kjelen dimensjoneres for å kunne dekke hele varmeeffektbehovet ved evt. feil på varmepumpen (back-up).

Varmtvannsberedning – Avhengig av teknisk løsning vil en varmepumpe typisk dekke 60-80 % av årlig varmebehov til varmtvannsberedning. Til ettervarming av varmtvann benyttes **elektriske varmekolber** i varmtvannstankene. Det er her forutsatt bruk av system for Legionella-bekjempelse som reduserer lagringstemperaturen, og øker varmepumpens dekningsgrad. Det er beregnet med en dekningsgrad opp mot 100 %. Dette innebærer imidlertid større varmtvannstanker.

Tabell 3-5 Estimert dimensjonerende effekt og årlig varmeleveranse for varmepumpe.

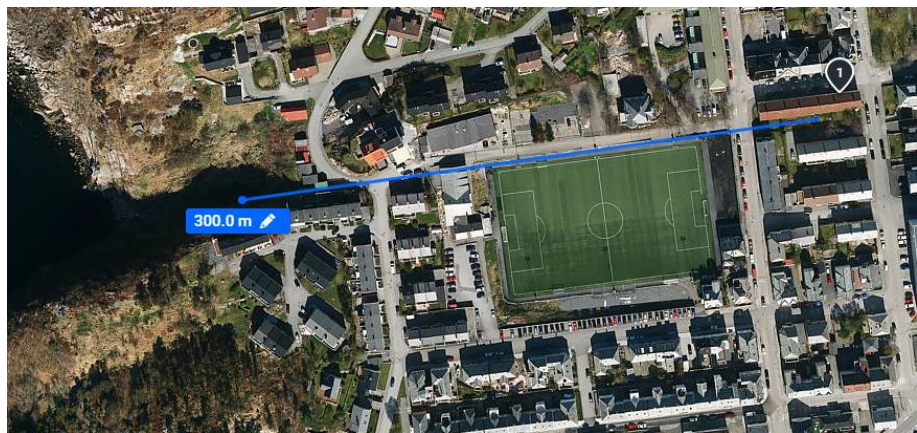
Varmepumpeanlegg	Effekt – energi
<b>Dimensjonerende effekt</b>	ca. 13 kW (50 %)
<b>Årlig varmeleveranse (rom-/ventilasjonsvarme)</b>	80-95 % av 20.000 kWh/år
<b>Årlig varmeleveranse varmtvann</b>	ca. 98 % av 25.000 kWh/år

## Varmekilder

Varmekilder som har blitt vurdert for et varmepumpeanlegg i Fredrik Selmers gt. 1-3-5 er sjøvann, uteluft og berggrunn/fjell.

### Sjøvanns-varmepumpe

Sjøvann er i utgangspunktet en meget god varmekilde for varmepumper, og for anlegg med moderat varmeytelse benyttes det plastvarmevekslere (trommelkolektorer) for varmeopptak fra sjøvannet. Trommelkolektorene senkes ned på sjøbunnen, og det legges rørledninger mellom kolektorene og varmepumpen for sirkulasjon av frostvæske (kuldebærer). For et 13 kW anlegg blir det imidlertid for kostbart å etablere et sjøvannsbasert varmeopptakssystem med ca. 300 m distribusjonsledning mellom trommelkolektor og varmepumpeanlegg.

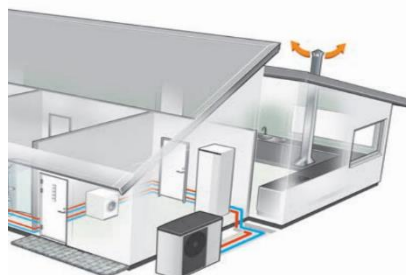


Figur 3-2 Med 300 m mellom Fredrik Selmers gt. 1-3-5 og sjøen vil et varmeopptakssystem for sjøvann bli for kostbart for et 12 kW varmepumpeanlegg.

### Uteluft-varmepumpe

Uteluft er tilgjengelig overalt, og i motsetning til varmepumper med sjøvann eller fjell/berg som varmekilde, er varmeopptakssystemet en integrert del av anlegget. Det gjør at luft-varmepumper har en lavere investeringskostnad. Teknologien for uteluft-varmepumper har blitt betydelig forbedret de senere årene, og de beste aggregatene kan nå driftes ned mot -20 til -25 °C utetemperatur, og kan levere varme opp mot 60-65 °C.

Mens varmepumpeaggregatet for vann-/berg varmepumpeanlegg plasseres i et teknisk rom, ofte i kjelleretasjen, plasseres varmepumpeaggregatet for uteluft-varmepumper utendørs (utedel), og tilkobles varmesystem og varmtvannssystem via rørgjennomføringer i veggen. I utedelen er det en vifte som sirkulerer luften, og det er også andre komponenter som genererer noe støy.



Figur 3-3 Eksempel på uteluft-varmepumpe for oppvarming og varmtvannsberedning.

