

NULLENERGI KONSEPT UTSIKTEN I LIER

ZERO ENERGY CONCEPT FOR UTSIKTEN IN LIER

NINA AASTORP TANGEN

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVTENSKAP
INSTITUTT FOR MATEMATISKE REALFAG OG TEKNOLOGI (IMT)
MASTERSOPPGAVE 30. SEP. 2011



Forord

Denne masteroppgaven er utviklet under et samarbeid med Selvaag og UMB.

Jeg har fra starten av mitt 5-årige studium på UMB ønsket å få skrive en masteroppgave om miljø- og energiriktige bygg. Bygninger planlagt med fokus på miljø og energi blir mer og mer aktuelle i dagens samfunn og tiden fremover. Tankegangen er enda ung i forhold til tradisjonelle bygg. Emnet blir derfor ekstra spennende. Denne masteroppgaven omhandler å planlegge et null-energi rekkehus på en tomt på Utsikten i Lier.

Det er noen mennesker som har gjort det mulig for meg å skrive denne oppgaven. Jeg ønsker å takke mine to veiledere fra UMB; Torgeir Lyngtveit og Thomas Thiis som har gjort sitt beste for å støtte meg. Jeg retter en stor takk til Selvaag gruppen for muligheten til å skrive masteroppgaven i samarbeid med dem. De har vist stor forståelse og tillit og inkludert meg på en rekke områder på en betryggende måte. Jeg vil takke min mentor Ola Ø Thorsnes fra Selvaag for uvurderlig støtte, engasjement og bistand under prosessen. Dere har alle vært til meget stor hjelp og gjort det mulig for meg å skrive en masteroppgave som omhandler et tema jeg finner svært interessant og spennende. Jeg ønsker også å takke Freddy Tangen som har vært til stor hjelp når det gjelder å få innsyn i biogass som energikilde. I tillegg vil jeg takke Kristian Harley Hansen som har vært veldig samarbeidsvillig og hyggelig. Jeg ønsker også å takke Helge Folkestad for sitt engasjement i forbindelse med sine varmelister. Til slutt vil jeg takke daglig leder ved Lier Veikro som gjorde det mulig for meg å få tak i nok matavfall.

Sammendrag

Denne masteroppgaven omhandler et nullenergikonsept rettet mot Selvaagprisen 2011. Boligene i oppgaven har nullenergistandard. Den aktuelle tomten ligger på Utsikten i Lier kommune. Boligene er 7 rekkehus, alle med universell utforming. Husene består av to hovedetasjeplan i tillegg til et garasjeplan og loft. Boligene er tilpasset tomten i størst mulig grad. Det er gjennomgående trapp fra kjeller til 2. etasje med trappeheis i alle rekkehusene. Boligene er knyttet til en felles energisentral som forsyner varmtvann og strøm. Energisentralen består av et biogassanlegg, et drivhus med planteproduksjon, et soltak med varmepumpe samt en varmeveksler. Et renseanlegg for gråvann kan kobles til energisentralen. På takene av boligene er det installert solfangeranlegg som varmer opp varmt vann. Solfangerne er koblet til varmepumpe som igjen er koblet til varmtvannstank og generator for produksjon av elektrisk energi. På varme dager kan generatoren med soltaket og varmepumpen produsere strøm. Solfangerne med varmepumpe produserer nok varmtvann gjennom året til å dekke forbruket i alle sesonger. Biogassanlegget benytter svartvann fra boligen og nabotomter, matavfall fra de 7 rekkehusene samt organisk hageavfall til å produsere biogass. Ved hjelp av en biogassgenerator produseres det nok strøm til å dekke strømforbruket til boligene. Varmevexleren gjenvinner 60 % av varmen fra gråvannet. Energiutgiftene til produksjon av varmtvann blir derfor kraftig redusert. Renseanlegget kan gjøre det mulig å kunne benytte gråvannet til vanning av hage og drivhus samt til spyling i toalettene. Boligene er installert med vakuumpoletter for å redusere vannforbruket til spyling av toalettene og for å få en mer konsentrert

svartvannsproduksjon. Drivhuset over biogassanlegget skjuler hele energisentralen. Biogassanlegget avgir CO₂ som plantene i drivhuset har direkte nytte av.

Det blir i ikke benyttet vindkraft, solceller, bergvarmepumpe eller pellets-kamin i denne oppgaven da dette ikke var de gunstigste løsningene med tanke på strømproduksjon.

Summary

This thesis is about a zero-energy concept aimed towards the Selvaagprisen 2011. The townhouses described in this paper have a zero energy standard. The building location is in Lier municipality. The complex consist of 7 townhouses, all built with universal design. The houses have two main floors in addition to a garage plan and attic. The houses are built in a way that it tries to use the land as effectively as possible. There are stairs throughout the floors in addition to stair lift except to the attic. The houses are connected to a common energy central that supplies water and electricity. This central consist of a biogas plant, a greenhouse, sun collector roofs with heat pumps and heat exchangers. Grey water treatment plant can also be connected to the energy central. The roofs of the houses have been installed with solar collectors, which heat hot water. Sun collectors are connected to the pump which in turn is connected to the boiler and a generator for production of electricity. On hot days, the combination of generator, collectors and heat pump on the roof will produce electricity. The collectors with heat pump will produce enough hot water throughout the year to cover the hot tap water consumption throughout the year. The biogas plant uses black water from the 7 townhouses and from the neighborhood, food waste from the 7 townhouses and organic garden waste to produce biogas. Using a biogas generator the system produces enough electricity to meet the electricity consumption of the townhouses throughout the year. The heat exchanger recovers 60% of the heat from gray water. The energy costs for production of hot water are therefore reduced significantly. The water treatment plant can make it possible to use gray water for watering the garden and the greenhouse. The houses are installed with vacuum toilets to reduce water consumption. The biogas plant is dogged down in the ground. The greenhouse is located on top of the plant and the energy center. Biogas plant emits CO₂ for the direct benefit of the green plants in the greenhouse.

Wind power, solar panels, ground source heat pump or pellet are not used for this thesis. These energy sources were not considered effective enough drillstocks in terms of power production.

Definisjoner og forkortelser

Absorber¹: overflaten til en solfanger som absorberer solstrålene

Akkumulere²: å samle opp, lagre, bevare

Asimutvinkel³: vinkelen langs horisonten i horisontalplanet

Balansert ventilasjon⁴: ventilasjonssystem hvor både avtrekk og tilførsel av luft foregår ved hjelp av elektriske vifter

Biorest: restene av det organiske avfallet etter endte forråtning og gassproduksjon

BRA: bruksareal, arealet av måleverdige gulv/dekke areal begrenset av ytterveggens innside og til midt i skillevegg til nabodel eller fellesareal

Danfoss⁵: leverandør av kompressorer og automatiske løsninger for kulde- og luftkondisjonering

Deponigass: biogass fra deponi (søppelfylling)

Dyse⁶: utstrømningsrør for væske eller gass som står under trykk

Døgnmiddeltemperatur⁷: gjennomsnittstemperatur gjennom et temperaturdøgn

Effekt⁸: arbeid utført per tidsenhet

Effektive soltimer per døgn: antall timer med klar sol per døgn

Ekspansjonsbeholder⁹: Beholder som opptar volumforandringer i varmesystemet

Ekspansjonsventil: regulerer væskestrømmen inn til en fordamper slik at denne hele tiden har like mye veske som den fordamper

Emittere¹⁰: avgi, sende ut stråling

Energigradtall (fyringsdager): et mål på oppvarmingsbehovet. Beregningen tar utgangspunkt i de døgnene hvor døgnmiddeltemperaturen er 17 grader celsius eller lavere.

Energigradtall for et døgn (fyringsbehov): antall grader døgnmiddeltemperaturen ligger under 17 grader celsius.

Energiltak: tiltak for å begrense energiforbruk

Fordamper¹¹: hovedkomponent i varmepumpeanlegg som sørger for å hente opp varme fra en varmekilde.

Fyringssesong: perioden fra døgnmiddeltemperaturen passerer under 11 grader celsius om høsten til den passerer over 9 grader celsius om våren

Horisont: linjen som skiller jorden fra himmelen. ¹² I denne oppgaven betyr full horisont at ingen trær, fjell eller bygningsdeler skygger for den aktuelle fasaden.

Intermediat¹³: kjemisk stoff som utelukkende produseres for å omdannes til et annet kjemisk stoff ved en kontrollert kjemisk produksjonsprosess

Kuldebro: felt i konstruksjonen hvor isolasjonsevnen er dårligere enn ellers¹⁴.

Lekkasjetall¹⁵: antall luftskifter per time med en trykkforskjell på 50 Pa over klimaskjermen

Lignin¹⁶: fellesnavn på en gruppe kompliserte kjeder av aromatiske alkoholer om inngår i planters cellevegg

Manifold: rør som forbinder flere rør

NS 3700:2010: Norsk Standard versjon 2010; Kriterier for passivhus og lavenergihus Boligbygninger

Posefilter: tekstilfilter som benyttes til å fjerne faste partikler i luft og gass

ppm¹⁷: part per million; enhet for angivelse av konsentrasjon

Rankine syklus¹⁸: en syklus som konverterer varme til arbeid

Reservoar¹⁹: et oppbevaringssted som ofte betegner et magasin som oppbevarer store vannmengder

Rørsløffe: kollektorslange fylt med væske som blir lagt i sløyfer under bakken eller i et system for å samle opp varmeneergi

Scroll kompressor²⁰: en enhet for å komprimerer luft eller kjøleveske

SFP-faktor²¹: Specific Fan Power; beskriver viftens effektforbruk i forhold til levert luftmengde (kW/(m³/s))

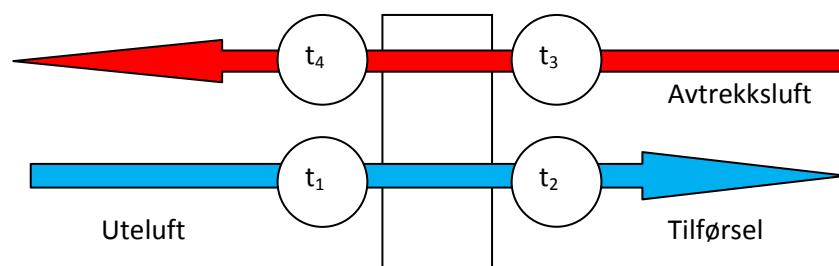
Systemvirkningsgrad: beskriver hvor godt et system virker

Tappevann: oppvarmet varmtvann

TEK 10: Byggteknisk forskrift versjon 2010

Temperaturvirkningsgrad: forholdet mellom det varmeopptagende mediets temperaturforhøyelse og differansen mellom mediens innløpstemperatur²²

Temperaturvirkningsgrad = $(t_2 - t_1) / (t_3 - t_1)$



TS: total solids; total tørrstoffmengde

U-verdi: varmegjennomgangskoeffisient W/(m²K). Angir hvor mye varme per tidsenhet som passerer en kvadratmeter av konstruksjonen ved en temperaturforskjell på 1 kelvin mellom konstruksjonens to sider²³.

Utløpstemperatur: temperaturen ved utløpet av et system

Vannbårent oppvarmingssystem: oppvarmingssystem bestående av varmt vann transportert i rør rundt om i boligen. Det benyttes radiatorer, varmekabler eller varmelister til å videreformidle varmen fra vannrørene til rommene de varmer opp.

Varmetapskoeffisient: definerer hvor enkelt varme transporteres fra et materiale til et annet²⁴

Varmetapstall: et mål for hvor mye varmenergi bygningen avgir til omgivelsene

Virkningsgrad: effektiviteten til en energiomformer²⁵

VS: Volatile Solids. Det organiske innholdet i et substrat²⁶

Windy Boy grid-tie inverter²⁷: en omformer fra produsenten Windy Boy som konverterer likestrøm til vekselstrøm og som kan supplere nettleverandøren.

WHR²⁸: Waste Heat Recovery: en energigjenvinnende varmeveksler som gjenvinner varmeenergi fra varmestrømmer med potensielt høyt energiinnhold

Årsmiddeltemperatur: gjennomsnitt av årets døgnmiddeltemperaturer²⁹

Årsvarmefaktor³⁰: Den varmenergien som en varmepumpe leverer dividert på energibruken som går med på å drive varmepumpen over ett år

Figurliste

Figur1: Illustrasjonen viser et kombinasjonssystem med solfanger, varmtvannsbeholder, tappevannssystem og boligoppvarmingssystem

Figur 2: Solfangerens oppbygning

Figur 3: Illustrasjon av varme-til-el modul

Figur 4: Illustrasjon av soltakkonseptet

Figur 5: Graf over forbruk og produksjon av varme ved soltak

Figur 6: Graf over forbruk og produksjon av elektrisk strøm ved soltak

Figur 7: Produksjon av elektrisk strøm, varmtvann og varme ved gitte temperaturverdier

Figur 8: Illustrasjon av soltakets styringssystem

Figur 9: Bilde av den sekundære sikkerhetsmekanismen ved produksjon og ved stans

Figur 10: Virkemåten av en scroll-kompressor

Figur 11: Illustrasjon av bergvarmeanlegg

Figur 12: Illustrasjon av jordvarmeanlegg

Figur 13: Illustrasjon av sjøvarmepumpe

Figur 14: Illustrasjon av en montert luft/luft varmepumpe med utedel og innedel

Figur 15: Illustrasjon av en luft/vann varmepumpe koblet til varmtvannstank og videre til radiator og dusj.

Figur 16: En DR61 Vindturbin

Figur 17: Bilde av solcellepanel NQ fra solar på 230 V

Figur 18: Biogassens sammensetning, typiske verdier

Figur 19: Mengden svartvann per person per år i en bolig med kildeseparert toalett

Figur 20: Bilde av pellets

Figur 21: Plateveksler øverst og kammerveksler nederst

Figur 22: Konstruksjonsstål.

- Figur 23: Kart over tomten
- Figur 24: Kart over grunnforholdene på tomten
- Figur 25: Oversiktskart over grunnforholdene i Lier
- Figur 26: Kart over byggefeltet rundt tomten
- Figur 27: Månedsnormal for middeltemperatur på tomten
- Figur 28: Månedsnormal for energigradtall for tomten
- Figur 29: Kart over årlig solinnstråling
- Figur 30: Tegning av huset på tomten
- Figur 31: Boligene på tomten
- Figur 32: Boligene før endring av tomt. Fasade mot sørvest
- Figur 33: Boligene før endring av tomt. Fasade mot nordøst
- Figur 34: Snitt av boliger før tomteendring.
- Figur 35: Snitt mot sørøst med endret tomt
- Figur 36: Fasade mot sørvest
- Figur 37: Tegning av boligene vendt mot nordvest
- Figur 38: Tegning av tomtens sørvest fasade
- Figur 39: Tegning av fasade mot nordøst
- Figur 40: Isotermforløpet til vinduet
- Figur 41: Beregning av u-verdi i yttervegg mot det fri utført ved hjelp av u-verdi program.
- Figur 42: Illustrasjon av yttervegg over terreng i vertikalplanet
- Figur 43: Illustrasjon av yttervegg over terreng i horisontalplanet
- Figur 44.: Beregning av u-verdi i kjellervegg utført ved hjelp av beregningsprogram.
- Figur 45: Tverrsnitt av isoblokk
- Figur 46: Oppbygning av isblokker
- Figur 47: Beregning av u-verdi til gulv mot grunn utført ved hjelp av beregningsprogram.
- Figur 48: Vertikalsnitt av overgang kjellervegg mot terreng og gulv på grunn.
- Figur 49: Beregning av u-verdi til etasjeskiller mellom kjeller og 1. etasje utført ved hjelp av beregningsprogram.
- Figur 50: Illustrasjon av yttervegg og etasjeskiller mellom kjeller og 1. etasje mot gavl.
- Figur 51: Illustrasjon av yttervegg mot terreng og etasjeskiller mellom kjeller og 1. etasje.
- Figur 52: Beregning av u-verdi for tak ved hjelp av beregningsprogram
- Figur 53: Illustrasjon av tak mot kaldloft
- Figur 54: Illustrasjon av fasade nordøst overgang yttervegg mot kaldloft og tak
- Figur 55: Tverrsnitt av tak med solfangersystem
- Figur 56: Plantegning av 1. etasje.
- Figur 57: Plantegning av 2. etasje.
- Figur 58: Plantegning av kjelleretasjen
- Figur 59: Snitt av bolig med endret tomt
- Figur 60: Resultater av evaluering mot passivhusstandarden fra Simien.
- Figur 61: Varmetapsbudsjett fra passivhusevalueringen fra Simien.
- Figur 62: Energiytelse fra passivhusevalueringen fra Simien.
- Figur 63: Vurdering av minstekrav for enkeltkomponenter i bygningskroppen fra passivhusevalueringen fra Simien.
- Figur 64: Energibudsjett for den verst utsatte boligen fra passivhusevalueringen fra Simien.
- Figur 65: Varmetapsbudsjett fra årssimuleringen fra Simien.
- Figur 66: Dimensjonerende verdier fra sommersimulering fra Simien.
- Figur 67: Dimensjonerende verdier for vintersimulering fra Simien.

- Figur 68: Systemtegning for energisentral med gråvann og biogass
Figur 69: Illustrasjon av biogassanlegg med ekstra gasstank
Figur 70: Tegning som viser biogassanlegget
Figur 71: Illustrasjoner av bygging av et tilsvarende mindre biogassanlegg.
Figur 72: Tegning av soltaket (Fig. K. H. Hansen)
Figur 73: Best Bord varmelist for vannbåren varme
Figur 74: Tegning av varmelister i sokkel på kjøkkeninnredning og varmelist innfelt i veggkonstruksjon.
Figur 75. Renseanlegg for gråvann
Figur 76: Tekniske data for Ecomotiv A01
Figur 77: Styringssystem til renseanlegg for gråvann
Figur 78: Illustrasjon av Hie-Tech varmegjenvinner med varmtvannsbereder nede i teknisk rom og dusj i øvrige etasjer
Figur 79: Plantegning av kjeller med ventilasjonskanaler, teknisk rom og ventilasjonsaggregat
Figur 80: Plantegning av 1. etasjen med ventilasjonskanaler
Figur 81: Plantegning av 2. etasjen ved ventilasjonskanaler.
Figur 82: Plantegning av loft med ventilasjonsrør.
Figur 84: Valutaberegning fra DKK til NOK for varmevekslersystemet
Figur 85: Valutaberegning fra kinesiske CNY til norske kroner
Figur 86: Valutaberegning fra kinesiske CNY til norske kroner
Figur 87: Kart over nabolag til konkurransetomt
Figur 88: Bilde av Flexiheat solfanger
Figur 89: Bilde av varmepumpe av typen IVT Nordic Inverter varmepumpe luft/luft, modell 12 KHR-N

Tabelliste

- Tabell 1 Krav til passivhus etter NS 3700:2010
Tabell 2 Standardverdier overinternlaster i bolig fra NS 3700:2010
Tabell 3 Effekt for biogassgeneratorer gitt av produsent. Prisen er oppgitt i kinesiske RMB
Tabell 4 Metangassinnhold og teoretisk utbytte av biogass
Tabell 5. Biogassutbytte ved forskjellige substrater
Tabell 6. Biogassprosenten fra organisk avfall, kloakkslam og deponigass.
Tabell 7. Råmateriale som trengs for å produsere 1 m³ biogass
Tabell 8. Dimensjonerende effektbehov og spesifikt energibehov til oppvarming av bolig og varmt vann i lavenergihus og passivhus.
Tabell 9. Månedstatistikken for tomten
Tabell 10: Oversikt over gjennomsnittlig antall soltimer per måned og år for forskjellige steder i Norge
Tabell 11 Tørrstoffberegning per person per år
Tabell 12 Effekt av biogassgeneratorer
Tabell 13. Beregning av soltakets energiproduksjon per bolig
Tabell 14 Beregning av systemets el-energi produksjon per bolig

Tabell 15 Beregning av total tappevannsproduksjon per bolig

Tabell 16. Energiforbruk renseanlegg for gråvann

Tabell 17. Byggekostnader per bolig og alle rekkehusene (totalt sett) inkludert moms

Tabell 18 Lønnsomhet til en væske/vann varmepumpe basert på energibehov

Tabell 19. Energiforbruk i kWh totalt for rekkehusene

Tabell 20. Energiproduksjon totalt sett for rekkehusene

Tabell 21. Totalt energiproduksjon – totalt energiforbruk

Innholdsfortegnelse

Forord.....	2
Sammendrag	2
Summary	3
Tabelliste	8
1. Innledning og problemstilling.....	13
1.1. Problemstilling.....	13
1.2. Avgrensninger.....	13
1.3. Bakgrunn.....	13
2. Bakgrunn	14
2.1. Nullenergibygg.....	14
2.2. Energisimulering.....	16
2.3. Generelt om fornybare energikilder	17
2.3.1. Solfanger.....	17
2.3.1.1. Solfangere generelt	17
2.3.1.2. Soltak med vann/vann varmepumpe	19
2.3.2. Varmepumpe.....	25
2.3.2.1. Væske/vann varmepumpe	25
2.3.2.2. Luft/luft varmepumpe	27
2.3.2.3. Luft/vann varmepumpe.....	27
2.3.3. Vindturbin.....	28
2.3.4. Solcellepanel.....	28
2.3.5. Biogass.....	29
2.3.6. Pellets	35
2.3.7. Fjernvarme	35
2.4. Tekniske installasjoner	36
2.4.1. Generelt om oppvarmingssystemer	36
2.4.2. Styringssystem.....	37
2.4.3. Elektrisk oppvarming.....	37
2.4.4. Vannbåren varme.....	37
2.4.5. Varmelister med styringssystem	38
2.4.6. Ventilasjon.....	38

2.4.7.	Sparedusj	39
2.4.8.	Renseanlegg for gråvann	40
2.5.	Bygningskroppen	41
2.5.1.	Materialbruk	41
2.5.2.	Vinduer	42
2.4.3.	Dører	43
3.	Tomten	44
4.	Resultater	49
4.1.	Boligene	49
4.2.	Begrunnelse for tomteutnyttelse	50
4.3.	Estetikk	53
4.3.1.	Fasade mot nordvest og sørøst	53
4.3.2.	Fasade mot sørvest	54
4.3.3.	Fasade mot nordøst	55
4.4.	Energiregnskap	56
4.4.1.	Vinduer	56
4.4.2.	Dører	60
4.4.3.	Vegger	61
4.4.3.1.	Yttervegg mot det fri	61
4.4.3.2.	Kjellervegg mot terreng	63
4.4.3.3.	Gulv mot terreng	64
4.4.4.	Etasjeskillere	65
4.4.4.1.	Etasjeskilleren mellom kjeller og 1. etasje	65
4.4.4.2.	Etasjeskilleren mellom 1. etasje og 2. etasje	67
4.4.5.	Taket	68
4.5.	Plantegninger og snitt	70
4.6.	Energisimulering	74
4.7.	Energiforsyning	78
4.7.1.	Valgt energiforsyningssystem	78
4.7.2.	Biogassanlegg	80
4.7.3.	Soltak med jordvarmeanlegg	86
4.7.4.	Valgte tekniske installasjoner	89
4.7.4.1.	Varmelister	89

4.7.4.2.	Renseanlegg for gråvann	90
4.5.4.2.	Varmegjenvinner gråvann	92
4.7.4.3.	Ventilasjon	93
4.7.4.4.	Trappeheis	96
4.8.	Kostnader	97
4.8.1.	Vinduer	97
4.8.2.	Dører	97
4.8.3.	Renseanlegg gråvann	97
4.8.4.	Varmegjenvinner gråvann	97
4.8.5.	Biogassanlegg	98
4.8.6.	Soltak	99
4.8.7.	Drivhus	100
4.8.8.	Varmelister	100
4.1.1.	Bygningskropp	100
5.	Drift og vedlikehold	102
5.1.	Renseanlegg for gråvann	102
5.2.	Varmeveksler for gråvann	102
5.3.	Soltaksystem	103
5.4.	Biogassanlegg	103
6.	Diskusjon	104
6.1.	Forutsetninger for nullenergi	104
6.2.	Fornybare energikilder som ikke benyttes	106
6.2.1.	Solfanger	106
6.2.2.	Vann/vann varmepumpe	108
6.2.3.	Luft/luft varmepumpe	109
6.2.4.	Vindturbin	110
6.2.5.	Solcellepanel	111
7.	Konklusjon	112
8.	Videre arbeid	114
9.	Litteraturliste	115
9.1.	Figurreferanser	115
9.2.	Tabell- og likningsreferanser	117
9.3.	Kildereferanser	118

10. Vedlegg 1: Beregninger for energibruk vs. energiproduksjon.....	123
Vedlegg 2: Beregninger for byggekostnader.....	126
Vedlegg 3: Isolergardin av Ola Ø. Thorsnes.....	134
Vedlegg 4: Biogassanlegg fra Puxin.....	138
Vedlegg 5: HEI-TECH varmegjenvinner.....	149
Vedlegg 6: Best Board Varmelister.....	151

1. Innledning og problemstilling

1.1. Problemstilling

Problemstillingen er basert på konkurransevilkårene til Selvaagprisen 2011. Problemstillingen er å utvikle et rekkehus som er miljøvennlig, spesielt med tanke på bruk av energi i drift av boligene. Målet er at det totale energiregnskapet over forbruket av vann til romoppvarming, tappevann og elektrisk energi gjennom året resulterer i et null-forbruk eller bedre. Boligene som ferdig produkt skal kunne ligge i en overkommelig prisklasse.

1.2. Avgrensninger

Jeg har valgt å legge hovedfokuset på det totale energiregnskapet til rekkehusene. Dette energiregnskapet skal i løpet av en 12 måneders periode totalt sett gå i null eller bedre. Jeg har valgt å ikke legge vekt på energiforbruk under bygging, materialfremstilling og komponentfremstilling. Dette vil derfor kun bli omtalt summarisk.

1.3. Bakgrunn

Dagens samfunn har en rekke miljøproblemer som må løses ved energiltak. Reduksjon av energiforbruket i bygninger er et av disse tiltakene.

Enøk guiden ³¹ forteller at omtrent 40 % av Europas totale energiforbruk brukes til bygninger.

” I Norge står bygg for 36 % av det totale energiforbruket og 53 % av det stasjonære energiforbruket. Den norske bygningsmassen bruker totalt 82 TWh/år, hvorav 47 TWh i boliger og 35 TWh i næringsbygg” ³¹.

Fokuset på reduksjon av energiforbruket i bygg øker stadig og i 2020 kommer det trolig forskriftskrav om at nybygg skal ha passivhus standard eller bedre. Både Norge og EU har store ambisjoner om å redusere energiforbruket i bygg, utbyggingsområder og byer.

Oppgaven skrives i samarbeid med Selvaag Gruppen som har en målsetting om at energiforbruk og utslipp fra bygninger skal reduseres ned mot null både på middels og lengre sikt. De

vil forene miljøvennlighet med sosial boligbygging. På denne måten kan folk flest få tilgang til energiriktige bygg.

2. Bakgrunn

2.1. Nullenergibygg

Boligene skal ha nullenergi standard. Nullenergihus³² er definert som et bygg som produserer like mye energi som det forbruker over ett år. Et bygg som produserer mer energi enn det konsumerer over ett år er definert som et plusshus eller et aktivhus. Det kan derfor være underskudd på energi i noen måneder hvis det er overproduksjon andre måneder slik at totalsummen over året fortsatt blir lik null. Som sammenlikningsgrunnlag er det tatt utgangspunkt i passivhus. NS 3700:2010 er den norske standarden for passivhus. Kravene fra denne standarden er lagt til grunn for planleggingen av nullenergibyggene. Standarden setter kriterier både for lavenergihus og passivhus.

Krav til passivhus etter NS 3700:2010. Kravene er i forhold til bruksareal på 146m² per bolig eksklusiv temperert garasje.

Tabell 1 Krav til passivhus etter NS 3700:2010

Type kriterium	Krav	Referanse
Varmetapstall	0,55 W/(m ² K)	Tabell 2, side 5
Netto energibehov til oppvarming	15 kWh/(m ² år)	Tabell 3, side 6
U-verdi yttervegg	Mindre enn 0,15 W/(m ² K)	Tabell 5, side 7
U-verdi tak	Mindre enn 0,13 W/(m ² K)	Tabell 5, side 7
U-verdi gulv	Mindre enn 0,15 W/(m ² K)	Tabell 5, side 7
U-verdi vindu	Mindre enn 0,80 W/(m ² K)	Tabell 5, side 7
U-verdi dør	Mindre enn 0,80 W/(m ² K)	Tabell 5, side 7
Normalisert kuldebroverdi	Mindre enn 0,03 W/(m ² K)	Tabell 5, side 7
Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner	Mer enn 80%	Tabell 5, side 7

SFP-faktor ventilasjonsanlegg	Mindre enn 1,5 kW/(m ³ /s)	Tabell 5, side 7
Lekkasjetall ved 50 PA, n50	Mindre enn 0,60 h ⁻¹	Tabell 5, side 7

Kravene i tabell 1 er benyttet ved energiberegninger av bygningskroppen samt ved energisimuleringer.

For å oppnå mest mulig energieffektive boliger, skal forholdet mellom ytterarealet og volumet være så lite som mulig. I tillegg bør vindusarealene ofte være vendt mot solens bane over jorden med størstedelen av vindusflatene mot syd, så sant dette ikke medfører overtemperatur i bygget. Vinduene i boligene bør være superisolerte med tredoble glass og varmekant for ekstra isolasjonsegenskaper. Som nevnt ovenfor bør vinduene i boligene ha en ønsket u-verdi på mindre enn 0,80 W/(m²K). Vindustyper av trelags superisolerte glass har de egenskapene at de isolerer godt. Solstrålene treffer vindusglasset som kortbølgede varmestråler. De blir omformet til langbølgede varmestråler på turen gjennom glasset. Dette fører til at varmestrålene ikke slipper tilbake samme vei og blir derfor fanget inne i huset. Om vinteren er dette meget gunstig. Om sommeren er det ofte gunstig med solavskjerming for å opprettholde den termiske komforten. Vinduskarm og rammer bør også være godt isolerte slik at det ikke oppstår kuldebroer. Gode passivhusvinduer reduserer kaldras og øker derfor den termiske komforten ved å redusere faren for trekk i boligen. Etter tek 10 § 14-3 punkt 1a skal andelen vindus- og dørareal ikke overstige 20 % av oppvarmet BRA.

Boligene benytter i stor grad passive oppvarmingskilder. Dette er varmeenergi som boligen får fra omgivelsene ved sol, teknisk utstyr, belysning og mennesker. Ved å utnytte de passive energikildene i størst mulig grad, kan boligen oppnå ønskelig boligklima ved redusert energiforbruk. Dette oppnås uten hjelp av ekstra oppvarming.

Bygningskroppen må konstruksjonsmessig i størst mulig grad være lufttett og fri for kuldebroer. Ytterveggene skal være godt isolerte med 35 – 40 cm mineralull for å oppnå ønsket u-verdi på 0,15 W/(m²K).

Etter TEK:2010 § 14-4 skal totalt netto energibehov (kWh/m² oppvarmet BRA pr. år.) til et småhus ikke overstige energirammen på 120 + 1600/m² oppvarmet BRA.

Veiledningen til forskrift om tekniske krav i bygg fra 2010 (VTEK 10) under preaksepterte ytelser, gir en indikasjon på at det i en ny bolig minst må ha balansert ventilasjon for å tilfredsstille kravene under § 13 i tek 10. Ved balansert ventilasjon tilføres frisk luft til rommene i boligen ved hjelp av elektriske vifter. Boligene i denne oppgaven bør ha balansert ventilasjonssystem med en varmegjenvinner som gjenvinner mer enn 80 % av varmenergien i avtrekksluften. Friskluften blir da forhåndsvarmet før den slippes inn i boligene. Dette vil bidra til redusert oppvarmingsbehov i boligene fordi det tas vare på største delen av varmenergien fra avtrekksluften. Temperaturdifferansen mellom inngående luft og utgående luft blir vesentlig redusert. Det blir derfor benyttet lite energi til oppvarming av tilluften for å oppnå ønsket termisk komfort inne i boligen.

Ved beregning av varmetilskudd fra internlaster til boligene, blir det benyttet standardverdier oppgitt i NS 3700:2010, tabell A.2, side 11. Standardverdiene vises i tabell 2. Alle kravene må være oppfylt for at boligene er godkjente passivhus og da også nullenergihus. Det er viktig med godt utført arbeid ved oppføring av konstruksjonene for å oppnå ønsket tetthet på bygningskroppen.

Tabell 2 Standardverdier overinternlaster i bolig fra NS 3700:2010

Internlast	Driftstid (timer/døgn/uker)	Årlig netto energibehov	Varmetilskudd i driftstiden
Belysning	16/7/52	11,4 kWh/(m ² *år)	1,95 W/m ²
Utstyr	16/7/52	17,5 kWh/(m ² *år)	1,80 W/m ²
Varmtvann	16/7/52	29,8 kWh/(m ² *år)	0,00 W/m ²
Personer	24/7/52		1,50 W/m ²

2.2. Energisimulering

Energisimulering utføres for å få oversikt over hvor mye energi boligen produserer og konsumerer. En simulering gir et innblikk i hvor stort oppvarmingsbehov boligen har, utgifter til energikilder og varmetap fra bygningskroppen. Det gis også informasjon om passive energikilder som solinnstråling og mottatt varme fra teknisk utstyr og personer. Ved hjelp av energisimulering er det mulig å tilrettelegge boligene for å oppnå størst mulig termisk komfort, minst mulig varmetap og lavest mulig energiutgifter.

I denne oppgaven er det benyttet Simien³³ "Inneklima i Bygninger³⁴" som er et energisimuleringsprogram. Programmet gir mulighet for å simulere energibruken og inneklima i boligene. Det simulerer opp mot enten NS 3031 (beregning av bygningers energiytelse), NS 3700:2010 eller TEK 10. Brukeren velger hvilken standard eller forskrift som skal benyttes. Ved hjelp av programmet kan forskjellige energiforsyningskilder og oppvarmingssystemer vurderes slik at det kan fremarbeides en løsning som er mest mulig optimal for det spesielle prosjektet. Både hele bygg og spesielle soner i bygget kan simuleres. Programmet benytter statistisk klimadata fra en egen klimadatabase. Klimadata for denne oppgaven er basert på klimastatistikk fra Blindern, Oslo. Det er fullt mulig å legge inn egne verdier i programmet. I tillegg til å ha en klimadatabase, har programmet konstruksjonsdatabase og ekspertverdier innebygd. Verdiene kan lett overstyres dersom brukeren har egne verdier som passer bedre til prosjektet.

Ved oppbygning av bygget i simuleringsprogrammet legger brukeren inn egne inndata som beskriver bygningskroppen. Under inndata legges det inn hvor mange soner bygget består av. Hele bygget kan være en sone. Rom kan også legges inn som egne soner. Programmet simulerer etter valgte soner. Det legges inn beskrivelse av fasader, type gulv, skillekonstruksjoner, ytterdører, vinduer og tak. Under inndata blir de forskjellige bygningsdelene beskrevet med u-verdier, størrelse, horisont med asinutvinkel og skygge fra utragende overhengende bygningsdel. Type ventilasjon med varmegjenvinner, lokal kjøling og vinduslufting blir også lagt inn under inndata. Verdier for internlaster som belysning, teknisk utstyr og mennesker blir lagt inn under et eget punkt. Det legges inn forskjellige verdier for energiforsyning til bygningen. Det kan legges inn flere forskjellige

energikilder med systemvirkningsgrad, energipriser og prosentvis dekning av energibehov. Programmet inneholder faste systemvirkningsgrader for de vanligste energiforsyningskildene som varmpumpe, solcellepaneler, solfangere, elektrisk energi og fossile brennstoffer. Andre energikilder kan legges inn men systemvirkningsgraden må da regnes ut for egen hånd.

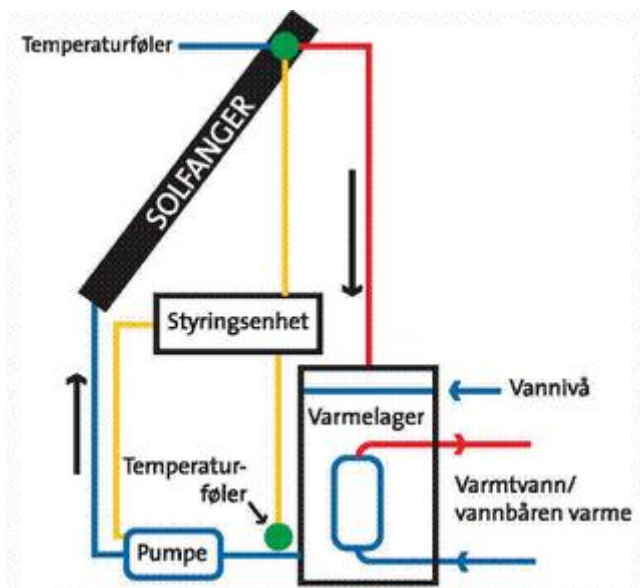
Ut i fra angitte verdier og data kan programmet simulere opp mot de aktuelle norske standardene og TEK 10. Det kan simuleres for dimensjonerende sommerforhold ved angitte antall sommerdøgn, dimensjonerende vinterforhold ved angitte antall vinterdøgn, for et år og energimerking. Det gis da ut verdier for energibudsjett, energikostnader og inneklime.

2.3. Generelt om fornybare energikilder

2.3.1. Solfanger

2.3.1.1. Solfangere generelt

En solfanger³⁵ varmer opp vann ved å utnytte varm energien i solstrålene. Det oppvarmede varmtvannet kan både benyttes til tappevann og romoppvarming ved et vannbårent oppvarmingssystem. Det forvarmede vannet blir ført inn i en vanlig varmtvannsbeholder som videre forsyner tappevann og vann til oppvarmingssystemet. På grunn av det forvarmede vannet reduseres temperaturredifferansen mellom kaldtvann som skal varmes opp og varmtvann som tappes ut. Systemet er vist i figur 1. Energiforbruket ved oppvarming av varmtvann reduseres derfor også betraktelig. Ved å benytte solfanger til forvarming av tappevann i kombinasjon ved et vannbårent romoppvarmingssystem, kan energiforbruket reduseres med 50 %³⁶. Etter nye tekniske forskrifter skal minimum 40 % av energiforbruket til oppvarming av bolig og tappevann dekkes av annen energiforsyning enn strøm og fossile brennstoffer. En solfanger er derfor et meget godt alternativ. Under er det illustrert et slikt system. Solfangeren forsyner vann til et varmelager. I systemet er det installert to temperaturfølere for varmemengdetelling. Temperaturfølerne registrerer hvilken temperatur vannet har i syklusen som videre kan benyttes til å kontrollere virkningsgraden til systemet. Systemet er som vist tilkoblet et vannbårent oppvarmingssystem som via varmelageret forsynes med varmtvann. En pumpe sørger for sirkulasjon i systemet slikt at brukt avkjølt vann blir ført tilbake til solfangeren for oppvarming.

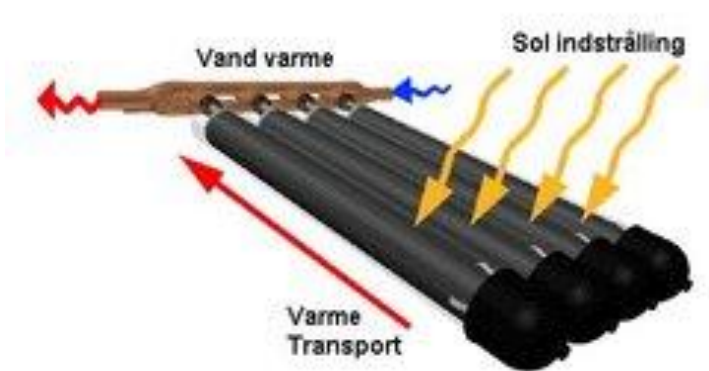


Figur 1. Illustrasjonen viser et solfangersystem.

Virkningsgraden til en solfanger er forholdet den varmeenergien som treffer solfangeren og produksjonen av varmt vann. 20 % av solenergien som treffer solfangeren³⁷ går tapt ved at solfangeren reflekterer varmestrålene tilbake til omgivelsene.

Solfangerne kan plasseres i fasaden og på taket. De bør være sydvendt for å kunne samle opp mest mulig solvarme. Anlegget bør ikke være plassert på en slik måte at det kommer skygge på det i løpet av de effektive soltimene per døgn. Solfangerne bør ha en vinkel som er tilpasset den aktuelle tomten og høyden på huset i forhold til vinkelen fra horisonten og opp til solen. Normal vinkel for et solfangeranlegg på tak er 30-45 grader i Norge.

Et eksempel på solfanger er vist i figur 2. Illustrasjonen viser en typisk oppsetning for en solfanger. Solvarmen samles opp i rørsløyfer fylt med frostsikker væske eller gass. Rørsløyfen slipper solvarmen inn på overkant. Varmen beholdes inne i rørsløyfen ved at den er isolert i underkant mot undertaket. Oppvarmet vann føres fra rørsløyfen og ned i varmtvannstanken.



Figur 2. Solfangerens oppbygning

2.3.1.2. Soltak med vann/vann varmepumpe

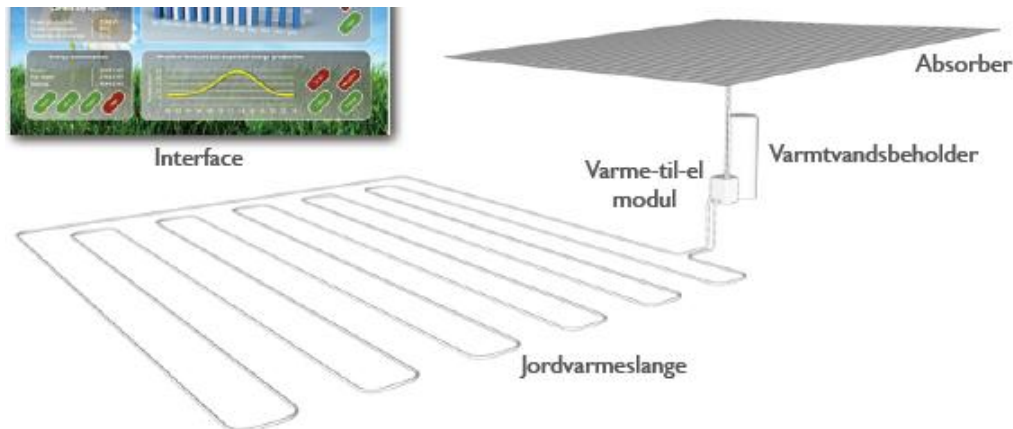
Et nytt type soltakssystem er oppfunnet av Kristian Harley Hansen. Det er et system som kombinerer solfangere på taket og varmepumpe under jorden. Både jordvarme, bergvarme og sjøvarme kan benyttes. I følge Hansen påvirker ikke systemet estetikken negativt. Forbrukeren vil i følge Hansen oppleve en økonomisk gevinst allerede fra første måned sammenliknet med tradisjonelle solfangere og solcellepaneler som kan ta år å inntjene.

Systemet består av en ny taktekkingsløsning som i følge produsenten i utgangspunktet er selvforsynende med elektrisk energi, tappevann og varme på årsbasis. Det er da tatt et utgangspunkt i et dansk prosjekthus. Taktekningsløsningen fungerer som en termisk solabsorber. I stedet for paneler fungerer hele taket som en gigantisk solfanger. Dette gir et større areal å absorbere varme fra. I sommermånedene vil det bli en overproduksjon av varme. Denne overskuddsvarmen benytter systemet til å lage elektrisk strøm av, ved hjelp av en "Waste Heat Recovery (WHR)" modul. Denne modulen er basert på en organisk Rankine-syklus. Enheten som står for oppvarming og produksjon av elektrisk strøm har en dimensjon på 600x600x550 mm. Den er vist i figur 3.



