



Aktivhus Entreprenør AS

Konseptutredning - Energiforsyning Hurdal Økolandsby boligtau 2

Utgave: 2

Dato: 30.9.2017

DOKUMENTINFORMASJON

Oppdragsgiver:	Aktivhus AS
Rapporttittel:	Konseptutredning
Utgave/dato:	2/
Filnavn:	Konseptutredning Hurdal Økolandsbyen boligtn 2.docx
Arkiv ID	
Oppdrag:	610248-01–Hurdal Økolandsby boligtn 2
Oppdragsleder:	Peter Bernhard
Avdeling:	Energi og miljø
Fag	Energi og miljø i bygg
Skrevet av:	Peter Bernhard, Andreas Mørkved, Julie Lyslo Skullestad, Mie Fuglseth, og Liv B. Rindal
Kvalitetskontroll:	Liv B. Rindal
Asplan Viak AS	www.asplanviak.no

FORORD

Asplan Viak har vært engasjert av Aktivhus Entreprenør AS for å utvikle energikonseptet for Hurdal økologiske boligtau 2. Helge Lund-Roland har vært kontaktperson for oppdraget. Rolf Jakobsen og Eirik Fonn har også deltatt i arbeidet.

Peter Bernhard har vært oppdragsleder for Asplan Viak.

Sandvika, 30.09.2017

Peter Bernhard

Oppdragsleder

Liv B. Rindal

Kvalitetssikrer

SAMMENDRAG

Hurdal økolandsby boligtn 2 vil være andre byggetrinn, av totalt fem, i det som er Norges første økolandsby. Boligtunet skal bestå av 26 boenheter fordelt på eneboliger, rekkehus og leiligheter. Hurdal økolandsby er referanseprosjektet for Filago økolandsbyer, som har som formål og utvikle et bo- og livsstilskonsept med bærekraft i alle ledd. Datterselskapet Aktivhus Entreprenør AS er gjennomføringsleddet for Filago. Asplan Viak har vært engasjert for å utrede alternative konsepter for energiforsyning til økolandsbyen. Ambisjonsnivået for utbyggingen er å oppnå ZEB-O status, dvs. klimagassutslipp i driftsfasen skal være null. For å oppnå dette må energibehovet dekkes av lokalt produsert fornybar energi, og varme- og elektrisitetsbehovet må være så lavt som mulig.

Flere konsepter for energiforsyning har blitt vurdert for å oppnå ambisjonen om ZEB-O. Alle består av sentral elektrisitet- og varmeproduksjon som distribueres til boligene. For å kunne produsere elektrisitet tilsvarende forbruket, vil det være mest hensiktsmessig med et sentralt solcelleanlegg, som kan plasseres på arealet som er avsatt til bilparkering. Dette vil redusere investeringskostnadene sammenlignet med solcelleanlegg montert på hvert av hustakene. Det vil også føre til at det er mulig å oppnå optimal orientering og helningsvinkel, og dermed høyere spesifikk elproduksjon.

Det er imidlertid en utfordring å fordele den sentrale elektrisitetsproduksjonen mellom boligene uten å først måtte eksportere elektrisiteten til el-nettet. Den mest gunstige løsningen vil være at produksjonen av elektrisitet blir fellesavregnet og fordelt på alle sluttbrukerne i boligselskapet. Dette er ikke mulig per i dag, men det er muligheter for at en revidert/utvidet plusskundeordning i fremtiden kan ta hensyn til en utvidet definisjon av boligselskap, som også omfatter boligsameier eller grupper av bygg som ligger geografisk samlet, som én plusskunde. En annen løsning er å opprette et eget mikrogrid mellom byggene innenfor et målepunkt. Dette vil imidlertid medføre ekstra kostnader, da det må opprettes et distribusjonssystem og solcelleanlegget må deles opp i flere mindre anlegg.

Sentral distribusjon av varme er vurdert som det mest hensiktsmessige på grunn av det lave varmebehovet til byggene. Teknologier som er vurdert er varmepumpe med energibrønner, bioenergi i form av pellets eller flis og solfangere. Akkumulatortanker i varmesentralen vil bidra til å dekke effekttoppene. Basert på estimert energibehov, viser en grovdimensjonering av brønnpark at det er nok plass til å forsyne boligtnet med varme fra energibrønner og varmepumpe. Når det gjelder kjelanlegg for pellets og flis, er det flere leverandører av utstyr tilgjengelig, i tillegg til produsenter av brensel i relativt kort avstand fra økolandsbyen. For å kunne transportere produsert varme fra varmesentralen til boligene er det nødvendig med et eget nærvarmenett. Grunnet det lave behovet for oppvarming vil varmt tappevann stå for en relativt høy andel av varmebehovet, og av dette hensynet kan det være mest gunstig med et høytemperatur distribusjonssystem. Dette må imidlertid også vurderes opp mot andre faktorer, som økt varmetap i distribusjonsnettet og lavere COP-faktor for konseptet med varmepumpe.

Klimagassberegninger utført for boligtnet, viser at boligtn 2 vil gi en betydelig reduksjon av klimagassutslipp, sammenlignet med en referanse som representerer utbygging av et tilsvarende boligfelt med konvensjonelle valg av materialer og energiforsyning. Økonomiske beregninger viser at det kan være mulig å oppnå ZEB-O innenfor en kostnadsramme på 140 000 - 180 000 kr per bolig. Med hensyn til det relativt store behovet for varmt tappevann, virker konseptet med flis- eller pellets til å dekke varmebehovet mest fordelaktig, siden dette medfører en høyere distribusjonstemperatur og et mindre solcelleanlegg. Samtidig vil varmeproduksjon med varmepumpe gi enklere drift og lavere driftskostnader, selv om det krever noe høyere investering.

Basert på de konseptene som er presentert her er energikonseptet for Hurdal økolandsby boligtn 2 fastsatt, med et sentralt PV-anlegg og varmepumpe med energibrønner.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
2	Om prosjektet.....	5
2.1	Om Hurdal økolandsby.....	5
3	Boligtun 2 - Miljøriktige bygg	6
4	Rammebetingelser el	8
4.1	Barrierer	8
4.2	Mulige løsninger på områdenivå.....	9
4.3	Anbefalt løsning for Hurdal økolandsby	12
4.4	Grønne sertifikater	13
5	Energiforsyning og konsepter	13
6	Energi- og effektbehov	15
7	Varmeforsyning	16
7.1	Varmepumpe/energibrønner (sentralanlegg)	16
7.2	Bioenergi (sentralt anlegg)	17
7.3	Solvarme.....	19
7.4	Varmedistribusjon (nærvarmenett)	20
7.5	Temperaturnivå	21
7.6	Fremtidig utbygging.....	22
8	Solcelleanlegg.....	22
9	Klimagassregnskap	25
9.1	Beregningsmetodikk.....	25
9.2	Resultater fra klimagassregnskap	27
10	Økonomiske betraktninger	35
11	Resultater og anbefaling	37

1 INNLEDNING

Norges første økolandsby er under bygging i Hurdal. Boligtun 1, som var første av 5 planlagte byggetrinn, er realisert og boligene er solgt. Boligtun 2 består av 24 boenheter fordelt på 20 hus. Når økolandsbyen er ferdig utbygd vil det være ca. 200 boliger med 400-500 beboere.

Det er målsetning om å bygge miljøvennlige, sunne og klimanøytrale bygg hvor miljøtema som inneklimate, energi- og ressursbruk og livsstil vurderes helhetlig.

Utviklerne bak boligtun 2 har høye miljømål for prosjektet. Målsetningen er at nivået på energi- og klima resultater skal heves ytterligere i forhold til boligtun 1. Laveste aktuelle ambisjonsnivå er **ZEB-0**, dvs. samlede **klimagassutslipp fra drift av boligene skal være null**. Optimalt ambisjonsnivå er ansett som ZEB-COM, dvs. nullutslipp fra konstruksjons- og driftsfase samt nullutslipp fra materialbruk

Dette ønskes oppnådd ved å bygge «Aktivhus», dvs. energieffektive bygg med lavest mulig klimagassutslipp fra materialbruk og lokal produksjon av fornybar energi. Husene kjentegnes av at de bygges i massiv tre, er diffusionsåpen, har naturlig ventilasjon og at både elektrisitets- og varmebehovet dekkes ved hjelp av lokal produsert fornybar energi.

2 OM PROSJEKTET

Alle 70 boliger i Boligtun 1 er solgt. Gjennom boligtun 2-5 kommer ca. 130 nye boenheter etappevis i salg løpet av de neste årene. Aktivhus Entreprenør AS (www.aktiv-hus.no) er gjennomføringsleddet for Filago (www.filago.no/) som har som formål å utvikle og bygge økosamfunnsprosjekter med klimanøytrale boliger basert på Aktivhus.

2.1 Om Hurdal økolandsby

Hurdal Økolandsby er referanseprosjektet (det finnes mye informasjon om dette, for eksempel på www.hurdalecovillage.no/) og boligtun 2 er neste byggetrinn i denne utbyggingen.

«En Filago økolandsby legger til rette for lokalt dyrket mat, aktivt hagebruk, permakultur, kulturelle aktiviteter, næringsliv og fellesskap. Økolandsbyer bygges helst på eksisterende gård med dyrkningsmark for økologisk matproduksjon, samt utmark som kan omreguleres til boligformål. Gården kan gjerne drives av en bonde som eier gården, eller som er ansatt av økolandsbyen. Ved siden av å drive jordbruk, vil bonden kunne ha ansvaret for drift og vedlikehold av bygningsmasse, samt vaktmesteroppgaver som snømåking, vedlevering med mer.

I en Filago Økolandsby tilrettelegger vi for økologisk næringsdrift og kultur. Eksempler på virksomheter kan være kurssenter, kontorfellesskap, kafé, bakeri og helsesenter. En viktig del av modellen er at det dannes landsbygrupper, der beboerne kan dyrke sine interesser, i praktisk samarbeid med Økolandsbyen. I pilotprosjektet Hurdal Økolandsby finnes for eksempel hagebruksgruppe, bigruppe, kajakkgruppe, hestegruppe og yogagruppe.»

Gjennom boligtun 1 i Hurdal Økolandsby er det dokumentert at det finnes et marked og betalingsvillighet for boliger i dette segmentet. Videre har utviklerne vist god gjennomføringsevne i arbeidet med byggetrinn 1. Det har vært en omfattende prosess med

mye nybrottsarbeid og store infrastrukturkostnader, som gir en god plattform for å gjennomføre neste byggetrinn.

For å ivareta sosial og økonomisk bærekraft i prosjektet er det viktig å oppnå gode arkitektoniske løsninger for boligene. Sosial bærekraft er svært viktig i dette prosjektet. Overordnet er det blitt en sannhet at det må bygges tett rundt knutepunktene for å være miljøvennlige. Dette prosjektet vil vise muligheter for å bo mer desentralt og innarbeide byggene i en mer miljøriktig livsstil.

Tiltakene som skal virkeliggjøre disse målene vil medføre økt investeringsbehov sammenlignet med mer tradisjonelle løsninger. På denne bakgrunn mener vi det er viktig også å se tiltakene både opp mot marginal miljønytte og den økonomiske tåleevne som prosjektet rent markedsmessig har. Med dette menes at ZEB-COM ambisjonsnivået vurderes som ikke realiserbar på det nåværende tidspunktet. Figur 2-1: viser en illustrasjon av boligkun 2 som totalt vil ha et boareal på 2482 m² BRA.



Figur 2-1: Illustrasjon Hurdal Økolandsby boligkun 2.

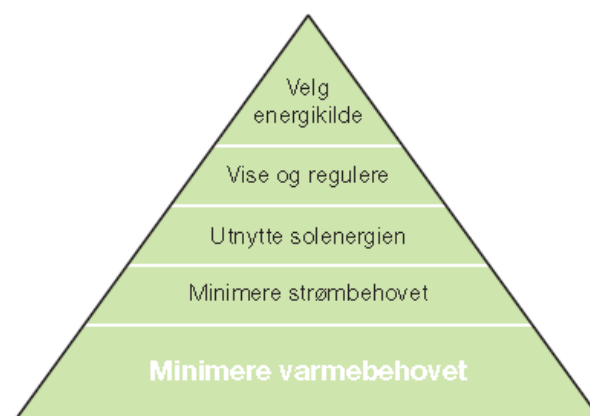
3 BOLIGTUN 2 - MILJØRIKTIGE BYGG

Boligtun 2 består av 26 boenheter. Og vil bestå av en blanding med leiligheter, rekkehus og eneboliger. Arkitektonisk hovedgrep er at boligene plasseres som et tun med flere fellesfunksjoner som f. eks. felleshus, lekeplasser og felles utearealer og parkeringsplasser.



Figur 3-1: Situasjonsplan Boligtun 2

Byggene vil bli utformet med tanke på å minimere både varme- og elbehovet, jf. figuren 3-2. For ytterligere å redusere klimagassutslipp fra byggene vil også materialbruken bli vurdert nøye. Hensyn til mikroklima vil inngå som planleggingsparameter i utforming av enkeltbygg, og hvordan byggene plasseres i forhold til hverandre.



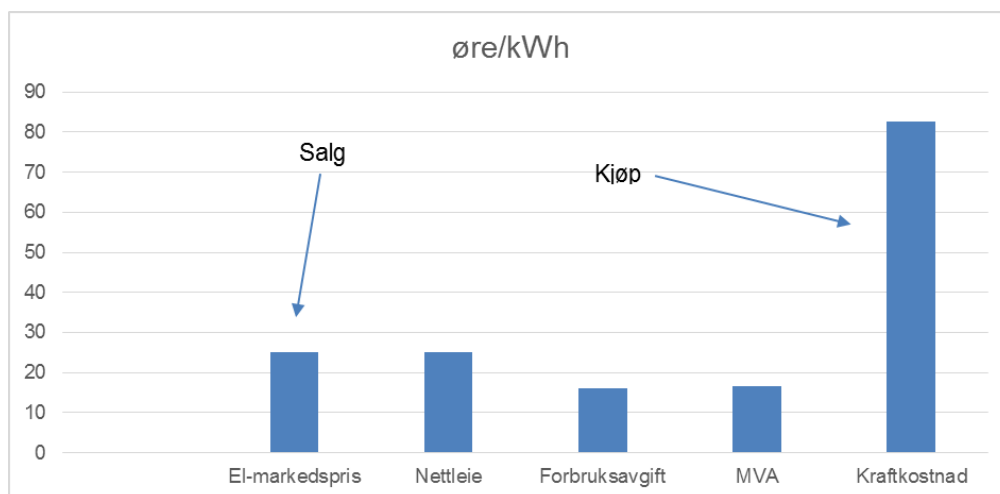
Diagrammet viser energi effekt av ulike tiltak: reduksjon i varmebehov gir størst gevinst.