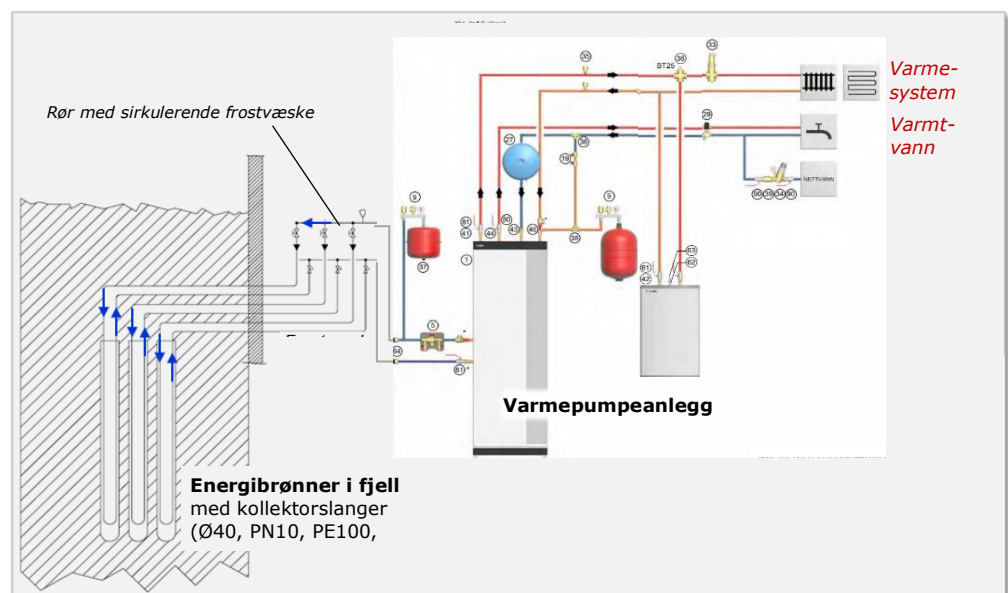
Varmeytelsen til uteluft-varmepumper avtar med synkende utetemperatur, slik at de derfor dekker en mindre andel av årlig varmebehov enn vann/berg-varmepumper. SCOP blir også en del lavere pga. lavere gjennomsnittlig temperatur på varmekilden, samt at det er behov for regelmessig fjerning av rim på varmeopptaksdelen når utetemperaturen er lavere enn ca. +3 °C. Mens årlig energisparing for en uteluft-varmepumpe vil være i størrelsesorden **50 %** i forhold til direkte elektrisk oppvarming, oppnår vann-/bergvarmepumper en energisparing i størrelsesorden 65-80 % (avhengig av bl.a. temperaturnivå i varmesystem).

Levetiden for uteluft-varmepumper er kortere enn for bergvarmepumper fordi de har mer krevende driftsforhold med en varmekilde med relativt store temperaturvariasjoner. De trenger også erfaringsvis mer ettersyn/vedlikehold.

Den største ulempen med en uteluft-varmepumpe i dette prosjektet vil være at utedelen tar plass, jfr. Figur 3-3, samt at utedelen genererer noe støy. Typisk lydtryknivå ( $L_{PA}$ ) på hhv. 1 og 10 m avstand er i hhv. **40-55 dBA** og **20-25 dBA**. Varmepumpeanlegget vil driftes hele året ettersom det varmer varmt tappevann, og det er relativt liten avstand til nærmeste nabobygg (ca. 14 m). Hvis det vurderes å installere en uteluft-varmepumpe bør det derfor velges et anlegg med *lavest mulig lydtryknivå* (store forskjeller mellom anleggene).

#### Berg-varmepumpe – anbefalt varmepumpesystem

En bergvarmepumpe er en type varmepumpeanlegg som henter varme fra vertikale borehull (energibrønner) i berggrunn/fjell. Typisk borehullsdybde er 200-300 m, og innbyrdes avstand bør være minimum 15 meter. Brønnene kan ev. skråbores maks. 10 °. I hver energibrønn installeres det en borehullsvarmeveksler i plast (kollektorslange, U-rør – Ø40, PN10, SDR17). Kollektorslangene kobles sammen i parallell til samleledninger til/fra varmepumpeanleggets "kalde side" (fordamper). Det lukkede rørsystemet fylles opp med en frostvæske, vanligvis etanol/vann (HXi-24/35), og en pumpe sirkulerer frostvæsken i rørsystemet slik at varme overføres mellom energibrønnene (berggrunnen) og varmepumpeanlegget.



Figur 3-4 Eksempel på forenklet framstilling av bergvarmepumpe tilknyttet energibrønner i fjell for oppvarming via varmesystem og varmtvannsberedning.



Energibrønner og rørføring mellom kollektorslanger og varmepumpen i teknisk rom i bygget er under bakkenivå og vil ikke synes etter at anlegget er installert.

Norges geologiske undersøkelser (NGU) har dessverre ikke berggrunnskart for aktuelt område på Kirklandet. Nabøya Averøya består av *gneis* slik at det er rimelig å anta at en kan benytte data for gneis ved beregning av energibrønner for Fredrik Selmers vei 1-3-5. Gneis har relativt god varmeledningsevne og egner seg derfor godt til etablering av energibrønner for varmepumpe.

Energibrønner boret for nabobygget i Kaptein Bødtkers gt., samt Kristiansund brannstasjon, viser at det kun er 1 til 2 m ned til fast fjell (NGU), hvilket gir korte fôringsrør i stål for å sikre løsmassene. Grunnvannsstanden for energibrønnene ved brannstasjonen er imidlertid ca. -20 m. Ettersom det kun er vannfylt del av energibrønner/borehullet som overfører varme mellom fjell og kollektorslange, vil "effektiv dybde" for varmeoverføring reduseres med 20 m.

Ved installasjon av en **13 kW varmepumpe**, gitte berggrunnsdata og lokale klimadata, 95 % og 80 % energidekningsgrad for varmepumpen ved hhv. oppvarming og varmtvannsberedning, årsvarmefaktor (SCOP<sup>4</sup>) 4,5 og 3,2 for varmepumpen ved hhv. oppvarming og varmtvannsberedning, har varmeopp-takssystemets kapasitet blitt estimert til:

- > 2 energibrønner á ca. 220 m dybde (**440 m**) – 15 m innbyrdes avstand



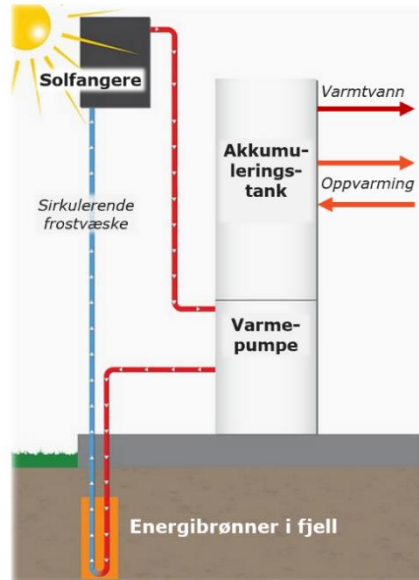
Figur 3-5 Forslag til plassering av energibrønner for bergvarmepumpe (energibrønner og ledningsføring er skjult under bakkenivå).

Ved en ev. installasjon av bergvarmepumpe bør det gjøres en mer detaljert vurdering av grunnforholdene før dimensjonering/etablering av energibrønner.