Figur 3. Illustrasjon av varme-til-el modul (Fig. K. H. Hansen)

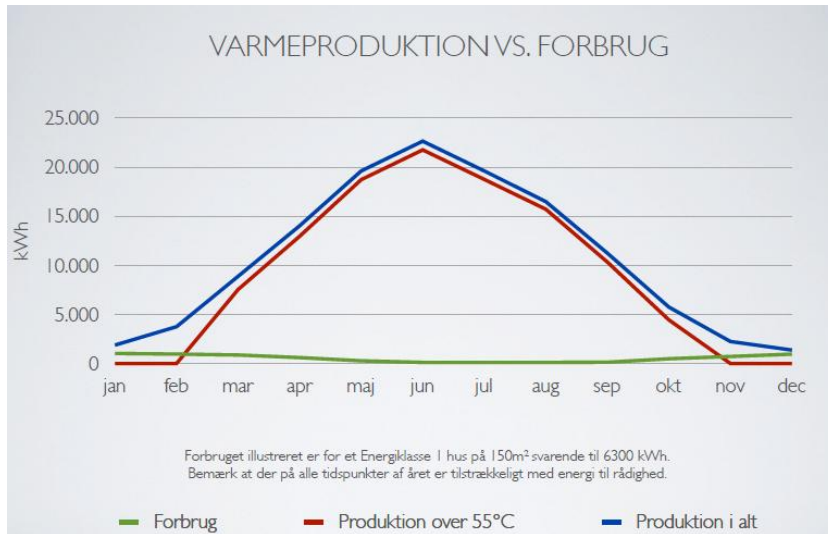
Modulen produserer strøm når utløpstemperaturen er 75 grader celsius eller mer. Det danske prosjekthuset viste ved hjelp av simuleringer, beregninger og en rekke tester at huset kunne produsere nok elektrisk strøm i sommermånedene til å dekke en gjennomsnittlig dansk families årlige forbruk (5090 kWh). Systemet sender da elektrisk strøm tilbake på nettverket til senere bruk slik som et tradisjonelt solcellepanel³⁸. I det danske forsøkshuset produserer systemet 42 kWh per kvadratmeter per år. Det suges energi ut av taket med varmepumpen selv på vinteren. Systemet beslutter selv hvor varmen skal hentes fra, taket eller jorden. Fra april - september vil systemet kunne forsyne nok elektrisk energi til å dekke forbruket. Konseptet er vist i figur 4.



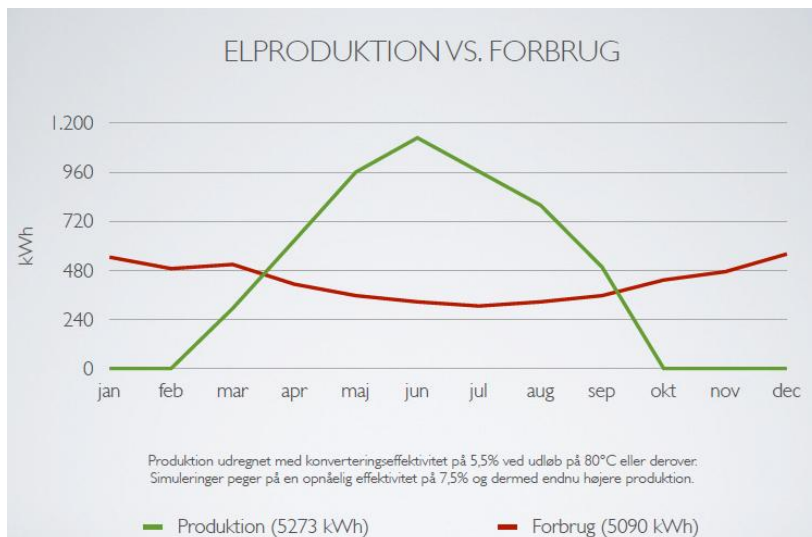
Figur 4. Illustrasjon av konseptet mottatt av K. H. Hansen. Absorberen er koblet til varmtvannstanken og en varme-til-el modul som igjen er koblet til jordvarmeslangen.

I det danske forsøkshuset ble det benyttet en jordvarmeslange. For at WHR modulen skal fungere optimalt, må temperaturforskjellen mellom varmt og kaldt være størst mulig. Taket skaper en høy temperatur på den ene siden av modulen mens jordvarmeslangen kjølte ned modulen fra den andre siden. Ved å benytte jordvarmekretsen omvendt kan varme sendes ned i jorden rundt jordslangen. I løpet av sommermånedene varmes jorden fra ca 5 grader celsius til opp mot 25 grader celsius. Dette er en betydelig mengde masse som varmes opp. Jorden fungerer dermed som et lavenergi varmelager til senere bruk i vinterhalvåret. Når utløpstemperaturen synker til 55 grader celsius eller mindre på taket, vil modulen endre kretsretning og dermed fungere som en varmepumpe i stedet. Taket blir da benyttet som en spesiell solfanger med stor overflate for absorpsjon av solenergi. Tester viser at utløpstemperaturen som oftest er høyere enn på tradisjonelle jordvarmesystemer. Systemet vil gjennom vinteren tære på den akkumulerte jordvarmen. Jorden blir ikke kjølt ned like mye som ved en vanlig jordvarmepumpe. Jordvarmeanlegget legges 900 mm ned i bakken. Gjennom hele sommeren blir varme lagret i jorden. Dette forhindrer at det danner seg tele rundt slangen om vinteren. Det legges ikke isolasjon i jorden da temperaturen i jorden i så fall blir for høy om sommeren slik at jordslangen ikke kan benyttes til kjøling av systemet. Med en ekstra varmeveksler kan systemet kjøle bygget og/eller taket om sommeren.

Produksjonen skal i følge leverandør være større enn forbruk totalt sett i løpet av året. Figurene 6 og 7 viser grafer som beskriver hvor høy produksjonen er i forhold til forbruket i det danske eksempelhuset.



Figur 5. Graf over forbruk og produksjon av varmeenergi for et tak på 150 m² gitt av K. H. Hansen

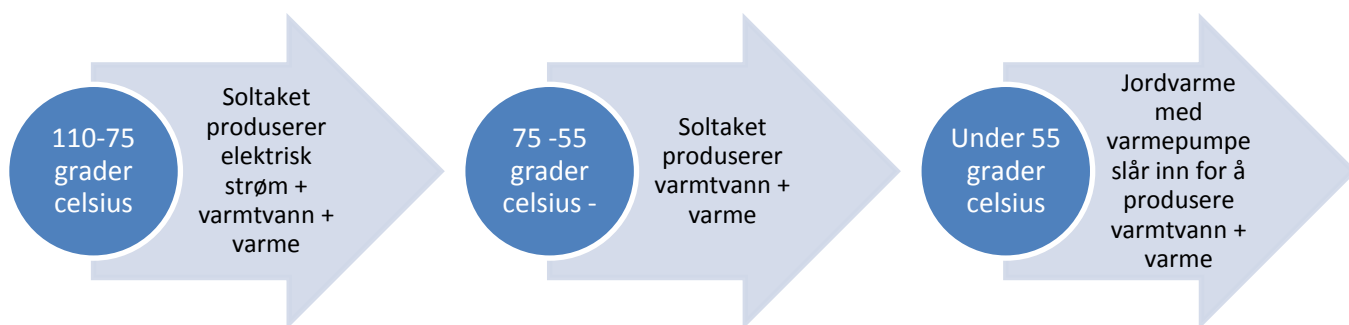


Figur 6. Graf over forbruk og produksjon av elektrisk strøm for et tak på 150 m² gitt av K. H. Hansen

Systemet tar utgangspunkt i et 3 dagers værvareseil. Det tar hensyn til værforholdene på stedet der og da og lagrer dataene statistisk. Den har sin egen værstasjon med en måler som sitter ute og med trådløst system. Den vil i tillegg hente værdata fra internett for at forutsetningene for energiproduksjonen skal være helt presise. Systemet har en innebygd funksjon som ved hjelp av værstasjonen og internettbaserte værdata, vurderer i hvor høy grad det er behov for å benytte varmepumpen. Det kan da skifte mellom å benytte solenergi og jordvarme. Hvis det er godt vær en aktuell dag, men meldt regn de neste dagene, vil systemet hamstre energi og lagre det i varmtvannsbeholderen. På denne måten fungerer systemet optimalt etter omgivelsene. Det er tilkoblet en standard akkumuleringsbeholder som fungerer som et energilagereil. Beholderen inneholder 1 kubikkmeter vann som blir tilført energi over en lengre periode og som benyttes når systemet ikke kan hente nok energi utenfra, for eksempel i kuldeperioder. Tanken kan være plassert hvor som helst. Dette kan godt være selve varmtvannstanken til bygningen. Taket har et overflatebelegg som gjør at det absorberes like mye energi men emitterer mindre enn en vanlig svart

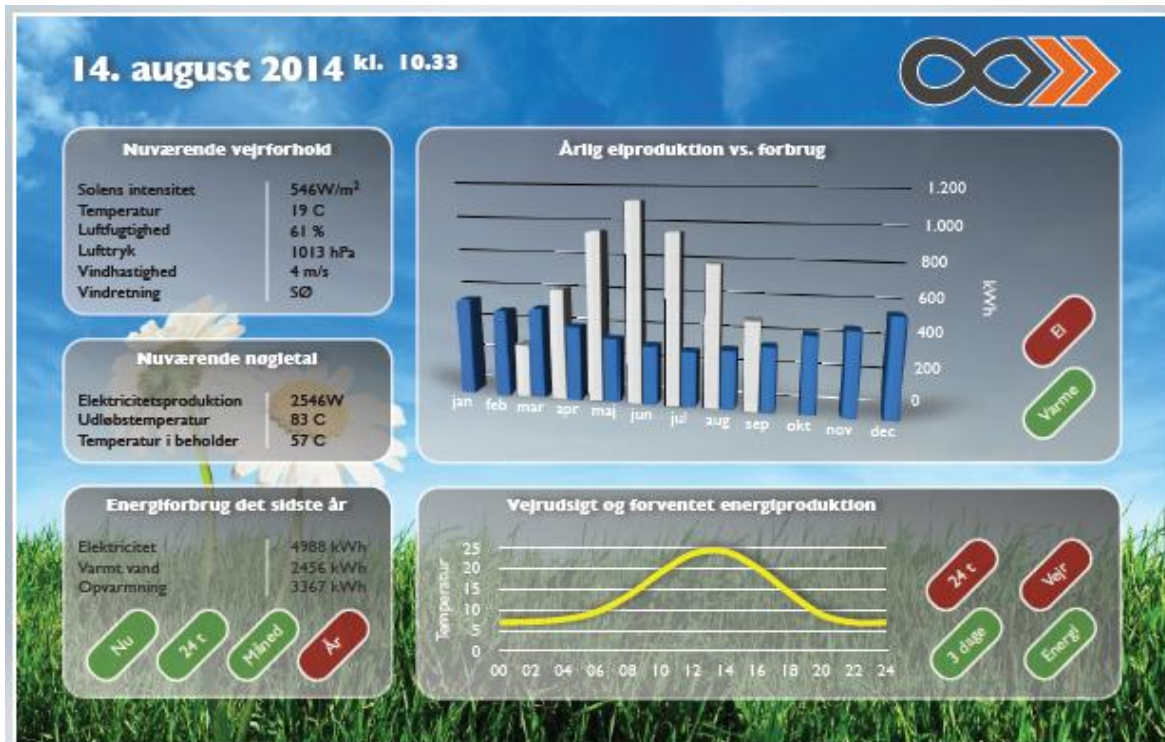
flate. Soltakets funksjon ved gitte temperaturredifferanser er illustrert i figur 7. Det er som vist kun når væskekreten blir over 75 grader celsius at systemet produserer elektrisk strøm.

- Under 75 grader vil ikke generatoren eller pumpen bidra til strømproduksjon. Da fungerer systemet som et vanlig solfangersystem og varmepumpen som en tradisjonell varmepumpe. Men temperaturen på taket vil være høyere enn på et vanlig tak med solfangere. Systemet krever derfor ikke så mye strøm til varmepumpen som et tradisjonelt system.
- Ved over 75 grader blir det et overtrykk i varmepumpen. I stedet for stempel er det i dette systemet en turbin (scroll kompressor). Ekspansjonsventil kobles til med et lite reservoar. I fordampere er det ikke trykkfall. Når strøm blir generert benyttes jorden kun til kjøling.



Figur 7. Produksjon av elektrisk strøm, varmtvann og varme ved gitte temperaturverdier.(fig. N. Aa. Tangen)

I figur 8 er det vist en illustrasjon av styringssystemet slik det fremstår for brukeren. Det viser klimadata i øverste felt til venstre med nåværende værforhold på tomten. Under klimadata vises en oversikt over elektrisitetsproduksjon, utløpstemperatur fra absorber og vanntemperatur på beholderen. Nederst til høyre vises en oversikt over energiforbruket det siste året. Til høyre vises et diagram over årlig el-produksjon vs. forbruk. De hvite stolpene viser el-produksjonen. De blå stolpene viser det årlige forbruket. Nederst til høyre vises et diagram over forventet energiproduksjon de neste 24 timene.



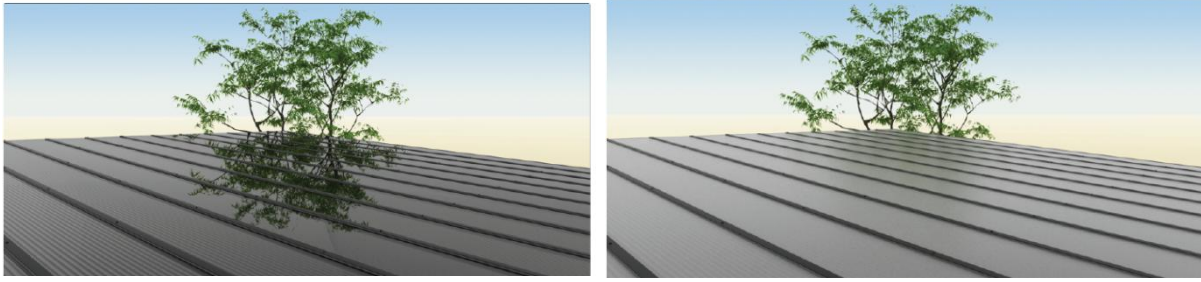
Figur 8. Illustrasjon av styringssystemet mottatt av K. H. Hansen

Soltaket fungerer like godt som klimaskjerm som et tradisjonelt tak. Ved å integrere solfangerne i klimaskjermen, reduseres utgiftene totalt sett. Soltaket og solfangerne er godt isolert mot varmetap.

Ved å sirkulere overskuddsvarmen fra jordvarmelageret igjennom absorbentene på taket inntil snøen, kan systemet holde taket fritt for snø og derved fange opp solenergi også på vinteren. Dette gjøres kontinuerlig i løpet av vintersesongen dersom det er behov. Det unngås dermed fare for store snøras fra taket og isdannelse.

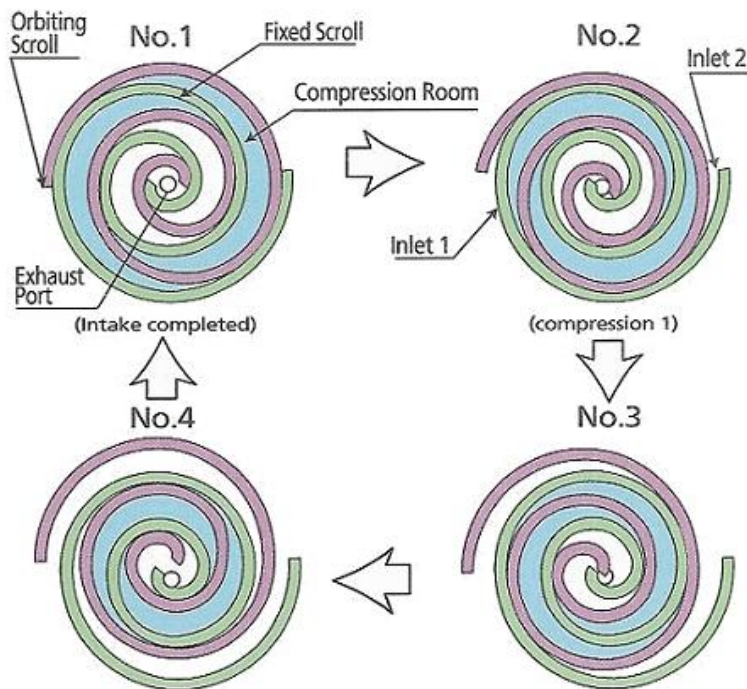
Systemet inneholder ikke flere bevegelige deler enn en tradisjonell varmepumpe. Den bråker ikke noe mer og har en forventet levetid på 20 år. Den inneholder ikke sjeldne grunnstoffer som blant annet inngår i silisiumbaserte solcellepaneler.

Systemet har en sekundær sikkerhetsmekanisme vist i figur 9. Denne funksjonen er utviklet i samarbeid med Fraunhofer, et tysk selskap som utvikler teknologier. Under normal drift er taket gjennomsiktig som i en solfanger. Når væskekreten i systemet blir varmere enn 110 grader, går taket fra å være transparent og absorberende til å reflektere varme tilbake til omgivelsene. På denne måten blir ikke komponentene i taket ødelagt av for høy varme. Det er et belegg oppå platene av polykarbonat som ved overoppheting forhindrer innstrålingen. Dette belegget mister effekt etter 12 år og må da fornyes. Det jobbes aktivt med å forbedre dette. Polykarbonatplater med belegg koster 16 000 DDK for 150 kvadratmeter.



Figur 9. Bilde av den sekundære sikkerhetsmekanismen ved produksjon og ved stans. Bildene er gitt av K. H. Hansen

Generatoren er en Danfoss standard som er modifisert til å kunne kjøres forlengs og baklengs. Den er en scroll kompressor, en enhet som komprimerer luft. Væsken i rørene består av vann og glykol. Absorberen i taket er laget av en aluminiumslegering fra Norsk Hydro og vil ikke forvitte av glykolen og vannet. Den har et belegg som reduserer emisjonen tilbake til atmosfæren, og således genererer ekstra energi. Figur 10 viser prinsippet til en scroll kompressor. Kompressoren består av to spiraler. Den ene er fast, den andre fleksibel. Luften fanges i luftrom mellom spiralene og komprimeres. Gassen får den ene spiralen til å bevege seg og gassen jobbes innover mot sentrum av spiralene.

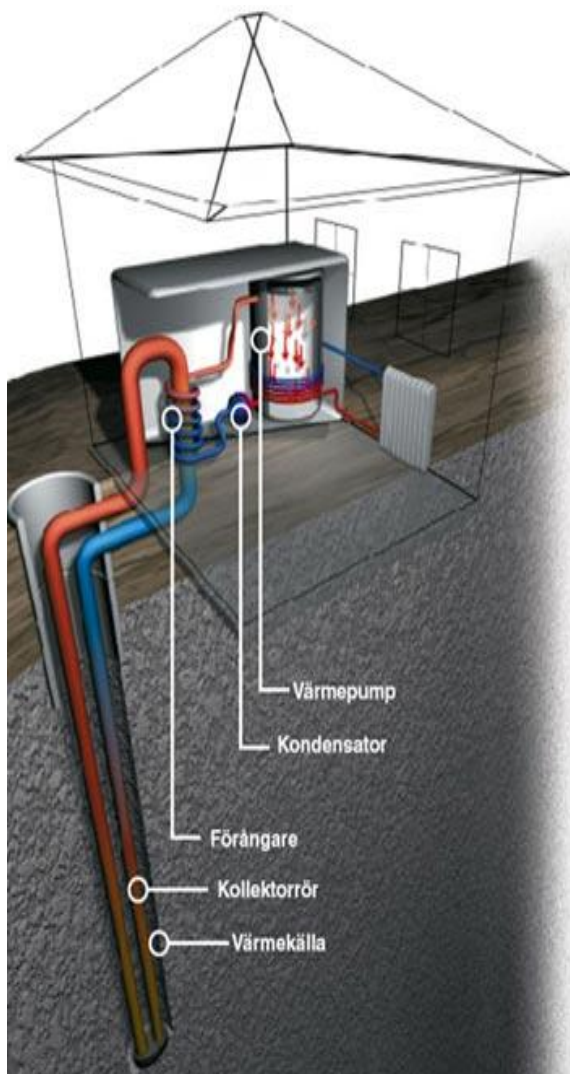


Figur 10. Virkemåten av en scroll-kompressor. Undertrykk ute og overtrykk inne i kompressoren. Eller omvendt.

2.3.2. Varmepumpe

2.3.2.1. Væske/vann varmepumpe

Væske/vann varmepumpe³⁹ er et varmepumpesystem som brukes ved varmepumper knyttet til jordvarme, bergvarme eller sjøvarme. Solen lagrer gjennom dagen en mengde solenergi ned i fjellet, jorden og havet. Ved hjelp av en rørslyufe føres en frostsikker væske ned i grunnen eller ut i havet. Væsken blir der varmet opp til den temperaturen som jorden, fjellet eller vannet har. Væsken blir deretter ført tilbake til boligen. Dette reduserer temperaturdifferansen mellom kaldt vann som skal inn til varmtvannstanken og ønsket tappevannstemperatur. En varmepumpe er derfor med på å redusere energiforbruket av varmeenergi i boligen. Et eksempel på et bergvarmeanlegg med varmepumpe er vist i figur 11.



Figur 11. Illustrasjon av bergvarmeanlegg

Vanlig boreddybde ved et bergvarmeanlegg er 80 – 200meter. Borehullet er normalt sett plassert 2-3 meter fra grunnmuren⁴⁰. Prisen på boringen avhenger av hvor langt ned det må bores Tegningen

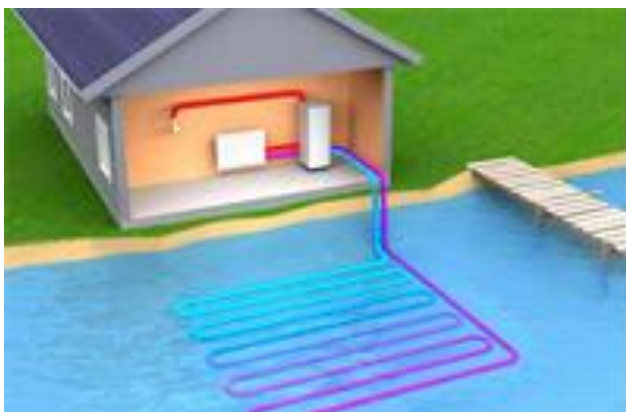
over viser systemer til anlegget. En kollektorslange fylt med frostsikker væske blir sendt ned i borehullet og videre tilbake til varmepumpen. Varmen blir deretter sendt videre inn i bygget via varmepumpen og ut i rørene for vannbåren varme.

Jordvarmen⁴¹ kan utnyttes ved at en kollektorslange legges i sløyfer på ca 1 meter ned i jorden. Sløyfene legges 1 meter fra hverandre. Selve nedgravingen kan huseieren utføre selv. Derfor reduseres installasjonsutgiftene i forhold til ved et bergvarmeanlegg hvor fagfolk må utføre boringen. Hvor lang slange som kreves, avhenger av husets dimensjoner og energibehov. Det avhenger også av hvor stor slange det er plass til på den aktuelle tomten. Et eksempel på et jordvarmeanlegg er vist under.



Figur 12. Illustrasjon av jordvarmeanlegg

En sjøvarmepumpe henter solenergien lagret i sjøen. Kollektorslangen blir her lagt ute i sjøvannet. Slangen kan enten graves ned på havbunnen eller holdes nede ved hjelp av lodd. Hvor lang slange som trengs avhenger av husets energibehov og størrelse. Sjøvannet holder en stabil temperatur på omtrent 4 grader⁴² celsius på en viss dybde. Denne temperaturen er jevn gjennom hele året. Både innsjøer, vann og hav kan benyttes. Elver er mindre egnet på grunn av at det der er store bevegelser i vannet. Figur 13 viser en illustrasjon av et sjøvarmeanlegg.



Figur 13. Illustrasjon av sjøvarmepumpe

2.3.2.2. Luft/luft varmepumpe

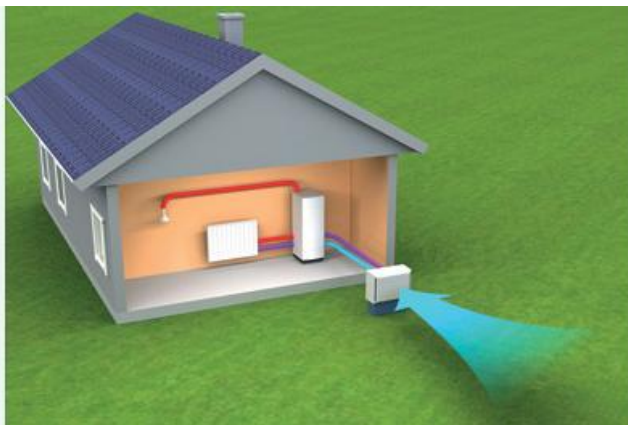
En luft/luft varmepumpe er blitt mer og mer vanlig i Norge. Her monteres varmepumpen direkte på bygningskroppen. En luftmodul henter her varmeenergi fra uteluften og benytter dette til å varme opp inneluften i boligen. Varmepumpen er ofte reversibel. Dette betyr at den kan flytte varm luft til kaldere området i to retninger. På denne måten kan varmepumpen både varme opp boligen om vinteren og kjøle den ned om sommeren. Utedelen kan plasseres på fasaden, under trappen eller et annet sted hvor den får god effekt. Inndelen festes på veggen inne i boligen. Et eksempel på en luft/luft varmepumpe er vist i figur 14.



Figur 14. Illustrasjon av en montert luft/luft varmepumpe med utedel og inndel

2.3.2.3. Luft/vann varmepumpe

En luft/vann varmepumpe er en luft/luft varmepumpe som også kan varme opp vann. Dette tempererte vannet kan føres inn i et vannbårent oppvarmingsanlegg med vannbårent gulvvarme og/eller radiatorer. Inndelen av anlegget er her koblet til varmtvannstanken i stedet for å være montert på veggen. Et eksempel på et luft/vann varmepumpesystem er vist i figur 15.



Figur 15. Illustrasjon av en luft/vann varmepumpe koblet til varmtvannstank og videre til radiator og dusj.

2.3.3. Vindturbin



Figur 16. En D361 vindturbin.

Vindkraft blir mer og mer utbredt rundt om i verden. I Norge finnes det i dag totalt 18⁴³ vindkraftverk. Ved hjelp av en vindturbin med generator kan bevegelsesenergien i vinden omformes til elektrisk energi. En moderne vindturbin, som vist i figur 16, trenger en vindhastighet på 3-4 m/s for å kunne generere elektrisk strøm. De beste forholdene for vindkraft finnes langs kysten av Norge hvor den gjennomsnittlige vindhastigheten varierer mellom 6-10 m/s gjennom året.

2.3.4. Solcellepanel

Solcellepanel har i Norge i mange år blitt brukt til en mindre strømproduksjon på hytter og båter. Solcellepanelene kommer i mange forskjellige størrelser og varianter. De to hovedtypene er monokrystallinske og multikrystallinske solceller. Monokrystallinsk⁴⁴ betyr at materialet er blitt krystallisert til en type krystall. Multikrystallinsk betyr at materialet har blitt krystallisert til å bestå av flere krystallarter. Typisk solcellepaneleffektivitet er 18 %⁴⁵ for monokrystallinske og 16% for multikrystallinske solceller. De monokrystallinske solcellene har som oftest en høyere effektivitet enn de multikrystallinske, mens sistnevnte krever mindre energi i fremstillingen av produktet. Et eksempel på solcellepanel er vist i figur 17.



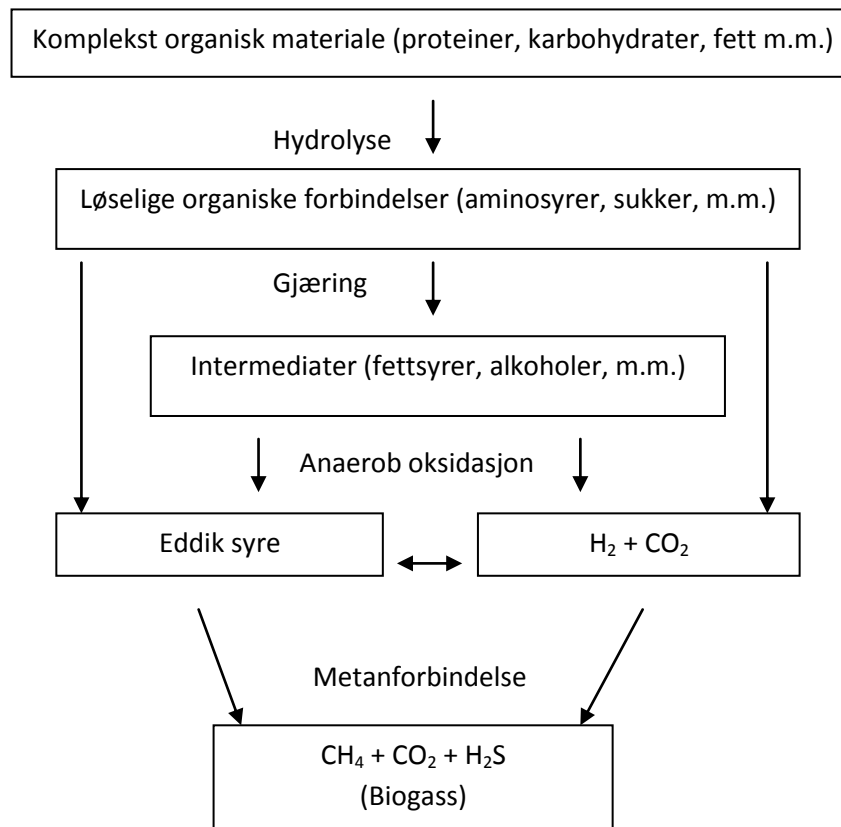
Figur 17. Bilde av solcellepanel NQ fra solar på 230 V

Fra rørleggersentralens hjemmesider⁴⁶ er det hentet et regneeksempel:

"Gjennomsnittlig boareal er 50 m² per person. De fleste bygg er 2 til 3 etasjer som gir ca 25m² takflate per person. De fleste hus har saltak, det betyr ca 10m² sørvendt takflate per person, som igjen kan gi 1000 kWh solstrøm med solceller. Dette er cirka 15 prosent av gjennomsnittlig energiforbruk per person i husholdningene."

2.3.5. Biogass

Når organisk materiale råtner blir det produsert en gass. Dersom råtningsprosessen foregår i et anlegg under kontrollerte forhold, kalles gassen for biogass⁴⁷. Forråtningen er en anaerob prosess. Det vil si at prosessen foregår uten tilgang til luft. Biogass består av to hovedgasser, metan (CH₄) og karbondioksid (CO₂). Biogassen brennes eller puttes inn i gassdrevne maskiner. Det er metanet i gassen som gjør det mulig å utvikle energi. Biogassen kan på den måten benyttes til varmeproduksjon, el-produksjon og den kan benyttes i gassdrevne hvitevarer og biler. Omrøringen i forråtnelsestanken foregår mekanisk. Forbruk av elektrisk energi til oppvarming, røring, hygienisering, pumping osv er i følge SINTEF 0,15 kWh/Nm³ metan⁴⁸. Avgassene ved forbrenning er CO₂ og vann. Gassen kan lett anbringes i rør og transporteres direkte fra anlegget, eller legges på tanker til lagring.



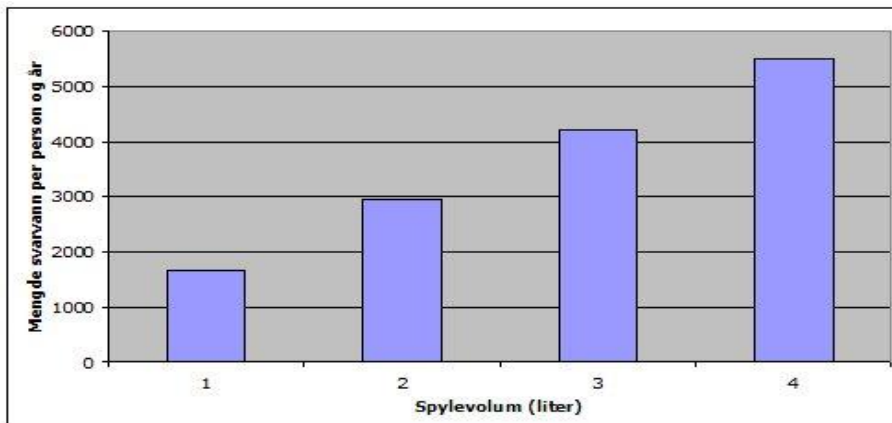
Figur 18. Kjemisk prosess ved forråtnelse av organiske materialer. (Fig. N. Aa. Tangen)

I figur 18 er den kjemiske prosessen ved forråtnelse av organisk materiale vist.

Biogass fra et utråtningsanlegg er estimert til å inneholde 60-70% metan, 30-40% karbondioksid, 100-1500 ppm. hydrogen sulfid (H₂S) og er ellers mettet med vanndamp. Opplysningene er mottatt etter personlig meddelelse fra Freddy Tangen, MOVAR.

Små biogassanlegg har blitt mer og mer vanlig rundt om i verden⁴⁹. I Asia, spesielt i Kina og India, har det blitt vanlig med biogassanlegg i familiestørrelse. Disse anleggene er koblet til kloakken fra mennesker og dyr. Gassen benyttes direkte til matlaging. De siste årene har konseptet også blitt mer vanlig i Europa. Tyskland, Østerrike og Danmark er eksempler på land som har satset mye på området.


I Norge er det anlagt noen anlegg tilknyttet til større gårder. Også kommunale anlegg har vokst frem. Det er nå planlagt et biogassanlegg på Romerike⁵⁰. Anlegget er en del av Oslo kommunes kildesorteringsprosjekt og får en kapasitet på 50 000 tonn biogass per år. I følge biogassforum.no er dette nok gass til å drive 135 busser samt forsyne 100 mellomstore gårder med fast og flytende biorest. Bioresten er meget energirik og kan benyttes til jordforbedring.



Figur 19. Mengden svartvann per person per år i en bolig med kildeseparert toalett. Grafen er avhengig av antall liter vann som blir benyttet til spyling i toalettet. Det er regnet med 5 toalettbesøk om dagen.

Som figur 19 viser øker antall kubikkliter svartvann med mengden vann benyttet til spyling av toalettene. Et vanlig toalett som det her er tatt utgangspunkt i, forbruker 6 – 9 liter per spyling⁵¹. For å unngå for store vannmengder i kloakken kan et vakuumtoalett⁵² benyttes. Et slikt toalett benytter lufttrykkforskjeller for å transportere kloakken fra toalettet og ned i avløpet. Vannforbruket blir derfor redusert ned til 0,5 liter per spyling⁵³. Ved å benytte et slikt toalett reduseres vannforbruket fra 40- til 90 prosent.

Tabell 3 Effekt for biogassgeneratorer gitt av produsent. Prisen er oppgitt i kinesiske RMB.

Item Number	600W	1200W	3000W
			
Type	Biogas Generator	Biogas Generator	Biogas Generator
Rated Power	600W	1200W	3000W
Max. Power	700W	1300W	3500W
Frequency	50HZ		
DC Output	12V 8.3A		
Generator Type	Single-phase Brush Motor		
Engine Type	CC154F	CC168F	CC188F
Bore X Stroke	53 x 38mm	68 x 45mm	88 x 64mm
Displacement	87cc	163cc	389cc
Ignition System	T.C.I.		
Engine oil capacity(L)	0.55	0.35	0.9
Gas consumption(m ³ /h)	0.84	1.46	3.5

SHENZHEN PUXIN SCIENCE AND TECHNOLOGY CO., LTD

4.2 Biogas Generators for medium and large size biogas plants.

Model (KW)	8	15	20	26	35	45
Price(RMB)	56,100	97,500	107,500	117,500	147,000	198,000
Rated power(KW/KVA)	8/10	15/18.75	20/25	26/32.2	35/43.8	45/56.3
Rated Speed(r/ min)	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Rated Voltage(V)	400	400	400	400	400	400
Rated Current(A)	14	27	36	47	63	81
Rated Frequency(HZ)	50	50	50	50	50	50
Rated Power Factor	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Supply Connection	3 phases 4 lines			3 phases 4 lines		
Excitation Way	Brushless			Brushless		
Starting Mode	24 VDC Electric starting system			24 VDC Electric starting system		
Cooling	Water Cooling system			Water Cooling system		
Speed Control	Electronic governor			Electronic governor		
Gas Consumption(m ³ /kw.h)	Less than 0.70			Less than 0.70		

Tabell 3 viser en oversikt over strømgeneratorer for biogass. Som det fremgår av tabellen konsumerer en generator på 45 kW 0,7 m³ biogass/kwh. Egenvekten⁵⁴ til biogass er omtrent 1,18 kg/m³⁵⁵.

Tabell 4 Metangassinnhold og teoretisk utbytte av biogass

Substrat	Tilgang substrat [tonn/år]	Andel TS [%] *	Andel VS [% av TS] *	Biogass-utbytte * [m ³ /tonn VS]	Teoretisk biogassutbytte [m ³ /tonn subst]	Biogassutbytte i praksis [m ³ /tonn subst]	Potensial	Andel metan	Biometan [m ³ /år]
Kloakkslam	2500	22	70	600	92	79	196 350	60 %	117 810
Kildesortert våtorg. avfall (KVA)	4000	35	70	700	172	146	583 100	60 %	349 860
Ensilert matavfall	8 500	25	95	700	166	141	1 201 156	60 %	720 694
SUM	15 000						1 980 606		1 188 364

Tabell 4 over viser at 1000 kg kloakkslam gir 79 m³ ukomprimert biogass. Metangassinnholdet i kloakkslam er 60 %. Dette innholdet er tilstrekkelig for å kunne produsere biogass og for å benytte gassen til strømproduksjon ved hjelp av generator. En gjennomsnittlig person produserer 6000 kg/år⁵⁶ kloakkslam.

Formel for omregning av biogass til energi i likning 1 er gitt av Freddy Tangen ved personlig meddelelse:

[Likning 1]: Nm³ gass x Ch₄ % x 9,8 = kWh

Under følger tabell 5 over egenskapene til ulike avfallstyper ved produksjon av biogass. Tabellen viser tydelig at matavfall gir 0,7 m³ biogass/kg VS, kloakkslam gir 0,6 m³ biogass/kg VS og gress gir 0,46 m³ biogass/kg VS.

Tabell 5. Biogassutbytte ved forskjellige substrater

Substrat	TS (%)	VS (% av TS)	Biogassutbytte (liter/kg VS)
Ensilasje (gras)	25	90	460
Storhusholdningsavfall	10	95	990
Storfegjødsel	6-10	75	300
Grisegjødsel	6	70	400
Høsegjødsel	21	70	500
Hestegjødsel	28	80	460
Sauegjødelse	27	80	750
Mage-tarm, fast	15-20	82	740
Kloakkslam	21	70	600
Bein og skalle fra slakteri	50	65	990
Blod	7	83	990
Slakteavfall	47	90	1140
Fettvann	2	95	990
Tarmer, minkmat	47	93	1140
Matavfall	35	70	700

Metaninnholdet i biogass kan settes til 65-67 prosent av biogassmengden.

Tabell 6. Biogassprosenten fra organisk avfall, kloakkslam og deponigass.

	Biogass fra organisk avfall	Biogass fra kloakkslam	Deponigass
Metan, CH ₄	60-70 %	60-70 %	40-55 %
Karbondioksid, CO ₂	30-40 %	30-40 %	25-40 %
Nitrogen, N ₂	0	0,2	5-15 %
Oksygen, O ₂	0	Spor	0-2 %
Hydrogen, H ₂	Spor	Spor	spor
Hydrogensulfid, H ₂ S	600-1000 ppm	<10 ppm	50-300 ppm
Brennverdi per Nm ³ ubehandlet gass	6-7 kWh	6-7 kWh	4,5-6 kWh
Relativ densitet	0,9	0,9	1,0

Tabell 6 viser at både organisk avfall og kloakkslam har en metangassprosent på 60 – 70 %. Dette er en god nok prosent til å kunne utnytte biogassen til produksjon av varmtvann og elektrisitet.

Tabell 7. Råmateriale som trengs for å produsere 1 m³ biogass

raw material	Water content (%)	Dray material gas production rate (m3/kg)	raw material needed to produce 1 cubic meters biogas (kg)	
			Dry material	Fresh material
Pig Manure	82	0.25	4.00	22.23
cow Manure	83	0.19	5.26	30.95
Chicken Manure	70	0.25	4.00	13.34
Human Manure	80	0.30	3.33	16.65
Rice Straw	15	0.26	3.84	4.52
Wheat Straw	15	0.27	3.70	4.36
Corn stalks	18	0.29	3.45	4.21
Water Hyacinth	93	0.31	3.22	46.00

Tabell 7 viser hvilken mengde råmateriale som trengs for å produsere 1 kubikkmeter med biogass. Tabellen viser også vanninnholdet ved forskjellige avføringstyper.

2.3.6. Pellets

Pellets⁵⁷ er brennbare små sylindre av komprimert og kokt treflis, skogsavfall, sagbruksavfall, torv eller landbruksavfall. I Norge er det vanlig at pellets består av komprimert treflis. Mange boliger i Norge har pelletsovner⁵⁸ som energiforsyningskilde. Pellets blir da brent og benyttet til å varme opp tappevann. Dersom pellets skal benyttes som oppvarmingskilde, må boligen ha et eget rom til lagring av pelleten. Røyken fra pelletsovnen inneholder meget lave verdier av sot og partikler. Mange allergikere som reagerer på vedfyring reagerer derfor ikke i samme grad på pelletsfyring. Pellets er vist på bildet i figur 21.



Figur 20. Bilde av pellets

2.3.7. Fjernvarme

Etter plan- og bygningsloven 2010, §27-5, skal nye bygninger som oppføres innenfor et konsesjonsområde for fjernvarme kobles til ledningsnett for fjernvarme. Kommunen kan gjøre unntak dersom byggherren kan dokumentere at alternative energikilder er mer miljøvennlig for boligen enn fjernvarme.

Fjernvarme er en energisentral som forsyner bygninger med varmt vann gjennom et isolert ledningsnett. Det varme vannet benyttes som tappevann og til oppvarming ved hjelp av et vannbårent oppvarmingssystem. Fjernvarmeanlegget⁵⁹ produserer varmtvann ved å forbrenne olje, gass, avfall eller biomateriale. Varme fra gråvann eller svartvann, elektrisk strøm eller varmepumpe blir også benyttet. I boligene med fjernvarme som energikilde, er det installert en kundesentral med varmeveksler. Denne kundesentralen overfører varmen fra fjernvarmenettet til varmeanlegget i boligen. Kundesentralen inneholder både en termostat til temperaturstyring og en energimåler slik at forbruket kan registerets. Det finnes flere fjernvarmeselskaper i Norge. Et eksempel på dette er "Hafslund Fjernvarme"⁶⁰. Dette selskapet forsyner stadig større deler av Oslo med fjernvarme.

2.4. Tekniske installasjoner

2.4.1. Generelt om oppvarmingssystemer

Passivhus har mindre behov for oppvarming enn bygninger med lavere energiklasse. Dette er fordi passivhus har mindre varmetap enn bygninger med lavere energiklasser. Tabell 8 viser dimensjonerende effektbehov og spesifikt energibehov til oppvarming av bolig og varmt vann i lavenergihus og passivhus. Som tabell 8 viser, reduseres energibehov betraktelig fra lavenergistandard til passivhusstandard.

Tabell 8. Dimensjonerende effektbehov og spesifikt energibehov til oppvarming av bolig og varmt vann i lavenergihus og passivhus.

Effekt-/energibehov	Lavenergihus	Passivhus
Totalt årlig energibehov	Maks. 100 kWh/(m ² år)	65-85 kWh/(m ² år)
Oppvarming ¹ – dimensjonerende effekt	20 – 30 W/m ²	Maks. 10 W/m ²
Oppvarming ¹ – årlig energibehov	ca. 30 kWh/(m ² år)	Maks. 15 kWh/(m ² år)
Varmtvann – midlere effekt	350 – 550 W/boenhet	350 – 550 W/boenhet
Varmtvann – årlig energibehov	25 – 35 kWh/(m ² år)	25 – 35 kWh/(m ² år)

Mange pelletsovner har elektronisk styring av varmeeffekten. Dette bidrar til at ovnene blir mer energieffektive og miljøvennlige. Ovnen har en egen lagertank fylt med pellets som ved hjelp av en elektrisk stoker mater brennkammeret. Pelleten i brennkammeret tenes med elektroder.

I Norge har det vært vanlig å fyre med ved for å varme opp boligene. Det har alltid vært god tilgang til tømmer og det har bygd seg opp tradisjoner og gode relasjoner til dette. En peis med påtente vedkubber, blir i dag sett på som koselig og stemningsfullt, samtidig som det gir en god varme til dem som sitter rundt peisen. En peis er et åpent ildsted. Et lukket ildsted kalles en ovn. Den typen varme en peis og en ovn gir, er strålevarme⁶¹. Varmekilden sender ut varmebølger som varmer opp overflater direkte. Dette er den samme typen varme som sola gir. På denne måten virker omgivelsene mye varmere i nærheten av varmekilden.