Figur 3-2: Kyotopyramiden viser skjematisk i hvilken rekkefølge energibesparende tiltakene bør gjennomføres i for å redusere energiforbruket.

4 RAMMEBETINGELSER EL

4.1 Barrierer

Overskuddselektrisitet som produseres på et bygg eller område selges til nettet til spotpris (Nordpool). Pr i dag er prisen på ca. 25 øre/kWh. Ved kjøp av el tilbake fra nettet må man i tillegg til spotprisen betale nettleie og avgifter, noe som til sammen ofte tilsvarer en strømpris inkl. mva. på ca. 80 – 100 øre/kWh. Denne differansen er stor og medfører i mange tilfeller at lønnsomheten i etablering av et solcelleanlegg forsvinner.



Figur 4-1: Salgspris for overskuddselektrisitet fra solcelleanlegg vs. kostnad for «tilbakekjøp» av produsert kraft.

Det er derfor ønskelig å kunne utnytte lokalt produsert elektrisitet mellom bygg innenfor et område, enten ved direkte utveksling i sanntid, gjennom styring av forbruk, men også ved bruk av batterier til lagring av overskuddsproduksjon.

Det er ikke mulig pr. nå å overføre lokalt produsert elektrisitet mellom to ulike bygg uten å gå via områdekonsesjonær sitt nett og betale nettleie eller søke om egne konsesjoner for nett og omsetning.

«**Forskrift om kraftomsetning og nettjenester**», også kalt **AMS-forskriften**¹ innebærer at alle nettselskapet innen 1. januar 2019 skal ha installert AMS i alle målepunkt i sitt konsesjonsområde. Forskriften skal sikre at kraftleverandører gis tilgang til overføringsnettet og legge til rette for at sluttbrukere på en enkel måte kan bytte kraftleverandør. På NVEs nettsider finnes det et kart med oversikt over status for utrulling av AMS-målere i Norge². Kravet til AMS skaper utfordringer for utbyggere/eiendomsutviklere som ønsker å fordele egenprodusert strøm fra et fellesanlegg til flere bygg på et område. Forskriften gjelder for boliger / husstander og er begrunnet i forbrukerfleksibilitet, dvs. at hver enkelt kunde skal ha mulighet til å styre sitt eget strømforbruk og agere i kraftmarkedet, samt frihet til å velge kraftleverandør uten å bli «sperrert inne» bak et målepunkt der det kun er en leverandør.

Kravet til anleggskonsesjon reguleres av Energilovforskriften §3-1³. Konsekvensen av forskriften er at også lavspent nett (< 1000V) er konsesjonspliktig fra 2010.

1 https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1999-03-11-301#KAPITTEL_4

2 <http://gis3.nve.no/link/?link=ams>

3 <http://lovdata.no/forskrift/1990-12-07-959/§3-1>

Unntak er:

- Kundespesifikke anlegg som har samme eier og bruker
- Fordelingsnett som er bygget for å levere kraft til lokalt forbruk (i praksis gårdsanlegg)
- Tiltak kan ved enkeltvedtak unntas konsesjonsplikt, men vanskelig å få gjennomslag iht. dagens forvaltningspraksis.

Om det skulle være mulig å få konsesjon vil man få status som nettkonsesjonær, dvs. at man blir betraktet som et nettselskap. Med dette følger det en rekke plikter og kostnader som vi per i dag mener at et sameie ikke er tjent med å ha. Dette bør i så fall inngå som en del av en overordnet forretningsplan for selskapet, da det krever ressurser og kompetanse som ikke naturlig er til stede i eiendomsselskaper.

Energilovforskriften sier også at alle enheter som omsetter elektrisk energi eller som kan stå i en eller annen form for monopolsituasjon, må ha **omsetningskonsesjon**. Dette gjelder blant annet enheter som eier eller driver fordelings- eller overføringsnett⁴. Dette betyr altså at all form for omsetning av elektrisitet er konsesjonspliktig. Unntak finnes for plusskunder (se kap.4.2.2) og elbillading (denne kan bli konsesjonspliktig i fremtiden). I tillegg er det slik at NVE på generell basis har anledning til å vurdere at virksomhet av et visst omfang kan være konsesjonspliktig.

Både søknad om fritak fra konsesjonsplikt og søknad om konsesjon for omsetning av elektrisk energi skal sendes NVE via skjema i Altinn. Om det søkes om fritak fra konsesjonsplikt må dette tydeliggjøres slik at man ikke risikerer å få en konsesjon når man i utgangspunktet ønsket en vurdering av konsesjonsplikt og fritak fra konsesjon.

Å inneha egne konsesjoner for så små anlegg som i Hurdal Økolandsby anses lite hensiktsmessig for en eiendomsutvikler/utbygger/sameie. Foruten å være krevende prosesser (søknad, saksbehandling osv.) utløser dette krav og plikter som nettselskapene har (rapportering, gebyrplikt osv.)

4.2 Mulige løsninger på områdenivå

4.2.1 Mikrogrid

En mulig løsning for områder som vil fordele solstrøm fra et fellesanlegg på flere bygninger (målepunkter) kan være å etablere sitt eget nett (mikrogrid) mellom byggene innenfor et målepunkt.

For å kunne utnytte lokalt produsert elektrisitet vil det være behov for et distribusjonssystem som kan fordele energien til ulike brukere etter behov og tilgjengelighet. Organisering av et avgrenset område i et mikrogrid kan være aktuelt noen steder, men krever i utgangspunktet konsesjoner og tillatelser (se kap 4.1).

For en slik løsning må drift og eierskap organiseres internt, for eksempel i et eget selskap (AS), og grensesnittet mot områdekonsesjonær (netteier) må defineres klart. Alternativt kan det inngås samarbeid med leverandør som ivaretar dette. Det avklares med NVE i hvert tilfelle. Et eksempel er demoprojektet *Mikrostrømnett Hvaler* som driftes av Smart Energi Hvaler⁵

⁴ <http://lovdata.no/forskrift/1990-12-07-959/§4-2>

⁵ <http://www.smartenergihvaler.no/>

4.2.2 Plusskundeordning - særordning for boligselskap

Det er mulig å se for seg at en revidert/utvidet plusskundeordning kan ta hensyn til en utvidet definisjon av boligselskap som også omfatter boligsameier eller grupper av bygg som naturlig ligger geografisk samlet, som én plusskunde. En slik løsning ville kreve en endring i lovverket som det pr i dag ikke oppfattes at det er politisk kraft til stede for å gjennomføre.

En slik løsning ville kreve at boligsameiet klarte å organisere sin elproduksjon bak ett felles målepunkt i nettet der eksport og import av kraft kunne avregnes mot nettselskapet. En slik løsning reiser igjen nye spørsmål rundt det mono-polet som ville oppstå «bak» målepunktet mot netteier, og hvilke tariffstrukturer og organisasjonsmodeller som kunne håndtere dette.

Vurdering: Måltrettet politisk arbeid må til for at NVE skal kunne ha mulighet til å endre sin forvaltningspraksis på området.

NVE ønsker å legge til rette for at boligselskap⁶ kan bli plusskunder, og at boligselskapets produksjon av elektrisitet skal kunne gå til dekning av strømforbruk i boligselskapet og boligselskapets boenheter. Energi- og miljøkomiteens merknad i debatten om endringer i energiloven om at boligselskaper skal kunne bli plusskunder, vil bli fulgt opp i forbindelse med innføring av Elhub (planlagt innført fra 23. oktober 2017).

Løsningen for plusskunder gjennom Elhub vil sikre at sluttbrukere av elektrisitet i boligselskaper får fordelene av å være plusskunde. Det legges videre opp til at boligselskap får fellesmålt produksjonen og fordelt produksjonen på alle abonnentene i boligselskapet. Da kan kraften bli brukt som om den var produsert i den enkelte boenhet⁷.

Løsningen innebærer at boligselskapets produksjon blir fellesavregnet og fordelt på alle sluttbrukere av elektrisitet i boligselskapet. Løsningen vil sikre at sluttbrukere i boligselskaper vil bli målt og avregnet hver for seg, samtidig som de får alle fordelene av å være plusskunder. Det vil derfor være unødvendig å fellesmåle hele boligblokker for å legge til rette for fornybar kraftproduksjon fra solcelleanlegg. Forskriftsendringen er under utarbeidelse i NVE nå (pr januar 2017), og vil bli sendt ut på høring i løpet av første halvdel av 2017.

I prinsippet er denne problemstillingen relevant for et område med et felles solcelleanlegg som kan forsyne flere bygg, og man kunne tenke seg at en utvidet plusskundeordning ville kunne gjelde også for sameier av eneboliger/rekkehus. Samtaler og møte med NVE viser imidlertid at det kommende høringsforslaget trolig ikke åpner for muligheten til å benytte strøm produsert i et fellesanlegg på flere forskjellige bygg i et sameie. Det gjenstår å se hvordan dette blir til slutt. Når høringsforslaget foreligger kan man vurdere å sende inn uttalelse til dette basert på utfordringene med fordeling av lokalt produsert elektrisitet innad på et område bestående av flere bygg.

4.2.3 Avtale med 3. partsaktør – finansielle modeller

En utbygger eller boligeier kan på selvstendig grunnlag inngå avtale med en 3. partsleverandør av energitjenester. For salg av overskudds elektrisitet er det noen aktører som pr i dag tilbyr kjøp av denne til høyere pris enn det som tilbys fra nettselskapet (spotpris).

Nye kommersielle aktører kommer på banen med energitjenester som legger til rette for salg av lokalt produsert strøm fra solceller, batterier og annen kapasitet (effekt). Disse aktørene

⁶ Definisjon Boligselskap:

⁷ <https://www.nve.no/nytt-fra-nve/nyheter-elmarkedstilsyn/mulig-a-bli-plusskunde-i-boligselskap/>

legger seg «utenpå» nettselskapets AMS-måler og innhenter data direkte fra forbruker. Nye aktører jobber mot ulike forretningsmodeller som på ulike måte kan ivareta en eiendomsutviklers behov for høyere pris for salg av lokalt produsert strøm.

Otovo

Overskuddsproduksjon fra plusskunder med solcellanlegg kan selges til Otovo for 1 kr/kWh inntil 5000 kWh/år. Dette er pr januar 2017 den høyeste prisen i markedet. Otovo har omsetningskonsesjon. Otovo jobber i første rekke mot privatmarkedet og mindre solcelleanlegg på bolighus. For mer informasjon om dette, se <https://www.otovo.no/nabostrom>.

Smart Energi

Overskuddsproduksjon fra plusskunder med solcellanlegg kan selges til Smart Energi for 80 øre/kWh inntil 5000 kWh/år (pr januar 2017). For mer informasjon, se <http://www.smartenergi.com/>.

LOS Energy

LOS sin forretningsmodell går ut på å ha en aggregator-funksjon. Dette betyr at man samler mange små enheter (bundling) og kan selge en stor totalkapasitet inn i det nordiske kraftmarkedet. LOS jobber mot bedriftsmarkedet og kan tilby løsninger til større anlegg enn 5000 kWh/år som er begrensende hos flere av de andre aktørene. LOS eies av Agder Energi og deres produkter er sammensatt av informasjon fra kraftmarkedet, netteier, kraftprodusenter samt informasjon om klima (værprognoser) og energiforbruk.

LOS Energy kan levere følgende energitjenester:

- Rådgivning, prosjektering, prosjektledelse og gjennomføring av tiltak med dokumentasjon av resultater
- Detaljerte forbruksanalyser for beslutningsstøtte
- Egendefinerte tjenester

LOS kan også levere integrerte EOS-systemer med kraftmarkedstjenestene sine, men gjør det sjelden. Se <http://www.losenergy.com> for mer info.

En aggregator (eksempelvis LOS Energy) jobber mot bedriftsmarkedet og samler mange små anlegg (aggregerer) for å kunne tilby en stor kapasitet (effekt) inn i de kortsiktige kraftmarkedene. Minstekrav for å delta i disse markedene er på 10 MW.

Internasjonale aktører

Innen 2018 vil det trolig finnes flere internasjonale aktører som kan kjøpe, installere, drifte og handle med fornybar energi på lokalt plan, også i Norge. Store internasjonale konsern som Amazon og Google jobber for tiden med dette, også i Norge.

4.2.4 Power Purchase Agreement (PPA) – Strømkjøpsavtale

En PPA er på mange måter som en OTC kontrakt (Over The Counter- eller på norsk - over kjøpsdisken- en bilateralt avtale mellom to parter) men det gjelder å bygge inn mekanismer som gjør at en både har exit-mulighet og reforhandlingsmuligheter.

De fleste vindkraftprosjektene er basert på en PPA. De fleste kommersielle store solkraftprosjekter i utlandet er også basert på en PPA. Det er risikofylt kun å operere i spotmarkedet. Derfor søker en etter risikoavlastende mekanismer via avtaler.