#### Berg-varmepumpe kombinert med solfangere

Det har blitt utviklet en type varmepumpesystem hvor en berg-varmepumpe kombineres med konvensjonelle termiske solfangere (T) eller solfangere som både produserer varme og elektrisitet (PV-T) – HYSS, Hybrid Solar System. Solfangere er presentert i Kapittel 3.3.2. Figur 3-6 viser en prinsipiell illustrasjon av det hybride oppvarmingssystemet (HYSS).

<sup>4</sup> SCOP – årlig varmelieferanse (kWh/år) dividert på årlig tilført elektrisitet (kWh/år)



Figur 3-6 Prinsipiell illustrasjon av kombinert bergvarmepumpe og solfangersystem for oppvarming (romvarme, ventilasjonsvarme) og varmtvannsberedning – HYSS.

Driftsstrategien for det hybride oppvarmingssystemet er som følger:

- 1 Ved høy solinnstråling er bergvarmepumpen avslått. Varme fra solfangerne lagres direkte i akkumuleringstanken og dekker hele behovet for oppvarming og varmtvannsberedning. Utnyttelse av solvarme bidrar til å øke årsvarmefaktoren (SCOP) og dermed årlig energisparing (kWh/år) for hybridssystemet i forhold til en konvensjonell bergvarmepumpe som kun utnytter lavtemperatur varme i berggrunnen. Gjennom solvarmens bidrag minsker også driftstidene for varmepumpen.
- 2 Ved lavere solinnstråling startes varmepumpen og varme fra solfangerne benyttes til å forvarme frostvæsken inn på varmepumpen til ca. 15-40 °C. Dette bidrar til å øke SCOP i forhold til en konvensjonell bergvarmepumpe.
- 3 Ved liten solinnstråling eller når akkumuleringstanken er fullt oppvarmet anvendes solvarmen til å varme opp energibrønnene i fjell (termisk lading). Temperaturen på frostvæsken til energibrønnene er da typisk 5-15 °C. Tilbakeføring av solvarme til energibrønnene bidrar til å øke varmepumpens SCOP og varmeytelse da bergtemperaturen øker.

Hybride oppvarmingssystemer med bergvarmepumpe og solfangere har Energi-merking A+++ både ved oppvarming og varmtvannsberedning, og oppnår høyere årlig energisparing enn konvensjonelle bergvarmepumper. Men investeringskostnaden er høyere pga. installasjon av solfangere (T eller PV-T) og mer kompleks anleggsoppbygging. Rapportert energisparing i forhold til elektrisk oppvarming er i størrelsesorden **80-85 %** mot **65-75 %** for vanlige bergvarmepumper.

### 3.3.2 Solfangere

#### *Termiske solfangere – oppvarming*

Ettersom det ønskes fornybar, lokal elektrisetsproduksjon vil tilgjengelig tak-areal mot syd i utgangspunktet være dekket med solcellepaneler, jfr. kapittel

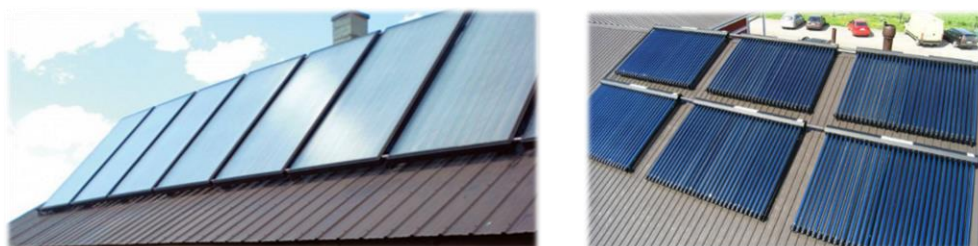


3.3.4. Det er imidlertid en mulighet å installere *termiske solfangere for varmtvannsberedning* på en del av taket. Denne typen anlegg dimensjoneres typisk for å dekke ca. 50 % av årlig varmebehov. Resterende varmebehov dekkes med elektriske varmekolber i varmtvannstankene. Det bemerkes at en berg-varmepumpe, som oppnår en årsvarmefaktor (SCOP) på 4 og dekker 80 % av årlig varmebehov til varmtvannsberedning, vil ha høyere energieffektivitet og større fornybarandel enn et solfangersystem.

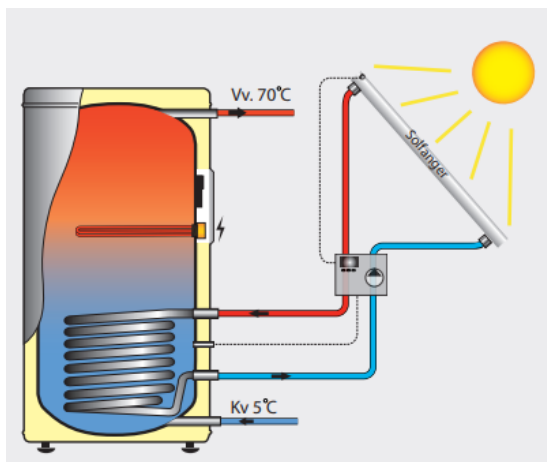
Det finnes ulike type termiske solfangere hvor de vanligste er *plane solfangere* og *vakuumsølsolfangere*, Figur 3-7. Plane solfangere er robuste og har en beregnet levetid på 30-50 år. Vakuumsølsolfangere er mindre robuste, og for disse regnes en levetid på 10-15 år. Vakuumsølsolfangere er dyrere å produsere enn plane solfangere, men oppnår høyere virkningsgrad pga. lavere varmetap.

For Fredrik Selmers gate 1-3-5 vil nødvendig solfangerareal ved 50 % dekningsgrad av totalt 25.000 kWh/år årlig varmebehov til varmtvannsberedning være i størrelsesorden 40-50 m<sup>2</sup>, (20 til 25 paneler à 2 x 1 m), dvs. 15-20 % av tilgjengelig takareal på ca. 260 m<sup>2</sup>.

Det vil aldri være lønnsomt å installere både bergvarmepumpe og termiske solfangere pga. høy, total investeringskostnad, og det faktum at en bergvarmepumpe vil kunne dekke varmtvannsbehovet med minst like høy eller høyere effektivitet enn et solfangersystem.