En annen type varme er konvektorvarme⁶². Dette er strømningsvarme som varmer opp luftvolumet i rommet. Når det underste luftlaget i et rom blir varmet opp utvider gassene seg og luften blir lettere. Den varme luften stiger opp mot himlingen og presser den kalde, tyngre luften ned mot gulvet. Den kalde luften blir varmet opp og stiger så mot himlingen. Den luften som tidligere var varm har avgitt varme til himlingen, og er nå kaldere enn den stigende luften. Den blir derfor tyngre

og faller så ned mot gulvet der den blir varmet opp på nytt. På denne måten er romluften stadig i bevegelse ved hjelp av konveksjonsstrømmer. De fleste varmekildene gir en kombinasjon av strålevarme og konveksjonsvarme.

2.4.2. Styringssystem

Sentral styring av elektriske installasjoner kan være med på å redusere energiforbruket og opprettholde en optimal termisk komfort. I henhold til byggteknisk forskrift fra 2010 § 15-1, punkt 2a skal varme og kuldeinstallasjoner ha mulighet til regulering og de skal tilpasses energieffektiv drift. Paragraf 15-2b sier at installasjon for vannbåren varme skal ha temperaturregulering av vannet slik at temperaturen tilpasses teknisk utstyr og energieffektiv varmeproduksjon.

Ved et styringssystem kan varmeproduksjonen og belysning reguleres etter behov eller hva som er mest energieffektivt. En felles stasjon regulerer temperaturen i hele boligen og effektiviteten på oppvarmingen av tappevann. Hver tekniske installasjon kan også ha hvert sitt system. En termostat med maksimal temperatur og minimumstemperatur regulerer oppvarmingsbehovet i boligen. Et tidsstyringssystem sørger for at tappevannsproduksjonen er høyest på de tider av døgnet hvor behovet er størst. Det sørger også for at oppholdsrommene i boligen varmes opp på de tidspunkter på døgnene de skal være i bruk.

2.4.3. Elektrisk oppvarming

I de fleste bygg i dag er det vanlig å benytte elektrisk strøm som oppvarmingskilde. Nesten 70%⁶³ av den elektriske strømmen som brukes i norske boliger i dag, brukes til oppvarming. De vanligste oppvarmingsartiklene er elektriske ovner, panelovner, varmelister, elektriske varmekabler. Disse produktene omgjør elektrisk energi til varme.

Ofte har elektrisk oppvarming vært kombinert med en annen varmekilde som varmepumpe, vedfyring, olje eller parafin. Veiledning til teknisk forskrift: 2010 §14-7. punkt 3 sier at bygninger inntil 500m² oppvarmet BRA skal ha dekket 40% av varmebehovet ved hjelp av andre energikilder enn direkte elektrisitet eller fossile brensler.

2.4.4. Vannbåren varme

Vannbåren varme⁶⁴ er et sentralvarmesystem bestående av vannrør som er lagt i sløyfer i gulvet eller i veggene langs gulvet i boligen. Vannrørene i veggene kan kobles til radiatorer eller varmelister som viderefører varmen ut i rommet. Vannrørene går i en sløyfe som starter og ender i en oppvarmingstank. På den måten er det stadig varmt vann i systemet. Det vannbårne systemet kan kobles på en rekke forskjellige energiforsyningssystemer som elektrisitet, varmepumpe, solfangere, fjernvarme osv.

2.4.5. Varmelister med styringssystem

Varmelister er lister langs gulvet som stråler ut strålevarme som fordeles jevnt mellom gulv og tak. Strålevarme er infrarød energi som varmer opp overflater direkte. Overflatene oppfattes som varmere enn luften rundt. Listene kan baseres på vannbårent system eller elektrisitet. Varmelister er utviklet for å stoppe kaldras fra vinduer og yttervegg. En termostat gjør det enkelt å regulere temperaturen til listene. Listene er enkle å inkludere i designet i boligen. Det bygger ca 3,5 cm ut fra veggen og 7-22,5 cm i høyden. De kan plasseres bak møbler, gardiner, eller som en del av en sokkellist. De kan også senkes ned i gulvet med rister over.

2.4.6. Ventilasjon

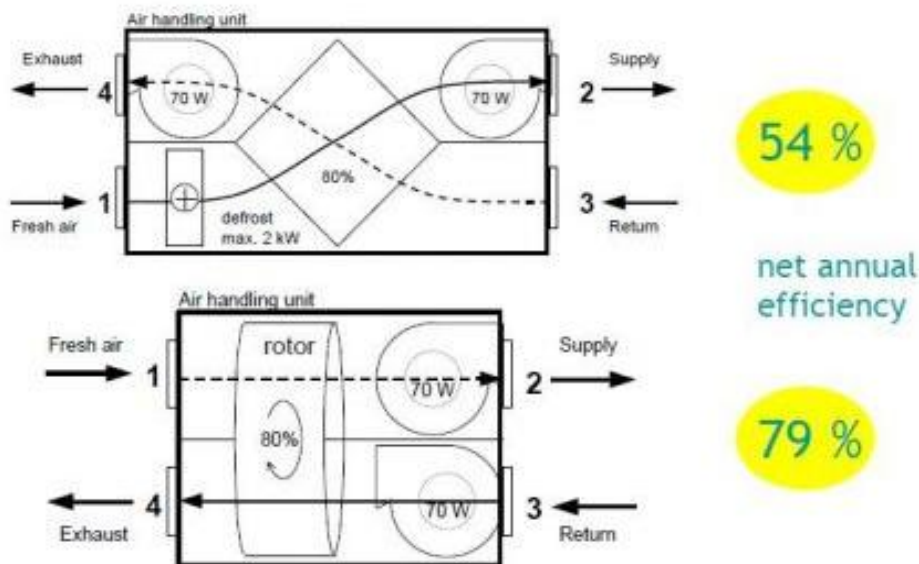
Byggteknisk forskrift fra 2010 §13 har klare krav til ventilasjon i bygg. Ventilasjonssystemet skal være tilpasset de enkelte rom i boligen slik at luften ikke blir forurenset og luftfuktigheten for høy. Friskluften skal ikke være forurenset. Dersom uteluften er forurenset, skal den renses før den føres inn i bygningen.

§13-2 gir spesifikke krav til kapasiteten. Rom for varig opphold skal ha frisklufttilførsel under bruk på minimum 1,2 m³ pr. time pr. m²gulareal og minimum 0,7 m³ pr. time pr. m²gulareal når rommet ikke er i bruk. Rom uten varig opphold skal bli forsynt med 0,7 m³ friskluft pr. time pr. m²gulareal. Soverom skal tilføres minimum 26 m³ friskluft pr. time pr sengeplass når boenheten er i bruk. Våtrom og kjøkken skal ha avtrekk som tilfredsstiller den ventilasjonen som trengs. Avtrekk i luftforurensete rom som kjøkken, våtrom og garasje skaper et undertrykk ved at det trekkes ut mer luft enn rommene får tilført. Resultatet er at forurenset luft fra garasje, kjøkken, våtrom eller andre rom ikke forflytter seg til oppholdsrom eller soverom. Ved å ha større lufttilførsel per time i oppholdsrom og soverom oppnås det et overtrykk i disse rommene. Dermed vil forurenset luft bevege seg til rom med avtrekk.

I følge NS 3700: 2010 tabell 1 skal ventilasjonssystemet ha en SFP faktor på mindre enn 1,5 kW/(m³/s). SFP står for "Specific Fan power" og beskriver hvor mye effekt (kW) viftene bruker i forhold til levert luftmengde (m³/s). Tabell 6 sier også at lekkasjetallet ved 50 Pa, n₅₀ skal være mindre enn 0,6 h⁻¹. Dette betyr at lekkasjetallet ikke skal overstige 0,6 luftutvekslinger per time ved en trykkforskjell på 50 Pascal ute og inne. For å oppnå disse kravene må det foretas testmålinger⁶⁵ gjennom byggefasen. Første måling foretas når vindtettingen er ferdig montert med gjennomføringer og vinduer, dører og taket er kommet på plass. Hovedmålet med den første testmålingen er å avdekke utettheter tidlig i byggefasen

I henhold til "Veiledning til Forskrift om tekniske krav til byggverk" er balansert ventilasjon en preaksepterte løsning for å tilfredsstille kravene til luftkvalitet i § 13-1. Denne typen ventilasjonssystem har elektriske vifter som styrer lufttilførsel og avtrekk. Tilluften er forvarmet ved en varmeveksler. En slik varmeveksler lagrer varmen fra avtrekksluften og overfører den til tilluften.

De vanligste typene er kammerveksler eller plateveksler. Kammerveksleren har et roterende kammer. Den veksler mellom å la avtrekksluft og tilluft passere. Når avtrekksluft passerer vil kammeret bli varmet opp. Den roterer så rundt slik at tilluften kan passere gjennom og bli varmet opp. Deretter roterer kammeret tilbake igjen. En plateveksler varmer opp tilluften ved at avtrekksluft og tilluft passerer på hver side av platen. Avtrekksluften varmer opp platen som igjen varmer opp tilluften. De to systemene er vist i figur 22.



Figur 21. Plateveksler øverst og kammerveksler nederst.

Som figur 21 viser, er kammerveksleren mer effektiv enn plateveksleren. Faren⁶⁶ for at forurenset luft kommer over til tilluften er derimot større for en kammerveksler enn en plateveksler. En kammerveksler kan også avgi mer støy enn en plateveksler fordi kammerveksleren har et spjeld som veksler ved regulering av luftstrømmen. En plateveksler gir ingen lekkasje mellom avtrekksluft og friskluft. Den trekker derimot litt mer strøm til avriming på grunn av kondens. Kammerveksleren trenger ikke avrimes.

2.4.7. Sparedusj

Enova har i lang tid anbefalt sparedusj⁶⁷ som et godt tiltak for å spare energi. Mange forbrukere, spesielt de med lengre hår, har erfart at en sparedusj bruker lenger tid på å skylle ut sjampo enn dusjhoder med vanlig vanntrykk⁶⁸. Det antas i denne oppgaven at gunstigheten av sparedusj avhenger av forbrukerens dusjvaner. Det antas at brukerne av boligene er energibevisste mennesker. Ut i fra dette regnes det som gunstig med sparedusj i boligene med vanntilførsel på 8⁶⁹ liter per minutt.

2.4.8. Renseanlegg for gråvann

Gråvannet er den delen av kloakken som kommer fra dusj, servant og vaskemaskin. Dette vannet inneholder en del kjemikalier, fosfor og nitrogen⁷⁰. Disse stoffene skal helst ikke slippes direkte ut i naturen fordi det kan føre til algevekst. Etter personlig meddelelse fra Freddy Tangen fra MOVAR, skal alt gråvann renses etter § 7 i forurensningsloven. For å kunne forurense må man ha tillatelse fra kommunen. Ved innlagt vann i bolig vil kommunen at boligen kobles til det kommunale ledningsnettets slik at gråvannet blir ført gjennom et kommunalt reseauanlegg. Dersom gråvannet skal tas hånd om av huseier, trengs det særskilt tillatelse fra kommunen.

Mange hytter i Norge har ikke innlagt vann og er derfor ikke knyttet til det kommunale nettverket. I stedet har det vært vanlig å bære vann inn i hyttene ved hjelp av vannkanner. I den senere tid har noen hytter fått tillatelse av kommunen til å ha såkalt "utevann". Dette vil si at hytteeierne har gått sammen om å legge vannledninger med drikkevann til hyttene sine. Dette vannet har blitt montert på utsiden av hytteveggen. Det regnes derfor ikke som innlagt vann fordi hyttene ikke har noe rørsystem inne i hyttene. Et eksempel på slike hyttegrender er Komperød velforening i Sarpsborg kommune. Etter personlig meddelelse fra hytteeier Silje Aastorp Tangen kalles dette for sommervann. Det er laget et andelslag som eier ledningsnettets. Dette ledningsnettets ligger over bakken og det benyttes derfor kun på sommeren. Det er her ikke utslippstillatelse. På grunn av at vannet ikke er tilkoblet servant, dusj eller oppvaskmaskin, regnes det heller ikke som rensespliktig. Dersom dette vannet skulle blitt ført inn i hyttene, ville hytteeierne enten koblet seg til det kommunale nettverket eller ha søkt om utslippstillatelse av kommunen. Gråvannet må renses før det slippes ut i naturen. Hytteeierne hadde derfor måttet investere i et reseauanlegg for gråvann for å få godkjent utslippstillatelsen.

Ved innlagt vann og med utslippstillatelse fra kommunen foregår rensingen av gråvann på egen grunn. Det rensede vannet må være rent nok til at det kan slippes direkte ut i naturen. Selve rensesprosessen⁷¹ er standard for de fleste reseauanlegg for hyttebruk. Gråvannet føres inn i anlegget og inn gjennom et slamfilter. Dette filteret er en filterpose som samler opp de største partiklene som smuss og slam. Denne filterposen må tømmes hvert år eller når den blir full. Det filtrerte vannet blir så ført videre ned til pumpekummen. Pumpen fører vannet videre gjennom et biofilter som renses vannet for organiske stoffer, smittestoffer (bakterier), fosfor og nitrogen. Vannet er nå rent nok til at det kan slippes ut i naturen.

2.5. Bygningskroppen

2.5.1. Materialbruk

De vanligste byggematerialene til konstruksjoner i Norge er stål, betong eller trevirke.

Stål⁷² er smibare legeringer av jern og blir ofte benyttet til bærekonstruksjon i byggverk. De forskjellige legeringene kan behandles og fremstilles på forskjellige måter. Egenskapene varierer derfor sterkt. Stålet blir karakterisert etter de gitte egenskapene. De ståltypene som benyttes i konstruksjoner er samlet under betegnelsen "konstruksjonsstål". Konstruksjonsstål er formet på forskjellige måter etter bruksområder. Eksempler på dette er i figur 22.



Figur 22 Konstruksjonsstål.

I bærekonstruksjoner av stål benyttes IPE- eller HSS profiler. Bjelken vist først i figur 23 kalles en I-bjelke (IPE). De finnes i en rekke størrelser med gitte styrker og fastheter. En annen form av konstruksjonsstål vist i figuren over, er HSS (Hollow structural section). HSS er i figuren over formet som en kvadratisk hulprofil. De produseres også som rektangulære, elliptiske eller sirkulære profiler. Stål tåler brann⁷³ dårlig. Allerede ved 500 – 600 grader celsius mister stålet fastheten. Hvor fort stålet mister fasthet avhenger av kvaliteten. Stål har også en god varmeledningsevne noe som kan øke faren for brannspredning. Ved oppvarming vil stålet utvide seg og det kan dermed få deformasjoner. Stål i bærekonstruksjonen blir derfor isolert for å få økt brannmotstand.

Betong⁷⁴ er et velkjent konstruksjonsmateriale som fremstilles ved å blande sement og vann med sand, stein og tilsetningsstoffer. Når blandingen stivner (herder) blir den hard. Betong kan både støpes på byggeplassen eller prefabrikeres (støpes på fabrikk). Ved riktig fremstilling har betongen lang levetid og stor styrke. Det fremstilles i forskjellige kvaliteter og betongen er derfor kategorisert etter styrke og bestandighet. Etter NS-EN 206-1 klassifiseres fasthet og bestandighet som de to viktigste egenskapene. Fasthet er betongens evne til å tåle trykk før det blir brudd i betongen. Fastheten klassifiseres i klasser fra B10 – B95 der sistnevnte er den beste kvaliteten når det kommer til både styrke og levetid. Bestandigheten forteller hvor lang levetid betongen har i et gitt miljø. Bestandighetsklassene M90, M60, M45, MF45, M40 og MF40 forteller hvor mye vann det er i betongen, altså hvor lite vann det er tilsatt i blandingen. Jo lavere tall, jo mindre vann er det i betongen og jo bedre bestandighet har den. M kommer av at bestandighetsklasse tidligere ble kaldt miljøklasse. F står for frostsikker. Betong tåler trykk meget godt, men det er et sprøtt materiale som tåler strekk dårlig. Derfor blir ofte armert med stålstenger for økt styrke. Ved brann⁷⁵ kan betongen miste mye av sin fasthet. Jo høyere temperatur jo mer tap i fasthet har betongen. Ved mindre branner kan betongen gjenvinne fasthet etter en måneds tid. Men ved svært høye temperaturer vil betongen bli dehydrert og limet i betongen vil endre seg. Resultatet er en permanent reduksjon i

fastheten. Fremstillingen av betong er ansett for å være lite klimavennlig. For hvert tonn sement som produseres⁷⁶ slippes det et tonn CO₂ ut i atmosfæren. Dette tilsvarer 300 kg Co₂ for hver m³ betong.

Tre som byggemateriale har lange tradisjoner i Norge. Det har alltid vært god tilgang på trevirke de fleste stedene på landet. De vanligste tretypene benyttet i norske boliger, er gran eller furu. I følge "riksantikvaren.no"⁷⁷ medfører bruken av trevirke i bygningskroppen liten miljøbelastning. Det er her sammenliknet med produksjon og bruk av betong og stål og det er knyttet til hele byggets livsløp. Det er i sammenlikningen inkludert produksjon, transport, vedlikehold, livslengde og anvending. Tre fungerer som et karbonlager. CO₂ er en klimagass og utslippet fra denne gassen må reduseres for å unngå videre global oppvarming. Blad og nåler på treet tar opp klimagassen ved fotosyntese, karbonet lagres og oksygen frigis. Ved å benytte trevirke som konstruksjonsmateriale bindes karbon gjennom hele livsløpet til trevirket. Utslippende av karbondioksid reduseres også i avfallsfasen dersom energigjenvinning av materialene erstatter fossile brensler. Trevirke er samtidig lett å bearbeide. Trevirke er et levende materiale. Det inneholder en stor del fuktighet. Fuktighetsprosenten avhenger av sesong, temperatur, luftfuktighet og tørketid. Når trevirke tørker, krymper det i tverretningen. Trevirke må behandles med kjemikalier for å gjøre det mer motstandsdyktig dersom det benyttes på steder hvor det er store muligheter for fukt og råte. Trevirke har samme styrke i forhold til vekt som stål. Kvist og virkesfeil reduserer styrken. Trevirke er derfor sortert i styrkeklasser.

Ved å lime treplanker sammen kan det konstrueres store konstruksjoner. Disse sammenlimte treplankene heter limtre. Det blir oftest benyttet gran til produksjon av limtre. Trestammen består av yteved og kjerneved. Kjerneveden består av døde celler og befinner seg i den sentrale delen av trestammen. Kjernevedens funksjon er å opprettholde treet's stivhet og bæreevne. Yteveden består av levende celler som deltar i vann og næringstransportprosessen. Furu har større kjerneved enn gran. Kjerneveden er naturlig impregnert og er derfor mer motstandsdyktig mot fukt og råte. Furu blir derfor ofte benyttet ved konstruksjoner utendørs. Trevirket er samtidig et anisotrop materiale. Det vil si at det ikke er like sterkt i alle retninger. Det består av treceller av ulik form og orientering. Cellene er kittet sammen med lignin⁷⁸ som er en gruppe kjeder av aromatiske alkoholer i plantecelleveggen. Cellene ligger i samme retning. Denne retningen kalles for fiberretningen. Det er i denne retningen trevirket er sterkt.

Massivtre⁷⁹ er massive elementer av tre. Elementene består av planker som er satt sammen ved hjelp av lim, spiker, dybler eller strekkstag. Elementene leveres ferdige og settes sammen til hele konstruksjoner.

2.5.2. Vinduer

Vinduer er helt avgjørende for varmetapet i en bolig. I henhold til NS 3700: 2010 tabell 5, side 7 skal vinduer i passivhus ha en u-verdi lik eller lavere enn 0,8 W/(m²K). Dette gjelder for både glass og ramme⁸⁰. Det hjelper ikke at vindusrutene har lav u-verdi hvis rammen forårsaker stort varmetap. For å oppnå en slik u-verdi må vinduene ha 3-lags glass og en godt isolert ramme. Det blir ofte benyttet argongass som isolasjonsgass mellom vindusglassene. I et passivhus utnyttes den passive energien fra omgivelsene i størst mulig grad. Den største energikilden fra omgivelsene er sola. For å

samle opp solvarmen vendes vinduer mot syd. Dermed reduseres⁸¹ faren for varmetap fra vinduene til et minimum. Derved øker innek komforten fordi kaldtrekk fra vinduene opphører. Dog vil for mye vindusareal mot syd føre til for høye innetemperaturer om sommeren. For høye innetemperaturer øker behovet for kjøling i bygget. Det bør unngås å ha vinduer mot nord. Dette er en himmelretning hvor solen ikke tilfører boligen varme. Vinduene vil på nordvegg føre til nedkjøling av boligen og det er vanskelig å unngå store varmetap i fyringssesongen.

For å unngå for høye innetemperaturer om sommeren på grunn av solinnstråling, må vinduene ha en form for solavskjerming. Typer solavskjerming kan være utvendige eller innvendige persienner, gardiner, markiser eller bygningsutstikk. I passivhus er det viktig med gode produkter til solavskjerming. Avskjermingsfaktoren forteller hvor effektiv solavskjermingen er. Denne faktoren er et mål på hvor mye av solvarmen som slipper gjennom solavskjermingen. Jo lavere faktor, jo bedre.

For beregning av u-verdi for vinduene er det benyttet følgende formel i likning 2:

[Likning 2]

$$\bar{U}_{\text{alle_vindu}} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i \cdot A_i \cdot U_i}{\sum_{i=1}^k n_i \cdot A_i} = \frac{n_1 \cdot A_1 \cdot U_1 + n_2 \cdot A_2 \cdot U_2 + \dots + n_k \cdot A_k \cdot U_k}{n_1 \cdot A_1 + n_2 \cdot A_2 + \dots + n_k \cdot A_k} \quad [W / m^2 K]$$

hvor

U er U-verdi for hele vinduet (isolerrute, karm/rammekonstruksjon og rutens kantområde)

A er arealet av vinduet

i er vindu/dør type 1, 2, ..., k

n er antall stk av hver type vindu/dør

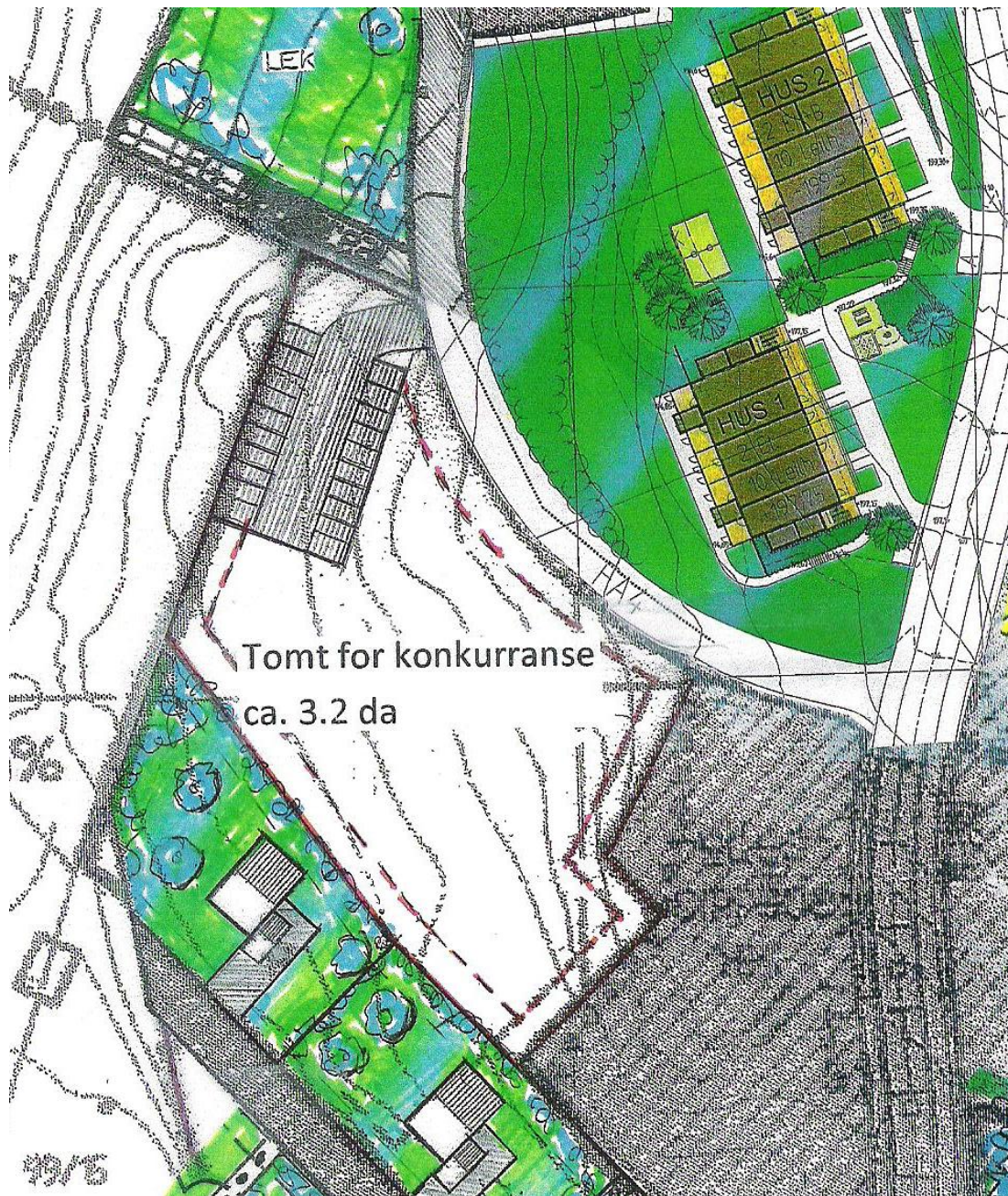
U-verdien avhenger av sjiktens varmemotstand. Jo lavere varmeledningsevne sjiktet har, jo bedre er isolasjonsevnen. Lav u-verdi vil dermed si at sjiktene har bra isolasjonsevne.

2.4.3. Dører

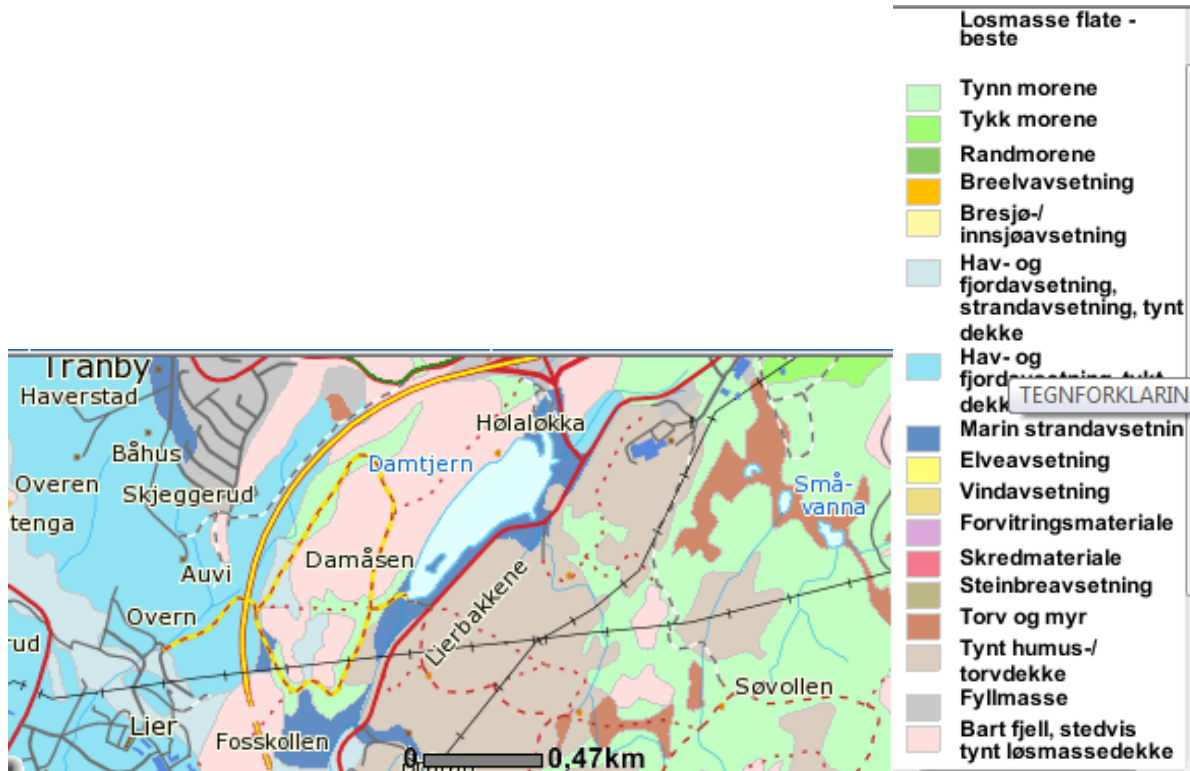
I likhet med vinduene må også dørene i et passivhus ha en lav u-verdi for å forhindre varmetap. I henhold til NS 3700: 2010 tabell 5, side 7 skal dører i passivhus ha en u-verdi lik eller lavere enn 0,8 W/(m²K). Dette gjelder også her både glass og ramme.

3. Tomten

Nullenergibygget utarbeides for en tomt på Utsikten i Lier kommune. Tomten er på omtrent 3,2 daa og ligger i et uregulert område. Rundt tomten er det planlagt et boligfelt og 2 altanganghus. Tomten skråner nedover mot vest og har et terrengfall på omtrent 6,5 meter. Kart over tomten er vist i figur 23. Tomten er vendt mot sydvest med en panoramisk utsikt over Lierbygden og deler av Drammen

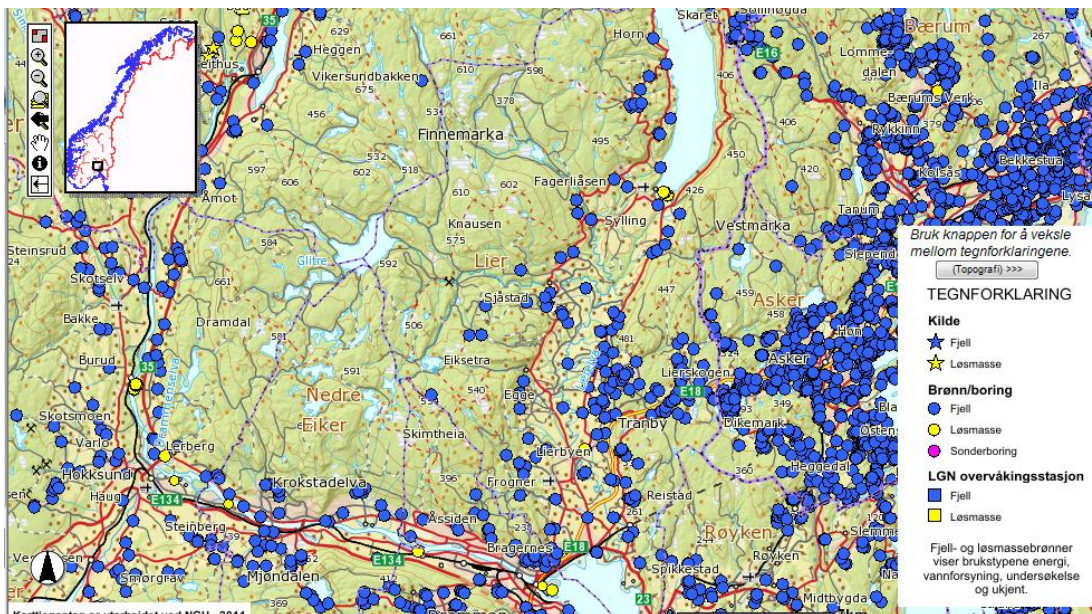


Figur 23. Kart over tomten.



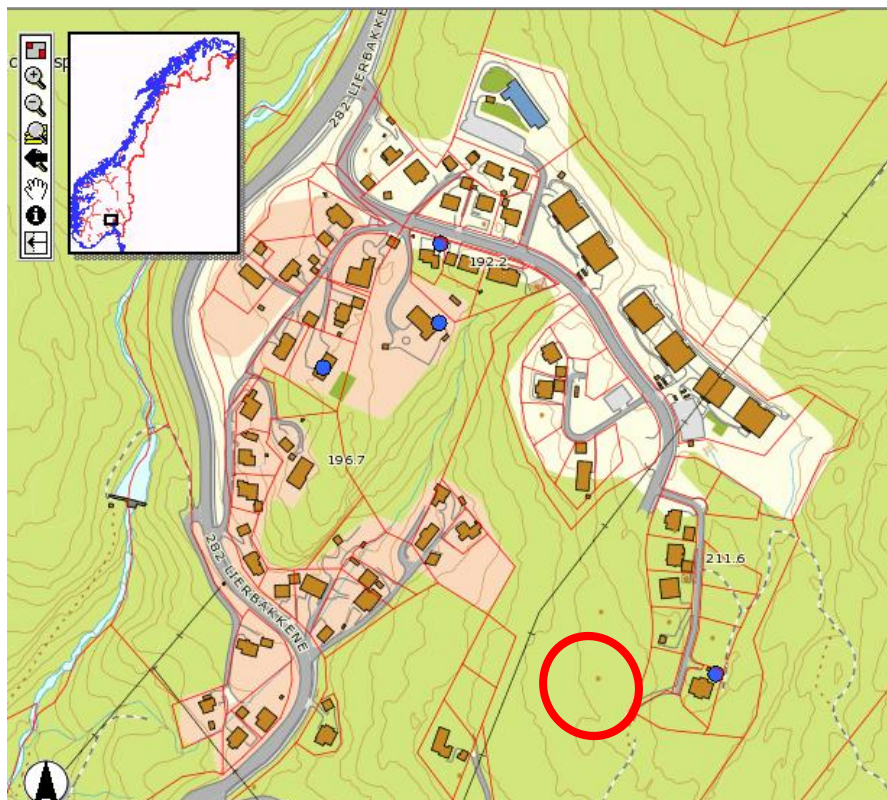
Figur 24. Kart over grunnforholdene på tomten med tegneforklaring.

Kartet over grunnforholdene i figur 24 viser at området består av stort sett bart fjell med stedvis tynt løsmassedecke omgitt av litt tynn morene. Det er derfor enkelt å foreta grunnborringer etter bergvarme.



Figur 25. Oversiktskart over grunnforholdene i Lier.

Oversiktskartet i figur 25 viser at det hovedsakelig borres i berggrunn i Lier.



Figur 26. Kart over byggefeltet rundt tomten.

Kartet i figur 26 viser byggefeltet og den aktuelle tomten. Den røde sirkelen markerer hvor på kartet oppgavetomten befinner seg. De blå prikkene på kartet er energibrønner. Det er 4 naboer som allerede har boret etter bergvarme rundt tomten.

Tabell 9. Månedstatistikken for tomten

	Månedstatistikk						Temperatur			Nedbør			Vind		
	Gjennom- snitt	Normal	Varmest	Kaldest	Totalt	Normal	Mest på ett døgn	Gjennom- snitt	Sterkest vind						
jan 2010	-10,0°	-5,4°	-1,2°	17. jan	-24,0°	7. jan	25 mm	54 mm	3 mm	18. jan	1,7 m/s	7,5 m/s	27. jan		
feb 2010	-8,2°	-4,7°	2,2°	14. feb	-21,6°	24. feb	51 mm	43 mm	11 mm	3. feb	1,4 m/s	5,9 m/s	1. feb		
mar 2010	-0,8°	-0,4°	11,5°	10. mar	-16,0°	2. mar	38 mm	59 mm	8 mm	23. mar	1,4 m/s	5,7 m/s	16. mar		
apr 2010	5,6°	4,8°	18,9°	29. apr	-3,3°	20. apr	35 mm	35 mm	18 mm	1. apr	1,9 m/s	9,2 m/s	17. apr		
mai 2010	10,6°	11,1°	24,4°	19. mai	-1,7°	12. mai	79 mm	50 mm	21 mm	16. mai	1,9 m/s	8,0 m/s	1. mai		
jun 2010	15,1°	15,6°	24,8°	6. jun	5,3°	21. jun	33 mm	56 mm	12 mm	12. jun	2,2 m/s	7,6 m/s	18. jun		
jul 2010	18,0°	17,1°	28,4°	10. jul	7,2°	23. jul	92 mm	51 mm	29 mm	30. jul	2,1 m/s	6,7 m/s	14. jul		
aug 2010	16,0°	15,5°	26,7°	8. aug	7,5°	30. aug	206 mm	71 mm	32 mm	14. aug	1,8 m/s	7,2 m/s	24. aug		
sep 2010	10,9°	10,6°	21,2°	14. sep	-0,2°	29. sep	57 mm	90 mm	23 mm	25. sep	1,6 m/s	6,3 m/s	14. sep		
okt 2010	4,8°	6,1°	17,7°	7. okt	-5,1°	21. okt	65 mm	90 mm	30 mm	7. okt	1,7 m/s	7,2 m/s	6. okt		
nov 2010	-3,3°	-0,1°	10,6°	1. nov	-17,2°	30. nov	54 mm	86 mm	15 mm	12. nov	1,4 m/s	5,7 m/s	24. nov		
des 2010	-13,2°	-4,1°	-1,2°	12. des	-23,8°	22. des	21 mm	64 mm	5 mm	20. des	1,5 m/s	7,2 m/s	18. des		

Månedstatistikken i tabell 9 viser en gjennomsnittstemperatur på 3,8 grader celsius. I følge NGU sine hjemmesider vil bergvarmen være 1-2 grader C høyere enn årsmiddeltemperaturen på stedet. Bergvarmen på Utsikten vil derfor ligge på ca 5 grader C.

Fra månedstatistikken vises det at det i gjennomsnitt blåste 1,72 m/s året 2010.

Månedsnormaler for TAM, Middeltemperatur													
Stnr	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des	år
19940	-5,5	-5,0	-0,4	4,8	11,0	15,7	17,1	15,7	11,3	6,6	0,6	-3,5	5,7

Figur 27. Månedsnormal for middeltemperatur på tomten.

Månedsnormaler for GD17_I, Energigradtall, interpolert (basis 17)													
Stnr	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des	år
19940	696,6	620,8	541,6	376,6	197,0	69,6	37,9	65,8	182,2	332,8	504,6	650,1	4275,5

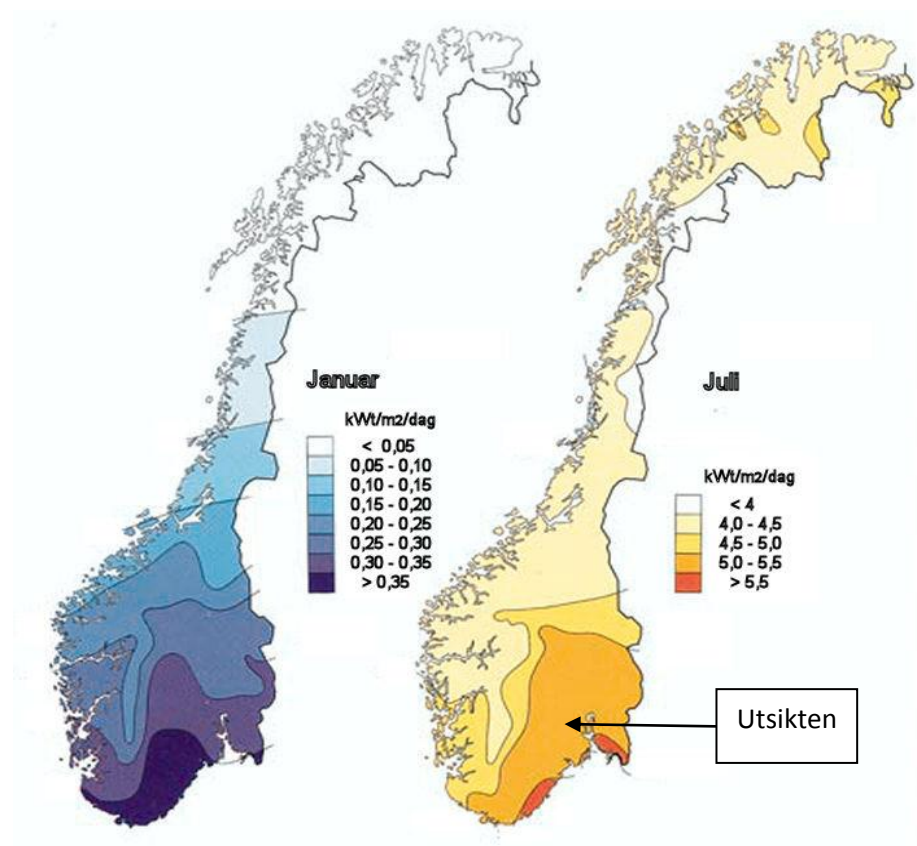
Figur 28. Månedsnormal for energigradtall for tomten.

Soltid registreres kun på noen få målestasjoner i Norge. Dette er vist i figur 27 og 28. "Stnr" beskriver hvilken målestasjon dataene er hentet fra. Den målestasjonen som er nærmest utsikten i Lier kommune, er målestasjonen på Blindern i Oslo kommune.

Tabell 10: Oversikt over gjennomsnittlig antall soltimer per måned og år for forskjellige steder i Norge

	jan	feb	mars	apr	mai	juni	juli	aug	sep	okt	nov	des	år
Sørnesset,													
Stor-Elvdal	20.4	72.0	127.7	169.7	204.1	196.6	181.7	168.0	120.0	80.9	33.1	9.4	1383.6
Kise, Ringsaker	27.7	68.1	125.9	168.3	211.6	242.4	236.6	194.7	135.6	83.4	44.2	17.8	1556.3
Ås, Akershus	31.5	69.1	118.7	179.3	219.1	261.8	251.4	213.3	139.4	85.7	41.1	24.7	1635.1
Blindern, Oslo	40.5	76.0	126.0	178.0	220.2	249.6	245.8	215.8	144.3	86.4	51.2	35.2	1669.0
Kjevik	45.3	83.9	120.8	187.0	227.5	274.4	269.2	231.1	149.7	92.8	57.1	38.8	1777.6
Sola	40.8	74.6	120.6	172.2	214.4	224.2	204.9	188.1	119.1	81.1	43.5	29.6	1513.1
Florida, Bergen	19.3	55.6	93.7	146.5	185.0	188.6	167.1	143.7	85.7	60.1	27.2	11.9	1184.4
Bjørkehaug i													
Jostedal	10.0	36.4	78.2	130.6	202.4	196.0	186.5	152.3	72.0	40.3	13.5	5.9	1124.1
Fiskåbygd,													
Vanylven	17.5	54.6	98.0	134.4	184.1	169.9	128.9	137.2	70.3	55.3	25.6	5.4	1081.2
Tyholt/Voll,													
Trondheim	23.4	65.2	118.8	158.5	215.1	197.4	178.0	176.0	111.5	61.6	31.7	9.3	1346.5
Bodø	8.1	43.0	114.0	158.7	218.8	220.7	172.0	166.5	98.4	54.3	16.3	0.4	1271.2
Tromsø	2.1	31.8	112.4	160.1	218.1	220.9	205.1	167.2	92.1	47.6	6.2	-----	1263.6
Karasjok	0.1	34.7	113.7	154.6	186.4	186.8	184.4	123.3	75.2	42.1	4.5	-----	1105.8
Bjørnøya	-----	4.7	56.5	104.5	116.3	105.3	79.4	70.0	41.6	12.6	-----	-----	590.9

Tabell 10 viser gjennomsnittlig antall soltimer per måned og år. For Blindern vises det at det gjennomsnittlig er 1669 soltimer pr år.



Figur 29. Kart over årlig solinnstråling

Figur 29 viser årlig solinnstråling for Norge. Årlig solinnstråling i denne sørlige delen av Norge⁸² er omtrent 1100 kWh/m². Soltimene i januar gir 0,3 – 0,35 kWh/m²/dag. Soltimene i juli gir 5,0 – 5,5 kWh/m²/dag.

4. Resultater

4.1. Boligene

Rekkehuset på Utsikten i Lier er i utgangspunktet et nullenergirekkehus. Det er parkeringsplass til bil inne i en garasje i kjellerplanet. Inngangsplanet er i hovedsak beregnet som soveromsetasje. Boligene er beregnet for 3-4 personer med ett stort soverom og to små soverom. I den øverste etasjen er det stue og kjøkkenløsning. Denne etasjen har et stort vindu mot sørvest som videre leder ut til en stor veranda. Det er gjennomgående trapp til alle de tre planene og boligene har universell utforming med trappeheisløsning. Boligene har balansert ventilasjonssystem med varmeveksler med varmelister for varmtvann i veggene.