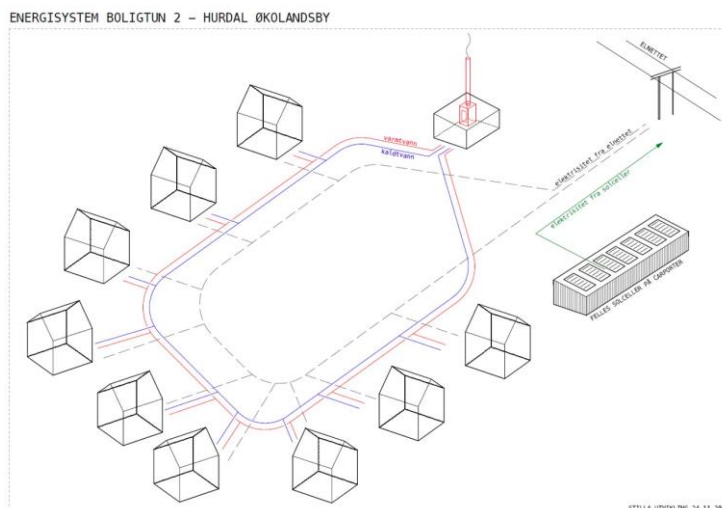
Et eksempel; Google har gjennom en PPA inngått en 12 års avtale om kjøp av all kraftproduksjon fra et 160 MW vindkraftanlegg på Tellenes sør for Stavanger. Vindkraftanlegget skal være i drift mot slutten av 2017. Avtalen er Googles første vindkraftavtale i Norge og hittil den største i Europa. En rekke lignende PPA er inngått rundt omkring i verden for å sikre fornybar kraft til store datasentre.⁸

4.3 Anbefalt løsning for Hurdal økolandsby

Det være store fordeler knyttet til ett felles solcelleanlegg, installert på tak av parkeringsanleggene. En slik løsning vil kunne redusere investeringskostnader for solcelleanlegget med ca. 50% i forhold til solcelleanlegg montert på hustak til hver bolig. Samtidig vil spesifikk elproduksjon, dvs. kWh/kW_p installert effekt øke som følge av optimalisert orientering og helningsvinkel.

Utfordringen med denne løsningen er levering av lokal produsert el til boligene uten å måtte «eksportere» strømmen til el-nettet. Som følge av NVEs krav om egen målerpunkt i hver bolig vil den enkleste løsningen vil være etablering av et «mikrogrid» som beskrevet i kap. 4.2.1. Denne løsning vil imidlertid kreve unødvendig investering i infrastruktur i form av egne kabler fra solcelleanlegget til hver bolig. Dette innebærer også at solcelleanlegget må utformes som flere mindre enheter.

Etter vår mening er den gunstigste løsning at produksjon av solstrøm blir fellesavregnet og fordelt på alle sluttbrukere av elektrisitet i boligselskapet. Denne løsningen vil sikre at sluttbrukere i boligtnun 2 vil bli målt og avregnet hver for seg, samtidig som de får alle fordelene av å være plusskunder. Denne løsningen vil gjøre det mulig å selge overskuddsstrøm til 3. partsaktører, ref. avsnitt 4.2.3, men det forutsetter installasjon av egen måleutstyr som tilbys av f. eks. Smart Energi.



Figur 4-2: Illustrasjon av el- og nærvarmenett for boligtnun 2.

⁸ www.vindkraftnytt.no, 1.juli 2016

4.4 Grønne sertifikater

Prinsipielt vil det være mulig å søke om grønne sertifikater for produsert solstrøm etter at anlegget er satt i drift. NVE tar 15 000 kr i gebyr. Sertifikatene vil kunne gi et ekstra inntekt, p.t. ca. 10-15 øre/kWh, frem til ordningen opphører i 2034.

5 ENERGIFORSYNING OG KONSEPTER

For å kunne realisere et solcelleanlegg som dekker en størst mulig andel av samlet el-behov, må PV-anlegget omfatte flest mulig bygg (tak/fasader). Samtidig må PV-produksjonene i størst mulig grad matche eget forbruk, slik at salg til nettet (til lav verdi) holdes så lavt som mulig.

Dette kan bety opprettelse av eget forsyningsnett, altså et system der hver husholdning (bolig) ikke har sitt eget PV-anlegg, som enkeltvis er tilknyttet nettet. PV-installasjonen vil dermed fordeles på boliger og garasjeanlegg og henge sammen i en fysisk enhet tilknyttet el-nettet.

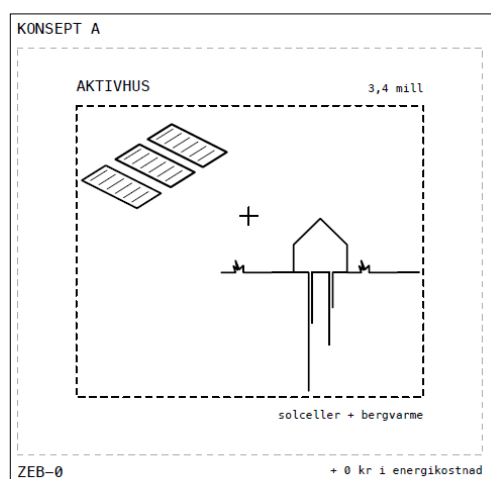
En slik løsning kan gi optimal ressursutnyttelse, men gir samtidig utfordringer når det gjelder fordeling av kostnader, inntekter, avregning, ansvarsforhold mm.

En løsning kan være å lage en biofyrt varmesentral. Dette vil i så fall også kunne åpne muligheter for kraftvarmeproduksjon, som må spille sammen med både PV-anlegget og varmebehovet.

Gjennom oppdraget har flere konsepter vært med i vurderingen. Løsninger basert på små anlegg som forsynte hver enkelt bolig, viste seg å være i overkant kostbar, eller at utstyr ikke var tilgjengelig fra leverandør. At utstyr ikke var tilgjengelig i riktig størrelse skyldes i stor grad det antatt lave oppvarmingsbehovet til byggene. Dette resulterte i at de mest aktuelle konseptene som ble vurdert best, baserer seg på en sentral distribusjon av varme, et nærvarmenett.

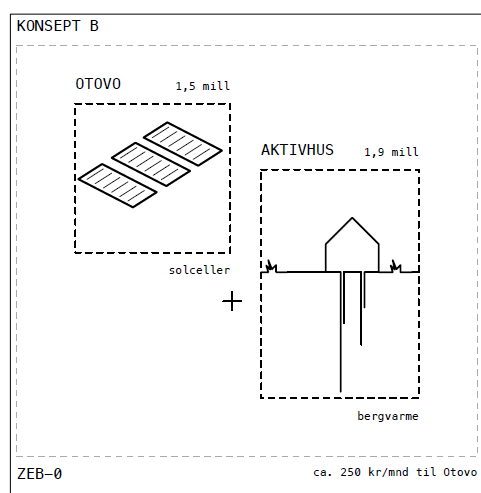
a) Varmepumpe/energibrønn sentral & sentral PV

Et sentralt varmeanlegg med nærvarme-distribusjon til alle bygg. Varmeanlegget supplerer lavtemperatur varme via et varmepumpe/energibrønn anlegg. Vedovn i hvert bygg dekker deler av oppvarmingsbehovet. Felles solcelleanlegg etableres på takareal til felles carport.



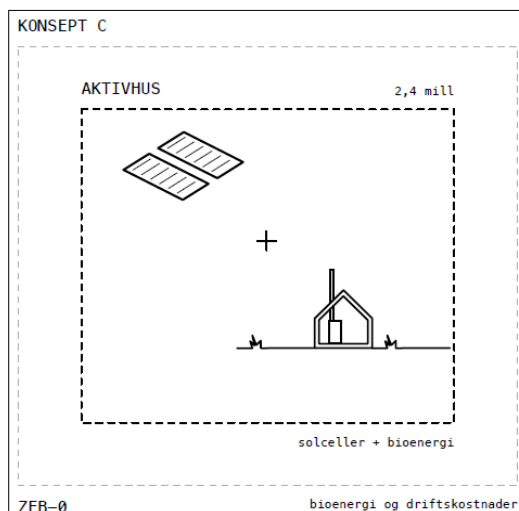
b) Varmepumpe/energibrønn sentral & sentral PV (langtidsleie via Otovo)

Et sentralt varmeanlegg med nærvarme-distribusjon til alle bygg. Varmeanlegget supplerer lavtemperatur varme via et varmepumpe/energibrønn anlegg. Vedovn i hvert bygg dekker deler av oppvarmingsbehovet. Felles solcelleanlegg leies av Otovo og etableres på takareal til felles carport.



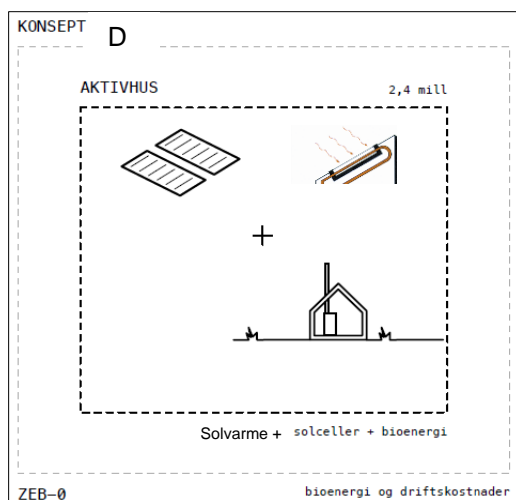
c) Pellets sentral & sentral PV

Et sentralt varmeanlegg med nærvarme-distribusjon til alle bygg. Varmeanlegget supplerer høytemperatur varme via et biobrenselanlegg. Vedovn i hvert bygg dekker deler av oppvarmingsbehovet. Felles solcelleanlegg etableres på takareal til felles carport.



d) Pellets sentral og solfangere & sentral PV

Et sentralt varmeanlegg med nærvarme-distribusjon til alle bygg. Varmeanlegget supplerer høytemperatur varme via et biobrenselanlegg. Vedovn i hvert bygg dekker deler av oppvarmingsbehovet. Felles solcelleanlegg etableres på takareal til felles carport. Solvarme på et garasjeanlegg.



6 ENERGI- OG EFFEKTBEHOV

Energi og effektbehovene som er lagt til grunn for Boligtun 2 er basert på energisimulering gjort for Rekkehus B34 (Simien). Denne simuleringen ble benyttet til å representere en bolig.

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 14:46 3/10-2016
 Programversjon: 6.003
 Simuleringsansvarlig: Rolf Jacobsen
 Firma: Asplan Viak AS
 Inndatafil: H:\...B34 1 Hurdal-REKKEHUS_Gardermoen.smi
 Prosjekt: Hurdal. REKKEHUS B34 1
 Sone: Bolig

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	3581 kWh	35,8 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	2978 kWh	29,8 kWh/m ²
3a Vifter	2 kWh	0,0 kWh/m ²
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Belysning	876 kWh	8,8 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	1168 kWh	11,7 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	8605 kWh	86,1 kWh/m ²

Figur 6-1. Netto energibudsjett for Rekkehus B34, som ble brukt for å representere en av de 26 boligene planlagt for Boligtun 2.

Hensyntatt systemvirkningsgrader ble «levert energibehov» for Boligtun 2, som følger:

Oppvarming (romoppvarming og ventilasjon):	≈ 83 000 [kWh/år]
Varmt tappevann:	≈ 77 000 [kWh/år]

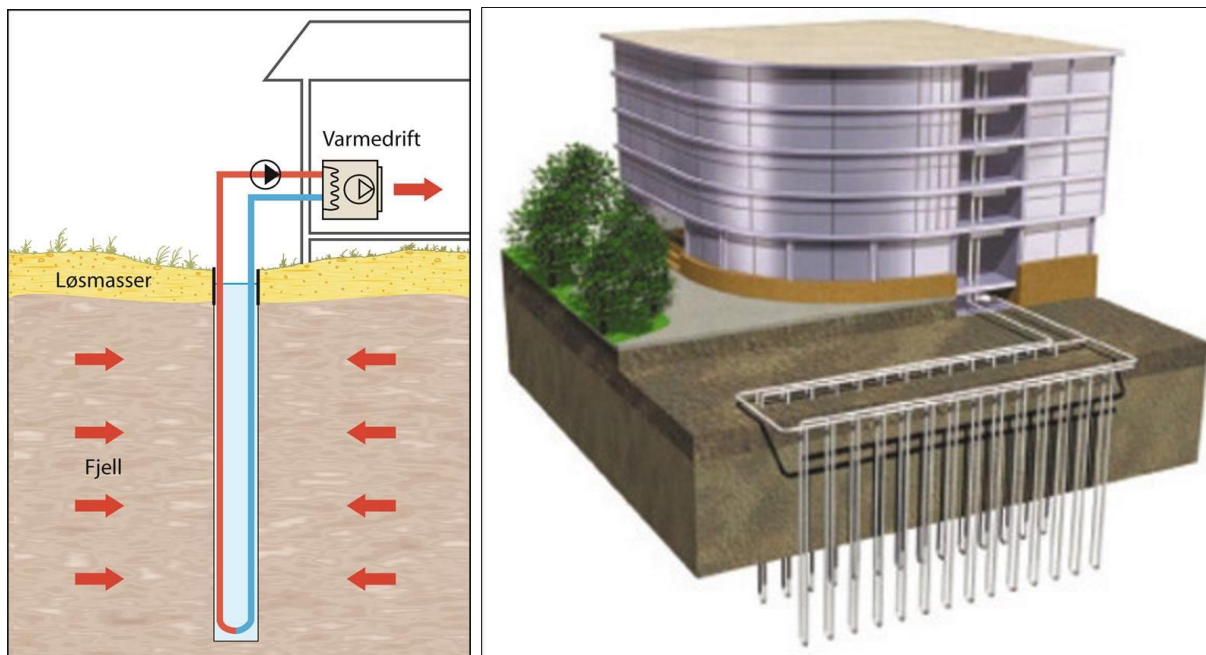
Totalt effektbehov for oppvarming og varmt tappevann ble estimert til om lag 60 kW for hele Boligtun 2, hhv. 49 kW for oppvarming og 11 kW for varmt tappevann. Dette representerer antatt høyeste effektnivå på varmedistribusjonen over en periode på flere timer.

Momentanverdier kan bli betydelig høyere, men dette vil dekkes ved hjelp av akkumulatortanker som plasseres i varmesentralen.