Figur 3-7 Eksempler på plane termiske solfangere (venstre) og vakuumsølsolfangere (høyre) installert på hustak. Panelstørrelsen er 2 x 1 m.



Figur 3-8 Prinsipiell utforming av solvarmeanlegg for varmtvannsberedning (Zijdemans).

### Hybride solfangere (PV-T) – oppvarming og strømproduksjon

PV-T står for PhotoVoltaic Thermal collectors (hybrid solfanger), og er en kombisjon av solcellepanel (PV) og termisk solfanger (T). En vanlig solcelle varmes opp under drift og får avtakende effektivitet ved økende driftstemperatur. I et PVT-panel vil driftstemperaturen for solcellene bli lavere enn i et PV-panel slik at effektiviteten øker med inntil 15 %. Samtidig produserer panelet nyttig varme. Ved normale driftsforutsetninger genererer en hybrid solfanger anslagsvis 180 kWh elektrisitet og 650 kWh varme per m<sup>2</sup> per år ved 10 °C driftstemperatur. Konseptet med hybride solfangere er altså lovende, men det er foreløpig lite erfaring med dette i Norge. Ifølge en mastergrad fra NMBU<sup>5</sup> egner en hybrid solfanger seg best i kombinasjon med bergvarmepumpe, jfr. kapittel 3.3.1, da den termiske solfangerdelen har relativt lav maksimal utgående temperatur.



Figur 3-9 Eksempel på utforming av hybrid solfanger (PV-T).

### 3.3.3 Generelle krav til varmepumpeanlegg

Uavhengig av type varmekilde bør varmepumpeanlegget og varmesystemet oppfylle en del krav som medvirker til at anlegget blir mest mulig bærekraftig, dvs. at anlegget oppnår høy energisparing, har høy driftssikkerhet og lang levetid samt benytter miljøvennlige medier.

- > Varmesystem (romvarme, ventilasjonsvarme)
  - > *Lavtemperatur varmesystem* – medvirker til høy SCOP (høy energisparing) og gode driftsforhold (lang levetid) for varmepumpen
    - > Gulvvarmesystem, lavtemperatur varmebatterier for ventilasjon
    - > Lavtemperatur radiatorer, lavtemperatur varmebatterier
- > Varmepumpe – årlig energidekningsgrad
  - > Oppvarming (romvarme, ventilasjonsvarme)
    - > min. 90 % for bergvarmepumpe
    - > min. 80 % for uteluft-varmepumpe
    - > Varmtvannsberedning – min. 80 %
- > Varmepumpeaggregat
  - > *Energiklasse A<sup>++</sup> eller A<sup>+++</sup>*

<sup>5</sup> Øvrewall, S., 2020. PVT-modulens bruksområder i Norsk klima. Masteroppgave ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU)

- > *Trinnløs regulering av varmeytelsen* (turtallsregulert kompressor) og utetemperatur-kompensert turtemperatur mot varmesystemet
- > Utgående vanntemperatur – opp mot 60-65 °C
- > Kuldemedium – fortrinnsvis *naturlig kuldemedium* framfor HFK-medier (R410A, R407C, R32), f.eks. propan (R290), som ikke gir noen negative, globale miljøkonsekvenser ved utilsiktede lekkasjer.
- > Uteluft-varmepumpe
  - > Spesielt utformet for drift i Nordisk klima med stor varmevekslerflate i utedel og behovsstyrt avrimning
  - > Ekstra lavt støynivå ("low-noise" utforming)
- > Bergvarmepumpe
  - > Energibrønner – dimensjonert med tilstrekkelig total dybde for relativt høy temperatur på frostvæsken, min. ca. 0 °C ved maks. varmeuttak
  - > Frostvæske (kuldebærer) – etanol (HXi) med høykvalitets inhibitor eller annen frostvæske som er ubrennbar, ugiftig og biologisk nedbrytbar

### 3.3.4 Solceller på tak og fasade

Det sydvendte taket er meget godt egnet for installasjon av solcellepaneler. Det har en passende vinkel og lite skygging. Veggfasaden har for mye skygging til å være egnet.

De fleste standard solcellepaneler er 1 x 1,6 meter. De omformer om lag 20% av innstrålt solenergi til elektrisitet for bruk i bygget eller salg til strømmettet (virkningsgrad på 20 %).

En trend innen solenergi er solceller integrert i takstein. Disse monteres i stedet for vanlig takstein/shingel og dermed oppnås det et bedre arkitektonisk utseende. Solcelletakstein har noe lavere effektivitet/virkningsgrad (ca. 15%), men kan ofte dekke takarealet bedre. De finnes i flere farger, som f.eks. svart, grå og brun.



Figur 3-10 Takets egnethet for installasjon av solceller (solkart.no).

Vi anbefaler en av to løsninger på taket. Enten **(1) standard solcellepaneler** på hele sørsiden, eller **(2) solcelletakstein**. De to alternativene har sine fordele og ulemper, de blir drøftet nærmere i det følgende.

Resultatene fra simulering av årlig strømproduksjon er summert i Tabell 3-6.

Tabell 3-6 Beregnet installert effekt (kWp) og årlig strømproduksjon (kWh/år) for de to ulike alternativene.

Type	Installert effekt	Produksjon	Overproduksjon (salg)
Standard solceller	48 kWp	46 700kWh/år	20 000 kWh/år
Solcelletakstein	39,4 kWp	37 000 kWh/år	12 000 kWh/år