Boligene vist i figur 30, skal tilknyttes en nærliggende og privat energisentral som videre forsyner boligene med nødvendig strøm og temperert vann til varmtvannsproduksjon i de forskjellige boligenes varmtvannstank. Strømproduksjonen i energiforsyningsentralen er basert på et biogassanlegg tilknyttet svartvann fra boligene, matavfall fra avfallskverner på kjøkkenet og organisk materiale hagen på tomten samt nabotomten med altanganghus. Over biogassanlegget er det bygget et drivhus. Varmtvannsforsyningen for varme og tappevann baseres på følgende: Kaldt vann forvarmes ved varmeveksling med gråvann i energisentralen. Videre oppvarming til driftstemperatur skjer i boligene ved solfanger – varmepumpesystemet til Kristian Harley Hansen nevnt i punkt 2.3.1.2. I kalde perioder kan ytterligere energi tilføres ved brenning av biogass. Gråvannet blir sendt gjennom et lite renseanlegg slik at det videre kan benyttes til spyling av toalettene samt til vanning av drivhuset. Boligene er altså selvforsynte med energi i form av tappevann, elektrisk strøm og delvis forbruksvann.



Figur 30. Tegning av huset på tomten (Fig. N. Aa Tangen).

Materialbruken er i første rekke trevirke. Dette materiale har en rekke gode egenskaper. Det har lavt CO₂-utslipp ved fremstilling av materialene i motsetning til blant annet betong. Trevirke er også i stor grad gjenvinnbart. I tillegg er det tradisjon i Norge å benytte tre som materiale. Bygningskroppen har bæring og kledning av tre. Trevirke er utsatt når det kommer til fuktighet. Furu inneholder mer harpiks og kjerneved enn gran. Den er derfor mer motstandsdyktig mot fuktighet og råte. Det blir derfor benyttet furu til utvendig stående kledning.

I henhold til REN veiledning til forskrift om krav til byggverk (TEK) 2. utgave § 7 – 22 Risikoklasser og brannklasser⁸³ tabell 1 er rekkehusene risikoklasse 4. Boenhetene har direkte utgang på bakkeplan. Etter veiledning til teknisk forskrift § 11 – 3 preaksepterte ytelser punkt 2 er byggene i bygningsbrannklasse 1. De bærende bygningsdelene i boligene skal ha brannklasse R 15 - R 30. Alle branncellebegrensende konstruksjoner understøttes av konstruksjoner med samme brannmotstand. Disse konstruksjonene blir vist under punkt 4.5.

Alle illustrasjoner av huset, detaljer, plantegninger og snitt i oppgaven er tegnet i Archicad.

4.2. Begrunnelse for tomteutnyttelse

Bygningenes plassering er valgt ut i fra kotene på tomten. De er plassert langs en kote som gir best mulig uteareal i tillegg til at det er satt av plass til biogassanlegg. Inngangspartiene er mot øst. Rekkehusene er tilpasset tomten så mye som mulig for å redusere utgiftene til tomteopparbeidelse. Bygningenes lengderetning er 47,2 grader mot nordvest. Dette er for å redusere den kjøleeffekten en nordvegg gir. Ingen av rekkehusene har en fasade som står normalt på nordretningen. Rekkehusene har i stor grad felles skillevegger. Dette er for å redusere varmetapet mellom hver bolig og i tillegg redusere utgiftene til materialer. Noen av byggene er dratt litt frem eller tilbake i forhold til de andre rekkehusene. Dette er for å skape mer spill og variasjon i bygningsmassen og for å tilpasse til terrenget. De to boligene lengst mot nord er plassert på en lavere kvote enn de andre boligene. Dette er fordi kotelinjene er fulgt ved plasseringen av bygningene og for å skape en litt mer organisk struktur. Det er også for å forenkle nedkjøringen til garasjen. De to boligene lengst mot nord med rød og blå garasjeport, vil dermed få plan innkjøring til garasjen. Etter veiledning til teknisk forskrift 2010, § 8-2 første ledd bokstav b) skal uteareal tilfredsstillende kravene for universell utforming. Enkelte deler er derfor tomten tilpasset til å tilfredsstillende kravene i TEK 10. Alle veier på tomten vist i figur 31, har en maksimal stigning på 1:20. Veiene er alle steder brede nok til å tilfredsstillende kravene for snuplass. Som vist er det vei helt frem til biogassanlegget med snuplass for leveringsbil. Tomten består etter bearbeidning av omtrent 1000 m² vekstplen. Resten av tomten er naturtomt.

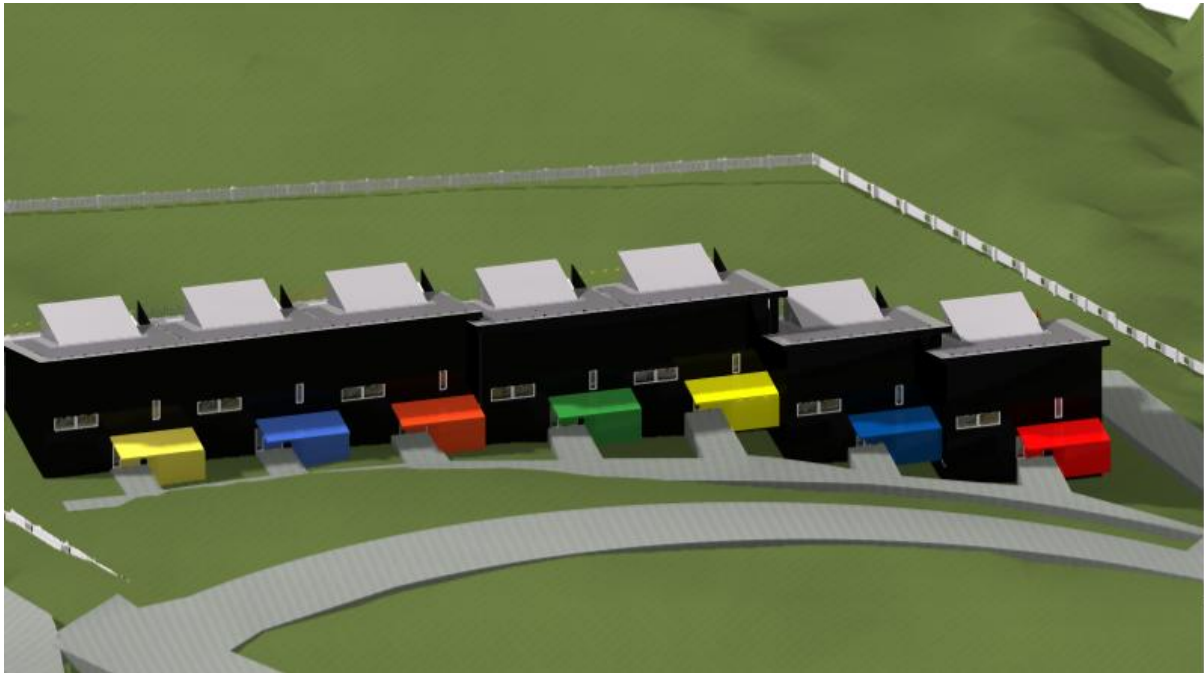


Figur 31. Boligene på tomten. (Fig. N. Aa Tangen)

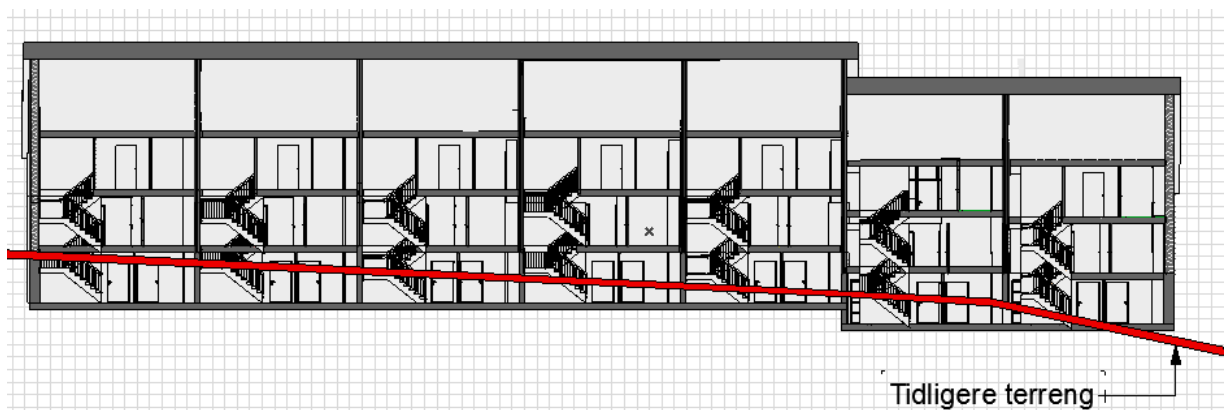
Videre følger 3D fremstillinger av boligene på tomten før terrenget ble tilpasset. Figur 32 viser tomten fra sørvest. Figur 33 viser boligene fra nordøst. Figur 34 viser snitt av boligene før terrengendring vist ved en rød strek. Figur 35 viser snitt av boligene etter terrengendring ved en rød strek.



Figur 32. Boligene før endring av tomt. Fasade mot sørvest (Fig. N. Aa. Tangen)



Figur 33. Boligene før endring av tomt. Fasade mot nordøst (Fig. N. Aa. Tangen)



Figur 34. Snitt av boliger på nordøstside før terrengendring. Terreng vises som rød strek. (Fig. N. Aa. Tangen)



Figur 35. Snitt av boliger på nordøstside etter terrengendring. Terreng vises som rød strek. (Fig. N. Aa. Tangen)

4.3. Estetikk

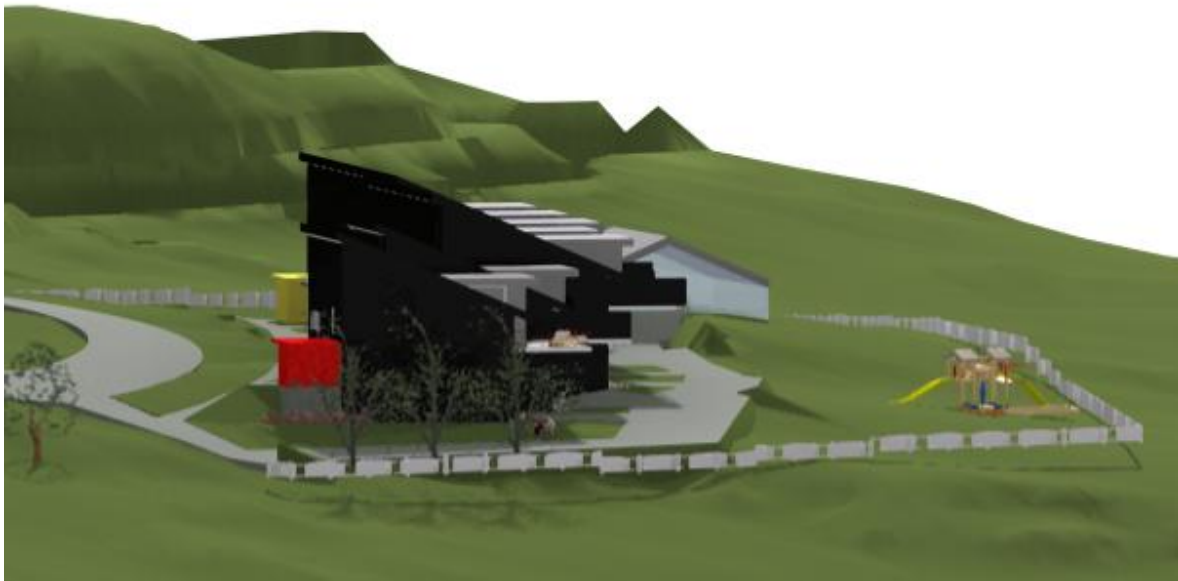
Estetisk er det fokusert på virkemidler som fremmer formålet ved å oppnå nullenergi innenfor en overkommelig økonomisk ramme. Som figur 36 viser, er byggene er malt sorte for å kunne oppta mest mulig solenergi. De største glassflatene er vendt mot sørvest for best mulig utnyttelse av solvarmen og minst mulig varmetap. Det er også noen vinduer på nordøst fasaden hvor hovedinngangen til boligene også er plassert. Hvert rekkehus har i tillegg fått en egen farge på garasjedører, inngangsparti, bod og verandarekkverk. Dette er for å gi hver enhet et eget særpreg, særlig med tanke på barn som vil finne tilhørighet i sin "farge". Dette er også for å gi byggene et enda større særpreg og dermed skape en individualitet for hver bolig. Det er satt opp en sort skillevegg på 1,8 meters høyde mellom hver bolig for å forhindre innsyn mellom verandaene. Etter veiledning til teknisk forskrift 2010 § 8-4 veiledning til femte ledd bokstav c) skal farger benyttet til utearealene stå i synlig kontrast med omgivelsene. Gjerdet rundt tomten, sittegruppen og lekestativet med sandkasse har fått farger som skiller seg fra tomtens grøntareal.



Figur 36. Fasade mot sørvest (Fig. N. Aa. Tangen)

4.3.1. Fasade mot nordvest og sørøst

Nordvest- og sørøstgavlene gir boligene et enkelt uttrykk. Dette er for å redusere kjøleeffekten mest mulig og for å spare på byggekostnadene. Det er derfor ikke lagt noen vinduer eller andre åpninger inn i fasaden. Med unntak av gavlboligene har ikke rekkehusene noen markert fasade mot nordvest eller sørøst. Boligene har i stor grad felles vegger mot nordvest for å redusere varmetapet og for å spare på de økonomiske utgiftene. Figur 37 viser boligene vendt mot nordvest.



Figur 37. Tegning av boligene vendt mot nordvest (Fig. N. Aa. Tangen)

4.3.2. Fasade mot sørvest

Sørvestfasadene vist i figur 36 og 38, er i stor grad preget av vinduer, oppholdsarealer og garasjetilgang. Alle vinduer er av typen Schüco Corona SI 82+ med utgangspunkt i en u-verdi lik $0,78 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Det er satt inn et stort utstikk med glassvinduer i 2. etasjen. Rutene innenfor srossene måler $1 \text{ m} \times 0,9 \text{ m}$. Dette øker trivselen i kjøkken- og stuepartiet. Utstikket er bekledd med titansink fra Rheinzink⁸⁴. Dette materialet er tilnærmet vedlikeholdsfritt, miljømerket med "Cradle to Cradle", produksjonsprosessen har lavt energiforbruk⁸⁵ og materialet har en gjenvinningsgrad på over 90 %. Det er fokusert på dette utstikket videre i fasaden.



Figur 38. Tegning av tomtens sørvest fasade (Fig. N. Aa. Tangen)

Garasjeportene i kjellerpartiet har en U-verdi på $0,52^{86}$ og er av typen Li-Ga port. Denne porten har topp-, bunn- og sidelister som tetter godt mot kuldebroer. Porttykkelsen er 35 mm. I følge leverandøren er porten kuldebrofri. Det er benyttet polyuretanskum som isolasjonsskum. Dette skummet er høytrykksprøytet inn mellom stålplatene i porten. Isolasjonsevnen blir derfor opprettholdt selv ved ekstremvær. Skummet skader ikke osonlaget. Det er satt inn 5 vinduer i fasaden, 2 i kjelleretasjen og 3 i 1. etasjen. Det er ett vindu per soverom i 1. etasjen. Vinduene er på samme størrelse med vinduene i glasspartiet i 2. etasjen. Dette er for å gi et helhetsinntrykk av fasaden.

4.3.3. Fasade mot nordøst

Fasadene mot nordøst vist i figur 39, er preget av inngangspartiet. Det består av en utebod og hovedinngang med ytterdør i samme farger som garasjeportene til de respektive boligene. Dette er for å oppnå samme effekten av individualitet og tilknytning. Det er totalt 4 vinduer i fasaden. Det er ett vindu tilknyttet ytterdøren, ett vindu på badet og 2 vinduer i trappeoppgangen. Alle vinduene er av typen Schüco Corona SI 82+ slik som i sørvest-fasaden. Vinduene som er koblet sammen med ytterdørene er i innvendige mål av størrelsen $0,425 \text{ m} \times 2,10 \text{ m}$. Vinduene på baderommet i 2. etasje er av størrelsen $425 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}$. Vinduene i trappeoppgangen har en åpning på $1,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$.

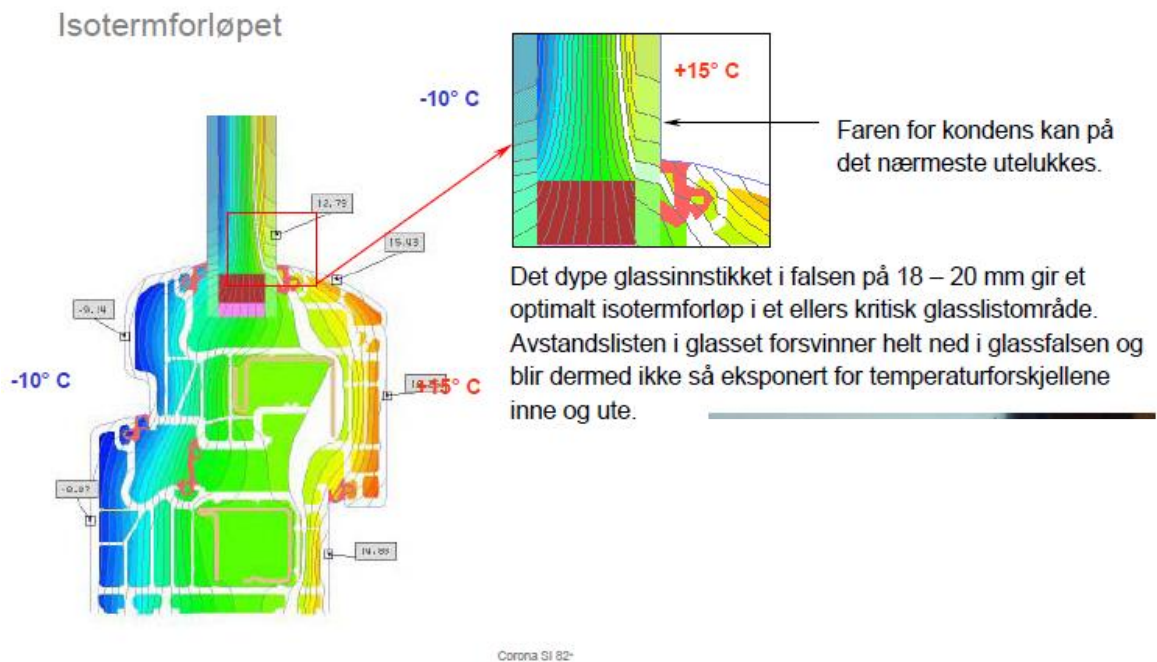


Figur 39. Tegning av fasade mot nordøst (Fig. N. Aa Tangen)

4.4. Energiregnskap

4.4.1. Vinduer

Antall glassruter og glasskvaliteten er meget viktig for varmetapet og kjølebehovet til boligene. Det er derfor tatt utgangspunkt i Schüco Corona SI 82 + kunststoffvindu⁸⁷ med profiler i aluminiumssteg med 8 kamre⁸⁸ og u-verdi på 0,78. Denne vindustypen er anbefalt av Enova. Glasset i vinduene kan velges fritt fra forskjellige leverandører. Schüco anbefalte etter telefonsamtale Profilbyggeren as⁸⁹ som leverandør av vindusprofiler. Vinduene er testet av SINTEF⁹⁰. Isotermforløpet til vinduene er vist i figur 40.



Figur 40. Isotermforløpet til vinduet.

Etter telefonsamtale anbefalte Profilbyggeren AS glassleverandøren Saint-Gobain Bøckmann vindusglasset⁹¹ SSG Climatop One med 2x argon og varmekant. Dette glasset ble levert med en u-verdi på 0,6. Glasset fås også levert med kryptongass og u-verdi ned til 0,4. Dette glasset koster 25 ganger så mye som glasset med argongass. One-glasset har en solfaktor på 0,37. Den totale gjennomsnittlige u-verdien på vinduer per bolig blir da 0,78. Alle vinduene er topphengslet og åpnes utover ved behov.

Vinduene vil i tillegg til denne u-verdien bli isolert med isolerende gardin oppfunnet av Ola Ø Thorsnes. Innenfor vinduene vil det ved mørke og kalde dager, men også ved varme dager, kunne trekkes ned en gardin som isolerer ytterligere i tillegg til isolasjonen som ligger i vinduene. Isolasjonen består av aerogel⁹². Dette materialet isolerer fem ganger bedre enn vanlig veggisolasjon⁹³. Den vil være automatisk med en sensor både inne og ute. Gardinen vil altså isolere mot kulde om vinteren og mot varme om sommeren. Sensorene vil registrere temperatur inne og ute, samt lys ute. Gardinen vil hjelpe til med opprettholde en god termisk komfort i rekkehusene. Mellomrommet mellom vindu og gardin kan få overoppheting om sommeren. Dette mellomrommet må derfor mest sannsynlig ventileres. Gardinen gir vinduene en total u-verdi på 0,29 og er gjennomskinnelig

Det er foretatt u-verdiberegninger for vinduene i boligen etter følgende formel nevnt i punkt 2.5.2.

Formel	$\frac{A_g \cdot U_g + A_k \cdot U_k}{A_g + A_k}$	
U-verdi vindu	U_g	0,6
U-verdi karm	U_k	0,92
Areal glass	A_g	
Areal karm	A_k	

Data for beregningene er funnet etter samtale med leverandør og på profilbyggerens nettside⁹⁴

Under følger u-verdiberegninger for vinduene i boligen.

U-verdi vindu sørvest fasade kjeller + 1. etg

Lengde vindu	L_v	1,27 m
Bredde vindu	B_v	1,17 m
Areal	A_g	1,49 m ²
Areal karm	A_k	0,43 m ²

Total U-verdi: 0,67 W/(m²K)

U-verdi vindu høye sørvest fasade 2. etg

Lengde vindu	L_v	1 m
Bredde vindu	B_v	3,654 m
Areal	A_g	3,65 m ²
Areal karm	A_k	4,44 m ²

Total u-verdi: 0,78 W/(m²K)

U-verdi vindu over dør sørvest fasade 2. etg

Lengde vindu	L_v	1 m
Bredde vindu	B_v	1,44 m
Areal	A_g	1,44 m ²
Areal karm	A_k	1,87 m ²

Total u-verdi: 0,78 W/(m²K)

U-verdi vindu ved trapp nordøst fasade

Lengde vindu	Lv	1,2 m
Bredde vindu	Bv	1,2 m
Areal	Ag	1,44 m ²
Areal karm	Ak	1,86 m ²

Total u-verdi: 0,78 W/(m²K)

U-verdi vindu bad nordøst fasade

Lengde vindu	Lv	0,425 m
Bredde vindu	Bv	1,8 m
Areal	Ag	0,77 m ²
Areal karm	Ak	1,16 m ²

Total u-verdi: 0,79 W/(m²K)

U-verdi vindu inngangsparti nordøst fasade

Lengde vindu	Lv	0,425 m
Bredde vindu	Bv	2,1 m
Areal	Ag	0,89 m ²
Areal karm	Ak	1,33 m ²

Total u-verdi: 0,79 W/(m²K)

Total u-verdi vinduer per rekkehus: 0,73 W/(m²K)

Det er videre foretatt u-verdiberegninger med gardinen til Ola Ø Thorsnes.

Varmemotstand ute	Ru =	0,04 (m ² K) / W
Varmemotstand vindu sørvest fasade kjeller + 1.etg	Rv = 1/Uv = 1/0,67 =	1,49 (m ² K) / W
Varmemotstand vindu høye sørvestfasade 2.etg	Rv = 1/Uv = 1/0,78 =	1,29 (m ² K) / W
Varmemotstand vindu over dør sørvest fasade 2.etg	Rv = 1/Uv = 1/0,78 =	1,28 (m ² K) / W
Varmemotstand vindu ved trapp nordøstfasade	Rv = 1/Uv = 1/0,78 =	1,28 (m ² K) / W
Varmemotstand vindu bad nordøst fasade	Rv = 1/Uv = 1/0,79 =	1,26 (m ² K) / W

Varmemotstand vindu inngangsparti nordøst fasade	$R_v = 1/U_v = 1/0,79$ =	1,26 (m ² K) / W
Varmemotstand mellomrom ca 100mm	$R_m =$	0,18 (m ² K) / W
Tykkelse gardin (m):	T_g	0,03 m
Termisk konduktivitet aerogel (W/mK)	T_{ka}	0,017 W/(mK)
Varmemotstand gardin	$R_g = T_g/T_{ka}$	1,765 (m ² K) / W
Varmemotstand inne	R_i	0,12 (m ² K) / W
Sum varmemotstand	R	3,42 (m ² K) / W

U-verdi=	$1 / R$	0,29 W/(m ² K)
----------	---------	---------------------------

Som vist i beregningene får vinduene i boligen med gardin en u-verdi på 0,29. Dette er lagt inn i simuleringsprogrammet Simien.

4.4.2. Dører

Balkongdørene i 2. etasje er av typen EURO 84ALU⁹⁵ med aluminiumslistor på utsiden. Denne dørtypen er anbefalt av Enova og har en total u-verdi på 0,93. Det vil på balkongdørene, på samme måte som ved vinduene, være en isolerende gardin som senkes ned automatisk ved gitte temperaturer. Denne gardinen vil isolere døren mot kuldebroer, samt isolere varmen ute når det er behov for dette for å kunne opprettholde mest mulig optimal termisk komfort i oppholdssonene. Ytterdøren er av typen Trenor⁹⁶ med u-verdi lik 0,85. Med gardin vil døren få en u-verdi på 0,31.

For beregning av u-verdi er det benyttet samme formel som nevnt for vinduer i punkt 2.5.2. Det er i beregningene under beregnet total u-verdi for balkongdøren med isolergardin. Det er denne døren som antas å ha størst varmetap på grunn av stor glassoverflate.

U-verdi balkongdør er gitt ved	$U_w =$	0,93 W/(m ² K)
Varmemotstand ute	$R_u =$	0,04 (m ² K) / W
Varmemotstand balkongdør	$R_v = 1/U_v = 1/0,79$ =	1,08 (m ² K) / W
Varmemotstand mellomrom ca 100mm	$R_m =$	0,18 (m ² K) / W
Tykkelse gardin (m):	T_g	0,03 m
Termisk konduktivitet aerogel (W/mK)	T_{ka}	0,017 W/(mK)
Varmemotstand gardin	$R_g = T_g/T_{ka}$	1,765 (m ² K) / W
Varmemotstand inne	R_i	0,12 (m ² K) / W

Sum varmemotstand	R	3,18 (m ² K) / W
U-verdi=	1 / R	0,31 W/(m ² K)

Som vist i beregningene får balkongdøren en u-verdi på 0,31. Denne u-verdien er lagt inn i simuleringsprogrammet Simien.

4.4.3. Vegger

Hele klimaskallet er lagt utenfor dekket og bæresystemet. Dette er for å ta vare på tettheten i ytterveggen. Veggene er bygd opp i flere sjikt for lettere å kunne bryte eventuelle kuldebroer. Yttervegger og skillevegger tilfredsstiller brannkravet E 30. Alle yttervegger og skillevegger er bærende.

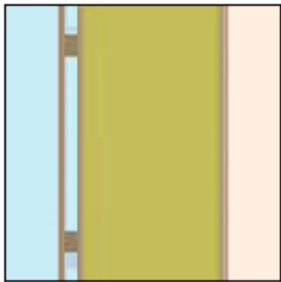
4.4.3.1. Yttervegg mot det fri

Yttervegg mot det fri vist i figur 42 og 43, er bygd opp med bindingsverk av 2 lag 48 mm x 148 mm heltre. Det er lagt inn hovedisolasjon på 2 x 200 mm mineralull. De to lagene med isolasjon er lagt slik at skjøtene overlapper hverandre. Dette er for å begrense eventuelle kuldebroer mest mulig.

Veggen har fått en U-verdi på 0,1 W/m²K som vist i figur 41.

Som det kommer frem fra horisontalsnittet, er isolasjonen lagt i to lag. Bindingsverket er lagt med en stenderavstand på 600 mm i hvert isolasjonslag. De er forskjøvet 300 mm i forhold til hverandre på tvers av lagene. Dette er for å ha gjennomgående isolasjon i størst mulig grad for å begrense varmetapet.

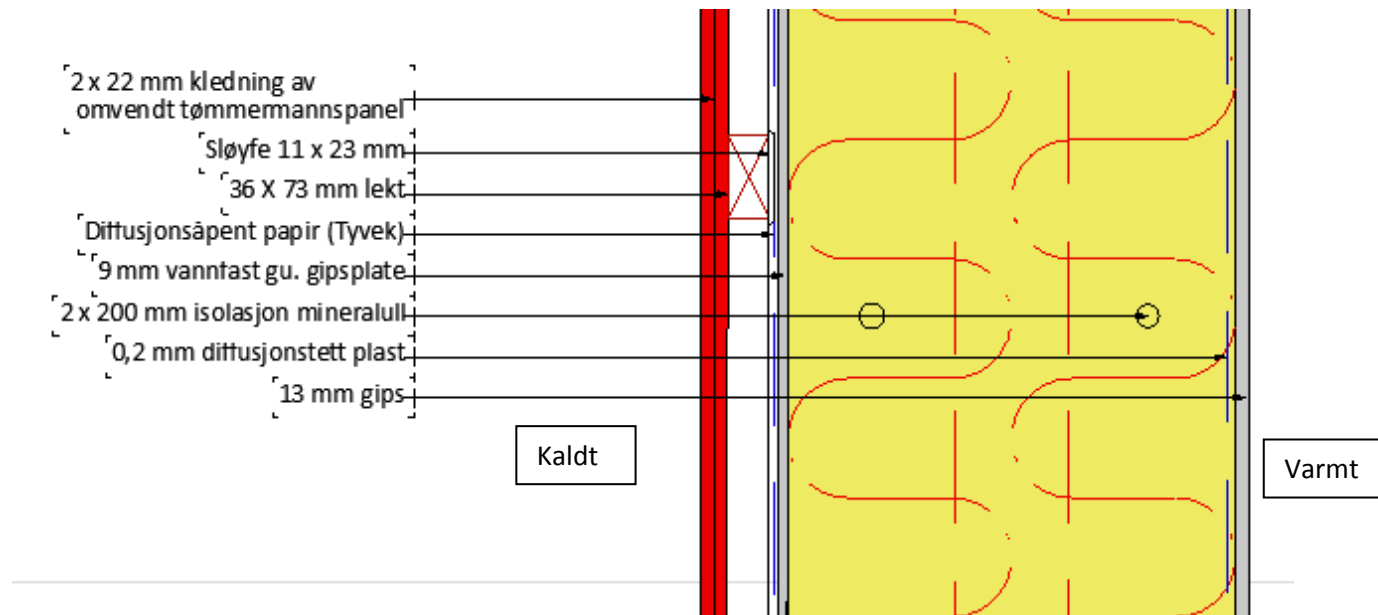
Panelet består av 22 mm furu omvendt tømmermannspanel. Bak panelet er det lektet på 36 x 73 mm. Det er satt inn stående sløyfer bak lektene på 11 x 23 mm for å forhindre av vann samler seg opp på toppen av lektene. Sløyfene og lektene har en senteravstand på 600 mm.



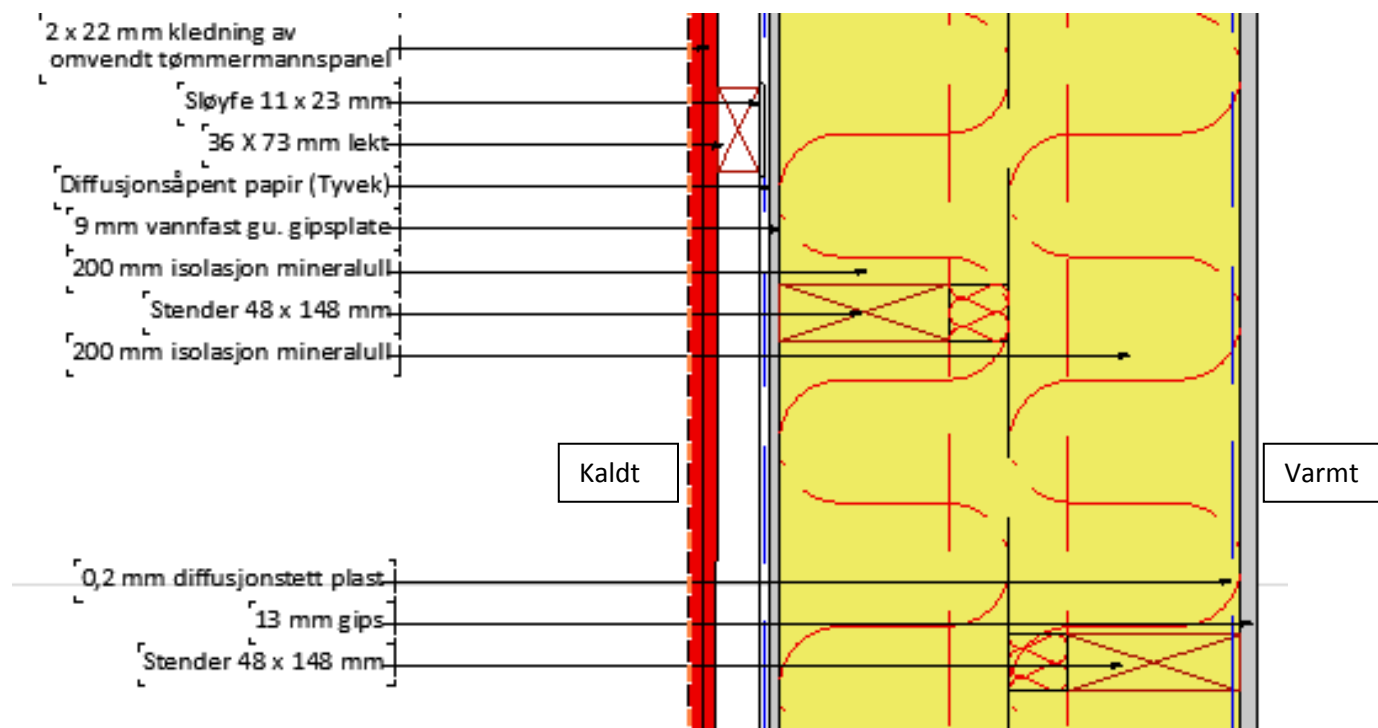
Resultater		
Beregnet U-verdi:	0.10 W/m ² K	●
Krav forskrift:	0.18 W/m ² K	
Minstekrav forskrift:	0.22 W/m ² K	
Tykkelse konstruksjon:	473 mm	

Figur 41 Beregning av u-verdi i yttervegg mot det fri utført ved hjelp av u-verdi program.

<http://www.rockwool.no/r%c3%a5d+og+veiledning/u-verdiprogram>



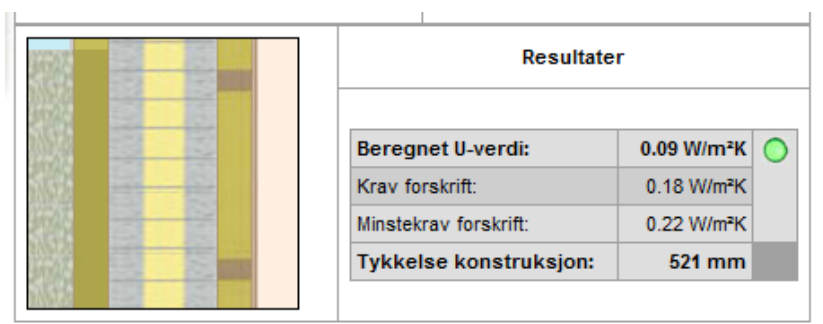
Figur 42. Illustrasjon av yttervegg over terreng i vertikalplanet. (Fig. N. Aa. Tangen)



Figur 43. Illustrasjon av yttervegg over terreng i horisontalplanet. (Fig. N. Aa Tangen)

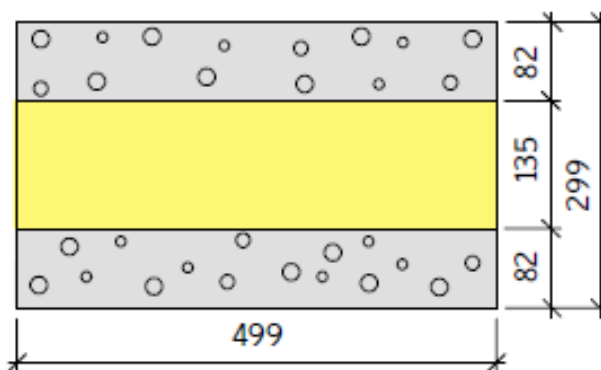
4.4.3.2. Kjellervegg mot terreng

Kjellerveggen mot terreng har et bæresystem bestående av 300mm lettklinker av typen isoblokk 30⁹⁷ med kjerne av 135cm polyuretanskum. Isoblokkene er armert med Leca fugearmering sammenføyet med murmørtel. Vegg er påført et pusslag utvendig og er videre isolert med 2 x 50 mm plater av ekstrudert polystyren. Utvendig mot terreng har vegg ubrutt skumplastisolasjon. Platene på 2 x 50 mm er lagt på en lik måte at skjøtene blir overlappet. Dette er for å begrense kuldebroer. Se også figur 45 og 46. Grunnen under vegg består av puk og 100 mm bæredyktig ekstrudert polystyren isolasjon. Det er en innvendig isolasjon på 98 mm Flexi A-plate. Innvendig består vegg av 36 mm x 73 mm heltre spikerslag og kledning av 19 mm stående trepanel. Totalt har vegg en U-verdi på 0,09 som vist i figur 44. Et tverrsnitt av isoblokk er vist i figur 43. Oppbygning av vegg er vist i figur 45.



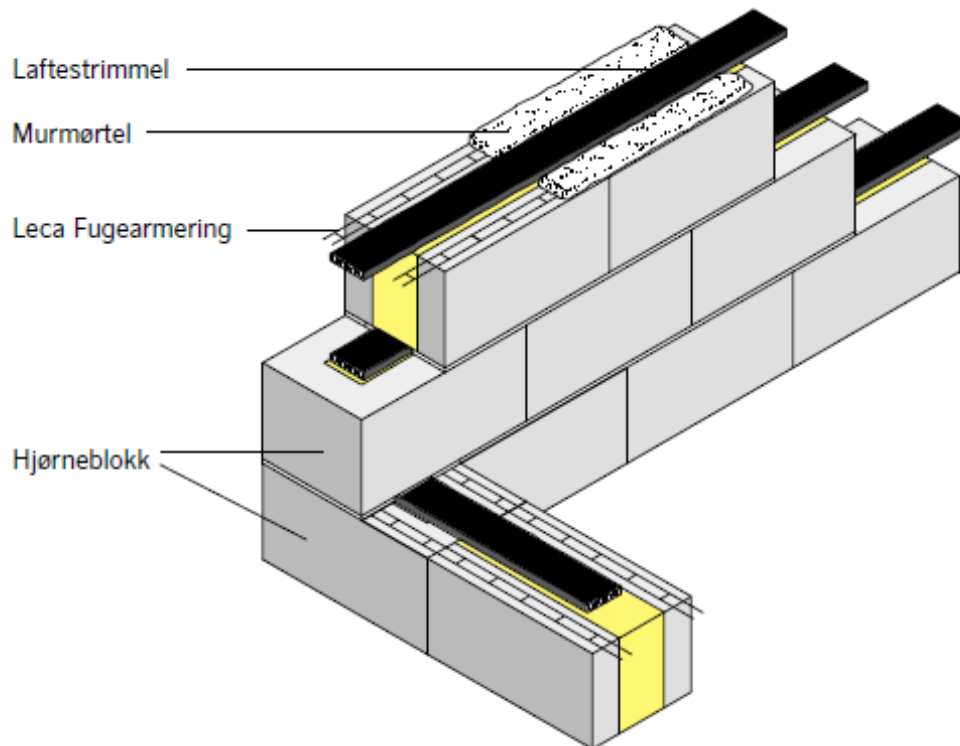
Figur 44. Beregning av u-verdi i kjellervegg utført ved hjelp av beregningsprogram.

Standard blokk



Figur 45. Tverrsnitt av isoblokk.

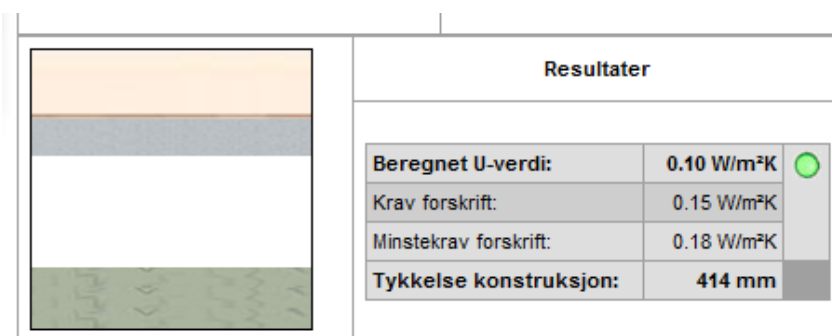
Figur 45 viser et tverrsnitt av isoblokken. Et betonglag på hver side av isolasjonen i midten. Figur 46 viser oppbygning av en kjellervegg bestående av isoblokker. Det legges armert murmørtel og laftestrimmel mellom lagene for å sikre isolasjonsevnen.



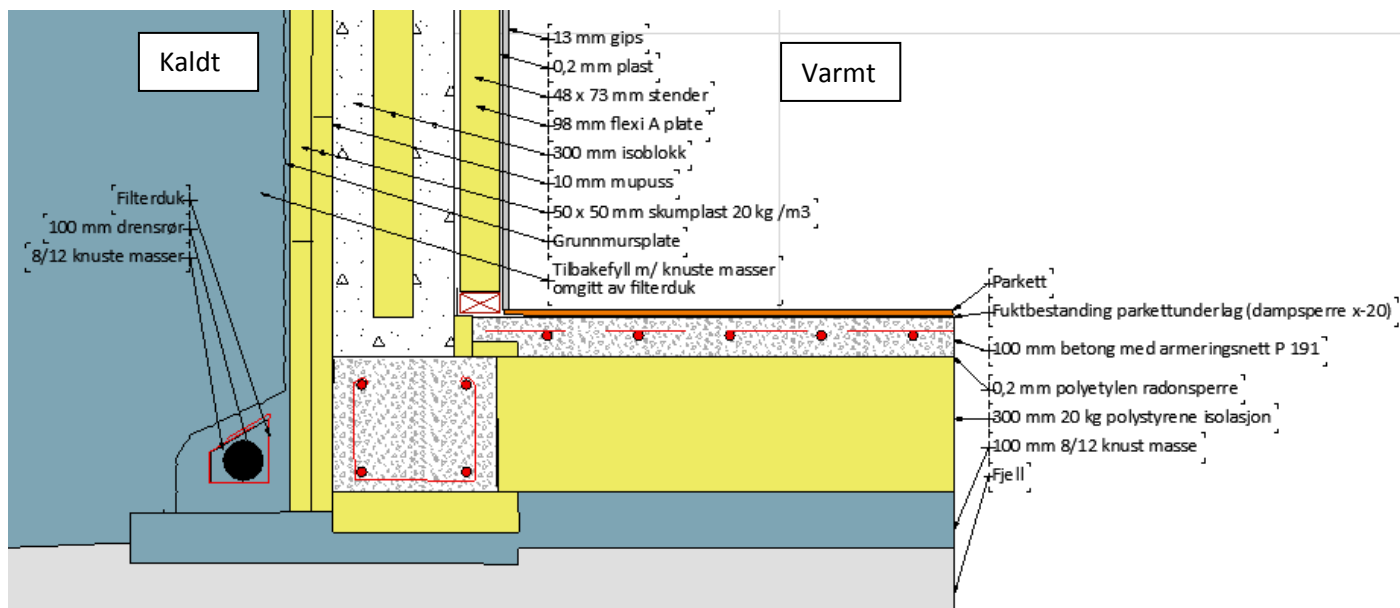
Figur 46. Oppbygning av isoblokker.