7 VARMEFORSYNING

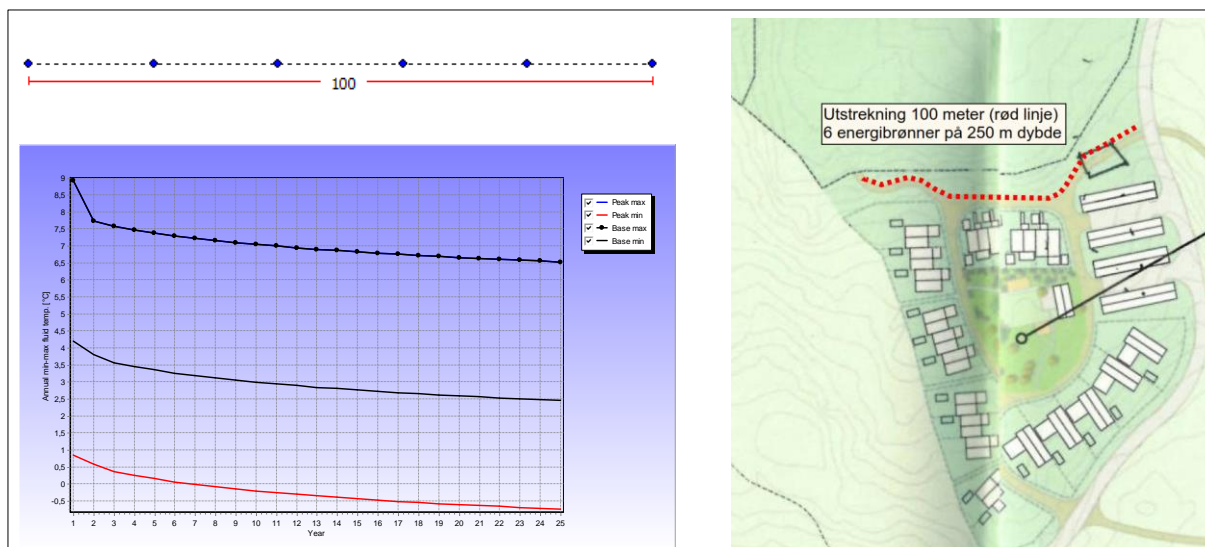
7.1 Varmepumpe/energibrønner (sentralanlegg)

Utnyttelse av energibrønner har gjennom oppdraget kommet inn som en høyst aktuell energikilde for varmforsyning via varmepumpe. En grovdimensjonering er utført i forhold til hvor stor en energibrønn må være for å kunne dekke romoppvarming og tappevannsbehovet for Boligtun 2.



Figur 7-1. Illustrasjon på operasjonsprinsipp for utnyttelse av energibrønner for varmforsyning (NGU), samt illustrasjon på en mindre brønnpark for termisk energiforsyning (Varmeconsult).

Basert på estimert «levert energibehov» for Boligtun 2 ble en grovdimensjonering av brønnpark utført. Resultatet vises i figur 7-2, hvor indikert plassering samt temperaturutvikling er skissert. Siden brønnparken kun skal hente ut varme fra grunnen, vil brønnene måtte etableres med relativt stor avstand for å kunne «trekke på» så store fjellvolumer som mulig. Ved en etablering på nordsiden av nordre veg, vil det være tilstrekkelig plass til å kunne forsyne Boligtun 2 med varme fra energibrønner.



Figur 7-2. Grovdimensjonering av energibrønner - Boligtun 2. Estimert energibehov resulterer at en brønnpark på 6 brønner av 250 meter er nødvendig. Med en innbyrdes avstand på 20 meter vil energibrønnene «spenne ut» et tilstrekkelig fjellvolum slik at et langsiktig varmeuttak (> 25 år) er realistisk. Figurene på venstre side er hentet fra brønnsimuleringsverktøyet EED (Earth Energy Designer).

7.2 Bioenergi (sentralt anlegg)

Figur 7-3 viser hovedkomponentene for et varmeanlegg med biokjel, ekspansjonskar og akkumulatortanker. Effektbehov er anslått til 60-80 kW og det finnes utstyr både for flis og pellets, fra flere leverandører. Eksempelvis kan det nevnes at KWB, www.kbw.at og Hargassner, www.hargassner.at, fra Østerrike har representanter i Norge. Begge selskaper har utviklet kjeler som kan fyres både med flis og pellets. Fordelen med flis er lavere pris og at flis kan produseres lokalt, noe som vurderes positivt mht. bærekraft. Fordelen med pellets er enklere drift som følge av bedre kvalitetssikret brensel og lavere investeringsbehov. I praksis anses kombinasjonsanlegg som kan benytte både flis og pellets som optimalt. Man kan benytte lokal produsert brensel, samtidig som det er mulig å velge pellets dersom kvaliteten på levert flis ikke er bra nok.



Figur 7-3. Eksempel på modulbasert varmeanlegg. (kilde: ETA Norge AS)

Det er viktig å nevne at investeringskostnader kun øker marginalt ved å velge kjeler med noe større effekt. Det anbefales derfor å øke installert effekt fra ca. 60 kW til 80-90 kW. På den andre siden må anlegget ikke dimensjoneres for stort da dette vil medføre mer drift på

dellast. Dette vil redusere virkningsgraden og øke utslipp til luft. Uansett, som vist i figur 7-3, vil riktig dimensjonerte akkumulatortanker være en forutsetning for å kunne drifte anlegget optimalt.

7.2.1 Biobrensel



Figur 7-4. Biobrensel - pellets og treflis.

Noe av det viktigste for å få et bioenergianlegg til å ha lave årlige drifts- og vedlikeholdskostnader er jevnt god kvalitet på brenselet som benyttes. Her har pellets i utgangspunkt vært mer driftssikker, pga. standardisert produksjon. Flis har større variasjon med tanke på jevnhet på flisstørrelse, grad av finstoff og fuktighet. Stor variasjon av disse parameterne vil gi dårligere forutsetninger for rimelig og jevn drift av et bioenergianlegg. I de senere år har standardisering av flis også økt i Norge. Det som teller tilslutt er at riktig kvalitet, både på pellets eller flis, blir levert til sluttbruker. Jevnlig testing av brensel er derfor viktig.

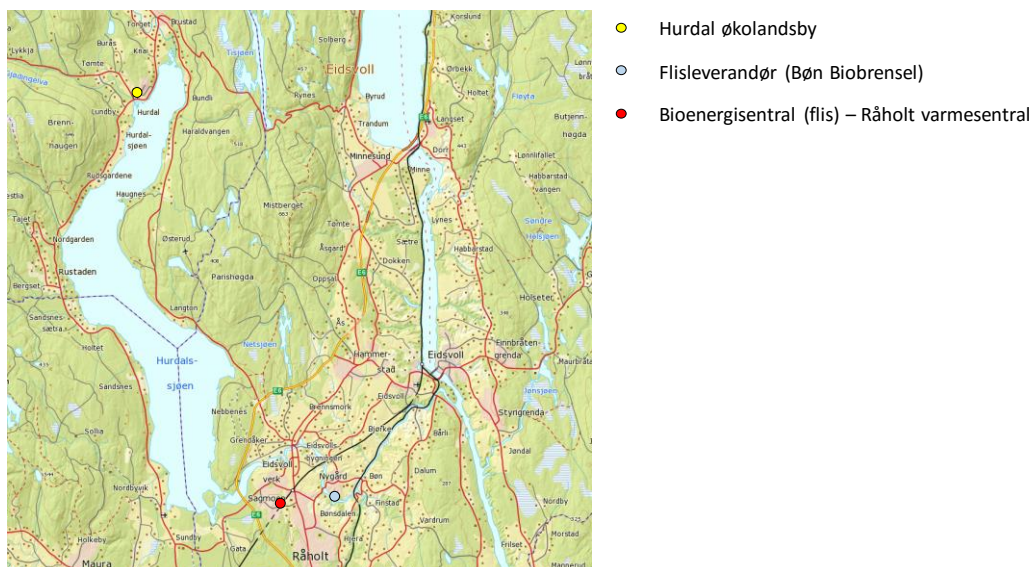
Brensel	Aske, % av tørrvekt	Fuktighet % av totalvekt	Rådensitet kg/lm ³	Effektiv brennverdi kWh/kg	Effektiv brennverdi kWh/lm ³
Ved, bjørk	0,8	20	430	4,1	1490
Ved, gran	1,3	20	340	4,1	1150
Skogsflis, rå ¹	2,0	55	355	2,0	710
Skogsflis, tørr ¹	1,3	35	246	3,2	790
Industriflis, rå	1,8	55	300	1,9	550
Industriflis, tørr	0,3	20	200	4,1	780
Høveflis	0,5	15	100	4,6	460
Reint treavfall	1,5-2,0	20	265	3,8	700
Bark, nåletrær	3,0	50	280	2,3	650
Pellets ²	1,0	8-12	650	4,8	3120
Briketter	0,7	12-15	600	4,3	2580
Halm	4-7	15	110	4,0	440

Kilde: Energigården m.f.

¹⁾ Et gjennomsnitt for aktuelle treslag.

²⁾ Norsk Standard for trepellets: NS-3165

Figur 7-5: Oversikt over biobrenslar.



Figur 7-6. Oversiktskart over Hurdal og omegn. Eksisterende flisproduksjon og flisbasert varmesentral indikert samt Hurdal økolandsby. Avstand mellom Hurdal økolandsby og indikert flisleverandør (vei langs vestsiden av Hurdalsjøen) er om lag 25 km.

I relativ nærhet er det i dag flisproduksjon fra Bøn Biobrensel ved Bøn. Denne enheten forsyner i dag Råholt varmesentral. Det antas at Bøn Biobrensel vil kunne være høyst aktuell som en potensiell leverandør for flis. Dette er på bakgrunn av at Råholt varmesentral i dag har et betydelig mye større varmebehov (ca. 5 GWh), og dermed forutsetter at Bøn må ha god produksjonskapasitet for flis. Råstoffet Bøn benytter er tømmer og heltrevirke som hentes lokalt, samt restprodukter og vrak fra Moelven sagbruk på Eidsvoll verk.

Leveranse av trepellets vil kreve lengre transportdistanse en antatt for flis. Prisforskjellen mellom pellets og flis vil variere med markedet, og avhengig av hvilken kvalitet som etterspørres.

7.3 Solvarme

Det er også vurdert bruk av solvarme for å dekke deler av oppvarmingsbehovet for Hurdal økolandsby 2. Solfangere vil da plasseres på deler av garasjeanlegget. Solvarme har ingen utslipp av klimagasser i driftsfasen og har høyere virkningsgrad enn solceller. Under forutsetning av at all produsert varme kan avsettes, vil et solvarmeanlegg årlig kunne produsere 400-450 kWh/m². De to vanligste typene solfangere er plane solfangere og vakuumsolfangere. Sistnevnte kan oppnå høyere virkningsgrader, men er også som regel mer kostbare.

Solfangerne vil produsere mest varme på sommeren når varmebehovet er minst. Det er derfor viktig at de dimensjoneres slik at overproduksjon av termisk energi unngås i de varmeste månedene. Siden behovet for varmt tappevann står for en relativt stor andel av det totale varmebehovet, kan det være gunstig at solfangerne er dimensjonert til å dekke deler av dette. I tillegg bør solfangerne være koblet til akkumulatortankene, slik at varmen kan lagres i perioder med lite behov.

7.4 Varmedistribusjon (nærvarmenett)

Alle energikonseptene som er vurdert er basert på sentral varmeproduksjon, og dermed vil det være behov for rørføring fra sentral ut til de ulike bygg i boligtnet, for transport av varme.

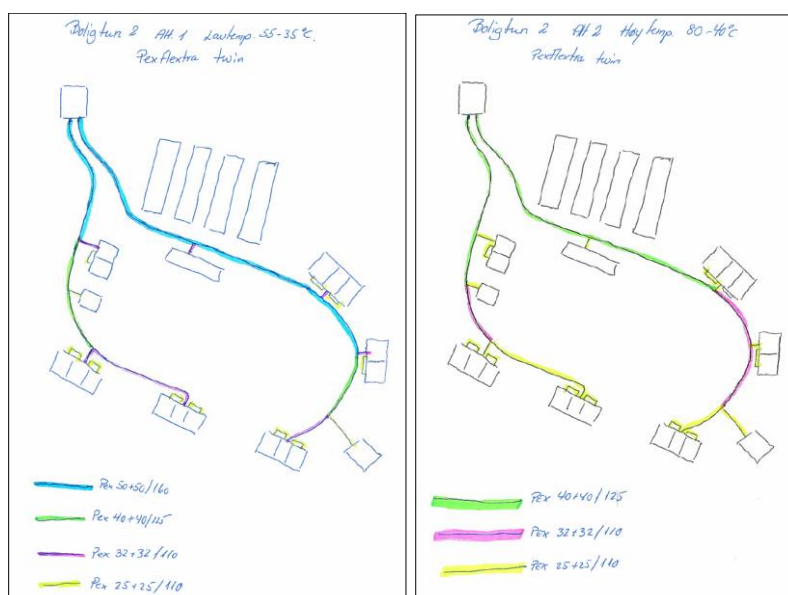
Et slik energiforsyningssystem blir fort å betrakte som et *nærvarmenett*, da en sentral forsyner flere bygg samtidig som varmebehovet er beskjedent. I store fjernvarmeanlegg er gjerne stålrør benyttet, men med de antatte dimensjonerende forhold til Hurdal Boligtun 2 vil fleksible PEX rør trolig være mest hensiktsmessig. Dette på bakgrunn av denne type rør er relativt enkle å legge, samt at de kommer på kveil. Resultatet er lavere kostnad for arbeider for legging og montering.

Med hensyn på å redusere varmetap er en twinrør løsning anbefalt. I et slikt rør er tur/retur rør omsluttet av isolasjon og et ytterrør som utgjøre at twinrøret. Medierøret, hvor vannet sirkulerer, er av fleksibel polyetylen.