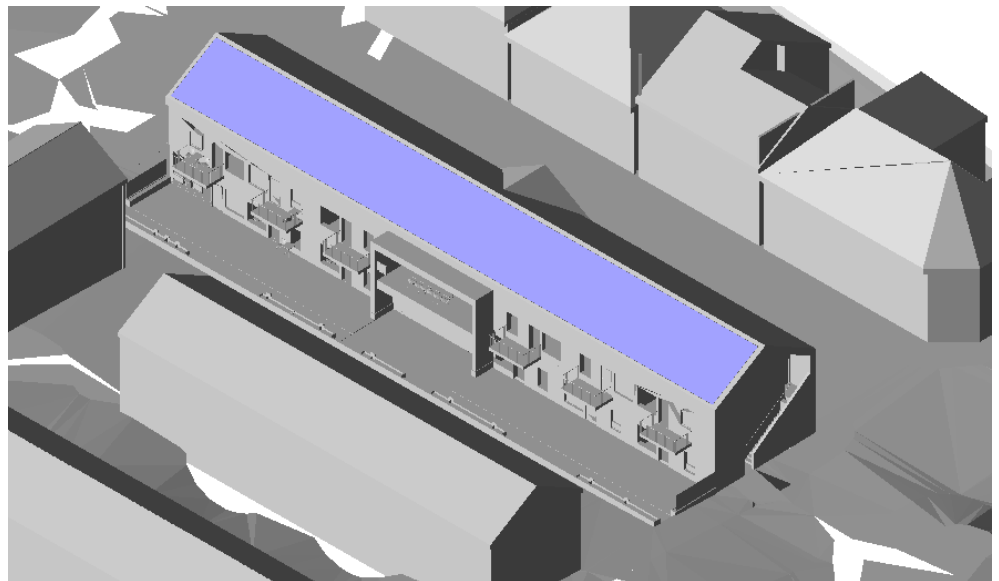
Under er de to alternativene presentert nærmere.

### 1. Standard solcellepaneler

Det er maksimalt plass til 3 rader med 50 solcellepaneler og gir god dekning av taket, se Figur 3-11.

Hvert solcellepanel er satt sammen av mange små solceller. Solcellene omgjør fotoner fra sollyset direkte til elektrisitet. Hver rad med paneler kobles i serie så de oppnår en effektiv arbeidsspenning og strømstyrke.

Hver rad kobles til samme solcelleomformer som sikrer at strømmen som produseres av solcellepanelene kan utnyttes i det elektriske anlegget i bygget og selges ut på overliggende kraftnett.



Figur 3-11 Illustrasjon av solcellepaneler plassert på sydvendt tak.

Et eksempel på solcellepaneler montert på vanlig tak er vist i Figur 3-12.





Figur 3-12 Solcellepaneler montert på vanlig tak.

## 2. Solcelletakstein

For å utnytte takarealet maksimalt og minimere synligheten av solcelleinstallasjonen kan det brukes takstein med integrerte solceller. De er mindre enn standard paneler og kan dermed legge til rette for bedre tekningsgrad enn standard solcellepaneler.



Figur 3-13 Eksempel på solcelletakstein.

I beregningene er det antatt at hele sørsiden dekkes med solcelletakstein. På dette taket vil begge typene dekke omtrent hele taket. På grunn av lavere effektivitet på solcelletaksteinene blir effekt og produksjon tilsvarende lavere.

### *Andre betraktninger rundt solceller*

I midten av bygget er det en stor glassflate. Denne kunne mulig benyttet gjennomsiktige solceller. Per i dag er ikke denne teknologien moden nok til at vi kan anbefale den. Levetiden er også kort (5 år) og vil fordyre anlegget.

### Batteri

Teoretisk kan et batteri øke utnyttelsen av solcellene. Batteriet kan lagre overskuddet som solcellene produserer på dagen å benytte det på kveld/natt. Det er mest å hente på dette når strømprisen variere mye i løpet av døgnet. Tidligere undersøkelser i Norge viser at denne effekten er liten, så et batteri vil ikke lønne seg økonomisk.

### 3.3.5 Beregninger av livssyklus kostnad (LCC)

Her er det kun de mest aktuelle/gunstigste alternativene som har blitt vurdert.

Det er valgt ut 3 alternative tak i samrådet med arkitekt. Prisen for taktypene er hentet fra Norsk Prisbok 2020 og er brukt til å beregne en netto pris for solcelletakstein som alternativ til vanlig takstein.

Tabell 3-7 Økonomisk analyse av solcelleløsninger og bergvarmepumpe.

Alternativ	Investerings kostnad eks. MVA	Inntjeningstid	Nåverdi eks. MVA
Standard solcellepaneler	495 000	-	-86 000 kr
Solcelletakstein sammenliknet med Altaskifer	440 000 135 000 netto	7 år	198 000 kr
Solcelletakstein sammenliknet med Tegltakstein	440 000 347 000 netto	-	-13 000 kr
Solcelletakstein sammenliknet med Takshingel	440 000 402 000 netto	-	-68 000 kr
Bergvarmepumpe	420 000	15 år	170.000 kr (ref. el.kjel)

*Solcelleprisen er basert på erfart systempris fra en undersøkelse fra Multiconsult i 2019. Pris på solcelletakstein er basert på priser fra importør. Netto pris integrerte solcelletakstein er trukket fra estimert kostnad for tak.*

I alternativene er det forutsatt at arealet med solcellepaneler legger til rette for maksimal dekningsgrad av det sørvendte taket. Dette er ikke nødvendigvis alternativene som bidrar til best avkastning for kommunen. Dette kommer av at man ønsker å benytte egenprodusert strøm selv, da man ikke betaler nettleie og statlige avgifter. Strømmen som selges får man kun spotpris for, som er mye lavere sammenliknet med det man kjøper strøm for til enhver tid.

Det er undersøkt hvilken installert kapasitet for standard solcellepanel som er gunstig for å legge til rette for kort nedbetalingstid av solcelleinstallasjonen, og

dermed god avkastning for investeringen. Det ble funnet ut at man kan redusere nedbetalingstiden til 18 år ved å dekke drøyt halve taket (24,5 kWp) med standard solcellepaneler.

### 3.3.6 Valgt energiforsyning for vurdering av energiambisjon

For å oppnå lavest mulig behov for kjøpt energi, bør en ha fornybare energikilder som dekker en størst mulig andel av byggets behov for oppvarming og elektrisitet.

Ut ifra ovenstående studie vil en bergvarmepumpe få høyest energidekningsgrad for romoppvarming og varmtvannsberedning, og oppnå høyest energiutbytte (årlig energisparing, SCOP/årvirkningsgrad) av de oppvarmingsalternativene som er vurdert. Solcelleintegreerte takstein i stedet for altaskifer kommer best ut av solcellealternativene ut ifra strømproduksjon og lønnsomhet, og er det alternativet som egner seg best for lokal, fornybar elektrisitetsforsyning til bygget.