4.4.3.3. Gulv mot terreng

Gulvet mot terreng vist i figur 48, består av 14 mm parkett der det er oppholdsrom med underlag, 100 mm armert betong, dampsperrer (0,2 mm PE radonsperre) og 300 mm 20 kg polystyren isolasjon. Mellom fjellgrunnen og isolasjonen er det lagt 100 mm 8/12 knust masse. Det er lagt inn 200 mm ekstrudert polyetylen rundt betongsålen for å unngå kuldebro. Totalt har gulvet en U-verdi på $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ som vist i figur 47.



Figur 47. Beregning av u-verdi til gulv mot grunn utført ved hjelp av beregningsprogram.



Figur 48. Vertikalsnitt av overgang kjellervegg mot terreng og gulv på grunn.

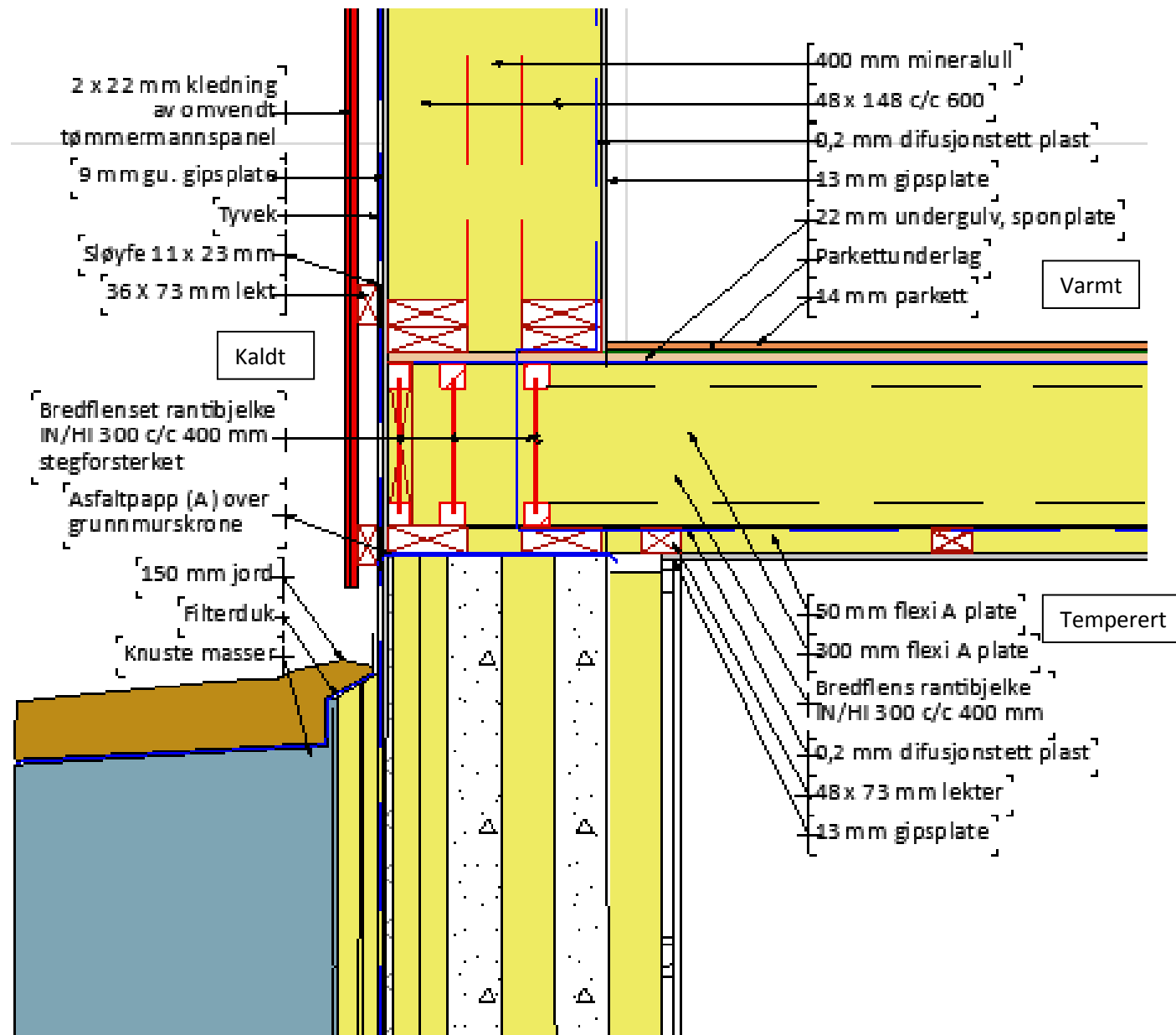
4.4.4. Etasjeskillere

4.4.4.1. Etasjeskilleren mellom kjeller og 1. etasje

Etasjeskilleren mellom kjelleren og 1. etasje vist i figur 50 er bygd opp med 300 mm Flexi A-plater og bærebjelker av bredflensede Rantibjelker⁹⁸ av typen IN/HI 300 med senteravstand på 40 cm. Rantibjelkene har en ekstra stivhet for en nyttelast på 2 kN/m². Etasjeskilleren er tilleggisolert med en nedforing av 50 mm Flexi A-plate og spikerslag av 48 mm x 73 mm heltre med en senteravstand på 60 cm. Himlingen består av 13 mm gipsplater. Gulvbelegget er av parkett med tilsvarende underlag. Undergulvet består av 22mm sponplater⁹⁹. Totalt har etasjeskilleren fått en u-verdi på 0,11 W/(m²K) som vist i figur 49.



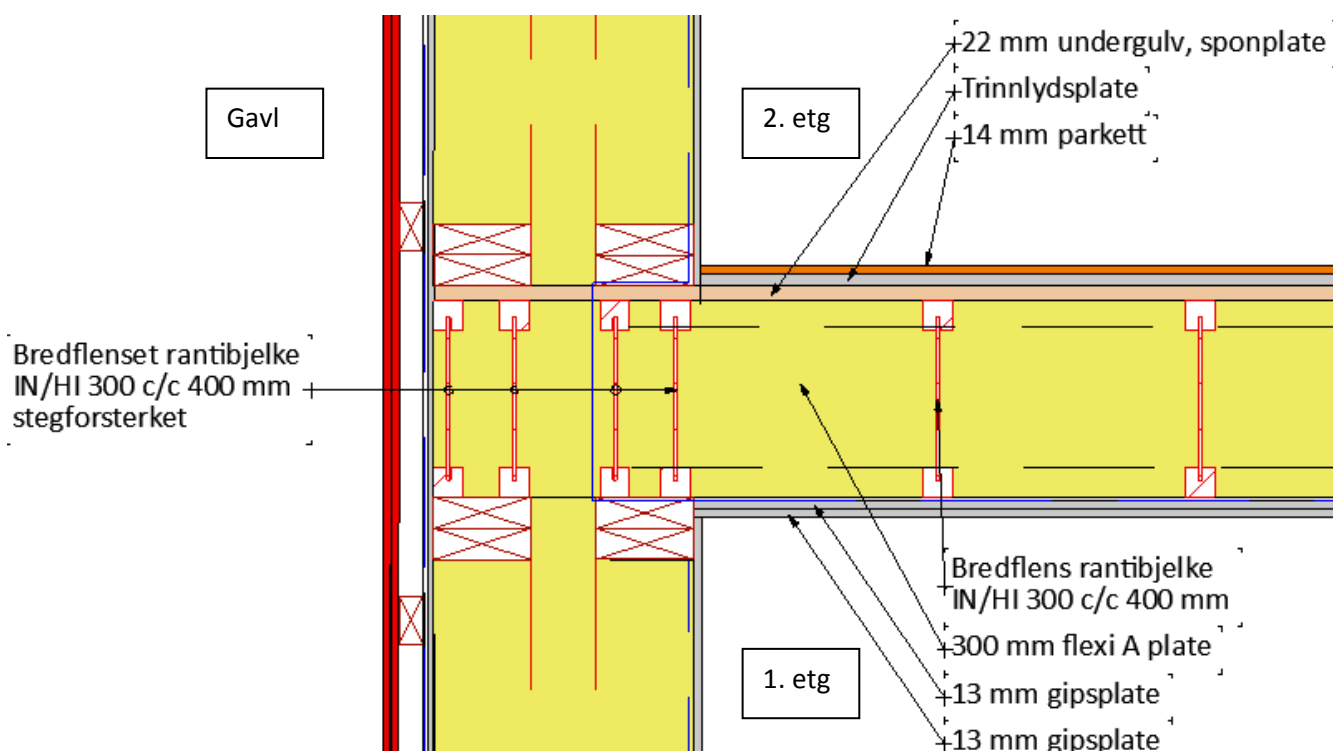
Figur 49. Beregning av u-verdi til etasjeskiller mellom kjeller og 1. etasje utført ved hjelp av beregningsprogram.



Figur 50. Illustrasjon av yttervegg mot terreng og etasjeskiller mellom kjeller og 1. etasje.
 Snitt fra nord-øst vegg. (Fig. N. Aa. Tangen)

4.4.4.2. Etasjeskilleren mellom 1. etasje og 2. etasje

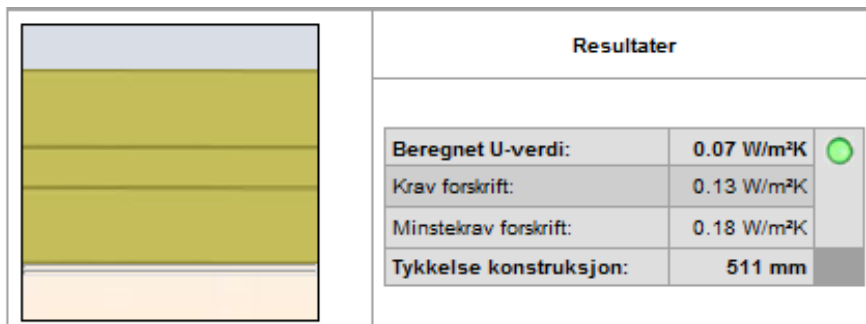
Etasjeskilleren mellom 1. og 2. etasje vist i figur 47, er ikke påberegnet å tilfredsstillere u-verdikrav. Dette er en etasjeskille som er innenfor klimasonen. 1. etasjen er beregnet for soverom og 2. etasjen er beregnet for stue, kjøkken og bad. På soverommet ønskes det at det ikke skal være så høy temperatur som i oppholdssonene. Etasjeskilleren er derimot godt lydisolert for å bedre lyd kvaliteten på soverommene. Det er benyttet trinnlydsplater mellom parketten og undergulvet. I himlingen er det satt inn dobbel gipsplate. Isolasjonen i etasjeskilleren er lagt inn for bedre lydisolasjon.



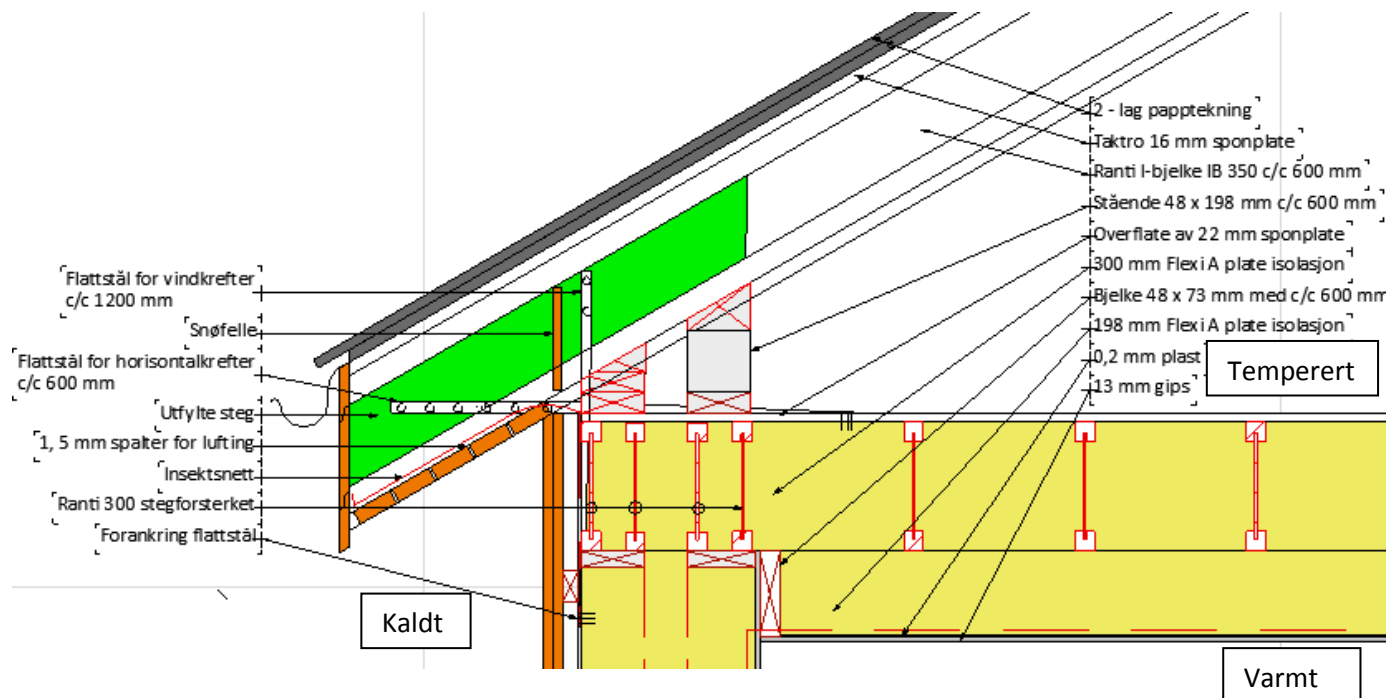
Figur 51. Illustrasjon av etasjeskilleren mellom 1. og 2. etasje mot gavl. Snitt fra sør-vest vegg (Fig. N. Aa. Tangen)

4.4.5. Taket

Taket vist i figur 53 og 54, er bygd opp med isolasjon i 2 lag; ett lag med 300 mm Flexi A-plater og ett lag med 198 mm Flexi A-plater. Bæringen består av bredflensede rantibjelker¹⁰⁰ av typen IN/HI 300 med senteravstand på 40 cm. Rantibjelkene har en ekstra stivhet for en trykklast på 2 kN/m² fordi loftet brukes til lagring. Det andre isolasjonslaget har himlingsbjelker med dimensjonene 48 mm x 198 mm heltre med en senteravstand på 60 cm. Himlingen består av 13 mm gipsplater og 0,2 mm diffusjonstett plast. Som vist i figur 52 har taket fått en u-verdi på 0,18 W/m²K



Figur 52. Beregning av u-verdi for tak ved hjelp av beregningsprogram

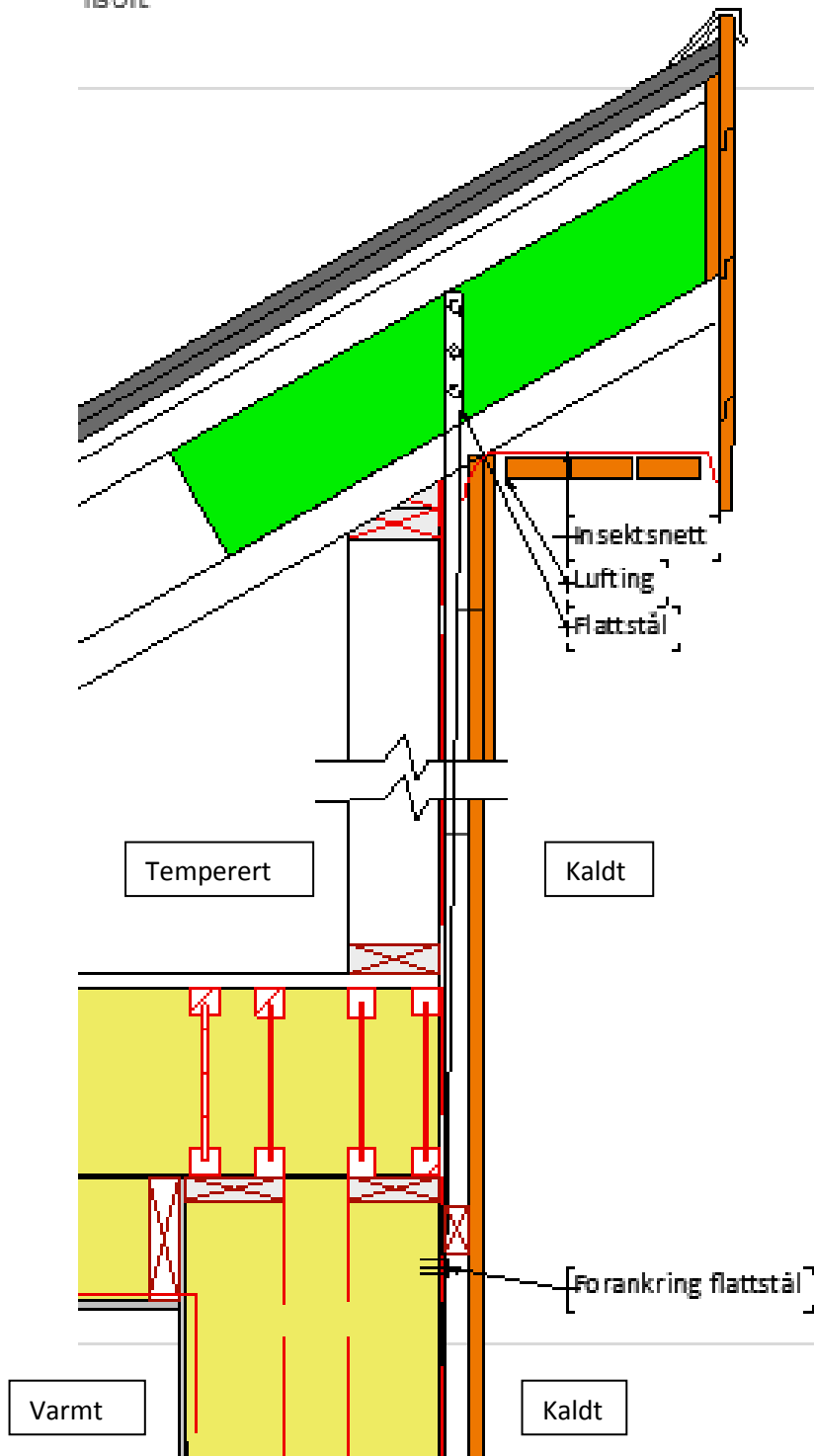


Figur 53. Illustrasjon av tak mot kaldloft. Snitt av sør-øst fasade. (Fig. N. Aa. Tangen)

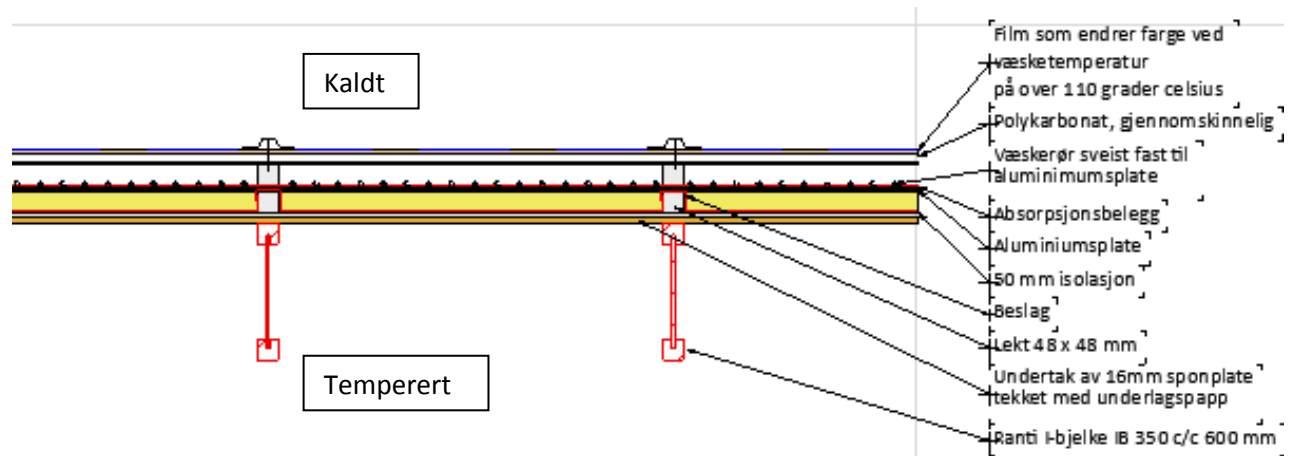
Som illustrert på figur 53 og 54 er det festet flattstål for å ta opp horisontalkrefter og vertikalkrefter som skyldes vindlast og snølast. Flattstålene for horisontalkrefter er spikret fast til etasjeskilleren og endeforankret 1000 mm innenfor panelet. Flattstålet for vertikalkrefter er spikret fast til den øverste delen av stenderverket i fasaden. Det er utfylte steg rundt rantibjelkene i

bærekonstruksjonen i taket slik at det blir forsvarlig å legge opp forankringer i dem. Dette er i figur 53 og 54 vist som et grønt felt.

risoft



Figur 54. Illustrasjon av fasade nordøst overgang yttervegg mot kaldloft og tak



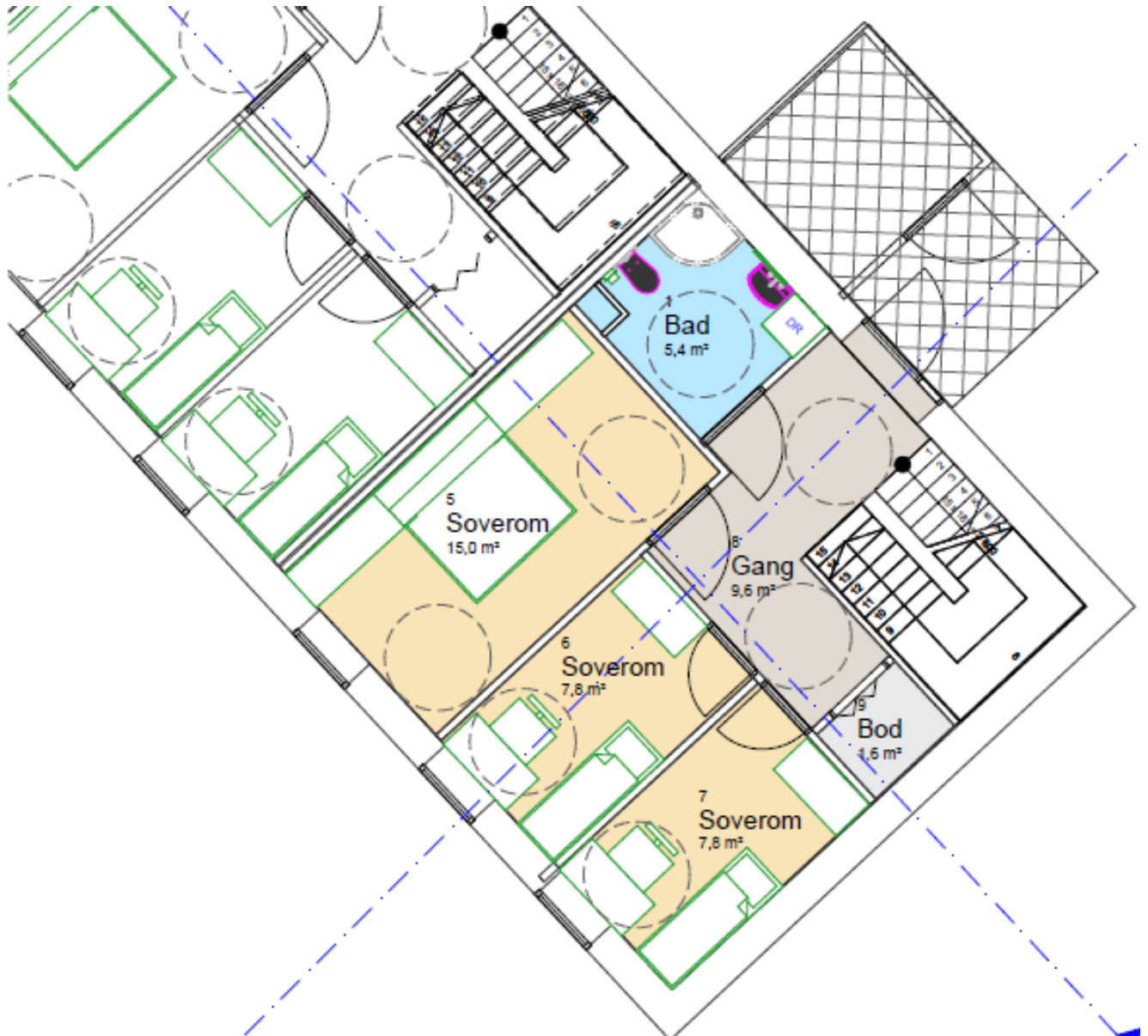
Figur 55. Tverrsnitt av tak med solfangersystem

Figur 55 viser et snitt av yttertaket bestående av solfangersystemet til K. H. Hansen. Over yttertaket legges det 48 x 48 mm lekter med beslag. 50 mm isolasjon er lagt oppå for å sikre en bedre isolasjonsevne. Overisolasjonen er det lagt en aluminiumsplate med et absorpsjonsbelegg. Væskerørene er sveist fast til aluminiumplaten. Over væskerørene ligger ytterskallet som består av polykarbonat og en tynn film.

4.5. Plantegninger og snitt

Etter byggeteknisk forskrift 2010 § 12 – 1 må ikke rekkehusene tilfredsstillere krav om universell utforming. Det er i utforming av boligene tatt hensyn til universell utforming der dette har vært mulig. Alle rom i boligen har snuplass tilpasset rullestol. Det er gjennomgående trapp til alle etasjer hvor det er tilrettelagt for trappeheis. Alle dører i boligen har trinnfri adkomst og er 1000 mm brede.

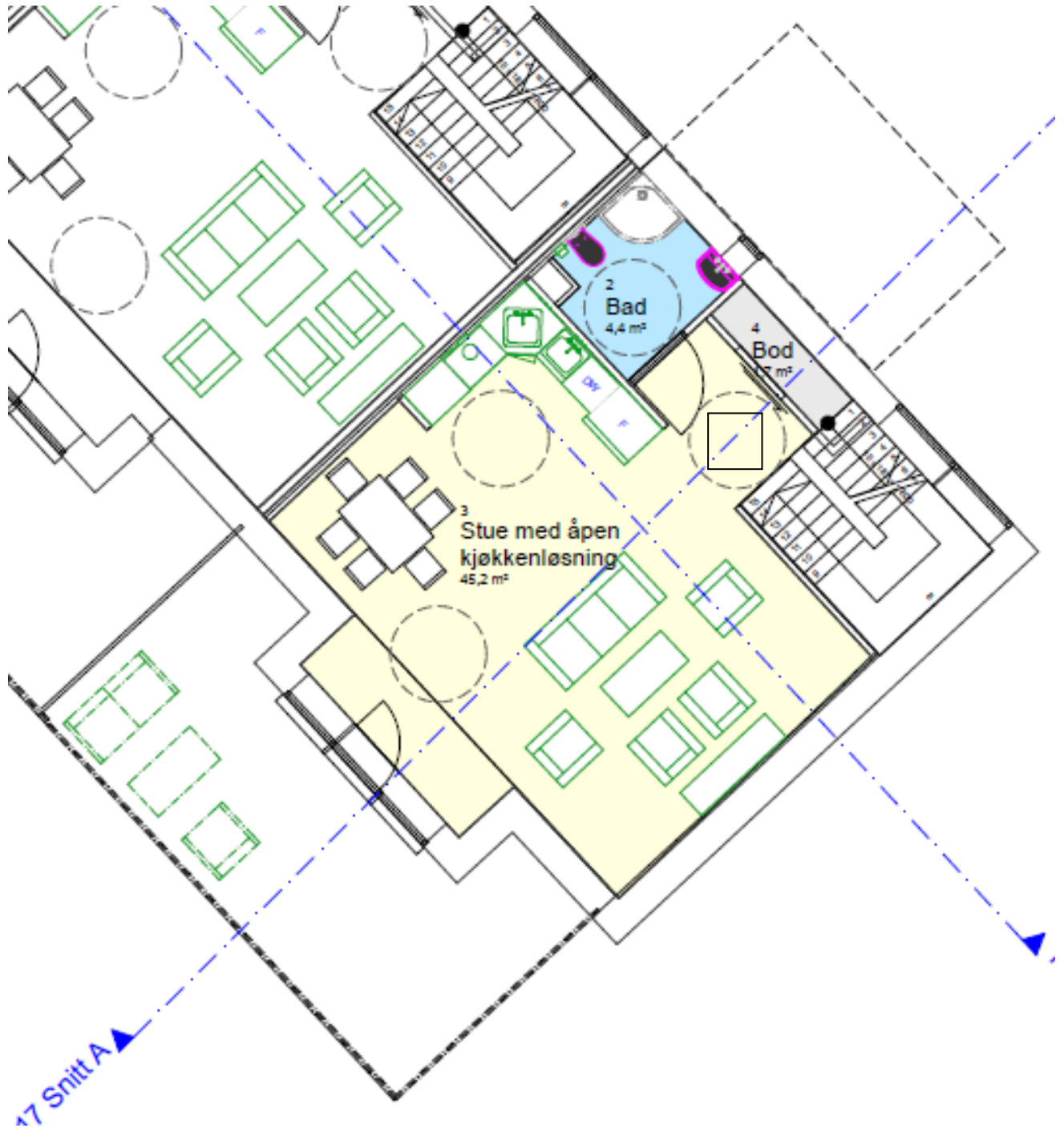
Plantegning av 1. etasje er vist i figur 56. Denne etasjen har inngangsparti, soverom samt kombinert bad og vaskerom. Det er derfor sluse fra trapperom og inn til garasjen for å forhindre røykspredning i henhold til veiledning til teknisk forskrift § 8 – 11 preaksepterte ytelser – garasjer punkt 1. Soverommene i boligen ble lagt i denne etasjen på grunn av at temperaturen i denne etasjen er svalere enn i den øvre etasjen. Vinduene i etasjen har et overbygg i form av verandaen ovenfor. Vindusflaten i denne etasjen er begrenset til rømningsveier på hvert soverom, et smalt vindu på bad samt hovedinngang. Inngangspartiet har en utebod på 6 m². Sengene på soverommene rom nr 6-7 har 80 cm senger. Dette er senger som er satt inn som et eksempel dersom rommet skulle tilpasses universell utforming med tilgang til vindu. Dersom rommet ikke skal benyttes av en rullestolbruker kan sengebredden være 1 meter med sengekanten inntil pulten som er vist i 56. Boden har fått skyvedør tilpasset rullestolbruker for å utnytte plassen best mulig. Badet har tilgang til vaskemaskin og tørketrommel satt oppå hverandre. En rullestolbruker får dermed kun tilgang til vaskemaskin. Dusjen er uten kabinett for å gjøre det enklere for pleiere å hjelpe rullestolbrukeren.



Figur 56. Plantegning av 1. etasje. (Fig. Nina Aa Tangen)

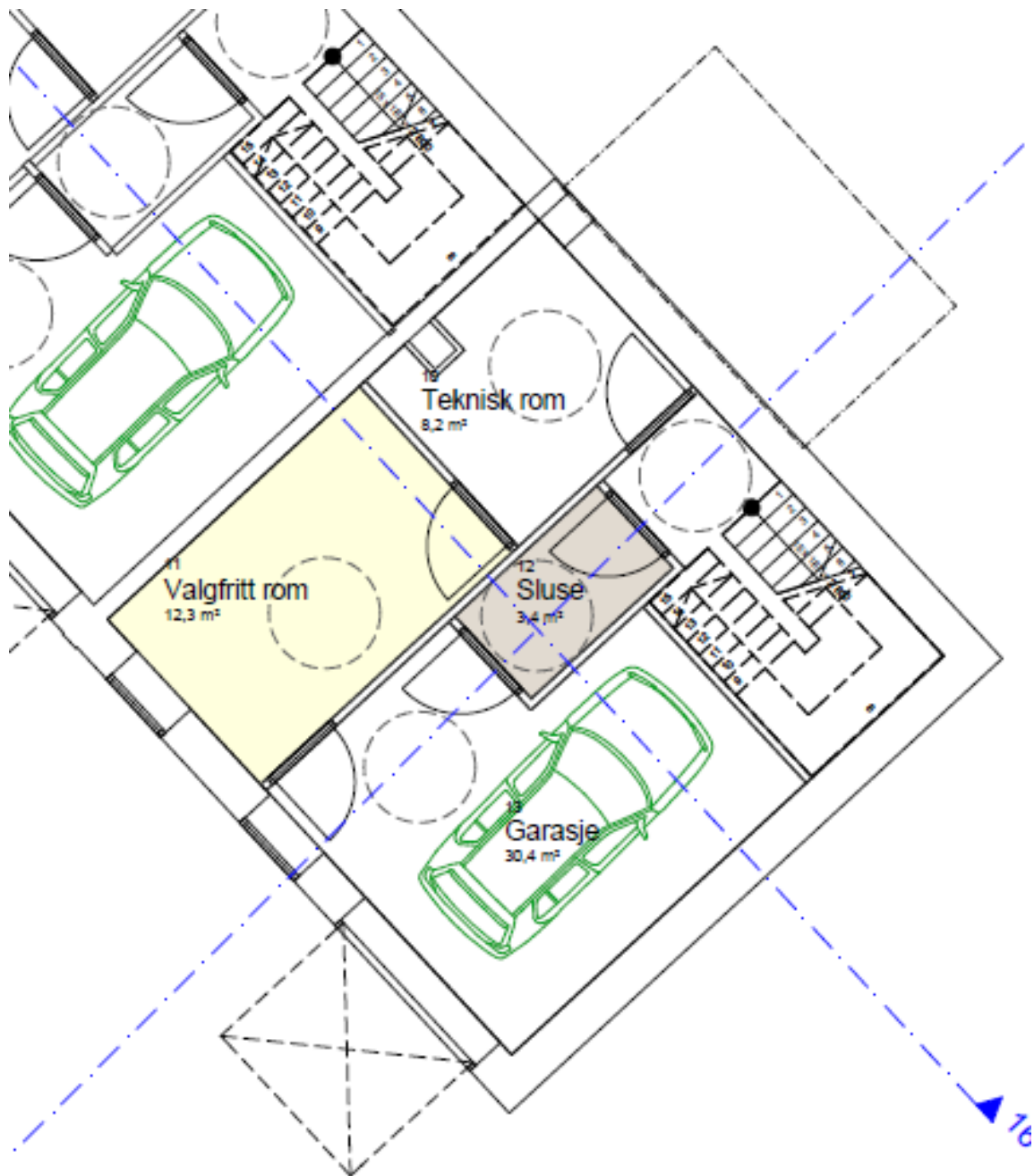
1. etasje har i all hovedsak oppholdsrom som bad, stue og kjøkken samt en liten bod. Denne etasjen har direkte tilgang til veranda. Etter veiledning til teknisk forskrift § 11 – 13 skal kan et vindu benyttes som rømningsvei uten brannstige dersom høyden ikke overstiger 5,0 meter. Verandaens høyde er 5,1 meter over terrenget. 0,1 meter føres derfor som fravik.

Plantegning for 2. etasje er vist i figur 57. Døren til badet er lagt helt inn mot veggen for å hindre innsyn fra stuen. Firkanten inne i rullestolsirkelen ved trappen markerer loftsluken opp til loftet. Loftet er på 36,5 m² og kan benyttes som lagerplass.



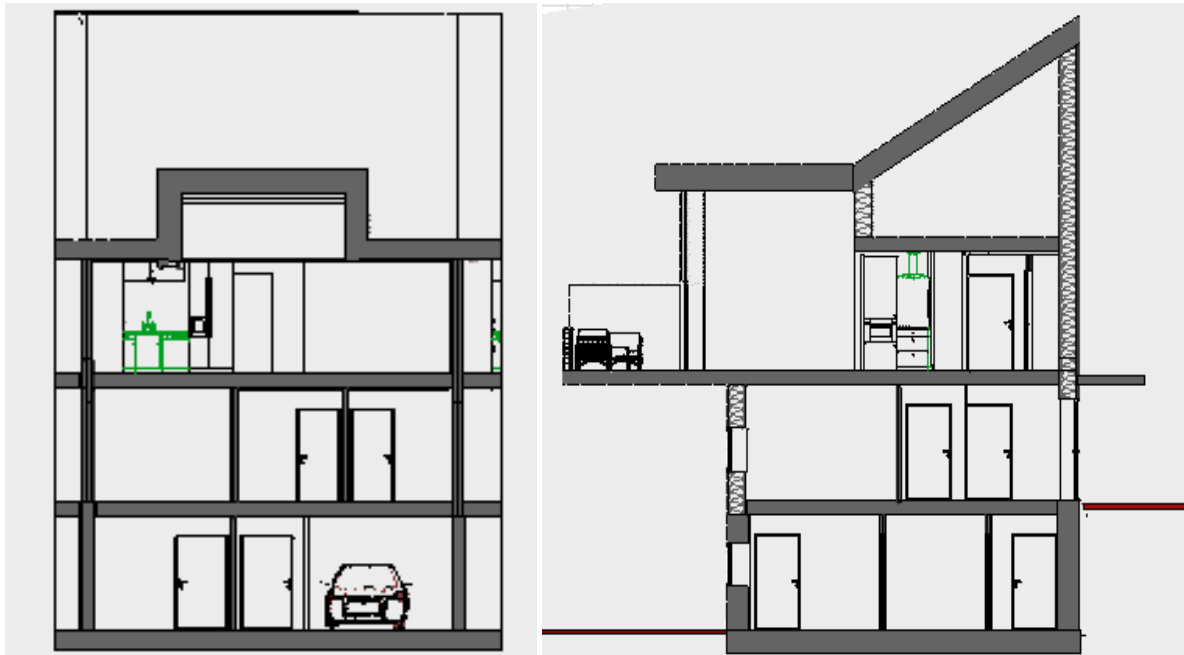
Figur 57. Plantegning av 2. etasje. (Fig. Nina Aa Tangen)

Plantegning for kjelleren er vist i figur 58. På kjellerplan er det garasje, teknisk rom og et rom som kan utnyttes valgfritt av brukeren. Garasjen har plan innkjøring fra vei. På grunn av åpent trapperom kan ikke trapperommet trykksettes. I henhold på § 7 - 24¹⁰¹ tabell 6 skal trapperommet være av typen Tr1. Det er røykluke øverst i trappen på veggen i 2. etasje.



Figur 58. Plantegning av kjelleretasjen. (Fig. Nina Aa Tangen)

Vedlagt snitt vist i figur 59, illustrerer hvordan høydeforhold og konstruksjoner samsvarer. For detaljering av konstruksjonsovergang, se punkt 4.4.4.



Figur 59. Snitt av bolig med endret tomt (Fig. Nina Aa Tangen)

4.6. Energisimulering

Det er foretatt store regneoperasjoner for å kunne legge inn riktige data i Simien. Alle lengder, høyder og veggarealer på bygningskroppen er blitt beregnet for å kunne få en riktig energisimulering. Bygningskroppens oppbygning med u-verdier er utformet og lagt inn i programmet. Valgene for bygningskroppen er beskrevet senere i oppgaven.

Verdier for varmetilskudd fra belysning, utstyr, varmtvann og personer er hentet fra NS 3031:2007 tabell A.2. For belysning er det benyttet $2,9 \text{ W/m}^2$. For teknisk utstyr er det benyttet $2,4 \text{ W/m}^2$. For varmtvann er det benyttet 0 W/m^2 . For personer er det benyttet $1,5 \text{ W/m}^2$.

Passivhusevalueringen fra Simien gir et forbruk av elektrisk strøm på 7648 kWh. Videre følger evalueringresultater opp mot passivhusstandarden. Simuleringene er foretatt med utgangspunkt i ytterste boligen med fasade mot nord. Denne boligen har det største varmetapet. Resultatene fra simuleringen er vist i figur 60 – 67.

Resultater av evalueringen	
Evaluering mot passivhusstandarden	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energiramme	Bygningen tilfredstiller krav til energibruk
Minstekrav	Bygningen tilfredstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredstiller minstekrav gitt i NS3700 (tabell A. 1)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller alle krav til passivhus

Figur 60. Resultater av evaluering mot passivhusstandarden fra Simien. (Simulering foretatt av N. Aa. Tangen)

Evalueringen etter passivhusstandarden viser at boligene tilfredstiller kravene for varmetapstall, energiramme, minstekrav og luftmengde på ventilasjonssystemet.

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,12
Varmetapstall tak	0,03
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,04
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,07
Varmetapstall kuldebroer	0,01
Varmetapstall infiltrasjon	0,06
Varmetapstall ventilasjon	0,04
Totalt varmetapstall	0,36
Krav varmetapstall	0,55

Figur 61. Varmetapsbudsjett fra passivhusevalueringen fra Simien. Verdiene har benevnningen W/m^2 . (Simulering foretatt av N. Aa. Tangen)

Figur 61 viser deler av bygningskroppens varmetapstall. Det totale varmetapstallet er 0,36 hvilket er under kravet på 0,55.

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	18,9 kWh/m ²	20,8 kWh/m ²
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Energibruk el./fossile energibærere	52,7 kWh/m ²	69,7 kWh/m ²

Figur 62 Energiytelse fra passivhusevalueringen fra Simien. (Simulering foretatt av N. Aa. Tangen)

Figur 62 viser energiytelse per bolig. Boligen tilfredstiller kravet for netto oppvarmingsbehov og energibruk.

Minstekrav enkeltkomponenter		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,10	0,15
U-verdi tak [W/m ² K]	0,07	0,15
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0,09	0,13
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	0,34	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,01	0,03
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	90	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,49	1,50
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,59	0,60

Figur 63. Vurdering av minstekrav for enkeltkomponenter i bygningskroppen fra passivhusevalueringen fra Simien. Verdiene og kravene har benevnningene W/(m²K). (Simulering foretatt av N. Aa. Tangen)

Figur 63. viser en vurdering av enkeltkomponenters u-verdi opp mot minstekravet i passivhusstandarden. Som figuren viser er alle u-verdier godt innenfor kravene.

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	2468 kWh	17,0 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	275 kWh	1,9 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	4318 kWh	29,8 kWh/m ²
3a Vifter	631 kWh	4,4 kWh/m ²
3b Pumper	378 kWh	2,6 kWh/m ²
4 Belysning	1652 kWh	11,4 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	2540 kWh	17,5 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	12262 kWh	84,6 kWh/m ²

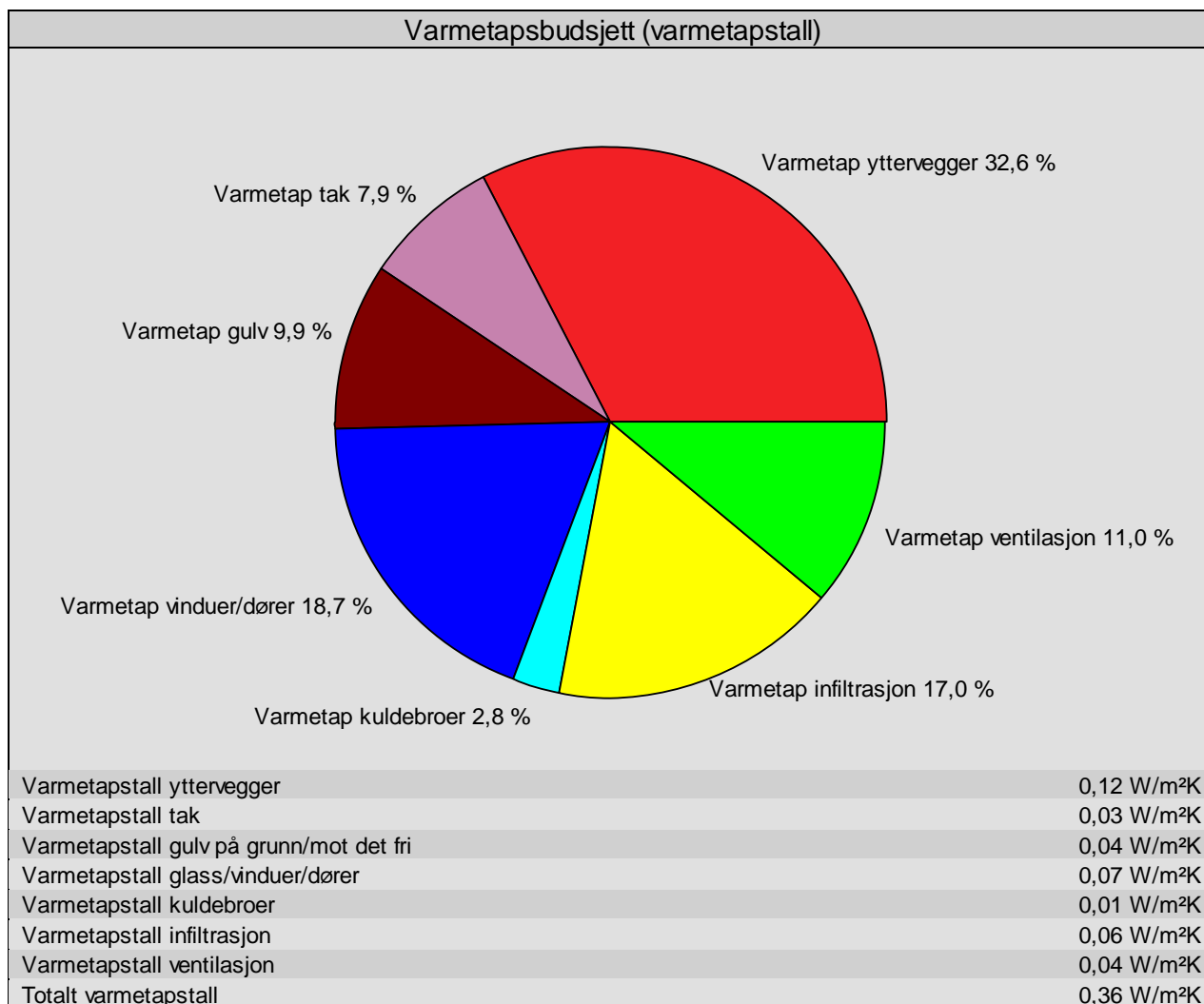
Figur 64. Energibudsjett for den verst utsatte boligen fra passivhusevalueringen fra Simien. (Simulering foretatt av N. Aa. Tangen)

Energibudsjettet vist i figur 64 angir hvor mye varmeenergi boligen konsumerer i løpet av ett år. Som budsjettet viser er bygningens totale netto energibehov på 84,6 kWh/m².