Figur 7-7. Eksempel distribusjon/kobling av fleksibelt pex rør (twin type). Dette røret kan leveres opp til 63mm, med varmeeffekt opp mot 250 kW. Produktet som figuren viser har toleranse på hhv 85-90°C og 10 bars trykk. Leveres i lengder mellom 50 eller 100 m (Kilde: Logstore).

Skisser av en hhv. lavtemperatur og høytemperatur distribusjon er skissert av rørleverandør (SGP). Bakgrunnen for en økning i rørtverrsnitt for lavtemperatur distribusjon skyldes en lavere temperaturdifferanse, og følgelig må rørdimensjonen økes for å muliggjøre høyere strømningshastighet.



Figur 7-8. Rørdistribusjon for varmforsyning fra energisentral til Boligtun 2. Venstre figur illustrerer lavtemperatur distribusjon (varmepumpe/energibrønner- 55/35°C) mens høyre er høytemperatur (bioenergi – 80/40°C). Pga. lavere temperaturredifferanse for lavtemperatur distribusjon må rørdimensjonen økes for å kunne forsyne samme varmemengde). (Kilde: SGP Varmer AS)

7.5 Temperaturnivå

Valget av temperaturnivået for varmedistribusjon avhenger bl.a. av klimaskall til bygg (romoppvarmingsbehov) samt varmtvannsbehovet. For å kunne dekke romoppvarmingsbehovet må heteflater til radiatorer og/eller størrelse på konvektorer være tilpasset temperaturnivået på distribusjonen. Høy temperatur (70- 80°C) krever mindre heteflater, mens lavtemperatur (55-50°C) krever større heteflater/bruk av viftekonvektorer.



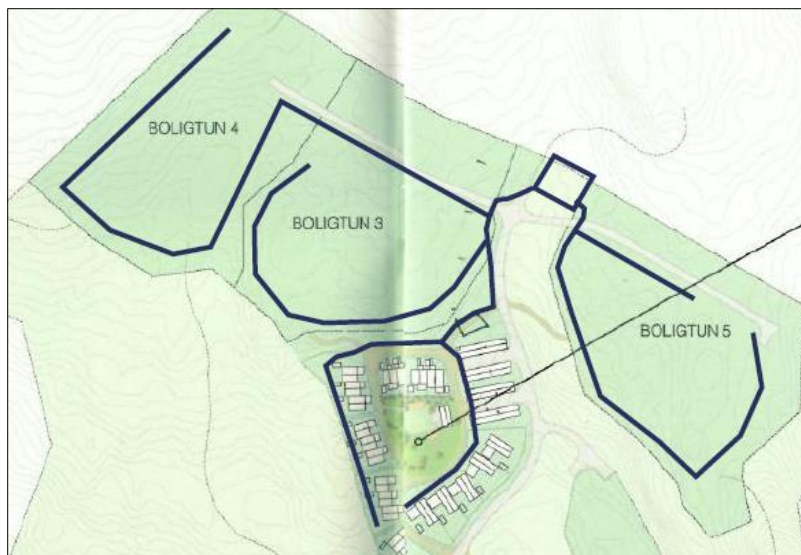
Figur 7-9. Eksempel på Tradisjonelle viftekonvektor (tv.) og radiator (th.) for vannbåren varmeavgivelse i bygg (kilde: Husbyggeren/ Lyngson.no)

Med et dominerende varmtvannsbehov, i forhold til romoppvarming, vil det være et stort behov for høytemperatur varme, og dermed være gunstig med relativt høyt nivå på varmforsyningen.

For Hurdal Økolandsby med om lag 45-50% tappevannbehov, vil det kunne være gunstig å benytte et relativt høyt temperaturnivå på varmforsyningen. Forhold som varmetap i varmforsyningen i forhold til varmebehov er nødvendigvis en faktor som på generell basis må hensyntas ved valg av temperaturnivå.

7.6 Fremtidig utbygging

Det er gjort en vurdering av muligheter for å kunne dekke varmebehovet fra boligfelt 2 til 5 via en felles varmesentral. Figur 7-10 viser en tenkt utforming av energisentral og varmedistribusjon (nærvarmenett).



Figur 7-10. Skisse over tiltenkt utbygging av varmforsyning for Boligtun 2 - 5. Blå streker indikerer tiltenkt traseer for varmedistribusjon. Total grøftlengde for skisserte trase er omlag 1 350 m. Firkant mellom Boligtun 3 og Boligtun 5 indikerer en mulig plassering av energisentral.

Et interessant aspekt av å undersøke muligheten ved et økt omfang av varmforsyning var se om prisen på energi ville bli lavere. Resultatet, som omtalt i avsnitt 10, viste derimot at ikke dette var tilfellet. På grunn av at varmebehovet relativt sett er lite i forhold til nødvendig grøftlengder (varmetetthet), så vil ikke en utvidelse av størrelsen på energisentral og distribusjonsnett gi noen betydelig besparelse på de månedlige totalkostnadene.

8 SOLCELLEANLEGG

For å balansere energiregnskapet i driftsfasen (ZEB-O) må solcelleanlegget dimensjoneres slik at årlig el-produksjon tilsvarer levert el. I tillegg må det kompenseres for klimagassutslipp fra varmeproduksjon. Dimensjonering av solcelleanlegget er avhengig av mange faktorer. Generelt krever konseptene med varmepumpe større solcelleanlegg enn konsepter med bioenergi.

For å redusere installert solcelleeffekt til et minimum, er det viktig å redusere el-spesifikt energiforbruk så langt som mulig. For å oppnå dette blir tom. vaskemaskiner oppvaskmaskiner tilkoblet varmt vann fra varmesentralen,

Utslippsfaktorer for elektrisitet fra nettet som substitueres og bioenergi er andre viktige forutsetninger for dimensjonering av solcelleanlegget.

I dette prosjektet er det benyttet følgende utslippsfaktorer:

- Elektrisitet: 132 g CO_{2e}/kWh
- Bioenergi: 14 g CO_{2e}/kWh

For å kompensere for klimagassutslipp i driftsfasen må det årlig produseres følgende mengde solstrøm:

Produksjon solstrøm - Konsept A og B	124 895	[kWh/år]
Produksjon solstrøm - Konsept C	82 378	[kWh/år]
Produksjon solstrøm - Konsept D	77 902	[kWh/år]

I utgangspunktet var solcelleanlegg planlagt montert som for boligtn 1, dvs. direkte på skråtak til boligene. Denne løsningen er imidlertid relativt kostbart per installert W_p og resulterer i ikke optimal orientering av takarealene for flere boliger.

For å optimalisere produksjon av solstrøm er det valgt å flytte hele solstrømproduksjon til garasjene som planlegges med pulttak og 15° helning mot sør.

Med solinnstråling for Hurdal og solcellemoduler med 16,5% virkningsgrad vil det være mulig å oppnå ovennevnte produksjon ved å installere solcelleanlegg med følgende ytelse:



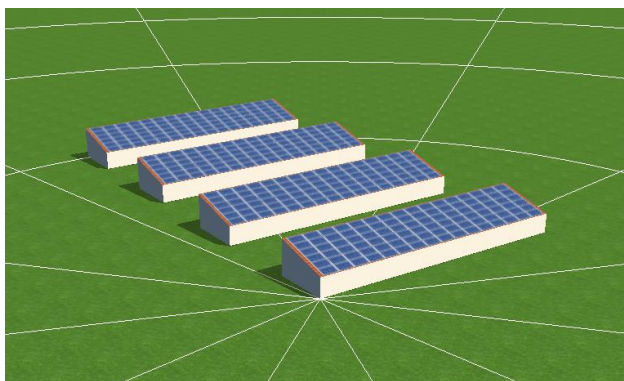
Figur 8-1: Aktivhus med solceller, boligtn 1

- Konsept A og B: 154 kW_p (Ca. 900 m²)
- Konsept C: 101 kW_p (Ca. 600 m²)
- Konsept D: 96 kW_p (Ca. 560 m²)

Med en systempris, inkl. montasje og idriftsettelse på 11-14 kr/kW_p blir investering for solcelleanlegg som følgende:

- Konsept A og B: 1,7- 2,2 mill kr
- Konsept C: 1,1 -1,4 mill kr.
- Konsept D: 1,06 – 1,36 mill. kr.

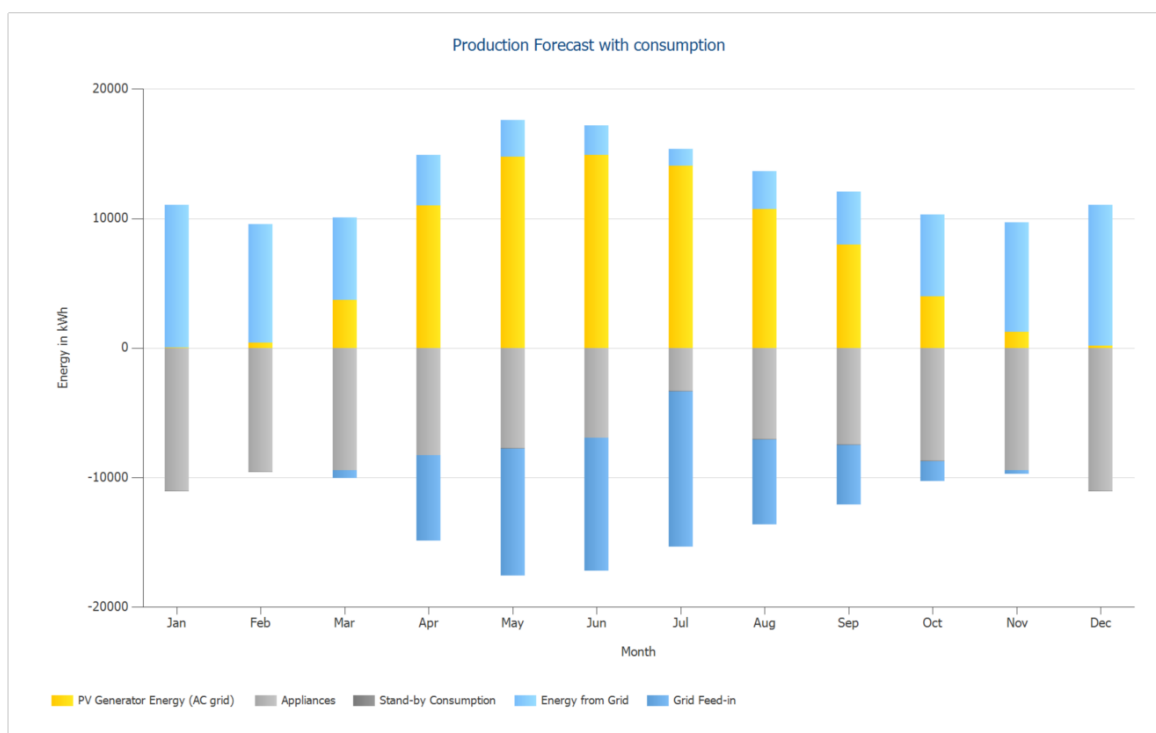
Figur 8-2 viser hvordan solcelleanlegget er tenkt plassert på pulttak av parkeringsanlegget.



Figur 8-2: 3D-illustrasjon av solcelleanlegg på tak av garasjene.

En utfordring for alle plussenergihus er vist i Figur 8-3. For å kompensere for underskudd i el-produksjon i perioden oktober til mars, må det produseres et tilsvarende overskudd i løpet av sommerhalvåret. Dette medfører et relativt stort behov for eksport av solstrøm til det offentlig el-nettet. Basert på «normale» markedspriser for elektrisitet må det regnes det et betydelig økonomisk tap for boligeiere siden produksjonskostnader for solstrøm er vesentlig høyere enn markedspris for Variasjoner i kraftprisen fra sommer til vinter forsterker denne effekten ytterligere.

Likevel, for kunder med et årsproduksjon under 5000 kWh finnes det for tiden kraftselskaper som kjøper solstrøm over markedspris. Otovo og Smart Energi tilbyr å kjøpe solstrøm for hhv. 1, 0 og 0,8 kr/kWh.



Figur 8-3: Oversikt over månedlig solstrømproduksjon, behov for levert el og behov for eksport av el til el-nettet.

Det ønskes å påpeke at tilgjengelig takareal fra garasjebyggene ikke er stort nok til å kunne montere hele solcelleanlegget for varmepumpealternativene (konsept A og konsept B).

9 KLIMAGASSREGNSKAP

9.1 Beregningsmetodikk

9.1.1 Systemgrenser

Det er beregnet klimagassutslipp for følgende:

- Byggematerialer i boliger
- Byggematerialer i andre bygg (carporter, energisentral og felleshus)
- Materialer i solcellemoduler (paneler og monteringsystem)
- Materialer i tekniske systemer (innendørs og utendørs)
- Byggefase (utgraving av grøfter til energiinfrastruktur, øvrige grunnarbeider og drift av mobilkraner og anleggsmaskiner)
- Energiforbruk til drift av byggene

Beregnete klimagassutslipp i CO₂-ekvivalenter (CO₂-ekv) omfatter produksjon av materialer, transport til byggeplass og utskifting der materialet har kortere levetid enn bygget.

60 års levetid for boligbygg er forutsatt, i tråd med standard praksis for klimagassberegninger av bygg. Utslipp fra avhending og avfallshåndtering er ikke medregnet i denne analysen.

9.1.2 Forutsetninger

Byggematerialer

Mengdedata for byggematerialer er hentet fra ArchiCAD og supplert av arkitekt i prosjektet. Informasjon om utslippsfaktorer per materialmengde og per transportert km er hentet delvis fra miljødatabasen Ecoinvent og delvis fra miljødeklarasjoner (EPDer).

Det er også gjennomført en sammenlikning av ett rekkehus i økolandsbyen med et standard referansebygg, som definert ved bruk av verktøyet klimagassregnskap.no. Ettersom kgr.no ikke medregner utslipp fra materialtransport, er dette ekskludert fra sammenlikningen.