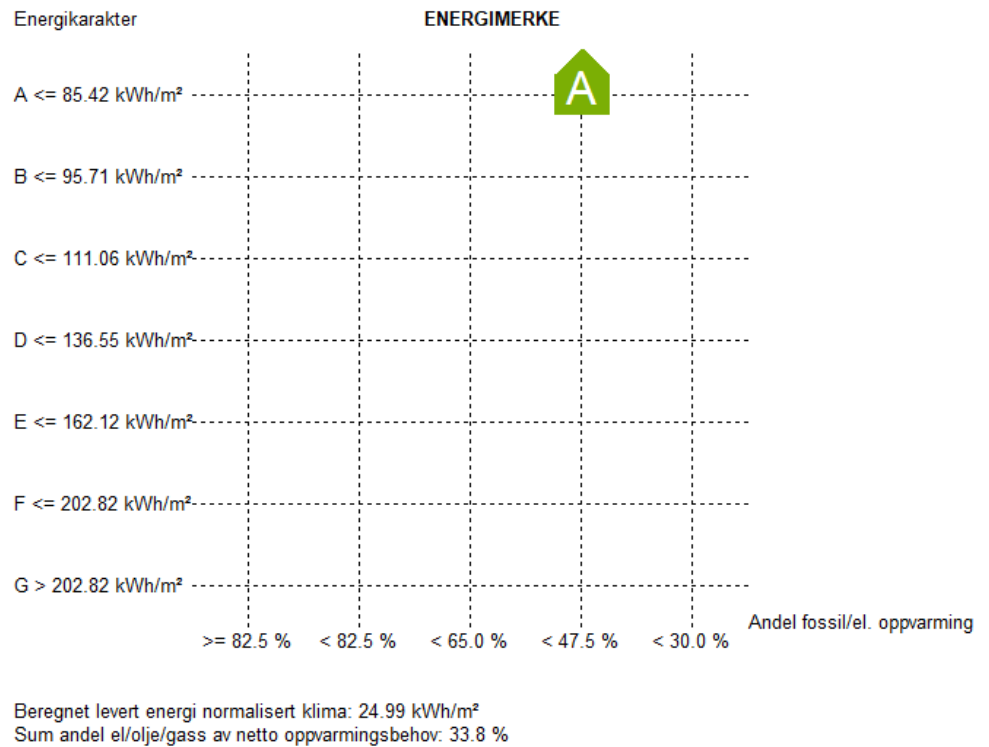
**Bergvarmepumpe i kombinasjon med solceller integrert på tak** legges derfor til grunn for videre vurdering av mulig energiambisjon. Sentrale inndata og beregningsresultat (nåverdi) for disse er oppsummert i Tabell 3-8.

Tabell 3-8 Oppsummering av dekningsgrader, virkningsgrad/SCOP og beregnet nåverdi (kr) for valgte energiforsyningssystemer.

Energiforsyning	Energipost	Dekningsgrader	Virkningsgrad eller SCOP	Nåverdi (kr)
<b>Varmepumpe</b>	Oppvarming - romoppvarming - ventilasjonsvarme	90-95 %	4,5 (SCOP)	> 0 dvs. lønnsom investering
	- varmtvannsberedning	98 %	3,2 (SCOP)	
<b>Solcelletakstein</b>	Elektrisitet (til eget bruk)	47 %	15 %	190 000

## 3.4 Energimerke

Med passivhusstandard for bygningskroppen, bergvarmepumpe til oppvarming og varmtvannsberedning samt solceller på tak vil omsorgsboligene som helhet oppnå **Energikarakter A** og **oppvarmingskarakter lysegrønn**, se Figur 3-14. Siden leilighetene er mindre enn 50 m<sup>2</sup>, kan bygget energimerkes som helhet, og det er ikke påkrevd med ett energimerke per leilighet. Beregnet energibruk hensyntar ikke eksportert solstrøm.



Beregnet levert energi	
Beskrivelse	Verdi
Energibruk normalisert klima	25 kWh/m²
Energibruk lokalt klima	24 kWh/m²

Figur 3-14 Energikarakter (A) og Oppvarmingskarakter (lysegrønn).

### 3.5 BREEAM-sertifisering

BREEAM-sertifisering er ikke vurdert nærmere da dette ansees å være mest aktuelt for det private utleiemarkedet, og ikke for offentlig bygningsmasse slik den er tenkt her. BREEAM-sertifiseringen (papirarbeidet) alene koster 1-2 millioner kroner.

### 3.6 Vurdering av nesten nullenergi

Iht. FutureBuilt sin definisjon av nær nullenergibygg (nZEB) skal boligene ha et vektet levert energibehov på maksimalt **40 kWh/m²år**. Fornybar energi skal produseres lokalt. I tillegg skal bygget minst tilfredsstillende lavenerginivå som angitt i NS 3700:2013.

Netto energibehov og levert energi skal beregnes og dokumenteres iht. NS 3031:2014 og NS 3700:2013, med lokalt klima. Det benyttes normerte verdier for utstyr og varmt tappevann.



Tabell 3-9 Beregnet behov for levert energi ved ulike energikilder.

Omsorgsbolig	Verdi [kWh/m <sup>2</sup> år]
Netto energibehov	79,1
- Levert energi bergvarmepumpe	42,4
- Levert energi solceller	
Elektrisitet til eget bruk	26,1
Salg av elektrisitet	8,5
+ El. til varmepumpesystemet	13,6
<b>Sum behov for kjøpt energi</b>	<b>15,7</b>
<b>Krav energibehov nZEB</b>	<b>40</b>

Som en ser fra tabellen over vil de nye omsorgsboligene kunne oppnå nesten nullenergibygnings-standard (nZEB) ved bruk av bergvarmepumpe samt solceller på tak. Dette takket være en bygningskropp med lavt energibehov (passivhus) og effektive energikilder som reduserer byggets behov for kjøpt energi.