Kravet etter TEK 2010 § 14-4 totalt netto energibehov nevnt under punkt 2.1. gir

Småhus $120 + 1600 / m^2$ oppvarmet BRA = $120 + 1600 / 149 = 131$ kWh/m² pr år
Energibudsjettet er altså godt innenfor kravet til forskriftene.

Det skal ikke benyttes strøm til romoppvarming eller til varmebatterier. Ventilasjonssystemet vil kobles varmebatterier som distribuerer varmt vann i stedet for elektrisk strøm. Det vil ikke benyttes elektrisk strøm til oppvarming av varmt vann. Boligenes totalt strømforbruk blir dermed $631 \text{ kWh} + 378 \text{ kWh} + 1652 \text{ kWh} + 2540 \text{ kWh} = 5201 \text{ kWh}$ per bolig per år.



Figur 65. Varmetapsbudsjett fra årssimuleringen fra Simien. (Simulering foretatt av N. Aa. Tangen)

Figur 65 viser varmetapsbudsjettet for boligen over et år. Det største varmetapet er gjennom ytterveggene til boligen.

Beskrivelse	Dimensjonerende verdier	
	Verdi	Tidspunkt
Maksimal romlufttemperatur (Hus 1):	25,0 °C	16:15
Maksimal operativ temperatur (Hus 1)	23,9 °C	17:00
Maksimal CO2 konsentrasjon (Hus 1)	589 PPM	24:00

Figur 66. Dimensjonerende verdier fra sommersimulering fra Simien. (Simulering foretatt av N. Aa. Tangen)

Figur 66 viser romluftstemperaturen og den operative temperaturen 20. juli. Ønsket termisk komfort innendørs varierer fra person til person. En operativ temperatur på 23,9 grader celsius er oppfattet som godkjent etter en samtale med 10 kvinner. En samtale med 10 menn viste at den operative temperaturen var en anelse for høy. Beregningen i aarssimuleringen har ikke tatt hensyn til isolergardinene til Ola Ø Thorsnes. Disse gardinene vil isolere varmen ute om sommeren og den virkelige operative temperaturen innendørs vil derfor bli betraktelig lavere.

Dimensjonerende verdier		
Beskrivelse	Verdi	Tidspunkt
Maks. samtidig effekt varmebatterier:	270 W / 1,9 W/m ²	00:00
Totalt installert effekt varmebatterier	4350 W / 30,0 W/m ²	00:00
Maks. samtidig effekt romoppvarming:	1352 W / 9,3 W/m ²	07:00
Totalt installert effekt romoppvarming	166,0 kW / 1145,0 W/m ²	07:00
Min. romlufttemperatur:	19,0 °C	07:00
Min. operativ temperatur:	19,0 °C	00:00
Maksimal CO2 konsentrasjon (Hus 1)	606 PPM	23:15

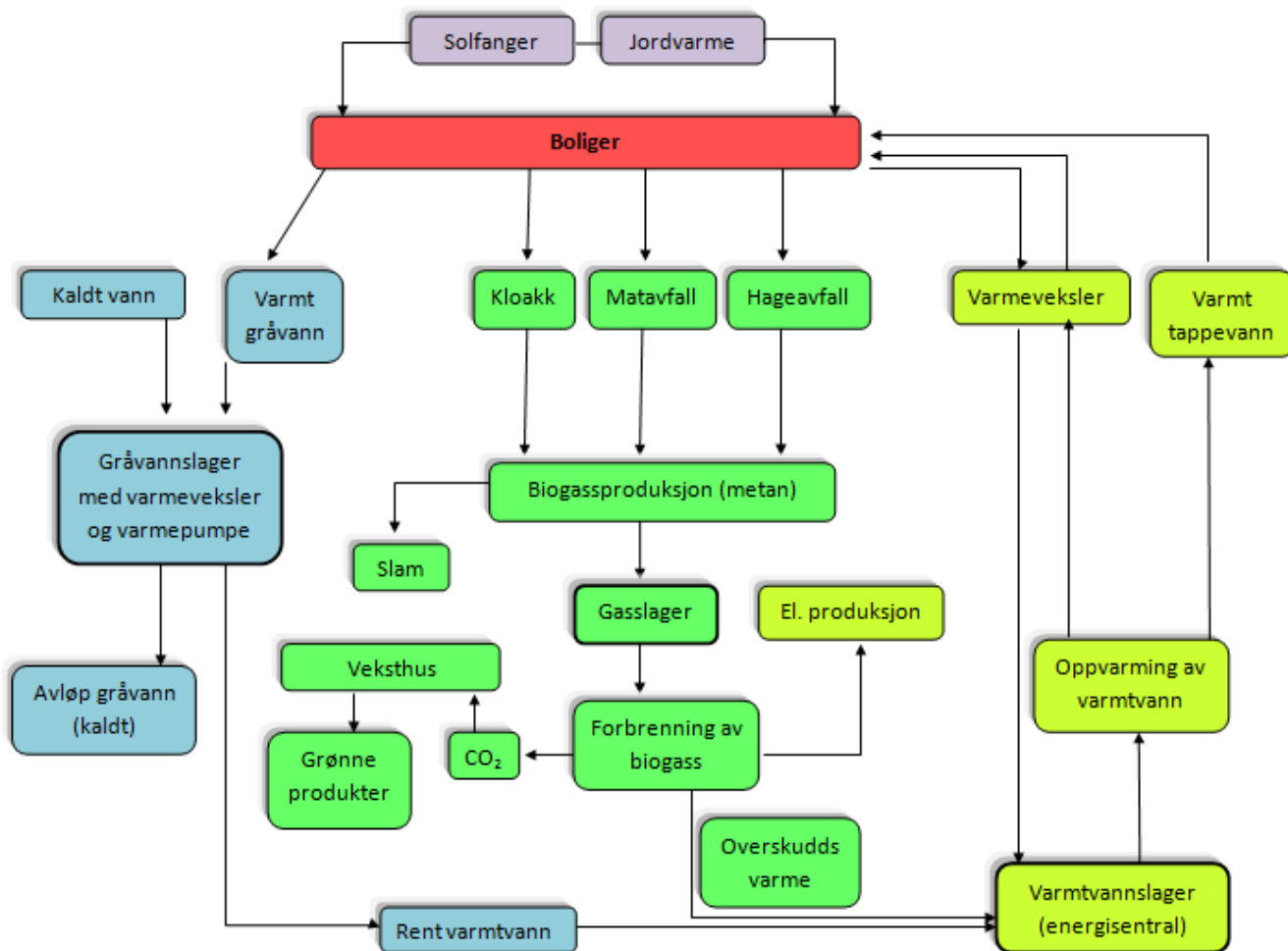
Figur 67. Dimensjonerende verdier for vintersimulering fra Simien. (Simulering foretatt av N. Aa. Tangen)

Figur 67 viser den totale operative temperaturen 16. januar. Etter samtale med 10 kvinner og 10 menn kom det frem at 19 grader celsius er godkjent.

4.7. Energiforsyning

4.7.1. Valgt energiforsyningssystem

Energiforsyningen til boligene er et komplekst system bestående av flere grunnelementer. Systemet er vist i figur 68. De totalt 7 boligene er koblet til en felles lokal energiforsyningsentral som er plassert på tomten. Denne sentralen består av et biogassanlegg, solfanger/varmepumpeanlegg, varmepumpe samt et drivhus. Det er også lagt inn muligheter for gråvannshåndtering. Over biogassanlegget er det bygget et drivhus på 100 m². Solfangerne og varmepumpen er en del av et eget system.



Figur 68. Systemtegning for energisentral med gråvann og biogass.

Gråvannet vil bli separert fra svartvannet og ført til et gråvannslager. I dette lageret vil gråvannet bli ført gjennom en varmeveksler som varmer opp nytt vann. Det nå rene og varme vannet blir videre ført i rør til et varmtvannslager. Varmt tappevann vil derfra gå til boligens varmtvannsbereider hvor det blir benyttet til tappevann og boligoppvarming i et vannbårent oppvarmesystem. Det er festet en varmeveksler på rørene til det vannbårende oppvarminssystemet.

Kloakk, matavfall og organisk materiale vil bli ført inn til et biogassanlegg som produserer biogass. Gassen blir så lagret i egne beholdere. Etter behov vil gassen bli brukt til å lage elektrisk strøm ved hjelp av en gassgenerator. Forbrenningen av biogass produserer CO₂ som blir benyttet i drivhuset. Overskuddsvarmen fra strømproduksjonen blir brukt til å varme opp varmtvannslageret.

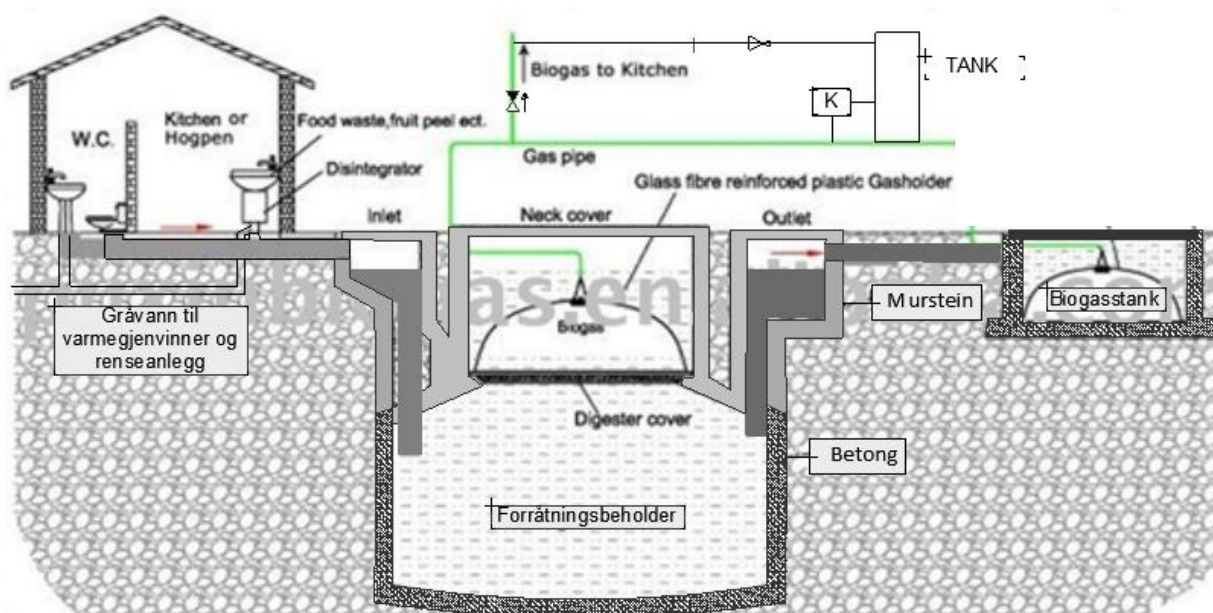
I denne oppgaven vil et biogassanlegg på 100 m³ bli koblet til de 7 rekkehusene i et sentralt energiforsyningsanlegg. Soltaket til Kristian Harley Hansen vil også være koblet opp mot dette sentrale anlegget. Derfra vil strøm og varmtvann gå tilbake igjen til de 7 boligene. For å unngå at konsentrasjonen av H₂S og CO₂ fra biogassanlegget blir for høy, er drivhuset utstyrt med en automatisk vifte som starter dersom konsentrasjonen av gassene når et ugunstig nivå.

Gråvannet og kloakken skilles i separate rør. Det må inngås en avtale med kommunen angående kommunale avgifter som vil avvike fra normalen. Det må kobles inn 2 stk vannmålere på

bygningen, en for totalt vann inn og en for gråvann ut. Kloakkledningen vil føres inn i et biogassanlegg. Matavfall vil fra en kvern gå i de samme rørene ned til biogassanlegget. I tillegg kan kompost av gress, blomster og blader males opp som supplement hvis ønskelig.

4.7.2. Biogassanlegg

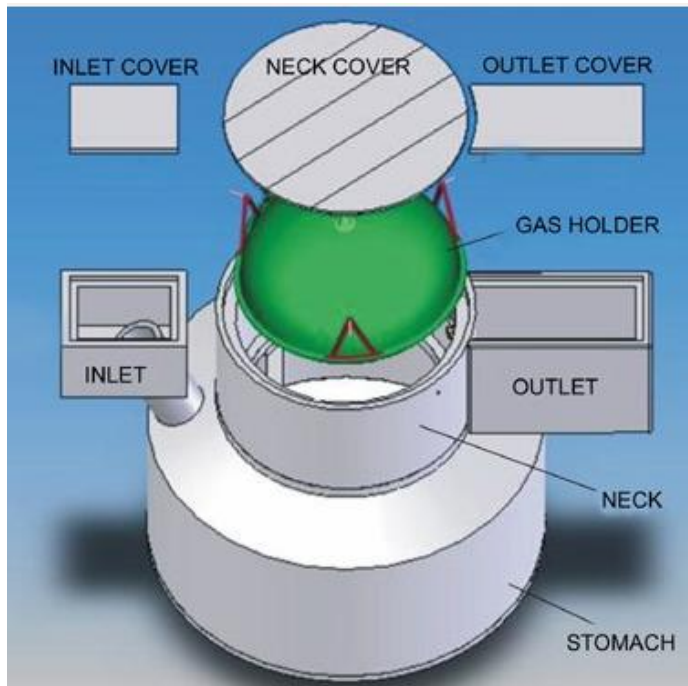
Tilknyttet til boligene vil det være et biogassanlegg som vist i figur 70. Råvarene til anlegget vil i hovedsak være kloakk, matavfall og organisk materiale fra hagen. Inspirasjonen er hentet fra biogassanlegget på Tomb landbrukshøyskole¹⁰². Rundt om i verden finnes det en rekke husholdningsanlegg for hjemmeproduksjon av biogass¹⁰³¹⁰⁴. I Kina¹⁰⁵ er det blitt mer og mer vanlig å koble slike anlegg til hønsefarmer¹⁰⁶.



Figur 69. Illustrasjon av biogassanlegg med ekstra gasstank.
(Redigert av Nina Aa Tangen)

Forråtningsbeholderen støpes i stålarmert betong og har en størrelse på 100 m³. Oppbygning av tilsvarende biogassanlegg er vist i figur 70 og 71. Den tilsettes muggsopp som forårsaker gassproduksjon. Gassbeholderen er av armert glassfiber med en diameter på 1,6 meter, en høyde på 0,6 meter og en kapasitet på 1 m³.

Som figur 69 viser, vil gråvannet bli skilt fra kloakken ved eget avløp som leder til varmeveksler. Gråvannet føres direkte ned i det kommunale avløpet. Kloakken vil bli ført ned i råtningstanken i biogassanlegget. Overskuddsgass vil som vist på tegningen bli komprimert i en kompressor (K) og lagret på en tank. Gassen kan derfra føres via en reduksjonsventil som regulerer gasstrømmingen og videre til ønsket bruksområde. En tilbakeslagsventil hindrer at gass ledes tilbake til anlegget.



Figur 70. Tegning som viser biogassanlegget.



Figur 71. Illustrasjoner av bygging av et tilsvarende mindre biogassanlegg.

Fordelene med biogassanlegg er at det kan gi energi i flere former. Gassen kan brukes til drift av kjøleskap, komfyrer og andre hvitevarer som kan drives på gass. Ved å benytte en generator kan gassen omformes til elektrisk energi og varme. Bioslammet som blir igjen inneholder mye nitrogen,

planteforbindelser og fosforforbindelser. Slammet er derfor meget godt egnet som gjødsel til landbruket. Avløpsvannet fra anlegget må renses og sendes ut på det kommunale nettverket sammen med gråvannet. Estimert gebyr¹⁰⁷ på dette er 10 kr/m³.

Tabell 11 viser beregninger for forventet matavfallsproduksjon per person per år utført av Nina Aa Tangen. For å beregne hvor mye matavfall en person produserer hvert år, er det benyttet statistikk over *"Forbrukte mengder av mat- og drikkevarer per person per år (kg/liter), etter varegruppe, tid og statistikkvariabel"* fra statistisk sentralbyrå¹⁰⁸. Undersøkelsen er foretatt i perioden 2007 – 2009.

For å kunne foreta beregningene i forhold til tørrstoffnivå, måtte vanninnholdet i matvarene kalkuleres inn. Vanninnholdsprosenten er basert på tall fra forskjellige kilder. Ved beregning av vanninnholdet er det tatt utgangspunktet i de matvarene som gikk under de forskjellige kategoriene og deretter brukt gjennomsnittlig vanninnhold. Det er foretatt en rekke forutsetninger i beregningene. Dette er oppført i egen kolonne.

Tabell 11 Tørrstoffberegning per person per år¹¹⁰

Matprodukter	Mengde per person	Vanninnhold matvarer %	Forutsetninger	Total mengde tørrstoff kg
Ris. kg	3,2	[1] 0	Kjøpes i tørket form	3,2
Brød. kg	42,8	[1] 35		21,4
Pastaprodukter. kg	4,2	[1] 10		3,9
Bakverk. kg	13,6	[1] 35	Tar utgangspunkt i brød	8,84
Andre produkter. kg	18,7	[1] 35	Tar utgangspunkt i brød	12,16
Kjøtt av storfe. kg	3,6	[2] 65	Går ut i fra stekt	1,26
Kjøtt av svin. kg	8,5	[2] 45	Går ut i fra stekt	4,7
Kjøtt av sau og geit. kg	2,1	[2] 65	Går ut i fra stekt storfe pga samme vanninnhold (75%) som ferskvare	0,74
Kjøtt av fjørfe. kg	6,6	[2] 60	Går ut i fra stekt kjøtt og gjennomsnitt av passende punkter i tabellen	2,64
Tørket, saltet eller røkt kjøtt eller kjøttprodukt. kg	13,5	[2] 30		9,45
Annet hermetisert eller bearbeidet kjøtt eller kjøttprodukt. kg	12,3	[2] 54	Går ut i fra røkt	6,12
Fersk eller frossen fisk. kg	8,1	[3] 76	Går ut i fra fersk	1,95
Fersk eller frossen sjømat. kg	2,2	[3] 76	Går ut i fra fisk	0,53
Tørket, røkt eller saltet fisk. kg	1,6	[3] 26	Gjennomsnitt av tabell	1,2
Annen herm. eller bearb. fisk, sjømat eller sjømatprodukter. kg	6,5	[3] 76	Går ut i fra fisk	1,56
Yoghurt. l	1,9	[5] 79	21 % tørrstoff gir 79% vann	0,4
Ost og osteprodukter. kg	12,3	[5] 37	Går ut i fra amerikansk	7,75
Egg. kg	7,7	[2] 74		2
Smør. kg	1,7	[5] 20		1,36
Margarin og annet vegetabilsk fett. kg	6,6	[5] 20		5,3
Olivenolje. l	0,5	[6] 0	Vanninnhold varierer fra 300mg-2000mg. 2000mg = 0,002 kg som tilsvarer 0kg.	0,5
Spiseoljer. l	1,2	[6] 0	Tar utgangspunkt i olivenolje	1,2
Annet spiselig animalsk fett. kg	0,1	[7] 0,5		0,05
Sitrusfrukter. kg	12,6	[1] 87	Tar gjennomsnittet av grapefrukt og appelsin	1,64

Matprodukter	Mengde per person	Vanninnhold matvarer %	Forutsetninger	Total mengde tørrstoff kg
Bananer. kg	11,6	[1] 76		2,8
Epler ¹⁰⁹ . kg	13,3	[1] 85		2
Pærer. kg	3	[1] 82		0,54
Steinfrukter. kg	1,5	[1] 80	Tar utgangspunkt i kirsebær	0,3
Bær. kg	4,7	[1] 90	Tar utgangspunkt i jordbær	0,47
Annen fersk frukt. kg	11,8	[1] 85	Generelt gjennomsnitt	1,77
Tørket frukt. kg	3,1	[8] 12	Tar utgangspunkt i banan	2,73
Konservert frukt og fruktbaserte produkter. kg	1,1	[8] 80	Tar utgangspunkt i fruktcocktail	0,88
Blad- og stilkgrønnsaker og smaksurter. kg	2,5	[1] 94	Tar utgangspunkt i selleri	0,15
Kål. kg	6,9	[1] 93		0,48
Grønnsaker dyrket for fruktens skyld. kg	14,8	[1] 95	Tar utgangspunkt i generelt vanninnhold grønnsaker	0,74
Rotfrukter, løk og sopp. kg	16,2	[1] 89	Tar utgangspunkt i løk	1,8
Tørkede grønnsaker. kg	0,5	[8] 5	Tar utgangspunkt i løk	0,48
Andre konserverte eller bearbejdede grønnsaker. kg	5	[8] 95	Tar utgangspunkt i generelt vanninnhold grønnsaker	0,25
Poteter. kg	25,1	[1] 79		5,3
Potetprodukter. kg	5,2	[1] 76	Tar utgangspunkt i potetsalat	1,25
Sukker. kg	6,2	[9] 0	0,075 % som tilsvare 0 %	6,2
Syltetøy, marmelade. kg	4,7	[9] 30		3,29
Sjokolade. kg	4,9	[10] 3		4,8
Konfektprodukter. kg	5,2	[10] 3	Tar utgangspunkt i sjokolade	5,1
Saftis, sorbé og iskrem. kg	7,7	[11] 74	Tar middelverdien av 70-78 %	2
Andre sukkerprodukter. kg	1,1	[9] 3	Tar utgangspunkt i sjokolade	1,1
Sum totalt i kg¹¹⁰ per person per år	351,4	2399,5		144,62

Som tabell 11 viser, produserer en person 144,62 kg tørrstoff matavfall i året. Det er i beregningene i gjort ett fratrekk på vanninnholdet i maten.

Totalt biogassutbytte (liter/kg VS) = 144,62 x 600 = 86 772 liter per person per året som tilsvarer 86,8 m³ metan i året.

Antall personer per husholdning er 3,5.
Antall personer totalt blir dermed $3,5 \times 7 = 24,5$ personer

Biogassutbytte ved matavfall per husholdning blir dermed $86,8 \times 24,5 = 2123 \text{ m}^3$ biogass per år.

Kartet over tomten under hovedpunkt 3, viser at den aktuelle tomten er på 3,2 daa. Dette tilsvarer $3\,200 \text{ m}^2$. Nabotomten er bebygd med to store boligblokker. Denne tomten er også eiet av Selvaag As. Etter samtale med Ola Thorsnes kom det frem at gress fra nabotomten kunne regnes inn i beregningene. Det totale arealet plen på de to tomtene blir derfor 4857 m^2 med fratrekk fra de arealene som ikke benyttes til plen. Mengde biogass ved en årsproduksjon av gass med 460 liter/kg utbytte er beregnet ved hjelp av tabell 5 gitt under punkt 2.3.5.

Antatt kvadratmeter plen:	4857 m ²
Gjennomsnitt kg høy ¹¹¹ per 100 kvm	306 kg

Biogassutbytte ved gress (ensilasje) per husholdning blir dermed $48,57 \times 306 \times 460 \times 0,25 \times 0,9 \times / 1000 \text{ kg} = 1538,6 \text{ m}^3$ biogass per år

Under punkt 2.3.5. er det vist at matavfall gir det største biogassutbytte. Etter samtale med daglig leder på Lier Veikro 2011, kom det fra at de kaster 300 liter matavfall per uke i lavsesong og 400 liter matavfall per uke i høysesong. Det er per dags dato Ragnsells¹¹¹ som henter dette avfallet hver uke mot en betydelig sum. Daglig leder av veikroen var meget positiv til å gi bort matavfallet til biogassanlegget og dermed bryte avtalen med Ragnsells. I beregningene under er tatt utgangspunkt i en ny avtale med Lier Veikro og en gjennomsnittlig leveranse på 350 liter per uke.

Det antas at 350 liter matavfall har en vekt på 350 kg.

Biogassutbytte ved matavfall fra Lier Veikro blir dermed $350 \times 52 \text{ uker i året} \times 0,7 \times 0,35 \times 700 / 1000 \text{ kg} = 3121,3 \text{ m}^3$ biogass per år

Total biogassutbytte per år blir dermed $1492,1 \text{ m}^3/\text{kg} + 1538,6 \text{ m}^3/\text{kg} + 3121,4 \text{ m}^3/\text{kg} = 6152,1 \text{ m}^3$ per år

Etter tabell 8 inneholder biogass 60 – 70 % metangass. I følge leverandøren må ikke biogassen renses for CO₂ før den forbrennes av de spesifikke generatorene gitt i tabell 3.

Fra tabellene under punkt 2.3.5. kan det estimeres hvor mange kWh en person kan produsere per år. Estimater er basert ut i fra strømagregatene. Generatoren konsumerer 0,7 liter gass/kWh.

Tabell 12 Effekt av biogassgeneratorer beregnet av Nina Aa Tangen

Modell	W pr strømagregat	kW pr strømagregat	Gass forbruk (m ³ /h)	m ³ gass pr kW (U)	Brutto effekt m ³ gass per kWh (U/0,25)
600 W	700	0,7	0,84	1,2	0,30
1200 W	1300	1,3	1,46	1,1	0,28
3000 W	3500	3,5	3,5	1	0,25
45 kW	1000	1	0,7	0,7	0,18

Utrekningene i tabell 12 viser at jo større og bedre maskinen er, jo mindre gass bruker den pr kWh. Det er derfor benyttet en stor generator med lite forbruk i produksjon i videre beregninger.

Videre følger beregninger over anleggets strømproduksjon. Det tas utgangspunkt i en generator på 45 kW etter tabell 3. Denne generatoren forbrenner 0,7 m³ biogass/ kWh.

Total elektrisitetsproduksjon basert på biogass blir dermed: 6152,1 m³ / 0,7 m³/kWh = 8789 kWh.

4.7.3. Soltak med jordvarmeanlegg

Soltaket til Kristian Harley Hansen har flere store fordeler. Det produserer nok varmtvann til å dekke tappevannsbehovet og oppvarmingsbehovet i boligene alene. I tillegg vil systemet ved solrike dager når væsken i solfangeren når 75 grader celsius eller mer, produsere strøm. Dette er vist i tabell 13. Beregningene fortatt i tabell 13 - 15 gjelder for de 7 oppgavehusene. Soltaksystemet inneholder et kjølekomponent som kan benyttes til å bedre den termiske komforten i byggene sommerstid.

Tabell 13. Beregning av soltakets energiproduksjon per bolig (Beregning: K. H. Hansen)

Data, Tranby	[°C]	[Timer]	[kWh/m ²]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
	Dagtemp	Solskinstimer	Wh/m ² (30°, Az: 47° S/E)	På 60 m ²	På 70 m ²	På 80 m ²	På 90 m ²	Varmeforbrug
Januar	-2	40	17	882	1029	1176	1323	973
Februar	-1	76	40	2117	2470	2823	3176	913
Marts	4	126	87	4594	5359	6125	6890	823
April	9	178	140	7397	8630	9863	11096	571
Maj	16	220	192	10159	11852	13545	15238	258
Juni	20	246	207	10919	12739	14559	16379	102
Juli	22	216	201	10592	12357	14122	15888	102
August	20	216	153	8073	9419	10764	12110	102
September	15	144	103	5423	6326	7230	8134	120
Oktober	9	86	54	2825	3296	3766	4237	456
November	3	51	23	1209	1411	1612	1814	679
December	0	35	13	665	776	887	998	907
Total		1634	1228	64854	75663	86472	97281	6006

I tabell 13 har produsenten beregnet systemets totale energiproduksjon per rekkehus per måned. Ved bestemmelse av klimadata er det tatt utgangspunkt i Tranby, som er den mest nærliggende værstasjonen. Som tabellen viser kan et tak på 60 m² produsere total energi på 64854 kWh. Hvert av takene på rekkehusene har et areal på ca 60 m². Produsenten har også lagt inn et totalt

varmeforbruk for systemet. Tallene som er benyttet er beregnet av Nina Aastorp Tangen og stemmer med boligene i oppgaven.

Tabell 14 Beregning av systemets el-energi produksjon per bolig. (Beregning: K. H. Hansen)

Data, Tranby	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
	Elforbruk (eskl. opvarming)	Elprod, 60 m ²	Elprod, 70 m ²	Elprod, 80 m ²	Elprod, 90 m ²
Januar	262	14	16	19	21
Februar	235	63	74	84	95
Marts	244	181	211	241	272
April	198	315	367	420	472
Maj	171	405	473	541	608
Juni	156	423	493	564	635
Juli	147	404	471	538	606
August	156	335	391	447	503
September	171	186	217	248	279
Oktober	208	88	102	117	132
November	227	25	29	33	37
December	269	15	18	20	23
Total	2444	2454	2862	3272	3683

Tabell 14 viser månedsvis produksjon av elektrisk strøm per bolig. Total el-produksjon per år per bolig blir i følge tabellen 2454 kWh.

Tabell 15 Beregning av total tappevannsproduksjon per bolig. (Beregning: K. H. Hansen)

Data, Tranby	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
	Varmeprod, 35°C, 60 m ²	Varmeprod, 35°C, 70 m ²	Varmeprod, 35°C, 80 m ²	Varmeprod, 35°C, 90 m ²	Varmeprod, 50°C, 60 m ²
Januar	202	236	270	304	58
Februar	1124	1312	1499	1686	840
Marts	3025	3529	4033	4538	2525
April	5838	6811	7784	8757	5035
Maj	8276	9655	11035	12414	7289
Juni	9012	10515	12017	13519	8209
Juli	8600	10033	11466	12900	7815
August	6402	7469	8536	9603	5773
September	4000	4666	5333	6000	3440
Oktober	1638	1911	2185	2458	1263
November	381	444	508	572	241
December	212	247	282	318	16
Total	48710	56828	64948	73069	42504

Tabell 15 viser total produksjon av varmt vann for per bolig. Ved 35 grader celsius inne i solfangersystemet, vil det være en total tappevannsproduksjon på 48 710 kWh per bolig per år. Ved 50 grader i systemet eller høyere vil tappevannsproduksjonen være på 42504 kWh per år. Solfangerne med absorber en vist i figur 72.



Figur 72. Tegning av soltaket (Fig. K. H. Hansen)

Ved å kunne benytte soltaksystemet til strømproduksjon vil behovet for å benytte biogass til strømproduksjon i disse månedene opphøre. Dette betyr at den biogassen som produseres i disse månedene kan selges eller lagres. Etter samtale med Arild Fallan fra Enova i mars 2011, kom det frem at det i 2010 ble gitt en generell dispensasjon fra NVE¹¹² som gjorde det enklere å mate overskuddskraft inn på strømmettet. Det betyr at plusskunder kan selge overskuddsstrøm tilbake til nettselskapet og tariffere kunden netto energiledd. I følge NVE slipper da kunden å betale andre tariffledd for innmating av kraft. Andre tariffledd er en kostnad som avregnes etter gjennomsnittlig brutto produksjon. I følge vedtak 16¹¹³ av 2010 må ordningen være frivillig for begge parter. I følge NVE er definisjonen på en plusskunde "en sluttbruker av elektrisk energi som har en årsproduksjon som normalt ikke overstiger eget forbruk, men som i enkelte driftstimer har overskudd av kraft som kan mates inn i nettet. Strømproduksjonen i boligene kan tilpasses til å falle inn under denne definisjonen.

Kombinasjonssystemet mellom solfangersystemet og biogassanlegget er valgt for å kunne ha en sikret strøm og tappevannsproduksjon gjennom året. De 7 rekkehusene må få tilskudd av elektrisk strøm når soltaket ikke kan produsere dette. Biogassanlegget produserer biogass kontinuerlig. Denne gassen blir lagret når soltaket produserer elektrisk strøm. I de delene av året hvor væskekreften kommer under 75 grader, vil biogassen bli benyttet til strømproduksjon. Ved å kunne lagre biogass på tanker kan strøm og tappevannsproduksjonen sikres på tross av uforutsette utfordringer som ekstremvær eller enormt høyt forbruk.

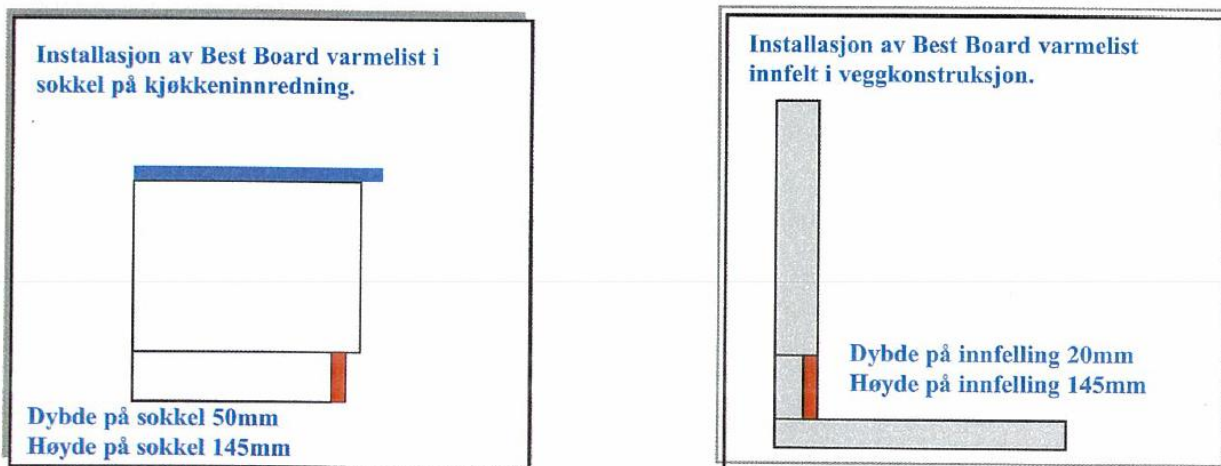
4.7.4. Valgte tekniske installasjoner

4.7.4.1. Varmelister

Best Board¹¹⁴ har varmelister som sender ut strålingsvarme. Listene som vist i figur 73, avgir varme i forholdet 80 – 90 % strålevarme og 10 – 20 % konveksjon. Varmen stråler ut i rommet langs gulvet. Det er overflaten av gulvet samt de flatene strålene treffer, som blir varmet opp. Konveksjonen skaper en varmluftsgardin som forhindrer eventuelle kulderas fra vinduer og yttervegg. I følge Helge Folkestad, som er representant for produktet, kan inneluftstemperaturen senkes med 3 grader uten at dette går utover den termiske komforten i boligen. Dette gjør at noe energi til romoppvarming kan spares. Prinsippet er basert på solens evne til å varme opp flater selv om utetemperaturen er vesentlig kaldere. Varmelistene varmer ikke direkte opp lufttemperaturen. Derfor vil det i svært liten grad samle seg varme ved himlingen. Varmen fra listene er enkelt å regulere ved hjelp av termostat etter behov i de forskjellige rom i boligene. Når rommet har oppnådd ønsket temperatur, stopper listene å avgir varme. Vannmengden i listene er små i forhold til gulvvarmesystemer. Listen varmer altså ikke opp hele gulvmassen. Det er derfor mulig å raskt regulere varmen. På denne måten kan det oppnås effektiv nattesenkning. Listene monteres i sokkelen på kjøkkeninnredningen eller innfelt nederst i veggkonstruksjonen som vist på figur 74.



Figur 73 Best Bord varmelist for vannbåren varme. Varmelistene samt varmestrålene vises i oransje.



Figur 74. Tegning av varmelister i sokkel på kjøkkeninnredning og varmelist innfelt i veggkonstruksjon.

4.7.4.2. Renseanlegg for gråvann

Boligene kan ha separate systemer for gråvann og svartvann. Ved gråvann menes spillvann fra dusj, håndvask, oppvask og klesvask som produseres i en vanlig husholdning. Ved svartvann menes kloakk fra toalettene. Svartvannet kan samles i et felles rør som fører videre inn i biogassanlegget. Gråvannet kan bli samlet i et felles rør og kjørt gjennom et system som renser gråvannet bra nok til å kunne benytte vannet til skylling av toaletter og vanning av drivhuset. Jets har et slikt system, Ecomotiv A01¹¹⁵, som er utviklet i samarbeid mellom UMB og Jets. Systemet som vist i figur 75, kan nominelt rense 600 liter gråvann per døgn og maksimalt opp til 900 liter per døgn. Hvert rekkehus kan få hvert sitt minirenseanlegg. Bioforsk har i følge nettsiden godkjent renseanlegget for hytte eller fritidsbolig på opp til 9 sengeplasser. Estimert vannforbruk¹¹⁶ er 70 m³ vann per person per år. Rekkehusene er beregnet på 3,5 personer. Dette gir et estimert vannforbruk på 245 m³ per bolig per år. Det lille renseanlegget fra Jets kan rense 219 m³ – 329 m³ vann per år. Hver bolig bør derfor ha hvert sitt renseanlegg.



Figur 75. Renseanlegg for gråvann

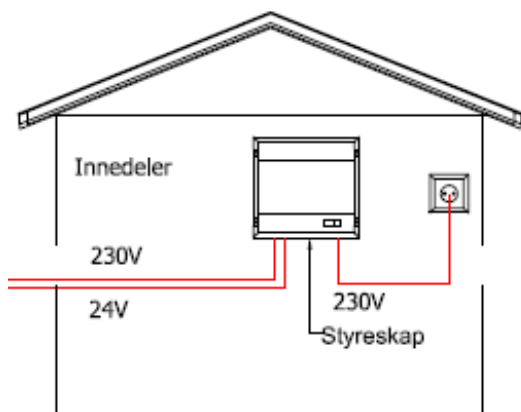
Anlegget leveres klar til bruk med filtermasse av lettklinker og pukk. Det er ingen kjemiske stoffer som benyttes i renseprosessen. Anlegget kan heises rett ned i byggegrop og kobles på inn- og utløpsrør for gråvann. Det må også kobles på en 230 V/10 A kurs.

Tekniske data:

- Type: renseanlegg for gråvann
- Høyde: 1445 mm
- Lengde/bredde: Ø 1820 mm
- Vekt: 800 kg
- Innløp: 110 mm
- Utløp: 110 mm

Figur 76. Tekniske data for Ecomotiv A01.

Som vist i figur 76 er anlegget ca 1,45 meter høyt og 1,82 meter bredt. Det skal plasseres i det tekniske rommet i kjelleren. Dersom det blir overskuddsvann kan dette ledes bort i en etterpoleringsgrøft. I følge produsenten er renskvaliteten på anlegget såpass god at etterpoleringsgrøften kan legges inntil 20 meter fra brønn, elv eller åpent vann. Renseanlegget bør kobles på en egen strømkurs i følge leverandøren. Styringssystemet til renseanlegget monteres i det tekniske rommet som vist på figur 77. Energiforbruket til systemet er illustrert i tabell 16.



Figur 77. Styringssystem til renseanlegg for gråvann

Tabell 16. Energiforbruk renseanlegg for gråvann

MODEL	POWER		Q																
	kW	HP		m³/h	0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2		
Single-phase			l/min	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120			
TOP MULTI 2	0.55	0.75	H metres	42	40	38	34	30	24	18	11.5	5							
TOP MULTI 3	0.55	0.75		33	32	31	29.5	28	25.5	23	20.5	18	15	12	8	4			

Som tabell 16 viser, forbruker systemet 0,55 kW elektrisk strøm ved drift. Dersom systemet skal benyttes 24 timer i døgnet forbruker det

$$8760 \text{ timer per år} \times 0,55 \text{ kW} = 4\,818 \text{ kWh per år.}$$

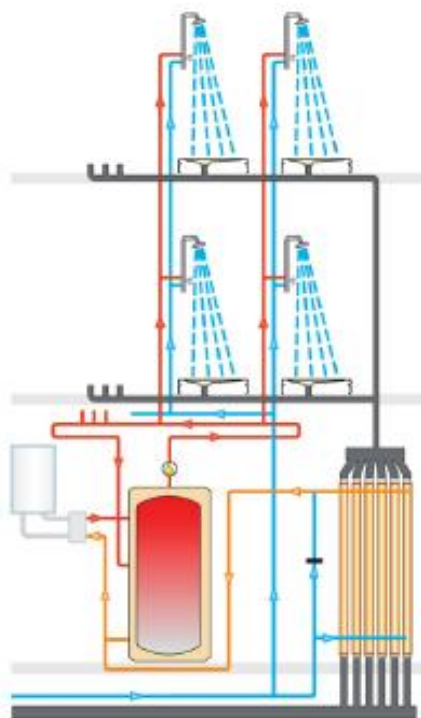
Dette er en betydelig mengde strøm.

4.5.4.2. Varmegjenvinner gråvann

Det finnes utallige varmegjenvinnere på markedet. Oso Energisaver ES¹¹⁷ gjenvinner 40 % av varmeenergien. Denne har i følge produksiden innspart seg selv på 6 år. I denne oppgaven er det ønsket en varmegjenvinner med vesentlig høyere varmegjenvinningsprosent. Recoh multivert¹¹⁸ fra Hies Tech har en varmegjenvinningskapasitet på 60 %. Systemer er vist i figur 78.

I følge produsenten har varmegjenvinneren størst effekt når både det kalde vannet til dusjen og til hjelpesystemene er forvarmet. Hvis dette vannet ikke blir forvarmet vil effekten være 60 % av optimal effekt. Tappevannet til de 7 boligene kan forvarmes i drivhuset. Overskuddsvarmen fra biogassgeneratoren benyttes til en svak forvarming av kaldt vann før det går inn i varmeveksleren. Vannet vil derfor aldri være så kaldt at effekten av varmeveksleren blir redusert. I følge talsmann fra produsenten trengs det ikke pumpe hvis varmeveksleren er i en etasje under våtrommene. Det er tyngdekraften som i stedet blir benyttet. Systemet vil bli plassert i det tekniske rommet i kjelleren slik at det blir tilstrekkelig høyde opp til våtrommene.

Den billigste løsningen er i følge produsenten et MV-8 Recoh-MultiVert system. Dette systemet består av 4, 6 eller 8 parallelle rør som til sammen utgjør en varmeveksler. Tyngdekraften leder så gråvannet ned i renseanlegget.



Figur 78. Illustrasjon av Hie-Tech varmegjenvinner med varmtvannsbereder nede i teknisk rom og dusj i øvrige etasjer.