Alle materialer som har kortere levetid enn analyseperioden er antatt å ha en eller flere utskiftninger, avhengig av levetid. Det er gjort korrigeringer for «restlevetid» ved riving av bygget, det vil si at mengden utskifting er avhengig av hvor mange år materialet er brukbart etter riving. For eksempel er det antatt en halv utskifting i år 40 for materialer med 40 års levetid.

Solcellemoduler

Det er antatt bruk av REC solcellemoduler «Twin Peak series 2» med kapasitet 275 Wp. Klimagassutslipp for disse modulene ligger på 0,67 kg CO₂-ekv/Wp ifølge dokumentasjon fra REC⁹. Dette tilsvarer 183 kg CO₂-ekv per modul, eller 111 kg CO₂-ekv per m². Solcellemoduler har en levetid på ca. 30 år, dermed trengs det to sett med solceller i løpet av levetiden.

⁹ http://www.recgroup.com/sites/default/files/rec_twinpeak_solstyce_2_0.pdf

Tekniske systemer

For innendørs tekniske systemer (el. og VVS) er det benyttet nøkkeltall/erfaringstall fra en studie som har beregnet livsløpsutslipp for et passivhus (masteroppgave, O. Dahlstrøm 2011).

Utslipp for produksjon av pelletskjel er beregnet med utgangspunkt i innhold av jern og stål i kjel og akkumulatortanker.

Utslipp knyttet til utendørs energiinfrastruktur omfatter produksjon av VA-rør og fjernvarmerør. For vannrør er det benyttet EPD for PE-rør, og for spillvannsrør EPD for PVC-rør. Utslippsfaktor for fjernvarmerør er beregnet utfra produktinformasjon om Flextra Twin Pipe fra Logstor.

Byggefase

Utslipp fra byggefasen er beregnet ved å multiplisere utslippsfaktorer for elektrisitet og diesel med estimert forbruk av disse energibærerne i byggefasen.

Dieselforbruk til graving av grøfter til nærvarmerør, el-kabler og VA-rør er beregnet på bakgrunn av skisser for el- og nærvarmenettet for Boligtun 2. Det er forutsatt at grøfter for VA-rør vil ha samme lengde som grøfter for el- og nærvarmerør. Det er forutsatt standard grøfteprofiler for de ulike typer grøfter. Dieselforbruk for graving av grøft per m³ løsmasse er hentet fra verktøyet VegLCA.

Elektrisitetsforbruk og dieselbruk for øvrige aktiviteter knyttet til byggefasen (grunnarbeider, byggestrøm, oppvarming, kranbruk, transport av materialer osv.) er beregnet fra erfaringstall per m² bygg fra Campus Evenstad.

Energiforbruk til drift av byggene

Klimagassutslipp til drift av byggene er beregnet fra forventet energiforbruk til drift av boligbyggene og felleshuset. Energiforbruk i energisentral og carporter er neglisjert, da disse byggene ikke er oppvarmet.

Følgende energibehov er antatt totalt for boligbyggene og felleshuset:

Tabell 9-1 Energibehov for byggene i Boligtun 2

Energibehov (kWh/år)	
Oppvarming	93 106
Varmtvann	77 480
EI	55 944

Av Tabell 9-1 fremgår det at det trengs omtrent 177 000 kWh til oppvarming årlig. For å dekke dette energibehovet, samt tap i kjel og nærvarmenettet, må pelletskjelen levere rundt 200 000 kWh årlig. EI-behovet dekkes av solcellene. Tabell 9-2 viser at solcellene kan levere mer energi enn behovet for elektrisitet. Det vil produseres omtrent 25 000 kWh ekstra i året.

Tabell 9-2 Levert energi fra Pellettskjel og solceller

Levert energi (kWh/år)	
Pellettskjel	200 000
Solceller	83 000

Utslipp fra energiproduksjon med pelletskjelen er basert på utslippsfaktor for biobrensel (0,014 kg CO₂-ekv/kWh). Her er det antatt at biobrensel er klimanøytralt fordi biomassen tidligere har tatt opp CO₂ fra atmosfæren gjennom fotosyntesen. De eneste klimagassutslippene som medregnes knyttet til bruk av biobrensel er derfor utslipp knyttet til produksjonen av brenselet.

Energiproduksjon fra solceller gir ingen direkte utslipp. Produksjonen av solcellene gir imidlertid store utslipp og er viktige å ha med i regnskapet. Utslipp fra produksjon av solceller er medregnet under utslipp fra materialbruk.

Det antas at overskuddsenergien fra solcellene sendes tilbake på nettet slik at denne erstatter annen elektrisitetsproduksjon, og dermed kompenserer for utslipp (gir negative utslipp). Det antas at nordisk elektrisitets-miks blir erstattet (132 g CO₂-ekv/kWh).

9.2 Resultater fra klimagassregnskap

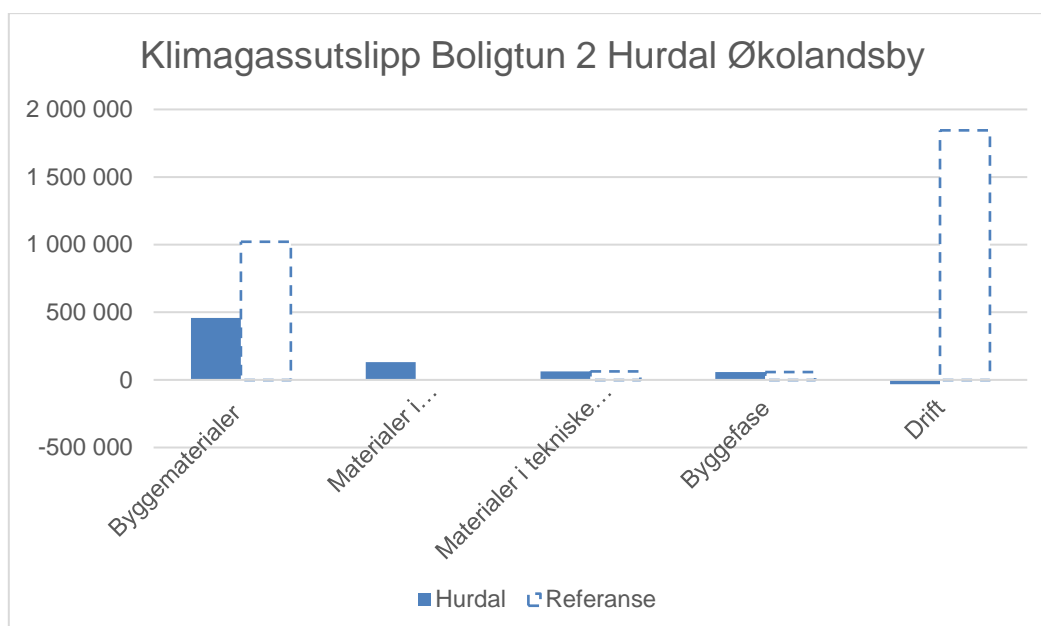
9.2.1 Klimagassregnskap for Boligtun 2 (hele området)

Tabell 9-3 viser en sammenstilling av alle klimagassutslipp fra energiforbruk til drift av byggene i Boligtun 2 i 60 år og fra materialbruk (produksjon og transport av materialer). Den høyre kolonnen viser årlige utslipp dersom totale utslipp fordeles likt over 60 år.

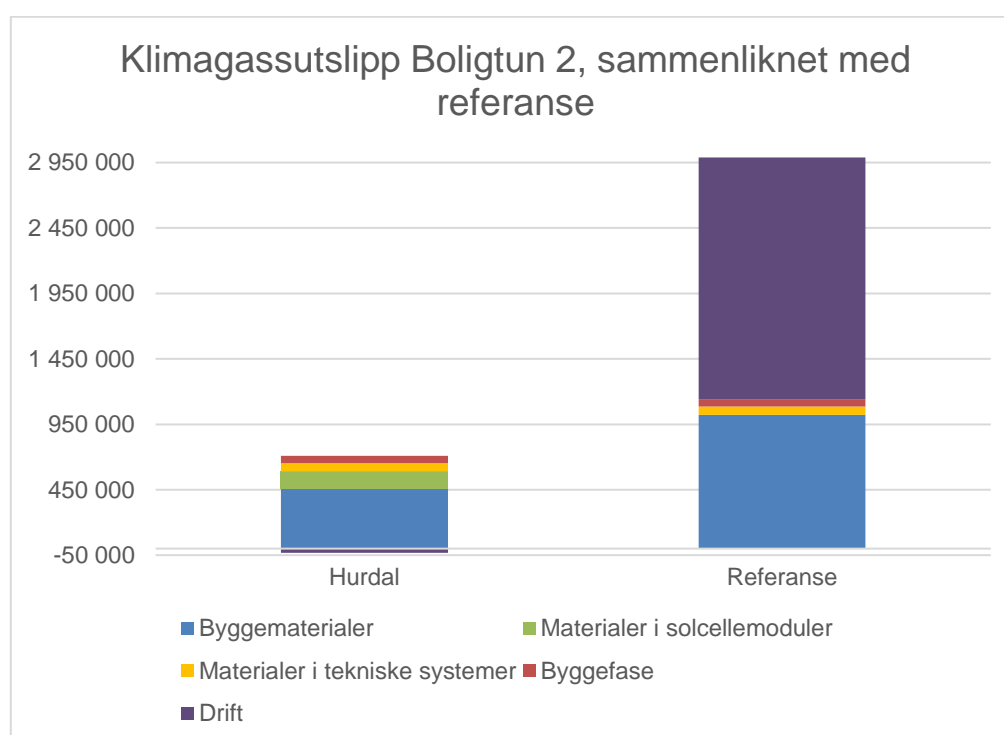
Tabell 9-3 Totale klimagassutslipp over livsløpet fra energiforbruk til drift av byggene og fra materialbruk til bygg og tekniske systemer i Boligtun 2.

Klimagassutslipp Boligtun 2	tonn CO ₂ -ekv	kg CO ₂ -ekv/år
Byggematerialer, boligbygg	415	6 917
Byggematerialer, andre bygg	43	716
Materialer i solcellemoduler	132	2 208
Materialer i tekniske systemer	62	1 039
Byggefase	57	958
Energiforbruk i drift	- 31	- 514
Totale klimagassutslipp	679	11 323

Figur 9-1 viser klimagassutslippene for Boligtun 2 sammenliknet med en referanse som representerer utbygging av et tilsvarende boligfelt med konvensjonelle valg av materialer og energiforsyning.



Figur 9-1 Totale klimagassutslipp fra materialbruk og energibruk i drift for Boligtun 2



Figur 9-2 Sammenlikning av klimagassutslipp for Boligtun 2 og et boligfelt med standard materialer og energiforsyning.

I Figur 9-2 er alle bidrag slått sammen for Boligtun 2 og referansebygget. Til sammen er klimagassutslippene for Boligtun 2 omtrent 70 % lavere enn for et boligfelt med standard materialvalg og elektrisitet som hovedkilde til oppvarming (sammen med 10 % vedfyring). Reduksjonen i utslipp skyldes først og fremst beregnede utslipp for energiforbruk, men også miljøvennlige materialvalg. Beregnede klimagassutslipp fra energiforbruk til drift blir negative for Boligtun 2. Dette skyldes at solcellene produserer mer elektrisitet enn nødvendig,

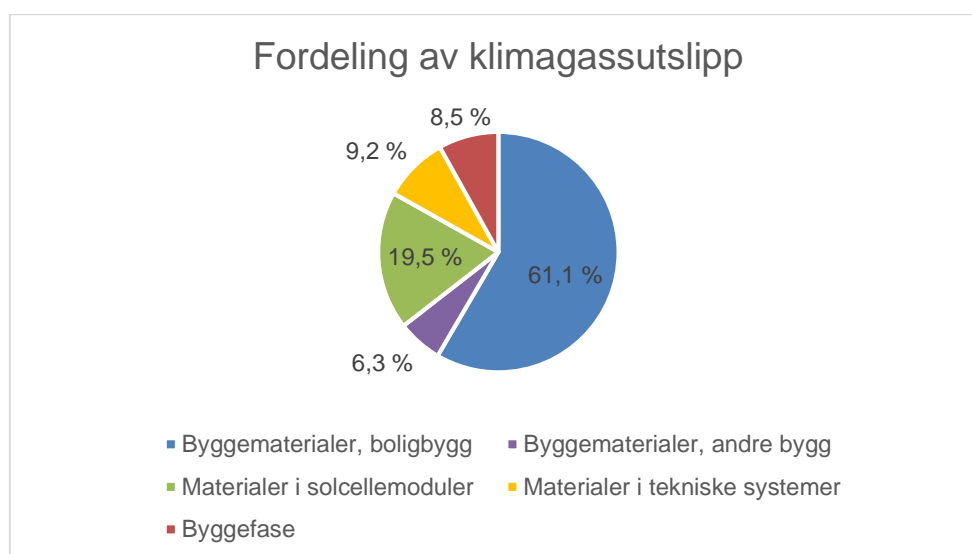
kombinert med den lave utslippsfaktoren for produksjon av biobrensel der utslipp fra forbrenning av biobrenselet ikke medregnes.

Tabell 9-4 Klimagassutslipp fra energiforbruk til drift av byggene. Utslipp fra materialbruk og pelletskjel og solceller er medregnet under utslipp fra materialbruk.

Energiforbruk til drift	MWh	tonn CO ₂ -ekv
Levert energi fra pelletskjel	12 000	168
Levert energi fra solceller	3 357	0
Overskuddsenergi fra solceller	- 1 506	-199
Totalt	13 850	-31

Elektrisitetsforbruket dekkes fullstendig av solcellene, og gir dermed 0 i utslipp. Utslipp fra produksjon av solcellene inngår i utslipp fra materialer. Basert på antakelsen om at CO₂-utslipp fra brenning av pellets ikke skal medregnes (kun utslipp knyttet til produksjon av pellets), er beregnede utslipp knyttet til bruk av pelletskjelen lavere enn utslippet som kompenseres for av solcelleproduksjonen, som vist i Tabell 9-4. Dermed blir netto beregnede utslipp fra energibruk gjennom byggenes levetid negativt.