### 3.7 Vurdering av ZEB-O

Bygget oppnår ZEB-O dersom den fornybare energiproduksjonen på bygget/-tomten kompenserer for klimagassutslippet fra drift. Dersom den egenproduserte elektrisiteten er lik eller større enn behovet for kjøpt energi (ikke fratrukket egenprodusert elektrisitet til eget bruk), er dette tilfredsstillt. Utslippsbalansen blir som følger:

$$\Delta E_0 = \sum_{i=1}^n f(i) \times (QU - QP)$$

hvor:

- $n$  er bygningens levetid i år (ZEB har benyttet 60 år)
- $Q_U$  er bygningens totale årlige energibruk som er levert energi, men ikke fratrukket egenprodusert elektrisitet til eget bruk (kWh/år)
- $Q_P$  er bygningens totale årlige elektrisitetsproduksjon, som fra solceller (kWh/år)
- $f(i)$  er gjennomsnittlig årlig CO<sub>2</sub>-faktor for år  $i$  (kg CO<sub>2</sub>-ekv./kWh)

Netto energibehov og levert energi skal beregnes og dokumenteres iht. NS 3031:2014 og NS 3700:2013, med lokalt klima. Gjennomsnittlig årlig CO<sub>2</sub>-faktor for solceller er omtrent 0,130 kg CO<sub>2</sub>-ekv./kWh. Hvis  $\Delta E_0 \leq 0$ , er ambisjonen ZEB-O nådd.

Dette gir følgende regnestykke for omsorgsboligene:

$$\begin{aligned} \Delta E_0 &= 0,130 \text{ kg CO}_2\text{-ekv./kWh} \times ((79,1-42,4+13,6)-(26,1+8,5)) \text{ kWh/m}^2 \\ &= \mathbf{2,0 \text{ kg CO}_2\text{-ekv./kWh}} \end{aligned}$$

Siden ZEB-balansen (utslippsbalansen)  $\Delta E_0$ , er større enn 0, vil ikke omsorgsboligene oppnå ZEB-O (nullutslippsbygning i drift) ved bruk av solceller på tak og bergvarmepumpe.

### 3.8 Smarte innovative løsninger i byggefasen

Iht. miljøprogrammet er det ønskelig å redusere utslipp relatert til byggefasen. Det er da sett på ulike løsninger for byggvarme/byggtørking som ikke baserer seg på fossile brenslere eller direkte elektrisk oppvarming. Det er også en mulighet å etablere varmesentralen tidlig slik at denne kan benyttes til byggvarme/byggtørk, men dette krever mye logistikk og ekstra hensyn under byggeperioden. I verste fall kan det medføre at en må gjøre noe på nytt, og varmesentralen vil også få en annen økonomisk levetid enn de andre komponentene.

- > Mobil varmesentral (*kjelanlegg*) med forbrenning av bio-olje eller bio-propan for tilkobling til f.eks. mobile luftvarmere (aerotempere)
- > Mobil varmesentral med *uteluft-varmepumpe* (luft/vann-aggregat) eller *berg-varmepumpe* (væske/vann-aggregat) for tilkobling til f.eks. mobile luftvarmere (aerotempere). Bergvarmepumpe kobles til energibrønnene som skal inngå i byggets bergvarmepumpe.



Figur 3-15 Eksempel på mobile varmesentraler med bio-oljekjel (1), berg-varmepumpe (2) og uteluft-varmepumpe (3).

### 3.9 Tiltak for å redusere behovet for kjøpt energi ytterligere

For å komme nærmere oppnåelse av ZEB-O og plusshus, er det sett nærmere på alternative tiltak på lokal energiproduksjon. Bygningskropp ansees allerede å være optimalisert ift. investeringskostnad, energibesparelse og økt klimagassutslipp grunnet økt omfang av bygningsmaterialer. Bergvarmepumpeanlegget ansees også å være optimalisert med høy dekningsgrad og god effektfaktor.

En mulighet for å redusere behov for kjøpt energi er å ha solcelletakstein også på tak mot nord. Dette vil gi en produksjon på ca. 18 000 kWh, men vil være lite lønnsom siden installasjonen er kostbar sett i forhold til energibesparelsen den gir. Denne produksjonen er heller ikke nok alene til å oppnå ZEB-O. Solceller på fasade er som nevnt tidligere lite aktuelt grunnet skygging.

PV-T er et nytt og spennende system som ansees å ha et stort potensiale, da det produserer både termisk varme og elektrisitet. Det er mulig at systemet i kombinasjon med bergvarmepumpe kan bringe bygget nærmere ZEB-O, men siden det er såpass liten erfaring med systemet er det vanskelig å si uten en grundigere undersøkelse.

## 4 Drøfting av energistrategi – anbefalt strategi

TEK17 stiller forholdsvis strenge krav til netto energibehov til omsorgsboliger, og beregninger viser at passivhus kan oppnås med forholdsvis enkle grep. Det anbefales derfor at omsorgsboligene beskrives med krav til tilfredsstillelse av passivhuskrav iht. NS 3700:2013.

Energibehovet til omsorgsboligene er omtrent 50/50 fordelt på termisk varme (vannbårent system til romoppvarming, ventilasjon og tappevann) og direkte elektrisitet (belysning, teknisk utstyr, samt vifter og pumper til ventilasjonsanlegget og oppvarmingssystemet). Det vil derfor være fordelaktig å velge et effektivt energiforsyningssystem som kan dekke både termisk varme og elektrisitet.

Det er da sett på ulike varmepumpeløsninger som kan dekke termisk energibehov og ulike solcelleløsninger som kan dekke behov for direkte elektrisitet. Varmepumper har en høy virkningsgrad som gjør at den anslagsvis produserer 3 ganger så mye energi som den selv bruker av strøm. Solceller produserer selv elektrisitet uten behov for tilført energi, og er derfor veldig energieffektiv. Energikilder som elektrokjel (uten bidrag fra annen energikilde), bioanlegg, vindmøller mm. er ikke vurdert, da disse ikke ansees som aktuelle for bygningen og tomten.

Bergvarmepumpe har den beste dekningsgraden og virkningsgraden av mulige energiløsninger til termisk oppvarming på tomten. Den kan dekke nesten hele behovet til romoppvarming og tappevann, men i tillegg kommer elektrisiteten den trenger for å produsere energien.

Byggets takvinkel og orientering er veldig godt egnet for solceller, og ved å velge taksteinsintegrete solceller får en et utseende som ligner omkringliggende bebyggelse, en sparer investeringskostnaden til taktekking og en får solceller som er nokså effektive.