4.7.4.3. Ventilasjon

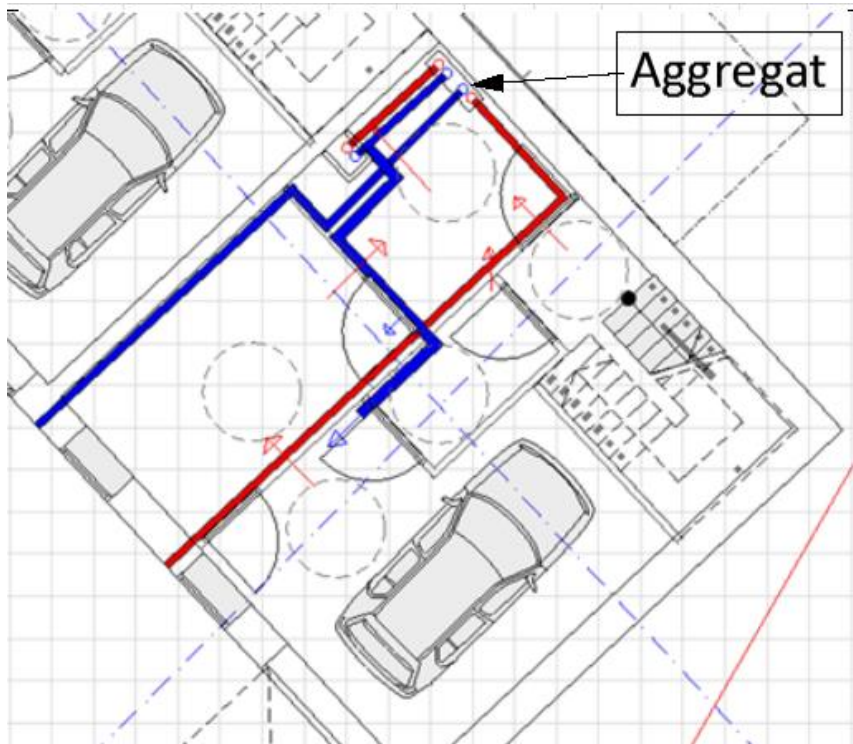
Det er balansert ventilasjon i boligene. Ventilasjonssystemet blir avgjørende for regulering av temperatur og inneklima i boligene. Det forutsettes i beregningene at det kobles på en varmegjenvinner til systemet med virkningsgrad på 90%¹¹⁹.

Ventilasjonssystemet skal ha et energisparingssystem slik at det ikke bruker energi når det ikke oppholder seg folk i bygningen. Slike ventilasjonssystemer har ofte en maksimal tillatt innendørstemperatur. Ved denne maksimale temperaturen starter systemet å kjøle ned boligen. Det forutsettes av denne funksjonen skal kunne slås av ved ferier og lignende. Boligene er meget lufttette. Etter NS 3700:2010 skal ikke lekkasjetallet for boligene overstige 0,6 luftvekslinger per time. Dette lekkasjetallet er svært lavt og inneluft slipper derfor i svært liten grad ut gjennom utettheter i bygningskroppen. Det er derfor ekstra viktig å investere i et godt ventilasjonssystem for å opprettholde god luftkvalitet og inneklima.

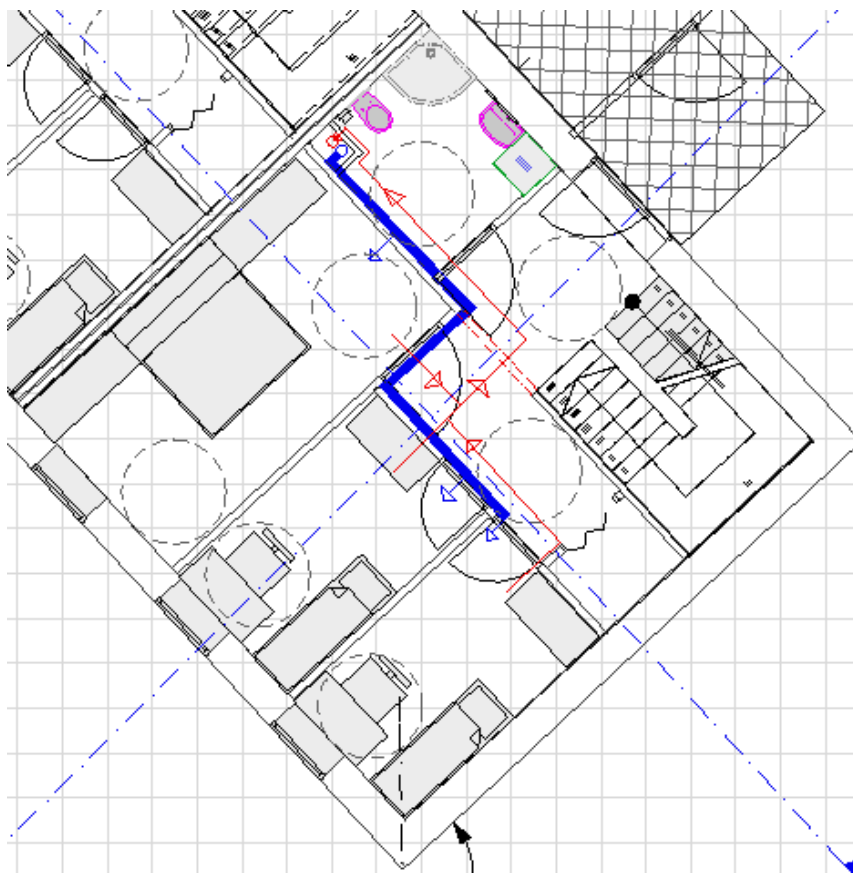
Ventilasjonssystemet valgt for boligene er Enervent TS¹²⁰. Ventilasjonssystemet er tilkoblet en varmeveksler som gjenvinner 90 % av varmen fra avtrekksluften. I følge fabrikanten er systemet kåret til "best i test" av forbrukermagasinet. Kjøkkenet har eget avtrekksystem. Dette ventilasjonssystemet er tilpasset tette bygninger som passivhus. Det er derfor godt egnet til rekkehusene. Varmegjenvinneren er en kammerveksler. Denne typen varmeveksler består av to magasiner. Det ene magasinet lagrer varme fra avtrekksluften, det andre avgir varme til friskluften. Denne typen varmeveksler er anbefalt av "Byggforsk"¹²¹. I følge produsenten har tester vist at Enervent TS gir tilfredsstillende luftbalanse selv i kaldt klima uten å konsumere ekstra energi til avriming eller forvarming av luften. Friskluften går gjennom et posefilter før det blir ført ut i rommene i boligen. Dette er i tilfelle uteluften er forurenset. Dette er en fordel for blant annet pollenallergikere fordi pollen på den måten ikke blir transportert til boligen ved hjelp av ventilasjonssystemet.

Systemet har et klimapanel som kan sørge for kjøling i sommermånedene. Om natten og i skyggen er luften mye kjøligere enn på dagen i sola. Denne tempererte luften kan brukes til å kjøle ned boligen, mens den varme inneluften blir trukket ut av boligen. Dette vil bidra til å bedre inneklimaet i boligene.

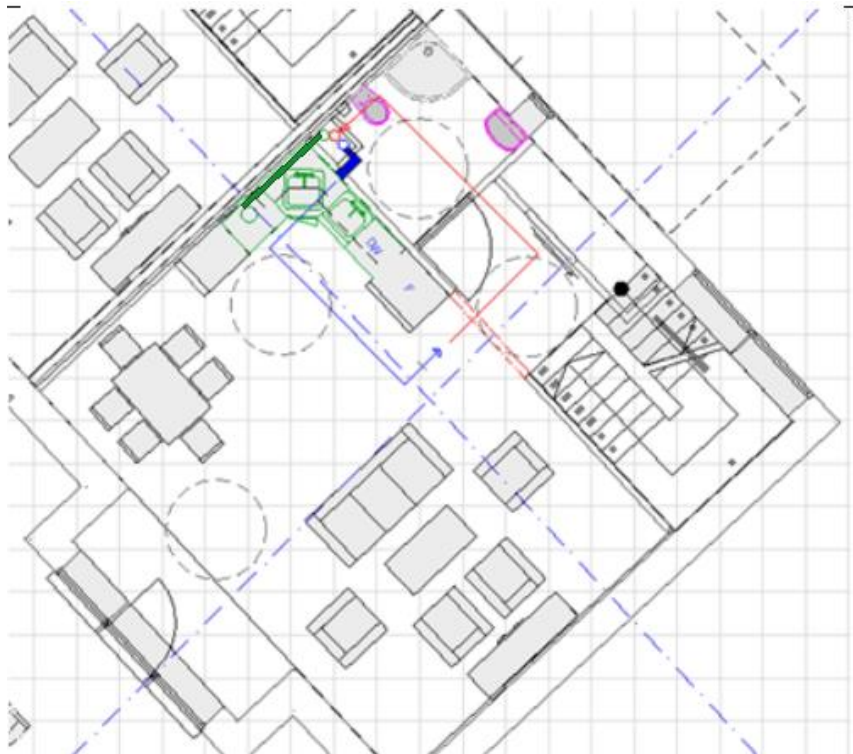
Under følger plantegninger av ventilasjonssystemet på figur 79 - 82. De tykke røde strekene er avtrekksluft i kanal. De tykke blå strekene er friskluft i kanal. De tynne røde strekene er avtrekksluftens bane i etasjen ved hjelp av vifter og ventiler. De blå tynne strekene er tilluftens bane ved hjelp av ventiler og vifter. Den grønne sirkelen er luftingen av kloakken.



Figur 79. Plantegning av kjeller med ventilasjonskanaler, teknisk rom og ventilasjonsaggregat. (Fig. Nina Aa Tangen) Aggregatet har som vist på tegningen 4 kanaler.

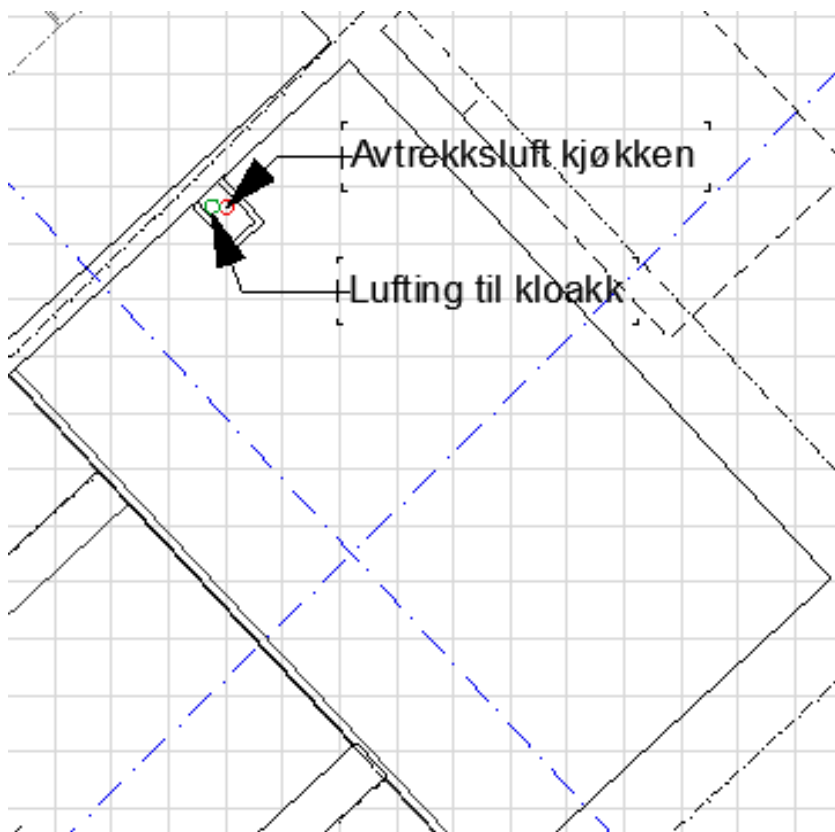


Figur 80. Plantegning av 1. etasjen med ventilasjonskanaler. (Fig. Nina Aa Tangen)



Figur 81. Plantegning av 2. etasjen ved ventilasjonskanaler. (Fig. Nina Aa Tangen)

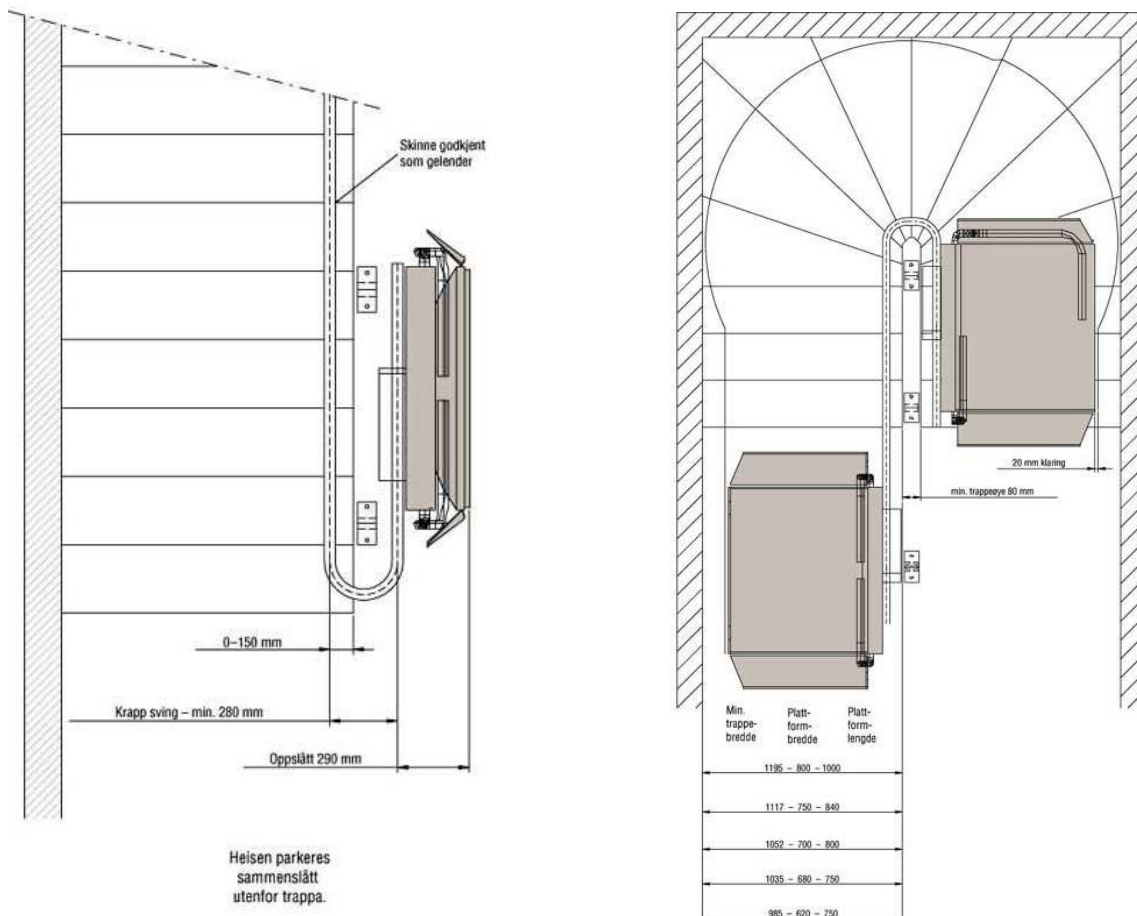
Den grønne kanalen på plantegningen i figur 81 representerer avtrekk for kjøkkenviften.



Figur 82. Plantegning av loft med ventilasjonsrør.

4.7.4.4. Trappeheis

Boligene vil være installert med trappeheis av typen Access Hiro 320¹²² som vist i figur 83. Denne trappeheisen kan tilpasses alle typer trapper. Den monteres på innsiden av trappenes indre rekkverk. I følge leverandøren er heisen enkel for brukeren å benytte og konstruksjonen inneholder alle de sikkerhetsfunksjoner en bruker måtte finne nødvendig. Heisen tåler en maksimallast på 230 kg og hastigheten er på 0,13 m/s.



Figur 83. Detaljtegning av trappeheis

4.8. Kostnader

4.8.1. Vinduer

Leverandøren av SCHÜCO CORONA SI 82+ kunne ikke over telefon svare på nøyaktig pris for stuevinduet på sørvest fasaden. Men leverandøren fortalte at vinduene kunne leveres i alle format og dimensjoner. Til sammenlikning koster et SCHÜCO CORONA SI 82+ vindu med dimensjonene 100 x 300 cm 5 870 kr stykke¹²³.

4.8.2. Dører

Ytterdøren¹²⁴ fra Trenor koster 6213. Sidefeltet¹²⁵ koster 4853 kr. Verandadøren er av samme typen som vinduene. Representant for leverandøren kunne ikke oppgi en direkte pris på dørene. Vindusflaten til døren er dobbelt så stor som vinduet ovenfor. Det estimeres derfor som dobbel pris av 5 870 kr = 11 740 kr per dør.

4.8.3. Renseanlegg gråvann

Renseanlegget fås hos en rekke leverandører. Den nærmeste av leverandørene til Lier, er "HyttelivSenteret" i Drammen. Der koster renseanlegget med nominell kapasitet på 700 liter/døgn 50 000 kr¹²⁶. Dette anlegget er litt større enn det anlegget som er beskrevet ovenfor. For å begrense kostnadene og redusere utslippet CO₂ ved transport, er dette en gunstig leverandør.

4.8.4. Varmegjenvinner gråvann

I følge produsenten har varmegjenvinneren er tilbakebetalingstid på 3-6 år. Det er her tatt utgangspunkt i danske forhold med en energipris på 2 DKK/kWh. Den norske energiprisen er omtrent halvparten av dette. Tilbakebetalingstiden blir derfor dobbelt så lang. Et MV-8 Recoh-MultiVert system koster 55 000 DKK. Dette tilsvarer 58 035 NOK som vist i figur 84..

55000 DKK	=	58035,32 NOK
Danske Kroner		Norske Kroner
100 DKK = 105,52 NOK		100 NOK = 94,77 DKK

Figur 84. Valutaberegning fra DKK til NOK for varmevekslersystemet

4.8.5. Biogassanlegg

Det er prismessig billigere å opprette 7 separate biogassanlegg i familiestørrelse i stedet for en stor felles. Et stort, felles anlegg vil koste rundt 57 000 USD, mens det mindre anlegget over koster rundt 5 500 USD. Leverandøren oppga at 7 små anlegg vil koste rundt 38 500 USD, hvilket er vesentlig billigere enn et stort anlegg. Det antas at det blir dyrere å drifte 7 små anlegg enn et stort felles anlegg. Det satses derfor på et stort felles anlegg på 100 m² i denne oppgaven. Dette anlegget har samme kapasitet som de 7 små anleggene. Prisen på et stort anlegg er 46 069 som vist i figur 85.

$$\mathbf{57000\ USD = 313403,1\ NOK}$$

Amerikanske Dollar Norske Kroner
1 USD = 5,5 NOK 100 NOK = 18,19 USD

Figur 85. Valutaberegning fra amerikanske dollar til norske kroner.

En biogass generator kan kobles til anlegget. Den bruker 0,7 m³/t rensed biogass for å produsere 45 kWh. En slik generator koster 198 000 kinesiske Yuan. Dette tilsvarer 17 497 kr som vist i figur 86.

$$\mathbf{198000\ CNY = 170497,16\ NOK}$$

Kinesiske Yuan Norske Kroner
100 CNY = 86,11 NOK 100 NOK = 116,13 CNY

Figur 86. Valutaberegning fra kinesiske CNY til norske kroner

Generatoren i figur 86 er den mellomste typen. Det kan kobles generatorer til anlegget som gir 1200 W og 3000W. Forholdene mellom størrelsene på generatorene og prisene er proporsjonale. Nedenfor er det vist beregninger for installasjonskostnaden for biogassanlegget for et år og for 20 år.

En familie på 4 gir	11148 kWh /år
Med en effekt på 25% gir dette:	2787 kWh /år

Inkludert montering, graving og andre installasjonsutgifter koster anlegget	
7 små anlegg	223423 kr
Biogassgenerator 45 kW	170497 kr
Sum	393920

$$\frac{393\ 920}{2787} = \mathbf{141\ kr\ i\ installasjon\ per\ kWh\ over\ ett\ år}$$

Per husstand blir dermed installasjonskostnaden over ett år **20 kr per kWh**. Dette er konkurransedyktig med de andre fornybare energikildene nevnt under punkt 7.2.

4.8.6. Soltak

Tilbakebetalingstiden på soltaket er på ca 9-10 år etter danske forhold med energipris på 2 DKK. I Norge er energiprisen ca 1 NOK og tilbakebetalingstiden blir derfor dobbelt så lang. Total investeringskostnad inklusiv moms er på 200 000 DKK for 150 kvadratmeter takflate. I fradrag kommer kostnader for taktekking, lekter og undertak. Polykarbonatplatene må byttes hvert 12 år og koster med belegg 16 000 DKK for 150 kvadratmeter. Etter nærmere samtale med Kristian Harley Hansen kom det frem at hele systemet blir levert i en stor levering. Inkludert i pakken er:

- Termotak (isolasjonsmaterialet i soltaket), inkludert samlinger og tilskjæringer
- Absorber inkludert skjæringer, belegg, bøyning, sveising, manifolder og tilpasninger
- Væske til soltaket
- Jordvarmepakke inkludert en 400 meter lang jordslangesløyfe, brønner, manifolder, beslag, transmisjonsvæske
- Nedgraving av jordvarmeslange
- Grunnpakke til varmepumpe inkludert akkumuleringstank, ekspansjonsbeholdere, ventiler m.m.
- Alternativ kjølemiddelpumpe
- Styringssystem og mikrokontroller
- Scroll enhet inkludert motor/generator
- Platevarmeveksler, 90 kW
- Sirkulasjonspumper, Grundfos APLHA2
- Windy Boy grid-tie inverter 6 kW
- Termokromatisk belegg
- 3-veis ventiler
- Fraktomkostninger
- Varmtvannsbereeder

Total pris kunne ikke oppgis eksakt på grunn av eventuelle subsidier som kan regnes inn. Uten subsidier blir prisen på totalpakken i underkant av 125 000 kr uten moms eller 156 000 kr inklusiv moms. I tillegg kommer utgifter til montering på omtrent 31 000 kr.

Prisen per soltaksystem: 156 000 kr + 31 000 kr = 187000 kr

Total varmeproduksjon per kvadratmeter

oppgitt i punkt 2.3.1.2. 1228 kWh/m²

Hver kWh koster da $\frac{187000}{1228} = 152$ kr i installasjon per kWh over ett år

Per husstand blir installasjonskostanden over ett år: 152 kr / 7 boliger = 22 kr per kWh. Dette er konkurransedyktig med de andre fornybare energikildene nevnt under punkt 7.2.

4.8.7. Drivhus

En overslagspris på et drivhus på 100 m² var det ingen leverandører som raskt kunne gi over telefon. Et brukt drivhus på finn.no¹²⁷ på 147 m² selges for 65 000 kr. Et annet drivhus på 103 m² selges for 30 000 kr¹²⁸. Det estimeres derfor at et nytt drivhus på 100 m² vil koste omtrent 60 000 kr. I tillegg kommer påslag, fundamenter og utstyr. Estimert sum blir derfor 160 000 kr totalt for drivhuset.

4.8.8. Varmelister

Etter samtale med Helge Folkestad ble det avklart at varmelistene koster 1400 kr per løpemeter ferdig montert. Prisen er uten moms. Med moms på 25 % blir prisen 1750 kr per løpemeter. I følge Folkestad dekker 1 løpemeter list 10 m² gulvflate i et bygg med passivhusstandard. Boligene har et bruksareal på 149 m² hver seg. Det kreves derfor 14,9 løpemeter med varmelist per bolig.

Kostnad varmelist per bolig= 14,9 lengdemeter x 1750 kr = 26075 kr

4.1.1. Bygningskropp

Det er i beregningene i tabell 17 benyttet "Kalkulasjonsnøkkelen 2010". Beregningene er derfor lagt til merverdiavgift (mva.). Det er enkelte steder benyttet andre priskilder der hvor kalkulasjonsnøkkelen ikke var presis nok. Tallene har her kommet fra Torgeir Lyngtveit eller Ola Ø Thorsnes. Det er benyttet kalkulerte priser i kr/m² BTA for enebolig i skrått terreng 111. Kalkylen følger NS 3451. Beregningene er foretatt i Microsoft Excel. For å kunne utføre beregningene er alle bygningsdelers arealer beregnet og lagt inn på eget Excelark. Den totale beregningen ligger som vedlegg 2.

Inkludert i prisen er dekningsbidrag til entreprenører og byggherrer, fortjeneste og avskrivninger, maskintuileie, uforutsette utgifter samt svinn, tap og slitasje.

Tabell 17. Byggekostnader per bolig og alle rekkehusene (totalt sett) inkludert moms. ¹²⁹Beregnet av N. Aa. Tangen

Bygningsdel	Kr per bolig inkludert 25 % moms	Kr totalt inkludert 25 % moms
Grunnmur	63104	441731
Dekke	110233	771633
Yttervegger	459841	3218886
Innervegger	81537	570759
Skillevegger mellom boenheter	19286	135000

Bjelkelag 1. etg	115077	805538
Bjelkelag 2. etg	124525	831841
Loftstak + utstikk	86324	604266
Undertak under solfanger	34094	232621
Fast inventar	38625	270375
Sanitær	69375	291375
Luftbehandling	13557	94896
Belysning	84797	593578
Alarm og signal	13750	96250
Trapp	76915	538403
Terasse	355659	2489613
Spregning	49271	342790
Grunn og fundament	181900	1268793
Dører	17953	125671
Vindu	108595	760165
Varmegjenvinner	58035	406247
Varmelister	260750	1825250
Biogassanlegg	79129	553900
Generator	24357	170497
Blikkenslager	18750	131250
Titansink	8750	61250
Soltak	83481	584364
Drivhus	22857	160000
Veier og plasser	137536	962750
Lekeapparater + møbler	8929	62500
Søplestativ + postkasser	3571	25000
Utvendig belysning og stikkontakter	14286	100000
Beplanting	14286	100000
Sum totalt	2839131	19627193

Som beregningene i tabell 17 viser, blir prisen på bygningskroppen per bolig lik 2 839 131 kr inkludert moms. Totalpris for alle boligene blir 19 627 193 kr. Inkludert i denne prisen er ikke renseanlegg for gråvann. Boligene er i utgangspunktet ikke tilknyttet renseanlegget. Kostnaden for renseanlegget er som nevnt i punkt 4.8.3. estimert til 50 000 kr per bolig.

5. Drift og vedlikehold

5.1. Renseanlegg for gråvann

Dersom Ecomotive A01 vil anvendes av beboerne, er den enkel å anvende og vedlikeholde. Alle filterne består av lettklinker og pukk. Det benyttes altså ingen kjemiske stoffer og det er ingen masser som trengs å skiftes ut.

Det må utføres en egenkontroll på anlegget 2 ganger per år. Dette kan legges til vår og høst. Dysene bør renses ved jevne intervaller. Det nederste slamkammeret må tømmes minimum hvert 5 år. Dette er enkelt å få til uten spesiell kompetanse. Det følger en brukerveiledning med anlegget. En gang hvert år bør anlegget kontrolleres av fagperson. Jets og utvalgte forhandlere tilbyr vedlikeholdsavtale ved kjøp av anlegget. Det forutsettes i denne oppgaven at brukerne av byggene må være spesielt interessert i denne typen bolig. Det antas derfor at brukerne selv enkelt kan rens dysene og tømme slamkammeret da dette ikke krever noen spesiell kompetanse.

Maling, løsemidler og høye konsentrasjoner av vaskemidler må ikke helles i avløpene. Dersom spillvannet får for høye konsentrasjoner av disse sammensetningene kan renseprosessen gå ned og i verste fall kan kompaktanlegget bli ødelagt.

Ved tilkobling av rensanlegget bør gråvann og svartvann skilles fra hverandre i separat system. Boligene bør derfor kobles til rensanlegget i byggefasen. Systemene legges i hver sine grøfter for unngå at eventuell lekkasje fra svartvann absorberes av gråvannsrørene. Størsteparten av sykdomsfremkallende bakterier befinner seg i svartvannet. Gråvann inneholder i svært liten grad disse bakteriene. Det antas da at det ikke overføres mye av disse bakteriene ved håndvask. Det skal derfor ikke være risiko for smitte ved håndtering av rensanlegget eller ved utslipp i naturen.

5.2. Varmeveksler for gråvann

I følge produsenten er systemet for varmeveksleren vedlikeholdsfritt. Varmeveksleren vil forbli ren på grunn av hastigheten på vannet som passerer i det indre røret langs veggen. Rensligheten i rørene er det lett å kontrollere. Rørene er i følge leverandøren selvrensende med en vannstrømning på 2 m/s. Det er installert en rist som i følge leverandør tar opp det meste av håravfall og annet biologisk materiale som kan tette rørene og varmeveksleren. En vannlås tar restene av det biologiske materialet risten ikke tar. Vannlåsen kan enkelt tas opp, renses og settes på plass dersom det blir behov for det.

5.3. Soltaksystem

Styringssystemet er utviklet i samarbeid med det teknologiske instituttet i Østerrike og instituttet for Computerteknologi i Wien. Systemet har en internettbasert brukergrensesnitt uten lokal hardware. Leverandøren kan styre systemet fra sitt kontor og derfra følge med på utviklingen. Brukerne kan kun styre temperaturen. Ellers er systemet helautomatisk og produserer varmtvann og varme hele året. Elektrisk energi blir produsert i sommermånedene. Brukeren kan følge med på målinger på internett, men ikke endre effekten av systemet. Tilstanden i systemet kan sjekkes ved hjelp av styringssystemet, internett, mobiltelefon, I-pad og linkende.

Soltaket med polykarbonatplater må normalt sett ikke rengjøres. Takets skal være selvrensende. Dersom det blir nødvendig kan taket enkelt rengjøres, enten av beboer eller av et firma. Belegget over polykarbonatplatene må skiftes hvert 12 år.

5.4. Biogassanlegg

Anlegget ovenfor har 2 gassbeholdere, en til direkte lagring og en til langtidslagring. Det er enkelt å få tak i og montert flere gassbeholdere til langtidslagring. Selve anlegget er meget enkelt å sette sammen hvis bruksanvisning blir benyttet. Estimert tid på byggingen av ett anlegg er 48 timer eksklusiv det elektriske arbeidet. Anlegget er laget slik at det er meget enkelt å bruke. Delene er masseproduserte på fabrikk i Kina. Lukt skal ikke være et problem. En eventuell gasslekkasje er enkel å oppdage. Jobben gjøres på bakkenivå og sannsynligheten for forgiftning er minimal. Forråtningsbeholderen er såpass romslig at den opprettholder en bra luftsirkulasjon. Det kreves derfor ikke mekanisk omrøring. Betongbeholderen har 30 års garanti, mens gasstanken av glassfiber har 10års garanti.

6. Diskusjon

6.1. Forutsetninger for nullenergi

For å kunne oppnå nullenergi-nivå er det tatt utgangspunkt i et energigjennomsnitt på null. Gjennomsnittet er basert på totalen av alle de 7 rekkehusene. De midtre rekkehusene vil motta mye varme fra rekkehusene på 2 sider. Rekkehusene med gavlvegger og endevegger vil ha større varmetap enn boligene med felles skillevegger. Totalt sett skal varmetapet og varmetilskuddet gå i null.

Det forutsettes en kort og tørr byggeprosess. Arbeidet skal utføres skikkelig for konstruksjonen skal bli såpass god at den normaliserte kuldebroverdien blir på $0,01 \text{ W/K/m}^2$.

Det forutsettes at boligene har en meget god kontrollføring av detaljer. Det forutsettes dermed også høy tetthet i vegger, gulv og tak og lave infiltrasjonstall.

I ytterveggene i rekkehusene er det ingen tekniske føringer. Dette er for å begrense varmetapet gjennom veggene.

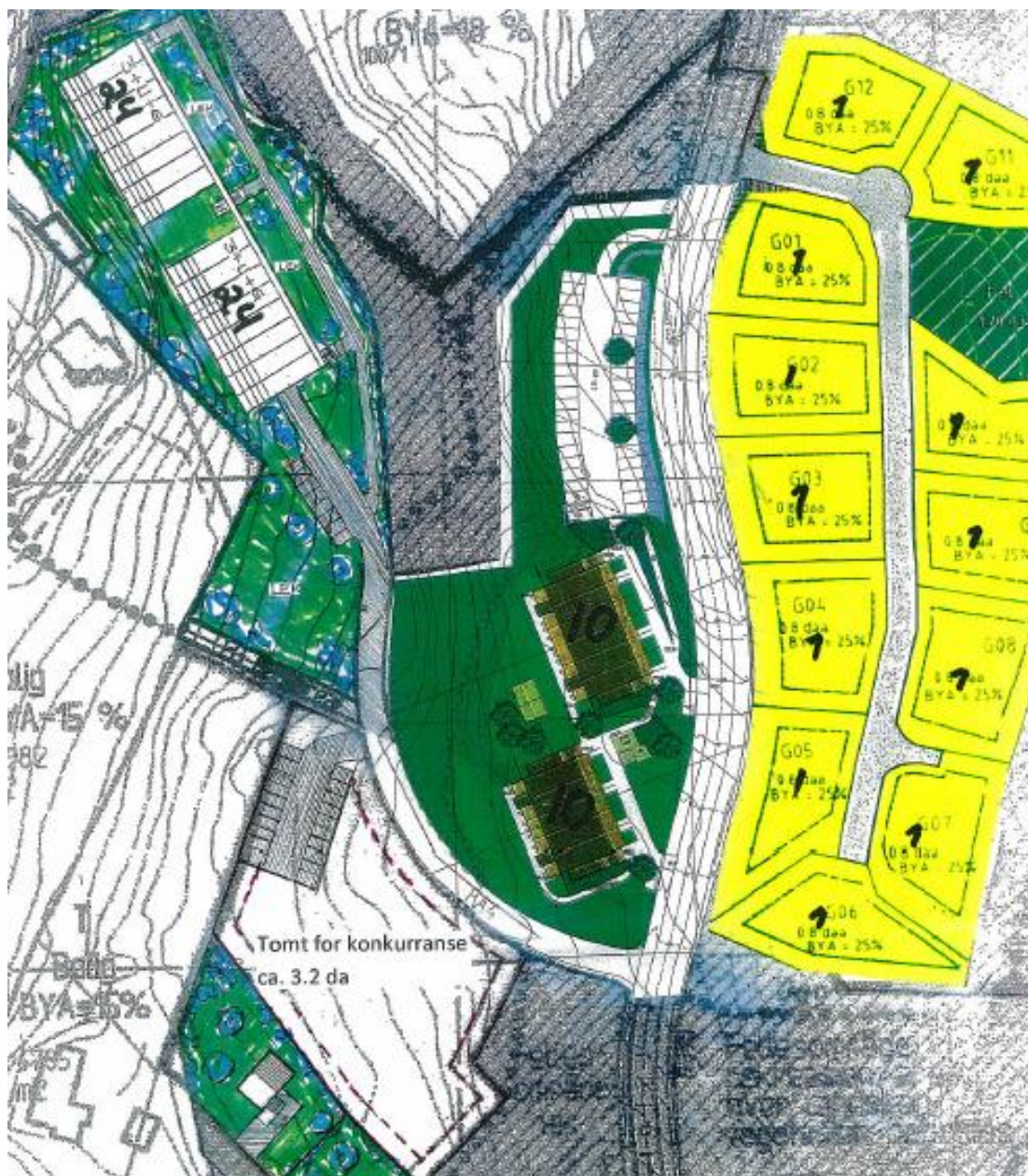
Kloakk fra boligene på egen tomt, gress fra egen tomt og nabotomt samt matavfall fra Lier Veikro gir en samlet strømproduksjon på 8789 kWh etter punkt 4.7.2. Dette gir en total strømproduksjon på 1256 kWh per bolig per år.

Tabell 13 viser en oversikt over soltakets strømproduksjon for et soltak på 60 m^2 per bolig per år på den aktuelle tomten. Beregningene er foretatt av Kristian Harley Hansen etter beregningsdata fra denne masteroppgaven. Tabellen viser at soltaket per bolig produserer 2454 kWh elektrisk strøm per år. Energibudsjettet fra punkt 4.6., gir et totalt strømforbruk på 5 201 kWh per bolig per år. Totalt forbruker rekkehusene 36 407 kWh i elektrisk energi per år.

Eksklusiv elektrisitetsproduksjonen fra soltak og gassproduksjon, må hver bolig få en tilførsel på $36\,407 \text{ kWh} - 8789 \text{ kWh} - (2454 \text{ kWh} \times 7 \text{ boliger}) = 10\,440 \text{ kWh}$ elektrisk energi per år.

Dette tilsvarer $10\,440 \text{ kWh} \times 0,7 \text{ m}^3/\text{kWh} = 7\,308 \text{ m}^3$ biogass.

I nærområdet til konkurransetomten er det planlagt også andre boliger. Boligene er vist i figur 87.



Figur 87. Kart over nærområdet til konkurransetomten.

Tallene i figur 87 representerer antall boliger planlagt av Selvaag, samt 12 selvbyggertomter i nærområdet til tomten. Disse boligene kan også tilknyttes biogassanlegget. Tallene kom frem etter samtale med Ola Ø Thorsnes i mai 2011. De to hvite byggene øverst vil bestå av 48 leiligheter. Det er beregnet 2 personer per leilighet. De to mørke byggene i midten av kartet representerer 20 leiligheter. Antall personer per leilighet er her estimert til 2 personer. De gule feltene på kartet representerer planlagte eneboliger. Dette er romslige boliger hvor det er estimert 4 personer per bolig. Det er totalt 12 eneboliger planlagt i følge figur 89. Totalt gir dette 184 personer i nærområdet. Hver av disse personene produserer 144,62 liter tørrstoff per år som igjen gir 86,8 m³ biogass per år. Dette gir en total biogassproduksjon på 15 971,2 m³ biogass per år. Dette er vesentlig mer enn 7 308 m³ som krevdes for at boligene på konkurransetomten skulle produsere nok biogass til å dekke eget forbruk av elektrisk strøm. Det produserer altså et overskudd på $15\,971,2 - 7\,308 = 8663,2 \text{ m}^3$

biogass per år i biogassanlegget. Dette tilsvarer $8\,663,2\text{ m}^3 \times 0,7\text{ kWh/m}^3 = 12\,376\text{ kWh}$ per år i overskudd.

Beregningene fra tabell 13 viser at ved en væsketemperatur på 35 grader celsius vil systemet produsere 48710 kWh varmt vann per år. Ved minimum 50 grader celsius vil systemet produsere 42504 kWh varmtvann per år. Passivhusevalueringen under punkt 4.6. viser at hver bolig har et totalt varmtvannsbehov tilsvarende 6481 kWh per år. Dette varmtvannsbehovet dekker både tappevann og vann til romoppvarming. Solfangersystemet produserer dermed rikelig med varmtvann.

6.2. Fornybare energikilder som ikke benyttes

6.2.1. Solfanger



Figur 88. Bilde av Flexiheat solfanger

Solfangeren vist i figur 88 ble vurdert som alternativ energiforsyning. Systemet har en kuldetoleranse på -35 grader celsius. I følge statistikken er det ikke så kaldt på Utsikten. Dette er derfor en aktuell energikilde sånn sett. Den høyeste temperaturen registrert er 29 grader Celsius. Solfangeren har en stagnasjonstemperatur på 200 grader Celsius. Det er altså meget god margin slik at det er svært liten sannsynlighet for at det ikke skal kunne tas ut energi av systemet. Virkningsgraden er på 85 % og den har en varmetapskoeffisient på $1,529\text{ W/m}^2\text{K}$. Solfangere kan gi 300–400 kWh varme per m^2 .¹³⁰ Det er estimert at det i løpet av et år er 1669 soltimer. Antall soltimer per døgn varierer veldig og solvarmen¹³¹

I følge Enova¹³² er investeringskostnadene for solvarme 40–60 øre per kWh med 10 års nedbetalingstid, når vannbåren varme på forhånd er installert.

Den aktuelle tomten ligger i Lier kommune i Buskerud. Gjennomsnittlig solenergi i de strålene som blir sendt ned mot solfangerne i januar vil ligge på 0,30 – 0,35 kWt/m²/dag mens der om sommeren vil stråle mellom 5,0 – 5,5 kWt/m²/dag. Solenergien utnyttet i en solfanger kan ut i fra dette være konkurransedyktig med oppvarmet vann av kjøpt energi. Enova¹³³ gir 20 % i støtte ved kjøp av solfangere.

Fordeler med solfanger er at systemet er så å si vedlikeholdsfritt. Det jobber automatisk og det krever ikke mye tilsyn av brukeren. Solvarmen er gratis og et anlegg som er kjøpt og installert er billig i drift. En solfanger kan dekke ca 50 % av oppvarmingsbehovet av varmtvann til en bolig og kan derfor være meget aktuell som alternativ energikilde. En solfanger kan enkelt kombineres med en annen oppvarmingskilde.

Det er flere og flere forhandlere av solfangeranlegg i Norge. Men etter telefonsamtale har det vist seg at ekspertisen fortsatt er manglende når det gjelder solfangereffekt basert på norsk klima. Det er fortsatt for nytt til at det har blitt utviklet grundige statistikker som kan anvendes på den aktuelle tomten. I Norge er det lang vinter og redusert solvarme store deler av året. Dette begrenser også energiproduksjonen i solfangeranlegget. En norsk familie forbruker like mye varmtvann hele året, mens solfangerens optimale effekt er sesongbasert og dagsbasert. Erfaring viser også at snø kan samle seg på solfangeranlegget og derfor redusere effekten betraktelig.

En ulempe med solfangere er at de er mest effektive på sommerhalvåret når det er mye sol. Det er på denne tiden været er finest og oppvarmingsbehovet i boligene er minst. Forbruket av tappevann regnes for å være det samme gjennom hele året. I denne oppgaven må energiforsyningssystemet også kunne produsere elektrisk strøm. En solfanger alene produserer kun varmt vann. Det ble derfor ikke valgt som eneste oppvarmingskilde men som del av et soltaksystem. En solfanger er rimelig i innkjøp sammenlikner ned andre fornybare energikilder.

Et anlegg koster ca 15 000kr per bolig inkludert installasjon.

Anlegget har en virkningsgrad på 85 %.

Det tas utgangspunkt i 30 rør per bolig med dimensjonene 2025mm x 2420mm x 189mm.

Hvert rør har et areal lik 4,91m²

Hvert vakuurrør gir 100 kWh/år.

Totalt gir solvarmeren da 3 000 kWh/år.

$15\ 000\ \text{kr} / (3\ 000\ \text{kWh/år} \times 0,85) = 6\ \text{kr i installasjonskostnader per kWh over et år.}$

Dette er den rimeligste installasjonskostnaden til en energikilde nevnt i denne oppgaven.

6.2.2. Vann/vann varmepumpe

Det er i denne oppgaven ikke benyttet et vann/vann varmepumpesystem som eneste oppvarmingskilde. Vann/vann varmepumpe er benyttet i kombinasjon med solfangerne i soltakssystemet. På tross av at slike varmepumpesystemer er stabile og sikker varme hele året, må boligene i denne oppgaven ha mulighet for å kunne produsere elektrisk strøm. Tabell 18 viser lønnsomheten til en væske/vann varmepumpe. Tabellen er utarbeidet av Enova. Tabellen viser lønnsomheten til en varmepumpe som dekker 75 % av årsbehovet for romoppvarming og tappevann. Det er her tatt utgangspunkt i en strømpris på 1kr/kWh.

Tabell 18 Lønnsomhet til en væske/vann varmepumpe basert på energibehov

Totalt energibehov	Andel til varme og varmt vann (75%)	Besparelse*	Besparelse**
[kWh/år]	[kWh/år]	[kWh/år]	[kr/år]
20.000 kWh	15.000 kWh	8.900 kWh	kr 8.900
25.000 kWh	18.750 kWh	11.100 kWh	kr 11.100
30.000 kWh	22.500 kWh	13.300 kWh	kr 13.300
35.000 kWh	26.250 kWh	15.500 kWh	kr 15.500
40.000 kWh	30.000 kWh	17.800 kWh	kr 17.800
45.000 kWh	33.750 kWh	20.000 kWh	kr 20.000
50.000 kWh	37.500 kWh	22.200 kWh	kr 22.200

Som tabell 18 viser, er det stor lønnsomhet med væske/vann varmepumpe. Besparelsene i kroner stiger proporsjonalt med energibehovet til boligene. Som tabellen viser er det tatt utgangspunkt i et høyt energiforbruk. Det antas at tabellen er utarbeidet for store bygninger eller eldre bygninger. Boligene i denne oppgaven vil ha passivhusstandard med et årlig totalt energiforbruk på 12075 kWh. Se vedlegg. Besparelsen per bolig vil derfor bli svært redusert. Det ville vært en mulighet å kombinere et felles energisystem med felles brønner på boligene. Dette ble lenge vurdert. Etter samtale med leverandør kom det frem at en væske/vann varmepumpesystem ikke kan levere 100 % av varmtvannsbehovet til boligene. Det trengs derfor ekstra energikilder i tillegg til varmepumpen.