Med disse forutsetningene vil beregnede klimagassutslipp kun komme fra produksjon og transport av materialer. Figur 9-3 viser fordelingen av utslippene på de ulike materialene.

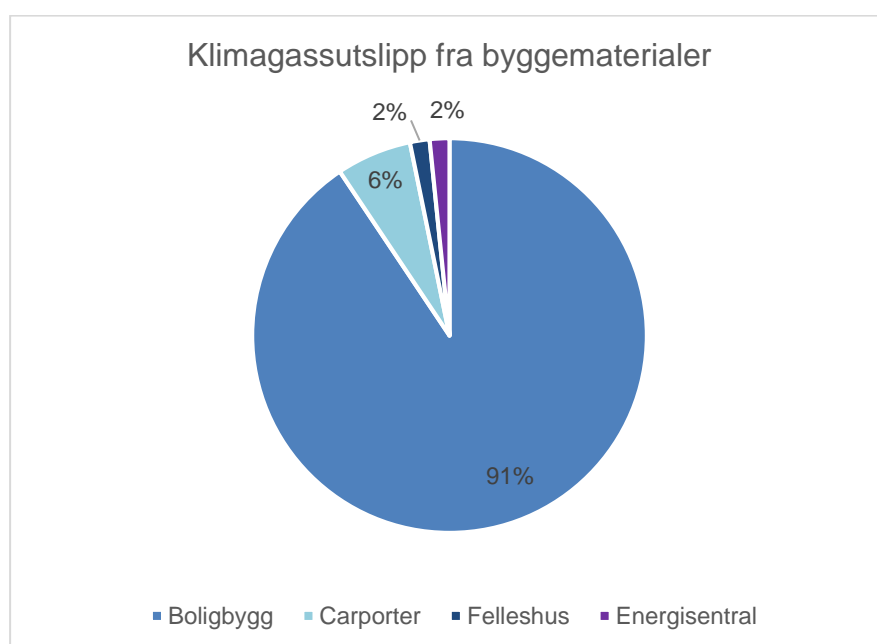


Figur 9-3 Fordeling av klimagassutslipp fra energiforbruk til drift av bygg og produksjon og materialbruk for Boligtun 2 over levetiden.

Klimagassutslipp fra byggematerialene forårsakes i hovedsak av materialbruk til boligbyggene. Fordelingen mellom utslipp fra de ulike byggene er vist i Tabell 9-5 og Figur 9-4:

Tabell 9-5 Klimagassutslipp fra materialbruk i bygninger

Byggematerialer	kg CO ₂ -ekv
Boligbygg	415 017
Carporter	28 211
Felleshus	7 378
Energisentral	7 393
Totalt	457 999

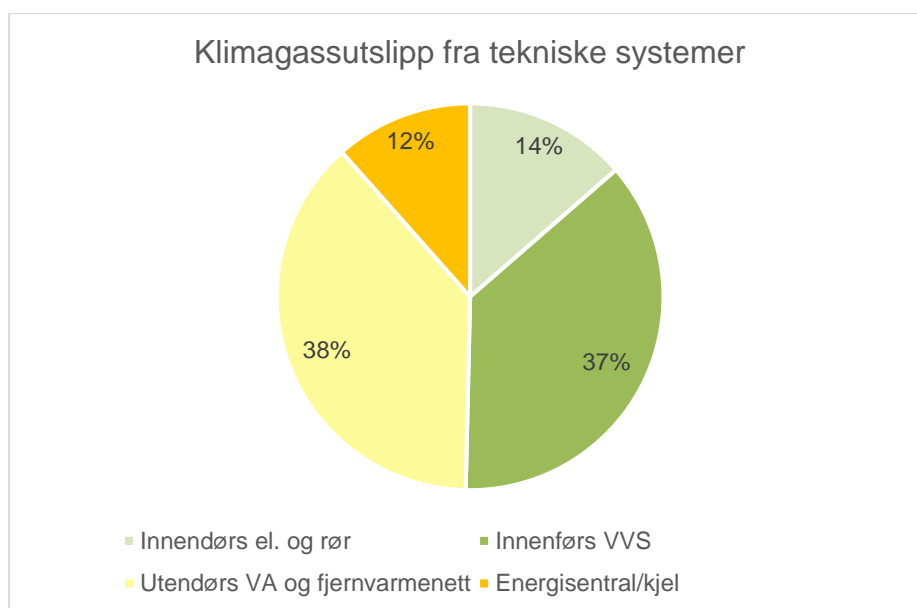


Figur 9-4 Fordeling av klimagassutslipp fra byggematerialer på ulike typer bygg

Utslipp fra materialbruk til tekniske systemer domineres av infrastruktur og rør til fjernvarmenettet og til andre deler av VVS-systemet. Produksjonen av solcellene er separert ut (se Tabell 9-3), fordi dette bidraget er over dobbelt så stort som de andre tekniske systemene til sammen (132 451 kg CO₂-ekv.).

Tabell 9-6 Klimagassutslipp fra materialbruk i tekniske systemer

Tekniske systemer	kg CO ₂ -ekv
Innendørs el. og rør	8 483
Innendørs VVS	22 908
Utendørs VA og fjernvarmenett	23 744
Pelletskjel	7 192
Totalt	62 328

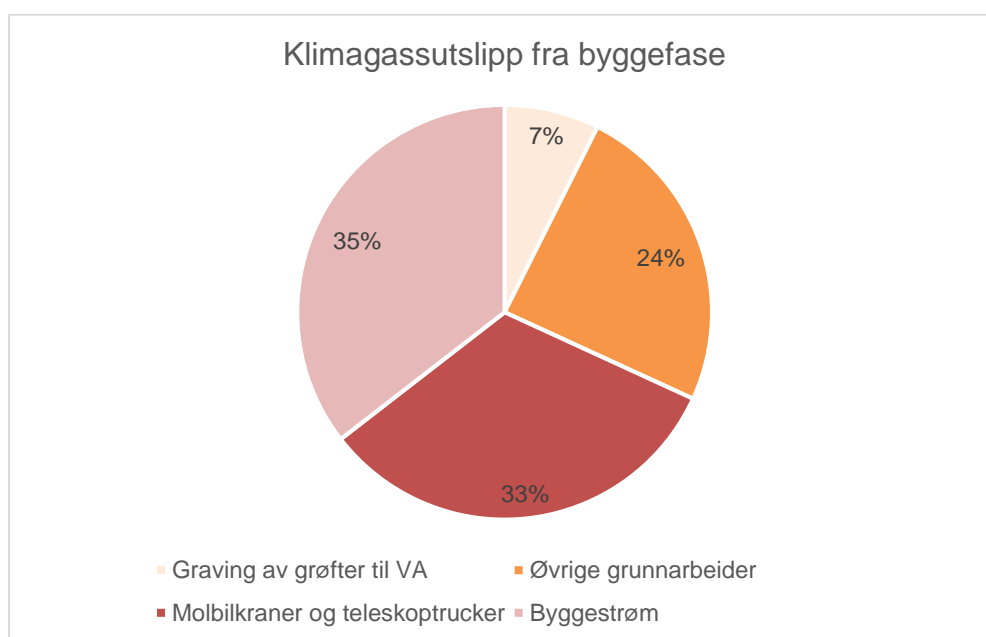


Figur 9-5 Fordeling av klimagassutslipp fra materialer i tekniske systemer (unntatt solceller)

I byggefasen er det elektrisitetsforbruk som forårsaker mest klimagassutslipp, og dernest dieselforbruk i mobilkraner og anleggsmaskiner.

Tabell 9-7 Klimagassutslipp fra byggefasen, ref. kap. 9.1.2 Forutsetninger

Byggefase	kg CO ₂ -ekv
Graving av grøfter til VA	4 253
Øvrige grunnarbeider	14 051
Mobilkraner og anleggsmaskiner	18 771
Byggestrøm	20 393
SUM	57 468



Figur 9-6 Fordeling av klimagassutslipp i byggefasen

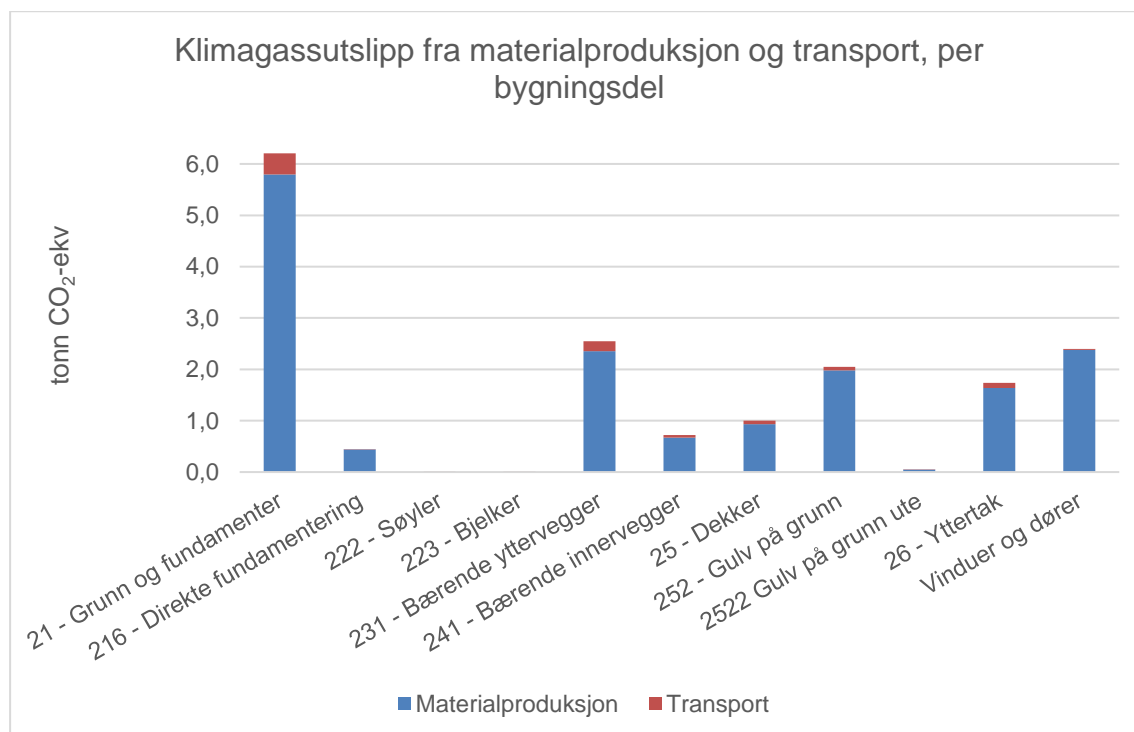
9.2.2 Klimagassregnskap for rekkehusene

Tabell 9-8 viser hvordan klimagassutslippene for et rekkehus på 100 m² i Boligtun 2 fordeler seg på de ulike bygningsdelene. Utslippene er fordelt i henhold til NS3451 *Bygningdelstabell*.

Tabell 9-8 Klimagassutslipp for et rekkehus i Boligtun 2 fordelt på bygningsdeler

Bygningsdel	kg CO ₂ -ekv	Andel av utslipp
21 - Grunn og fundamenter	6 207	36 %
216 - Direkte fundamentering	439	3 %
222 - Søylar	4	0 %
223 - Bjelker	5	0 %
231 - Bærende yttervegger	2 547	15 %
241 - Bærende innervegger	723	4 %
25 - Dekker	1 003	6 %
252 - Gulv på grunn	2 048	12 %
2522 Gulv på grunn ute	56	0 %
26 - Yttertak	1 735	10 %
Vinduer og dører	2 396	14 %
SUM	17 164	100 %

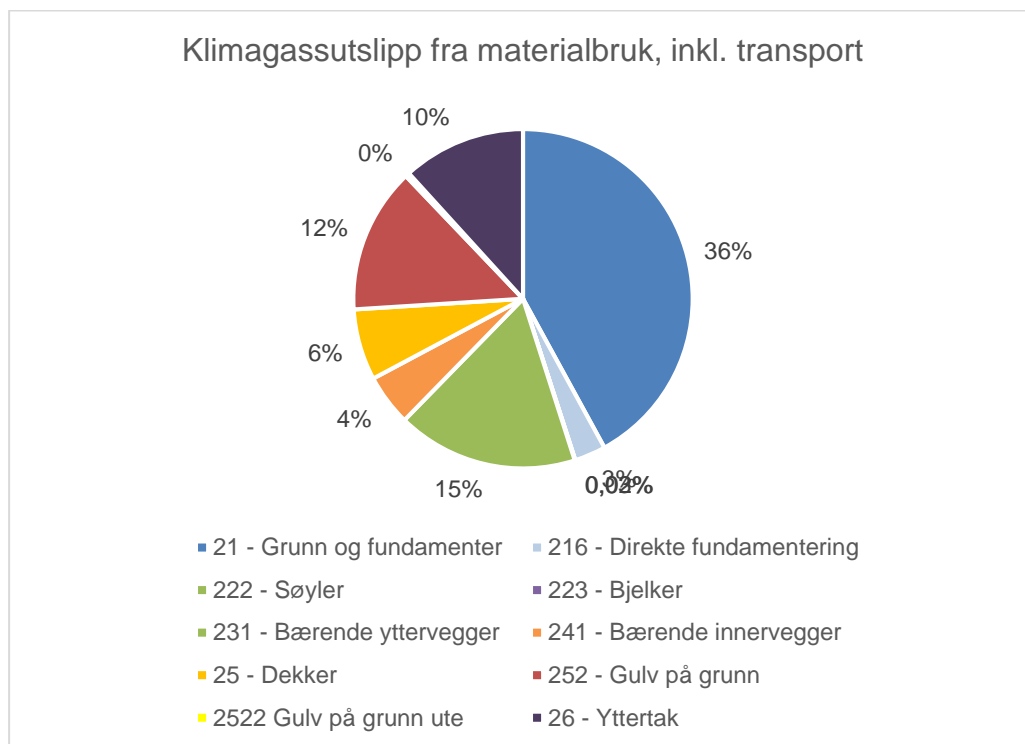
Grunn og fundamenter gir det klart største bidraget til totale utslipp. Dette kommer av den store mengden betong og armeringsstål, som er materialer med høye utslipp i produksjonsfasen. EPS-isolasjon gir også et betydelig bidrag her. For yttervegger og gulv på grunn er det isolasjon som har størst betydning. Utslipp fordelt per materialtype er gitt i vedlegget.