Det finnes energiforsyningsløsninger som kombinert kan dekke behovet til termisk varme og elektrisitet (hybride solfangere (PV-T)). Konseptet er lite utprøvd i Norge, og systemet kan ikke kombineres med bygningsintegrete solceller på tak, og anbefales derfor ikke for dette bygget.

Ved passivhusoppnåelse, bergvarmepumpe og solceller integrert i taket, oppnår omsorgsboligene nesten nullenergibygning iht. Futurebuilt sin definisjon med foreliggende tegningsunderlag. Dette indikerer at bygget har et lite behov for kjøpt energi, og er nesten selvforsynt med egenprodusert fornybar energi ved effektive systemer. Videre oppnås energimerke lysegrønn A. Bygget er imidlertid et stykke unna å oppnå nullutslippsbygning i drift, ZEB-O, og dermed også et pluss hus. Det ansees som ikke økonomisk lønnsomt å gjøre ytterligere tiltak på bygningskropp og tekniske system for å redusere energibehovet vesentlig, og varmepumpe- og solcelleanlegget er allerede optimalisert.

*På bakgrunn av dette anbefales det å gå videre med et passivhus og et nesten nullenergibygning med bergvarmepumpe og solceller integrert i takstein. Dette ansees å være robuste og bærekraftige løsninger med lavt klimagassutslipp. Det kan også inkluderes krav til energikarakter A, da bygget også oppnår dette med god margin ved anbefalt energiforsyningsløsning og bygningskropp. Som alternativ til passivhus iht. NS3700, kan en velge å ikke oppnå alle minstekravene i standarden (noen kan være vanskelig og uforholdsmessig kostbart å oppnå), men sette krav til passivhusnivå. Da skal oppvarmingsbehov og kjølebehov iht. standard tilfredsstilles.*

## 5 Vedlegg

Utskrift fra SIMIEN – passivhusevaluering



# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 15:08 7/5-2021

Programversjon: 6.016

Simuleringsansvarlig: MAGA

Firma: COWI

Inndatafil: C:\...\Fr. Selmers gt. omsorgsboliger en sone 12.04.21.smi

Prosjekt: Fr. Selmers gt. 1-3-5

Sone: Omsorgsboliger;

### Resultater av evalueringen

Evaluerings mot NS 3700:2013	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstillt kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredsstillt krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredsstillt minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstillt minstekrav gitt i NS3700:2013
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstillt alle krav til passivhus

### Varmetapsbudsjett

Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,09
Varmetapstall tak	0,05
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,04
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,13
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,04
Totalt varmetapstall	0,38
Krav varmetapstall	0,43

### Energiytelse

Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	13,9 kWh/m <sup>2</sup>	15,0 kWh/m <sup>2</sup>
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Energibruk el./fossile energibærere	24,3 kWh/m <sup>2</sup>	64,2 kWh/m <sup>2</sup>

### Minstekrav enkeltkomponenter

Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	0,80	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]	0,03	0,03
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	82	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,50	1,50
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,60	0,60



# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 15:08 7/5-2021

Programversjon: 6.016

Simuleringsansvarlig: MAGA

Firma: COWI

Inndatafil: C:\...\Fr. Selmers gt. omsorgsboliger en sone 12.04.21.smi

Prosjekt: Fr. Selmers gt. 1-3-5

Sone: Omsorgsboliger;

### Passivhusstandarden og byggeforskrifter

Passivstandardene refererer flere steder til at bygningen også må overholde krav i byggeforskriftene (TEK).

Ved evaluering mot byggeforskrifter benyttes det til dels andre normerte data og forutsetninger.

Krav til byggeforskrifter må derfor dokumenteres ved å kjøre en separat evaluering mot aktuelle byggeforskrifter.

### Energibudsjett (NS 3700)

Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	15638 kWh	11,0 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	4065 kWh	2,9 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	42185 kWh	29,8 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	8269 kWh	5,8 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	948 kWh	0,7 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	16123 kWh	11,4 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	24808 kWh	17,5 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6	112037 kWh	79,1 kWh/m <sup>2</sup>

### Lvert energi til bygningen (NS 3700)

Energivare	Lvert energi	Spesifikk lvert energi
1a Direkte el.	52206 kWh	36,9 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	19225 kWh	13,6 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-37024 kWh	-26,1 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt lvert energi, sum 1-7	34407 kWh	24,3 kWh/m <sup>2</sup>
Solstrøm til eksport	-353805 kWh	-249,9 kWh/m <sup>2</sup>
Netto lvert energi	-319399 kWh	-225,6 kWh/m <sup>2</sup>





# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 15:08 7/5-2021

Programversjon: 6.016

Simuleringsansvarlig: MAGA

Firma: COWI

Inndatafil: C:\...\Fr. Selmers gt. omsorgsboliger en sone 12.04.21.smi

Prosjekt: Fr. Selmers gt. 1-3-5

Sone: Omsorgsboliger;

### Referanseinformasjon beregning

Evaluering mot NS 3700:2013	Beskrivelse
Beregning	Utført etter NS 3700:2013 med validert dynamisk timesberegning etter reglene i NS 3031:2007
Kommune, gårds- og bruksnummer	
Konstruksjon og plassering	
Tekniske installasjoner	
Soneinndeling	
Arealvurdering	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	808	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	547	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	480	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	228	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	1416	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	3946	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,16	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,80	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	16,1	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,03	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	19	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,60	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	82	



# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 15:08 7/5-2021

Programversjon: 6.016

Simuleringsansvarlig: MAGA

Firma: COWI

Inndatafil: C:\...\Fr. Selmers gt. omsorgsboliger en sone 12.04.21.smi

Prosjekt: Fr. Selmers gt. 1-3-5

Sone: Omsorgsboliger;

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	82,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,50	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,60	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	2,91	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	80	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	24,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	3,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,80	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	3,40	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,50	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,29	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,22	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	



# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 15:08 7/5-2021

Programversjon: 6.016

Simuleringsansvarlig: MAGA

Firma: COWI

Inndatafil: C:\...\Fr. Selmers gt. omsorgsboliger en sone 12.04.21.smi

Prosjekt: Fr. Selmers gt. 1-3-5

Sone: Omsorgsboliger;

Inndata bygning		Verdi
Beskrivelse		
Bygningskategori		Boligblokker
Simuleringsansvarlig		MAGA
Kommentar		