Figur 9-7 Klimagassutslipp fra materialbruk for et rekkehus i Boligtun 2, oppgitt per bygningselement og fordelt på materialproduksjon og transport av materialer

Figur 9-7 viser klimagassutslippene per bygningsdel fordelt på produksjon av materialer og transport til byggeplass. I materialproduksjonen inngår utslipp til produksjon av nye materialer ved utskifting.

Andelene av totale klimagassutslipp for hver bygningsdel er vist i Figur 9-8.

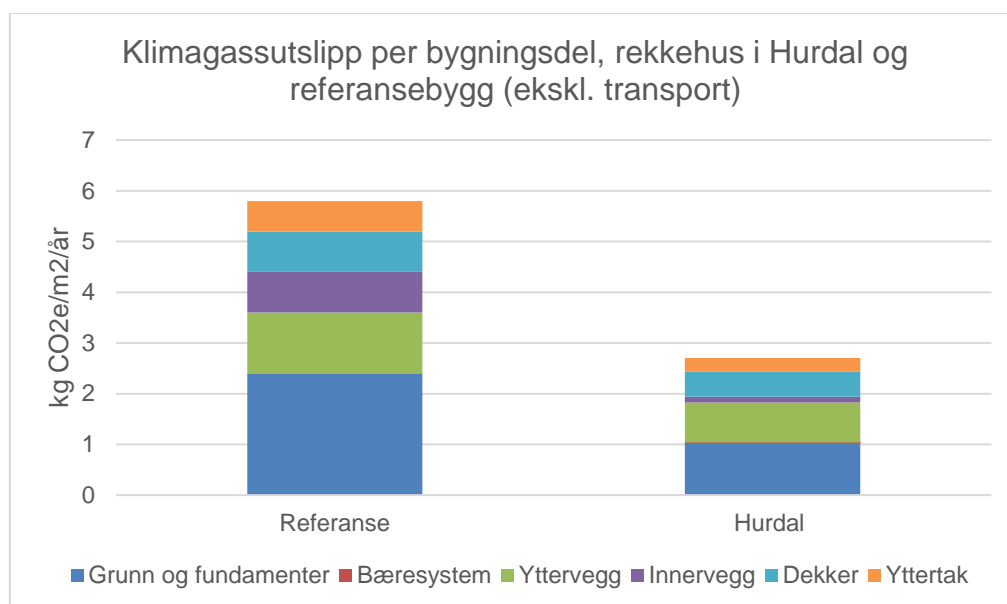


Figur 9-8 Klimagassutslipp fra materialbruk i et rekkehus i Boligtun 2, fordelt per bygningsdel

For å sammenlikne klimagassutslippene fra rekkehusene i Boligtun 2 med et «standard bygg» (dvs. et bygg av samme type og størrelse, bygget med konvensjonell materialbruk), er et referansebygg definert ved bruk av verktøyet klimagassregnskap.no benyttet. På grunn av forutsetningene som legges til grunn i klimagassregnskap.no er oppbyggingen av referansebygget enklere enn datagrunnlaget for et rekkehus i Boligtun 2 tilsier. Derfor er kun bygningselementene som er medregnet for referansebygget fra kgr.no benyttet som grunnlag for sammenlikningen (dette betyr at ikke alle bygningselementene som inngår i rekkehuset i Hurdal økolandsby er tatt med i sammenlikningen, for å gi et likt vurderingsgrunnlag). Tabell 9-9 viser at et rekkehus i Hurdal økolandsby gir omtrent 50 % mindre klimagassutslipp enn et standard boligbygg.

Tabell 9-9 Sammenlikning av klimagassutslipp fra et rekkehus i Boligtun 2 med et referansebygg

Bygningsdel	kg CO ₂ -ekv/m ² /år		
	Referanse	Hurdal	Differanse
Grunn og fundamenter	2,4	1,04	-57 %
Bæresystem	0	0	
Yttervegg	1,2	0,79	-34 %
Innervegg	0,8	0,11	-86 %
Dekker	0,8	0,49	-38 %
Yttertak	0,6	0,27	-55 %
SUM	5,80	2,71	-53 %



Figur 9-9 Sammenlikning av klimagassutslipp fra materialbruk for et rekkehus i Boligtun 2 med et referansebygg

Det er spesielt i grunn og fundamenter hvor rekkehuset i Hurdal gir mindre utslipp enn referansebygget. Dette skyldes både at det brukes mindre materialmengder fundamentering totalt for rekkehuset, og at det benyttes materialer med lavere klimagassutslipp fra produksjon. Den første årsaken, mengde, har mest å si for forskjellene i utslipp fra XPS i fundamentering, mens den andre årsaken, utslipp per materialmengde forbrukt, har mest å si for betongbruk, ettersom det er benyttet lavkarbonbetong i Hurdal økolandsby.

10 ØKONOMISKE BETRAKTNINGER

Det er gjort økonomiske betraktninger rundt investering og energikostnader for ulike energiforsyningskonsepter beskrevet i avsnitt 5. De ulike konseptene vurdert er:

KONSEPT A	Varmepumpe/energibrønner (sentral) & PV anlegg	Boligtun 2
KONSEPT B	Varmepumpe/energibrønner (sentral) & leie av PV anlegg (Otovo)	Boligtun 2
KONSEPT C	Pelletsanlegg (sentral) & PV anlegg	Boligtun 2
KONSEPT D	Pelletsanlegg (sentral) og solfanger & PV anlegg	Boligtun 2
KONSEPT E	Pelletsanlegg (sentral) & PV anlegg	Boligtun 2, 3, 4 og 5

Alle konseptene er designet med et solcelleareal som gjør at ZEB-0 målsetting overholdes. Det innebærer at klimagassutslippet over året skal gå i null, basert på gitte utslippsparametere og energibehov.

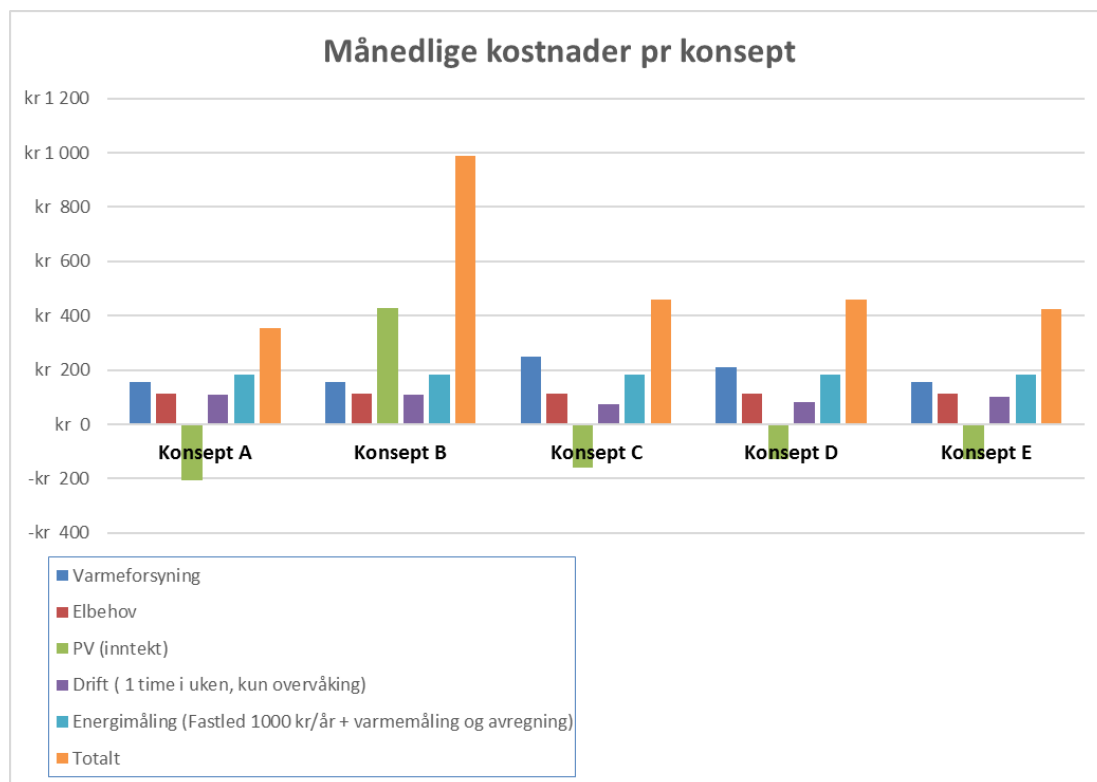
Total installasjonskostnad for de ulike konseptene er beregnet til:

	Installasjonskostnad [mill. kr]
KONSEPT A	4,8
KONSEPT B	3,4
KONSEPT C	3,8
KONSEPT D	4,1
KONSEPT E	16,9

Investeringskostnadene er basert på innhentede kostnadstall fra ulike leverandører. Enkelte av kostnadstallene er basert på erfaringstall. Det dyreste konseptet viser seg å være med termisk energi forsynt fra varmpumpe og energibrønner, *konsept A*. Dersom PV anlegget blir leid av et selskap av typen Otovo, blir totalinvesteringen av VP/energibrønn konseptet redusert med 30%. Det rimeligste konseptet, uten leieavtale for deler av anlegget, er *konsept C*, med sentral pelletskjel. Prinsipielt vil det også være mulig å leie solcelleanlegget, noe som vil medføre ytterligere reduksjon i investeringskostnader. Figur 10-1 gjennomsnittlige investeringskostnader per husstand.



Figur 10-1. Investeringskostnader pr husstand relatert til energiforsynings konsepter (A til E). Kostnaden hensyntar både innomhus- og utomhuskostnader for de ulike konseptene. Vedovn, som dekker om lag 13 000 [kWh/år pr husstand] av oppvarmingsbehov, er inkludert i energibudsjettet men ikke i kostnadsberegningene.



Figur 10-2. Beregnede månedlige kostnader for hver husstand relatert til investering og drift av energiforsyningen.

Som figur 10-2 illustrerer vil konseptet med den totalt høyest månedlig kostnader være det hvor PV anlegget blir leaset (konsept B). Det rimeligste vil med alle forutsetningene hensyntatt i beregningene, være konsept A, varmpumpe og energibrønner. Den primære bakgrunnen for dette skyldes et større PV anlegg (nødvendig for å oppfylle ZEB-0), som gir større inntekter for eksportert strøm og at det ikke er behov for å kjøpe brensel.

Det bør noteres at nivået på driftskostnadene som her ligger til grunn i prinsipp representerer mer en «overvåking» av system (mindre enn 1 time pr uke). Ved behov for innjustering, feil og reparasjon på anlegget, vil denne kostnaden øke betydelig. For en varmesentral basert på biokjel med en effekt på hundre kW vil tidsbruk til drift og vedlikehold fort kunne komme opp mot 100 [timer/år], eller nærmere 2 timer pr uke. I tillegg vil kostnad for administrativt arbeid som brensel bestilling, eventuell fakturering, oppfølging EOS komme i tillegg. Totalt vil det ikke være urealistisk å nærme seg 3-4 timer pr uke, for en biobasert varmforsyning. Med utgangspunkt i at et varmpumpe/energibrønn system har færre mekanisk roterende komponenter, og mindre krav til generell vedlikehold som f. eks. rensing av aske, antas det at dette konseptet generelt sett vil ha lavere drift- og vedlikeholdskostnader enn ett biobasert anlegg.

Likevel, for Økolandsbyen kan det antas at en del av tidsbehov til drift- og vedlikehold kan gjøres basert på egeninnsats fra eller flere beboere.

11 RESULTATER OG ANBEFALING

I følge beregningene er det mulig å bygge boligtn 2 som ZEB-O bygninger innenfor en kostnadsramme på 140 000 til 180 000 kr per bolig. Varmepumpealternativene krever noe høyere investering, men vil gi lavere driftskostnader.

Særlig det relativt store behovet for varmt tappevann trekker i retning av at konseptet med flis- eller pellets til oppdekning av varmebehovet virker fordelaktig. Denne løsningen vil også kreve et mindre solcelleareal for å dekke energibehovet til oppvarming, og dermed er det nok tilgjengelig takareal på parkeringsanlegget. På den andre siden vil denne løsningen gi høyere drifts- og vedlikeholdskostnader. Valg av temperaturnivå på varmedistribusjonssystemet må gjøres på bakgrunn av valgt energiforsyning.

Den beste løsningen for elektrisitetsproduksjon vil være å ha et sentralt PV-anlegg, da optimal orientering og helningsvinkel fører til redusert behov for solcelleareal. Selv om dette fører til utfordringer med tanke på fordeling av elektrisitetsproduksjonen mellom boenhetene, finnes det løsninger som er tilgjengelige i dag, som å opprette et mikrogrid. Det er også muligheter for et endret lovverk i fremtiden som kan legge til rette for at boligselskap kan ses på som én plusskunde, som vil være den mest gunstige løsningen. Da kan også elektrisiteten selges til 3. partsaktører som tilbyr å kjøpe strøm til en høyere pris enn nettselskaper.

Basert på utredningen av konsepter har det blitt lagt en plan for energiforsyningen til Hurdal øklandsby Boligtun 2. Et viktig moment her er helhet, og det skal oppnås mer optimale løsninger ved å tenke helhetlig. Løsningene som skal tas i bruk skal ikke bare vektlegge reduksjon i energibruk, men også effektbruk for å redusere belastningen av kraftnettet.

Energiforsyningen består av et sentralt solcelleanlegg og sentralt varmpumpeanlegg med energibrønner. For å fordele lokal produsert elektrisitet og redusere effektbehovet skal det tas i bruk Smart Grid løsninger. Videre er det et mål å bli et pilotområde innenfor nabostrømløsninger for et boligområde.