Bergvarmeanlegg var lenge vurdert som hovedoppvarmingskilde. Det er ikke et betydelig lag med løsmasser over fjellgrunnen på tomten. Ved å benytte brønnen til kjøling vil fjellet med vannsig i sommermånedene få tilført noe varme fra bygningen. Fjellvarme er en stabil varme. Fjellgrunnen med opprettholder en jevn temperatur gjennom hele året og det skal mye til før varmeenergien tappes. En slik brønn kan også benyttes til kjøling om sommeren. En bergvarmebrønn krever ikke stor plass fordi brønnen borres vertikalt ned i fjellgrunnen. Den kan derfor enkelt skjules på tomten uten at den er sjenerende. En væske/vann varmepumpe ville derfor være en gunstig løsning. En slik varmepumpe vil koste et sted mellom 120 000 kr og 160 000¹³⁴ kr per bolig avhengig av forholdene

på tomten. Prisen er inklusiv boring. Etter personlig meddelelse fra Karl Olav Staff 2011 kom det frem at han for 10 år siden installerte en vann/vann varmepumpe. Prisene har steget på boring og rørlegger siden den gang. Det tas derfor utgangspunkt i en pris på 160 000 kr. Anlegget til Staff en teoretisk kapasitet på 16 000 kWh/år.

Jordvarmeanlegg var ikke alene vurdert som oppvarmingskilde. Dette systemet ble ikke sett på som aktuelt fordi tomten ikke har et betydelig løsmasselag. Det trengs et løsmasselag på over 1 meter for å kunne legge kollektorslangen ned i. Disse massene måtte da blitt hentet fra andre steder på tomten. Etter samtale med Kristian Harley Hansen om soltaket med kombinasjon av solfangeranlegg og jordvarmepumpe, ble jordvarme allikevel aktuelt. Tomteprofilen må i alle tilfeller endres og graves opp. En jordvarmeslange kan derfor legges uten ekstrakostnader til graving.

Sjøvarmeanlegg var aldri vurdert som energikilde fordi det ikke er noe hav eller innsjø i tilknytning til tomten.

Prisen er på 160 000 kr for et komplett anlegg.

Hver kWh koster da over ett år $\frac{160\,000}{16\,000} = 10$ kr i installasjon per kWh over ett år

Dette er litt høyere enn for solfangeranlegget. Men vann/vann varmepumpen kan også benyttes til kjøling av bygningskroppen. Dette er ikke tatt hensyn til i beregningene.

6.2.3. Luft/luft varmepumpe



Figur 89. Bilde av varmepumpe av typen IVT Nordic Inverter varmepumpe luft/luft, modell 12 KHR-N

Varmepumpen i figur 89 er IVT sin mest kraftfulle luft/luft varmepumpe. Den ble kåret til testvinner av Dine Penger nr 11 2008 og Best i Test i VG 18. januar 2009¹³⁵.

En luft-luft varmepumpe som den vist i figur 89, kan redusere utgiftene til oppvarming med mer enn 50 %. Denne varmepumpen fungerer ned mot -30 grader Celsius, noe som er mer gunstig enn varmepumper som kun går ned til -25 grader Celsius med tanke på fjorårets kalde vinter. Den har en virkningsgrad på opptil 70%. I følge nettsiden vil varmepumpen ved -18 grader Celsius gi 3,2 kW med en ytelsesprosent på 2,4. Pris inkludert frakt er 17 999kr. Varmepumpen krever strøm for å kunne fungere. Selv om den bruker mindre strøm enn den gir energi tilbake, er den mindre egnet for oppgaven i dette prosjektet enn for eksempel solfanger, biogassanlegg eller vann/vann

varmepumpe. Energikildene som er aktuelle skal kunne produsere energi fra omgivelsene uten å måtte kobles til det offentlige strømnettet.

Prisen er 17 900kr. Prisen for montering er ca 4500kr.
Total kostnad varmepumpe er 22 499 kr
Den har en virkningsgrad på opptil 70%. I følge nettsiden vil varmepumpen
En varmepumpe av denne typen med kapasitet på gir besparelser på ca 7 780 kWh/år

Hver kWh over ett år koster dermed $\frac{22\,499}{7\,780} = 3$ kr i installasjon per kWh over ett år

Dette er den laveste installasjonskostanden. Luft/luft varmepumpe er derfor en enkel og billig løsning, særlig på eldre bygninger hvor inngrepet i bygningskroppen ønskes så lite som mulig.

6.2.4. Vindturbin

Vindturbinen er designet for en gjennomsnittlig vindhastighet på mer enn 5 m/s. Den starter å rotere ved en vindhastighet på 1,5 m/s og produserer strøm når vindhastigheten når 3,5 m/s. Vindturbinen leveres med 5 års garanti. Denne vindturbinen kunne vært aktuell fordi den starter rotasjon ved en vindhastighet på 1,5 m/s. Den starter å produsere strøm ved en vindhastighet på 3,5 m/s. Det blåser i gjennomsnitt ganske lite på tomten, men denne vindgeneratoren er liten nok til å kunne utnytte den vinden som er. Ved en gjennomsnitts vindhastighet på 5 m/s produserer den 3168 kWh/år forutsatt normal driftstid for områder med sterk vind. Prisen på en liten vindturbin er 64 435 NOK. I følge hjemmesiden til Helix wind (produsenten) er installasjonskostnadene på en liten vindturbin på 4000-7000 USD per kW som tilsvarer 23 296,4 NOK – 40 768,7 NOK for en installasjon tilknyttet el-nettet. Det tas da utgangspunkt i at overskuddsstrømmen skal kunne selges tilbake igjen til strømnettet. Kostnadene er i følge nettsiden på ca halvparten av solceller for et likeverdig anlegg.

En vindturbin ble i denne oppgaven ikke valgt. Etter samtale med produsenten over telefon ble det klart at det ikke blåste optimalt på tomten. Dette betyr at andre energikilder blir mer gunstige.

Installasjonskostnadene per kWh for et år blir derfor per husstand

En vindmølle koster 65 434,7 kr.
Ved en gjennomsnitts vindhastighet på 5 m/s produserer den 3168 kWh/år.
Det regnes også her med
1000kr i montasje inkludert i
prisen.

$\frac{65434,7}{3168} = 21$ kr i installasjon per kWh over ett år.

Kostnaden per kWh over et år er på et gunstig og normalt nivå i forhold til de andre energikildene for en tomt der det blåser optimalt. Dette viser at vindkraft er en gunstig løsning dersom forholdene ligger til rette for det.

6.2.5. Solcellepanel

Antall soltimer estimert i året, er 1669 timer. Elektrisitet fra solceller gir 100kWh^{136} per m^2 pr år. Solenergien er gratis når solcellene først er installert. I følge Enova¹³⁷ er investeringskostnader for solstrøm fra solceller er 3–4 kr per kWh med 10 års nedbetalingstid. Solceller er altså vesentlig dyrere enn solfangere og er ikke helt konkurransedyktig med kjøpt strøm.

Det er her tatt utgangspunkt i et normalt norsk bygg, ikke et godt isolert null-energi bygg. Oppgavehusene vil ha vesentlig mindre energibehov enn en normal bolig som oppfyller kravene til teknisk forskrift for 2007 eller 2010.

Boligene må ha en kontinuerlig strømproduksjon for å dekke eget forbruk til elektrisk strøm, noe solceller ikke tilfredsstillter. Det å benytte solcellepanel for å drive varmepumpen blir en meget dyr og ineffektiv løsning. Solceller er dyre å installere. Beregningene under viser at solceller koster 60kr per kWh i installasjonskostnader

Det er 1669 soltimer i året i Lier

1 stykk solcelle koster 4895 kr per m^2

Det regnes med 1000kr i montasjeutgifter pr m^2 .

De totale utgiftene per m^2 solcellepanel da blir ca 6000kr.

Hver m^2 kan gi 100 kWh.

$$\frac{6000}{100} = 60 \quad \text{kr i installasjon per kWh over ett år}$$

I beregningene ovenfor er det tatt utgangspunkt i antall soltimer for tomten. Det er benyttet en pris på solcellen nevnt under punkt 2.3.4. Det er lagt til 1000 kr i montasjeutgifter etter samtale med leverandør. Det er videre i beregningen benyttet et overslag på 6000 kr. Summen er så dividert med antall kWh solceller kan gi per m^2 . Resultatet er en markant høyere sum per kWh over et år i forhold til andre fornybare energikilder nevnt i oppgaven.

7. Konklusjon

Renseanlegget for gråvann vil i utgangspunktet ikke kobles til energisentralen. Dette er fordi det konsumerer for mye elektrisk strøm til at beregningene går i null. Eventuelt kunne det rensede vannet kan benyttes til vanning av drivhus og hage samt til spyling av toaletter. Vanlig vannforbruk pr. innbygger i Norge er 150 m³ vann per år. Dette kom frem etter samtale med Freddy Tangen fra MOVAR i 2011. Med totalt 24 personer beregnet for Utsikten vil mengden rensed vann bli mye større enn nødvendig vannmengde til vanning av drivhus og til spyling av vakuumpoletter. Grøntarealene utendørs trenger ikke vanning i fyringssesongen. Behovet for rensed gråvann blir dermed ujevn over året.

Energisentralen og soltaket dekker energibehovet til de 7 boligene. Tabell 19 og 20 viser energiforbruk og energiproduksjonen for boligene. De lysegrønne feltene viser ren varmeproduksjon. De lyseblå feltene viser forbruk og produksjon av varmtvann. De lyserøde feltene representerer forbruk og produksjon av elektrisk strøm. Beregningsmetodene ligger som vedlegg 1. Tabell 21 viser differansen mellom forbruk og produksjon.

Soltaket vil primært dekke energibehovet om sommeren. Energisentralen med biogassanlegget vil dekke energibehovet om vinteren når soltaket ikke produserer nok energi.

Når det gjelder overskuddsvarme om sommeren, vil ikke boligene bli kjølt ned med forbruk av elektrisk strøm. Derimot benyttes lufting gjennom vinduene mot nordøst, ventilasjonsanlegget uten varmeveksler, isolerende gardin samt dypt overheng over soveromsvinduene mot sørvest som dermed fungerer som solavskjerming.

Tabell 19. Energiforbruk i kWh totalt for rekkehusene

Energiforbruk i kWh for de 7 boligene i henhold til simuleringer												
	jan	feb	mar	apri	mai	jun	jul	aug	sept	okt	nov	des
Varmtvann	2519	2519	2519	2519	2519	2519	2519	2519	2519	2519	2519	2519
Oppvarming	3987	2658	1329	1329	0	0	0	0	0	1329	2658	3987
Utstyr	1482	1482	1482	1482	1482	1482	1482	1482	1482	1482	1482	1482
Belysning	964	964	142	964	964	964	964	964	964	964	142	964
Pumper	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221
Ventilasjonsvifter	1019	680	340	340	0	0	0	0	0	340	680	1019
Sum	7673	6004	3513	4336	2667	2667	2667	2667	2667	6855	7701	10192

Tabell 20. Energiproduksjon totalt sett for rekkehusene.

Energiproduksjon i kWh for de 7 boligene												
	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des
Vindu på 8 m ² med gardin	544	1354	2713	4014	4883	0	0	0	3300	2287	1031	404,5
Varmegjenvinner gråvann	2375	2375	2375	2375	2375	2375	2375	2375	2375	2375	2375	2375
El-strøm fra biogass	3588	2906	2069	2069	2069	2069	2069	2069	2069	2293	2321	3560
El-strøm fra soltaksystem	98	441	1477	2569	3311	3451	3297	2737	1519	714	203	126
Varmtvann soltaksystem	1414	7868	21175	40866	57932	63084	60200	44814	28000	11466	2667	1484
Produksjon av overskuddsvarme fra biogassgenerator	10765	8718	6206	6206	6206	6206	6206	6206	6206	6878	6962	10680
Personer	7909	7909	7909	7909	7909	7909	7909	7909	7909	7909	7909	7909
Sum	26694	31572	43924	66008	84686	85094	82056	66110	51379	33922	23468	26539

Tabell 21. Totalt energiproduksjon – totalt energiforbruk

Overskudd strøm	0	0	1361	1631	2713	2853	2699	2139	921	0	0	0
Overskudd varmtvann	5673	11409	23533	43224	61619	66771	63887	48501	31687	14496	4452	5658
Totalt energioverskudd per måned:	19021	25567	40411	61673	82019	82427	79389	63443	48712	27067	15767	16347

Som tabell 21 viser vil det i månedene januar, februar, oktober, november og desember blir produsert nok elektrisk strøm til at differansen mellom forbruk og produksjon blir lik null. I de resterende månedene vil det være en overproduksjon av elektrisk strøm som kan selges ut på

strømnettet. Det vil til en hver tid være nok varmtvann til å dekke forbruket, selv i de kaldeste månedene.

Boligene produserer altså mer varmtvann og elektrisk energi enn de forbruker per år. Boligene går dermed under betegnelsen "plusshus". Boligen kan levere elektrisk strøm til nettet og varmtvann til nærliggende boliger.

8. Videre arbeid

Denne masteroppgaven kan anses som et forprosjekt for videre bearbeiding mot prosjektrealisering. Oppgaven omfatter programfase, skisseprosjekt/forprosjekt. Videre skal oppgaven rettes mot Selvaagprisen 2011. Videre arbeid vil bli å detaljprosjekttere prosjektet for dokumentasjon for bygging og drift. Under detaljprosjektet vil man måtte gjøre følgende operasjoner:

- Designe tekniske installasjoner, utføre spesifikasjoner samt konstruksjonsdetaljer
- Foreta materialvalg som avgir minimal avgassing ved fremstilling og bruk
- Valg av komponenter til ventilasjon, oppvarming og kjøling
- Designe belysning, styringssystemer og energioppfølgingsystemer
- Foreta belastningsberegninger for energi og effekt ved å ta hensyn til aktuelle temperaturforløp
- Oppdatere energibudsjett
- Beskytte alle konstruksjoner og installasjoner mot fuktighet og forurensning
- Sørge for at utføringen av byggingen foregår på en korrekt og effektiv måte ved opplæring og motivasjon av håndverkere
- Jevnlige kvalitetskontroller, både ved tetthetsprøver og termografering
- Innregulering av alle komponenter og systemer i anlegget
- Sørge for tilstrekkelig dokumentasjon og etterprøving
- Opplæring av boligeierne slik at de kan drifte boligene på forsvarlig vis

9. Litteraturliste

9.1. Figurreferanser

Figur 1. Illustrasjonen viser et solfangersystem. Tegningen er hentet fra

http://tonenisonen.blogspot.com/2009_11_01_archive.html

Figur 2. Solfangerens oppbygning hentet fra <http://naturfag1d09-10.wikidot.com/solfanger-gr2>

Figur 10. Virkemåten av en scroll-kompressor. Undertrykk ute og overtrykk inne i kompressoren. Eller omvendt. Illustrasjon hentet fra <http://www.aircompeq.com/sos.html>

Figur 11. Illustrasjon av bergvarmeanlegg hentet fra <http://www.bergsvarme.se/no/energidrill.asp>

Figur 12. Illustrasjon av jordvarmeanlegg hentet fra http://www.natur-energi.no/om_jordvarme.htm

Figur 13. Illustrasjon av sjøvarmepumpe hentet fra <http://www.thermia.no/varmepump/energi-varmepumpe.asp>

Figur 14. Illustrasjon av en montert luft/luft varmepumpe med utedel og innedel hentet fra

<http://www.butikksiden.no/varmepumpe.htm>

Figur 15. Illustrasjon av en luft/vann varmepumpe koblet til varmtvannstank og videre til radiator og dusj. Hentet fra <http://www.comfortbrygga.no/sider/tekst.asp?side=28>

Figur 16. En D361 vindturbin. Bilde hentet fra leverandør

<http://www.helixwind.com/en/d361.php#D361specs>

Figur 17. Bilde av solcellepanel NQ fra solar på 230 V hentet fra

http://www.sparelys.no/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage_ny.tpl&product_id=336&option=com_virtuemart&Itemid=38&vmcchk=1&Itemid=38

Figur 19. Mengden svartvann per person per år i en bolig med kildeseparert toalett. Grafen er avhengig av antall liter vann som blir benyttet til spyling i toalettet. Det er regnet med 5 toalettbesøk om dagen.

http://www.bioforsk.no/ikbViewer/page/prosjekt/tema/artikkel?p_dimension_id=19541&p_menu_id=19555&p_sub_id=19542&p_document_id=47618&p_dim2=%2019548

Figur 20. Bilde av pellets hentet fra <http://no.wikipedia.org/wiki/Pellets>

Figur 21. Plateveksler øverst og kammerveksler nederst. Figur hentet fra

http://www.google.no/imgres?imgurl=http://www.byggebolig.no/index.php%3Faction%3Ddlattach%3Btopic%3D20990.0%3Battach%3D41325%3Bimage&imgrefurl=http://www.byggebolig.no/index.php%3Ftopic%3D20990.25&usq=HiQ9mV4MdEEOGogDlcmGHK9FJ6Y=&h=408&w=530&sz=34&hl=no&start=0&zoom=1&tbnid=Eq2tYW4FXwKPyM:&tbnh=132&tbnw=171&ei=ESGsTa3VDNSBswbtOP39Bg&prev=/images%3Fq%3Dkammerveksler%26um%3D1%26hl%3Dno%26sa%3DN%26rlz%3D1T4SMSN_noNO384NO384%26biw%3D1345%26bih%3D526%26tbn%3Disch&um=1&itbs=1&iact=rc&dur=280&oei=ESGsTa3VDNSBswbtOP39Bg&page=1&ndsp=18&ved=1t:429,r:14,s:0&tx=101&ty=41

Figur 22. Konstruksjonsstål. Illustrasjon hentet fra http://en.wikipedia.org/wiki/Structural_steel

Figur 23. Kart over grunnforholdene på tomten med tegneforklaring. Kartet er hentet fra

<http://www.ngu.no/kart/losmasse/>

Figur 24. Oversiktskart over grunnforholdene i Lier. Kartet er hentet fra

<http://www.ngu.no/kart/Granada/>

Figur 25. Kart over byggefeltet rundt tomten. Kartet er hentet fra <http://www.ngu.no/kart/Granada/>

Figur 26. Månedsnormal for middeltemperatur på tomten. Normalen er hentet fra eKlima sine nettsider:

http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39080&_dad=portal&_schema=PORTAL

Figur 27. Månedsnormal for energigradtall for tomten. Normalen er hentet fra eKlima sine nettsider:
http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39080&_dad=portal&_schema=PORTAL

Figur 28. Kart over årlig solinnstråling hentet fra <http://www.solenergi.no/om-solenergi/>.

Figur 40. Isotermforløpet til vinduet. Utklipp hentet fra [http://www.profilbyggern.no/PB/Intern.nsf/InnholdA/971807615174C650C12575F3003D1CB4/\\$FILE/U-verdier%20Schüco%20Corona%20SI.82+.pdf](http://www.profilbyggern.no/PB/Intern.nsf/InnholdA/971807615174C650C12575F3003D1CB4/$FILE/U-verdier%20Schüco%20Corona%20SI.82+.pdf), side 1.

Figur 41 Beregning av u-verdi i yttervegg mot det fri utført ved hjelp av u-verdi program.
<http://www.rockwool.no/r%c3%a5d+og+veiledning/u-verdiprogram>

Figur 44. Beregning av u-verdi i kjellervegg utført ved hjelp av beregningsprogram.
<http://www.rockwool.no/r%c3%a5d+og+veiledning/u-verdiprogram>

Figur 45. Tverrsnitt av isoblokk. Hentet fra <http://hms.cobuilder.no/doc/optiroc/sites/opti/pdf/opti102802.pdf>, side 2

Figur 46. Oppbygning av isblokker. Hentet fra <http://hms.cobuilder.no/doc/optiroc/sites/opti/pdf/opti102802.pdf>, side 2

Figur 47. Beregning av u-verdi til gulv mot grunn utført ved hjelp av beregningsprogram.
<http://www.rockwool.no/r%c3%a5d+og+veiledning/u-verdiprogram>

Figur 48. Vertikalsnitt av overgang kjellervegg mot terreng og gulv på grunn. Trehus, Håndbok 53 fra Byggforsk, side 46 figur 3.1.4 og side 176 figur 7.2.3.

Figur 49. Beregning av u-verdi til etasjeskiller mellom kjeller og 1. etasje utført ved hjelp av beregningsprogram. <http://www.rockwool.no/r%c3%a5d+og+veiledning/u-verdiprogram>

Figur 50. Illustrasjon av yttervegg mot terreng og etasjeskiller mellom kjeller og 1. etasje. Trehus, Håndbok 53 fra Byggforsk side 194

Figur 51. Illustrasjon av etasjeskilleren mellom 1. og 2. etasje mot gavl. Snitt fra sør-vest vegg Trehus, Håndbok 53 fra Byggforsk side 193

Figur 52. Beregning av u-verdi for tak ved hjelp av beregningsprogram
<http://www.rockwool.no/r%c3%a5d+og+veiledning/u-verdiprogram>

Figur 53. Illustrasjon av tak mot kaldloft. Snitt av sør-øst fasade. Trehus, Håndbok 53 fra Byggforsk side 251

Figur 69. Illustrasjon av biogassanlegg med ekstra gasstank.
http://puxinbiogas.en.alibaba.com/product/370090294-210189906/Family_size_PUXIN_new_biogas_digester_plant_system.html.
Redigert av Nina Aa Tangen

Figur 70. Tegning som viser biogassanlegget.
http://puxinbiogas.en.alibaba.com/product/370090294-210189906/Family_size_PUXIN_new_biogas_digester_plant_system.html

Figur 71. Illustrasjoner av bygging av biogassanlegg.
http://puxinbiogas.en.alibaba.com/product/370090294-210189906/Family_size_PUXIN_new_biogas_digester_plant_system.html

Figur 73. Best Bord varmeliste for vannbåren varme. Varmelistene samt varmestrålene vises i oransje.

Illustrasjon hentet fra <http://www.ener.no/hXGXzSMljK0w.11.idium>.

Figur 74. Tegning av varmelister i sokkel på kjøkkeninnredning og varmeliste innfelt i veggkonstruksjon. Tegningen er hentet fra vedlegget: "Energikilder og redusert forbruk!" fra Best Board.

Figur 75. Renseanlegg for gråvann hentet fra

<http://standard.jetsgroup.com/products/greywater%20treatment%20plant.aspx>

Figur 76. Tekniske data for Ecomotiv A01. Hentet fra

<http://standard.jetsgroup.com/products/greywater%20treatment%20plant.aspx>

Figur 77. Styringssystem til renseanlegg for gråvann hentet fra

<http://standard.jetsgroup.com/~media/Files/Product%20PDFs/TreatmentPlants/Instruksjonsmanua%20I%20Ecomotive-A01.ashx> side 28

Figur 78. Illustrasjon av Hie-Tech varmegjenvinner med varmtvannsbereder nede i teknisk rom og dusj i øvrige etasjer. Illustrasjonen er hentet fra <http://www.hei-tech.nl/en/pdf-en/FolderRecohmultipertE.pdf>, side 2

Figur 83. Detaljtegning av trappeheis hentet fra vedlegg

Figur 84. Valutaberegning fra DKK til NOK for varmevekslersystemet hentet fra

<http://www.finn.no/finn/travel/info/currency/>

Figur 85. Valutaberegning fra kinesiske CNY til norske kroner.

<http://www.finn.no/finn/travel/info/currency/>

Figur 86. Valutaberegning fra kinesiske CNY til norske kroner. Hentet fra

<http://www.finn.no/finn/travel/info/currency/>

Figur 87. Bilde av Flexiheat solfanger hentet fra

<http://www.solvarming.no/Produkter/page15/page15.html>

Figur 88. Bilde av varmepumpe av typen IVT Nordic Inverter varmepumpe luft/luft, modell 12 KHR-N hentet fra <http://www.badeeksperten.no/shop/ivt-nordic-inverter-9529p.html>

9.2. Tabell- og likningsreferanser

Tabell 3: Effekt for biogassgeneratorer gitt av produsent. Prisen er oppgitt i kinesiske RMB.

Tabell 4: metangassinnhold og teoretisk utbytte av biogass m³ per tonn svartvann. Tabellen er mottatt etter personlig meddelelse av Freddy Tangen

Tabell 5: Egenskaper for ulike avfallstyper ved produksjon av biogass hentet fra

http://vassdragsvern.no/data/f/1/18/92/3_2401_0/Rappor_Biogass_Hordaland_.pdf tabell 3

Tabell 6: Biogassens sammensetning, typiske verdier (Asplan Viak, 2002)

http://vassdragsvern.no/data/f/1/18/92/3_2401_0/Rappor_Biogass_Hordaland_.pdf

Tabell 7: Råmateriale som trengs for å produsere 1 m³ biogass hentet fra

<http://www.biog.as/puxin.pdf>

Tabell 8: Dimensjonerende effektbehov og spesifikt energibehov til oppvarming av bolig og varmt vann i lavenergihus og passivhus. Hentet fra

[http://www.lavenergioliger.no/hb/lavenergi.nsf/0/38dc57cb3ce9fce2c12573f7004c7fd8/\\$FILE/Oppvarmingssystemer%20for%20boliger%20av%20lavenergi-%20og%20passivhusstandard.pdf](http://www.lavenergioliger.no/hb/lavenergi.nsf/0/38dc57cb3ce9fce2c12573f7004c7fd8/$FILE/Oppvarmingssystemer%20for%20boliger%20av%20lavenergi-%20og%20passivhusstandard.pdf), slide 5

Tabell 9: Månedstatistikken for tomten. Statistikken er hentet fra

<http://www.yr.no/sted/Norge/Buskerud/Lier/Tranby/statistikk.html>

Tabell 10: Oversikt over gjennomsnittlig antall soltimer per måned og år på forskjellige steder i Norge hentet fra <http://metlex.met.no/wiki/Soltid>

Tabell 11: Utregninger over effekt av biogassgeneratorene foretatt i Excel av Nina Aa Tangen

Tabell 12: Lønnsomhetstabell på væske/vann varmpumpe hentet fra <http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3260>

Tabell 16: Energiforbruk renseanlegg for gråvann, hentet fra <http://standard.jetsgroup.com/~media/Files/Product%20PDFs/TreatmentPlants/Instruksjonsmanua%20I%20Ecomotive-A01.ashx> side 59

Likning 1: Beregningsformel av gjennomsnittlig u-verdi for vinduer og dører hentet fra <http://www.sintef.no/upload/Byggforsk/Godkjenning%20og%20sertifisering/Vindu%20og%20dokumentasjon%20av%20U-verdi.pdf>

Likning 2: Beregningsformel for u-verdi av vinduer og dører <http://www.sintef.no/upload/Byggforsk/Godkjenning%20og%20sertifisering/Vindu%20og%20dokumentasjon%20av%20U-verdi.pdf>, side 1

9.3. Kildereferanser

¹ <http://www.answers.com/topic/absorber-2>

² <http://no.thefreedictionary.com/akkumulere>

³ <http://no.wikipedia.org/wiki/Asimut>

⁴ <http://energitips.info/balansert-ventilasjon.html>

⁵ <http://www.danfoss.com/Norway/BusinessAreas/Refrigeration+and+Air+Conditioning/>

⁶ <http://www.snl.no/dyse>

⁷ <http://metlex.met.no/wiki/D%C3%B8gnmiddeltemperaturer>

⁸ <http://no.wikipedia.org/wiki/Effekt>

⁹ bkk-web.bkk.no/idaweb?dokid=11016090&filename...doc

¹⁰ http://www.snl.no/emittere/sette_i_oml%C3%B8p

¹¹ <http://no.wikipedia.org/wiki/Fordamper>

¹² <http://no.wikipedia.org/wiki/Horisont>

¹³ <http://www.klif.no/Aktuelt/Brev/2003/Utkast-til-forskrift-om-endring-av-forskrift-om-forhandsmelding-av-nye-kjemiske-stoffer-Horingsbrev/>

¹⁴ <http://no.wikipedia.org/wiki/Kuldebro>

¹⁵ <http://www.programbyggerne.no/SIMIEN/bruk>

¹⁶ <http://no.wikipedia.org/wiki/Lignin>

¹⁷ http://no.wikipedia.org/wiki/Parts_per_million

¹⁸

http://translate.google.no/translate?hl=no&langpair=en%7Cno&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Rankine_cycle

¹⁹ <http://no.wikipedia.org/wiki/Reservoar>

²⁰ http://en.wikipedia.org/wiki/Scroll_compressor

²¹

<http://www.forskningsradet.no/servlet/Satellite?c=Prosjekt&cid=1193731580019&pagename=ForskningsradetNorsk/Hovedsidemal&p=1181730334233>

²³ <http://no.wikipedia.org/wiki/U-verdi>

²⁴ <http://www.digoo.info/vitenskap/2010/09/Hva-er-en-varmetapskoeffisienten.html>

-
- ²⁵<http://no.wikipedia.org/wiki/Virkningsgrad>
- ²⁶http://vassdragsvern.no/data/f/1/18/92/3_2401_0/Rappor_Biogass_Hordaland_.pdf, side 45 3
avsnitt
- ²⁷http://www.wirefreedirect.com/prodimages/sma/WB_Operation-Manual-Addendum_V1.4.pdf
- ²⁸http://en.wikipedia.org/wiki/Waste_heat_recovery_unit
- ²⁹<http://metlex.met.no/wiki/%C3%85rsmiddeltemperatur>
- ³⁰http://www.husogheim.no/4/4_17.html
- ³¹http://www.enokelko.no/index.php?option=com_content&view=article&id=67&Itemid=63&lang=no
b
- ³²http://plusshus.no/om_plusshus.html
- ³³<http://www.programbyggerne.no/SIMIEN/>
- ³⁴http://www.programbyggerne.no/downloads/brukerveiledning_iib.pdf
- ³⁵<http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3257>
- ³⁶<http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3257>, 4 avsnitt.
- ³⁷<http://www.fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1659>, under vrikningsgrad
- ³⁸<http://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaics>
- ³⁹<http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3260>
- ⁴⁰<http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3260>
- ⁴¹http://www.natur-energi.no/om_jordvarme.htm
- ⁴²<http://oljefri.no/bolig/vaeske-vann-varmepumpe/sjoevarme-article16964-1531.html>
- ⁴³<http://www.vindkraft.no/>
- ⁴⁴<http://no.wikipedia.org/wiki/Monokrystallinsk>
- ⁴⁵<http://no.wikipedia.org/wiki/Solcelle#Virkningsgrad>
- ⁴⁶http://www.rorleggersentralen.no/VVS_Nettbutikk/Miljoprodukter/Solenergi.9UFRnY5I.ips
- ⁴⁷<http://no.wikipedia.org/wiki/Biogass>
- ⁴⁸http://www.sintef.no/upload/Teknologi_samfunn/605511%20Arbeidsforskning/SINTEF%20A18274%20Forutsetninger%20for%20biogassproduksjon%20i%20Norge%20m%20vedlegg.pdf
- ⁴⁹<http://no.wikipedia.org/wiki/Biogass>, gårdsbaserte biogassanlegg.
- ⁵⁰
http://www.biogassforum.no/forum_for_biogass/cambi_vant_kontrakten_om_biogassanlegget_til_oslo
- ⁵¹http://jets-standard.com/_nor_environment.htm, første setning
- ⁵²<http://no.wikipedia.org/wiki/Vakuumtoalett>
- ⁵³http://jets-standard.com/_nor_environment.htm, 2 avsnitt, 3 linje
- ⁵⁴
<http://translate.google.no/translate?hl=no&langpair=en%7Cno&u=http://biogas.wikispaces.com/Pressure-Volume%2Bcalculations>
- ⁵⁵www.folkewebkultur.no/versions/ver/users/.../Biogass.ppt slide 7
- ⁵⁶ Personlig meddelelse av Freddy Tangen 15.02.2011
- ⁵⁷<http://no.wikipedia.org/wiki/Pellets>
- ⁵⁸<http://no.wikipedia.org/wiki/Pelletsovn>
- ⁵⁹<http://www.fjernvarme.no/index.php?sideID=50&ledd1=15>
- ⁶⁰http://www.hafslund.no/privat/artikler/les_artikkel.asp?artikkelid=1584
- ⁶¹<http://no.wikipedia.org/wiki/Str%C3%A5ling>
- ⁶²<http://no.wikipedia.org/wiki/Konveksjon>
- ⁶³http://www.husogheim.no/1/1_24.html

-
- ⁶⁴http://www.enok.no/enokguiden/04_2.html
- ⁶⁵<http://blogg.mesterhus.no/byggeprosessen/lekkasjemaling/>
- ⁶⁶<http://home.eunet.no/~lalund/wernerlokka/innkjop/VurdVentUP.htm>
- ⁶⁷<http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3211>
- ⁶⁸<http://www.dinside.no/837778/sparedusj-en-magisk-oppfinnelse>
- ⁶⁹<http://www.dinside.no/837778/sparedusj-en-magisk-oppfinnelse>, 14 avsnitt, linje 3
- ⁷⁰<http://www.fbs.no/Avlopsbrosjyre%20NY.pdf>
- ⁷¹<http://www.fbs.no/Avlopsbrosjyre%20NY.pdf>, slide 4
- ⁷²<http://www.snl.no/st%C3%A5l>
- ⁷³<http://www.trefokus.no/fullstory.aspx?m=57&amid=863>
- ⁷⁴<http://no.wikipedia.org/wiki/Betong>
- ⁷⁵<http://www.trefokus.no/fullstory.aspx?m=57&amid=863>
- ⁷⁶<http://no.wikipedia.org/wiki/Betong>, under klimagasser, første setning
- ⁷⁷http://www.riksantikvaren.no/Norsk/Tema/Energi_og_miljo/Miljo/Tre/
- ⁷⁸<http://no.wikipedia.org/wiki/Lignin>
- ⁷⁹<http://www.snl.no/massivtrebygging>
- ⁸⁰<http://www.rockwool.no/inspirasjon/passivhus+grimstad/verdt+%C3%A5+vite+om+passivhus/vinduer>
- ⁸¹<http://www.rockwool.no/inspirasjon/passivhus+grimstad/verdt+%C3%A5+vite+om+passivhus/vinduer>
- ⁸²<http://no.wikipedia.org/wiki/Solfanger>, under "Potensiale i Norge" første linje.
- ⁸³[http://oppslagsverket.dsb.no/content/arkiv/plan-bygg/Veiledning-REN-til-forskrift-om-krav-til-byggverk-\(TEK\)-2-utgave/8/4/](http://oppslagsverket.dsb.no/content/arkiv/plan-bygg/Veiledning-REN-til-forskrift-om-krav-til-byggverk-(TEK)-2-utgave/8/4/)
- ⁸⁴<http://www.rheinzink.no/>
- ⁸⁵<http://www.rheinzink.no/miljo.aspx>
- ⁸⁶http://www.ojohansen.no/garasjeporter/li-ga_porten
- ⁸⁷<http://www.enovaanbefaler.no/sitepageview.aspx?articleID=3403>
- ⁸⁸http://www.schueco.com/web/no/privat/produkter/vinduer/schueco_vinduer_med_enova_anbefaler/schueco_corona_si_82~2B
- ⁸⁹<http://www.profilbyggern.no/PB/Web.nsf/Firstpage?OpenForm>
- ⁹⁰[http://www.profilbyggern.no/PB/Intern.nsf/InnholdA/971807615174C650C12575F3003D1CB4/\\$FILE/Sintef%20test%20Corona%20SI%2082+.pdf](http://www.profilbyggern.no/PB/Intern.nsf/InnholdA/971807615174C650C12575F3003D1CB4/$FILE/Sintef%20test%20Corona%20SI%2082+.pdf)
- ⁹¹http://www.bockmann.sggs.com/Bockmann/Vare%20Glasstyper/Isolerglass/Energispareglass/SGG_CLIMATOP_ONE_MAX_ULTRA.asp
- ⁹²<http://www.tcno-norge.no/tcno/index.php?page=aerogel>
- ⁹³<http://www.snl.no/aerogel>
- ⁹⁴[http://www.profilbyggern.no/PB/Intern.nsf/InnholdA/971807615174C650C12575F3003D1CB4/\\$FILE/Last%20ned%20brosjyre%20-%20Corona%20SI%2082+.pdf](http://www.profilbyggern.no/PB/Intern.nsf/InnholdA/971807615174C650C12575F3003D1CB4/$FILE/Last%20ned%20brosjyre%20-%20Corona%20SI%2082+.pdf)
- ⁹⁵<http://www.enovaanbefaler.no/sitepageview.aspx?articleID=4113>
- ⁹⁶<http://www.trenor.no/public.aspx?pageid=51179>

⁹⁷ <http://hms.cobuilder.no/doc/optiroc/sites/opti/pdf/opti102802.pdf>

⁹⁸ http://www.byggma.no/dm_documents/0909_Masonite_I-bjelker_B149_TlvJt.pdf, side 6, tabell om Bjelkelag av Masonite- og Ranti bjelker

⁹⁹ http://www.boen.no/dt_article.aspx?m=1966

¹⁰⁰ http://www.byggma.no/dm_documents/0909_Masonite_I-bjelker_B149_TlvJt.pdf, side 6, tabell om Bjelkelag av Masonite- og Ranti bjelker

¹⁰¹

<http://bkstest.byggforsk.no/DocumentView.aspx?sectionId=5&portalMenuId=0&nodeId=1469&level=3&documentId=1451>

¹⁰² C:\Users\Ninpos\Documents\Master\Biogass\Tomb videregående skole.mht

¹⁰³ <http://www.patervis.com/sintex.html>

¹⁰⁴ <http://www.biog.as/sintexplant.pdf>

¹⁰⁵ <http://www.businessgreen.com/bg/news/1801126/china-chicken-farm-fowl-waste-green-power>

¹⁰⁶ http://puxinkj.oinsite1.cn/_d269997658.htm

¹⁰⁷ Etter samtale med Movar

¹⁰⁸ Kilde:

<http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default.FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selectvarval/define.asp&Tabellid=04886>

¹¹⁰ Vanninnhold i mat:

Frukt og grønt [1]: http://survivalacres.com/information/water_content.html,

<http://www.ca.uky.edu/enri/pubs/enri129.pdf>

Kjøtt [2]: http://www.fsis.usda.gov/factsheets/Water_in_Meats/index.asp,

http://www.fsis.usda.gov/factsheets/Water_in_Meats/index.asp,

http://www.fsis.usda.gov/factsheets/Water_in_Meats/index.asp

Fisk [3]: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422008000400030&script=sci_arttext, tabell 1

[http://www.idosi.org/wjas/wjas4\(3\)/11.pdf](http://www.idosi.org/wjas/wjas4(3)/11.pdf), tabell 1

Meieriprodukter [5]: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1471-0307.1974.tb01690.x/abstract>

Oljer [6]: <http://www.teatronaturale.com/article/41.html>

Animalsk fett [7]: <http://www.norskprotein.no/?aid=9072248>

Tørket frukt og grønnsaker [8]: <http://www.fao.org/docrep/v5030e/v5030e10.HTM>

Sukker [9]: http://www.tis-gdv.de/tis_e/ware/zucker/weiszuck/weiszuck.htm

Sjokoladeprodukter [10]: http://en.wikipedia.org/wiki/Types_of_chocolate

Is [11]: <http://www.sciencenewsforkids.org/articles/20050810/Feature1.asp>

¹¹¹ http://www.greenpowerindia.org/biogas_benefits.htm

¹¹² <http://allafrica.com/stories/201004071198.html>

¹¹³ <http://www.hordaland.no/PageFiles/31076/%C3%85rleg%20milj%C3%B8rapport%20til%20Milj%C3%B8fyrt%C3%A5rn%20-%20Rettleiing%20-%20Internettversion.pdf>

¹¹⁴ http://folk.ntnu.no/vmbiovad/biodrivstoff/biodrivstoff_files/Rapporter/Fagrapport%20gr2.pdf

¹¹⁵ <http://www.nhest.no/NHS/Nyheter/2010%20januar/veileder%20%20kompostering%20av%20hestegj%C3%B8tsel%20utg%203.pdf>

-
- 116 <http://www.ragnsells.no/>
- 117 <http://www.nve.no/no/kraftmarked/nettleie/nettleie-produksjon/plusskunder/>
- 118 <http://www.nve.no/PageFiles/9733/Plusskunder.pdf>
- 119 <http://www.ener.no/hXGXzSMljk0w.11.idium>
- 120 <http://standard.jetsgroup.com/products/greywater%20treatment%20plant.aspx>
- 121 http://www.husogheim.no/1/1_55.html
- 122 <http://www.osohotwater.no/boligprodukter/energy-saver.html>
- 123 <http://www.hei-tech.nl/en/pdf-en/FolderRecohmultivertE.pdf>
- 124 http://www.enok.no/enokguiden/10_4.html
- 125 <http://www.ener.no/filestore/Ventilasjon.pdf>
- 126 <http://www.ener.no/hXGXzmMRvMYj.11.idium>, 4 avsnitt
- 127 <http://www.access-gruppen.no/nyaccess/vis.aspx?MenuID=12>
- 128 http://www.damis-company.com/index.php?id=5&id_stor=185&offset=10
- 129 http://www.trenor.no/Customers/trenor/documents/Kataloger%202011/Trenor_doer_vaar2011_web.pdf
side 15
- 130 http://www.trenor.no/Customers/trenor/documents/Kataloger%202011/Trenor_doer_vaar2011_web.pdf,
side 27
- 131 <http://www.hyttelivsenteret.no/gravannsanlegg-ecomotive-a01-p-692-c-120.aspx>
- 132 <http://www.finn.no/finn/torget/tilsalgs/annonse?finnkode=28117512>
- 133 <http://www.finn.no/finn/torget/tilsalgs/annonse?finnkode=27821436>
- 134 <http://www.viivilla.no/solenergi-fornuftig-sammen-med-andre-energikilder.aspx>
- 135 <http://www.solenergi.no/om-solenergi/>
- 136 <http://www.viivilla.no/solenergi-fornuftig-sammen-med-andre-energikilder.aspx>
- 137 <http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3987>
- 138 <http://www.boligvarme.no/energikildene/varmepumpe.html>
- 139 <http://www.badeeksperten.no/shop/ivt-nordic-inverter-9529p.html>
- 140 <http://www.viivilla.no/solenergi-fornuftig-sammen-med-andre-energikilder.aspx>
- 141 <http://www.viivilla.no/solenergi-fornuftig-sammen-med-andre-energikilder.aspx>

10. Vedlegg

Vedlegg 1: Beregninger for energiforbruk vs. energiproduksjon

Beregninger energiforbruk

For energiforbruk for romoppvarming, varmtvann, vifter, pumper, belysning og teknisk utstyr er det benyttet energisimuleringen i figur 64 fra simien under punkt 4.6.

Beregninger energiproduksjon

Generell data

Bruksareal per bolig	149 m ²
Antall rekkehus	7
Bruksareal per bolig	1043 m ²
Antall måneder i fyringssesongen	9
Antall måneder i beregningene per år	12 mnd
Energibehov	14,8 kWh/m ² /år
Oppvarmingsbehov: (energibehov x areal)	15436,4 kWh/år

Vindu på 8 m2 mot sydvest med gardin i fyringssesongen

For å finne total solvarme fra vinduet på klare, halvklare og overskyete dager må transmisjonstapet trekkes fra.

Data i beregning

U-verdi vindu uten gardin 0,78

U-verdi vindu med gardin 0,30

Måned	Solvarme klare dager (kwh)	Solvarme halvklare dager (kWh)	Overskyede dager (kWh)	Transmisjons-tap (negativt) (kWh)	Total solvarme gjennom vindu med gardin
Januar	86	46	8	62,223	78
Februar	160	76	15,2	57,764	193
Mars	160,8	250	36	59,283	388
April	257,6	294	69,6	47,775	573

Mai	196,7	451	76	26,096	698
September	162,5	290	42,4	23,422	471
Oktober	183	157	26,4	39,676	327
November	111,2	74	11	48,902	147
Desember	66,2	46	5	59,416	58
Sum (kWh)	1384	1684	289,6	424,6	2933

Data for solvarme gjennom vindu er hentet fra Ola Thorsnes sine egne beregninger for sitt gardin-patent.

For å finne transmisjonstapet er det benyttet Ola Thorsnes sine beregninger som utgangspunkt. For å finne transmisjonstapet er timer med middeltemperatur multiplisert med 1,12 addert med dagslystimer multiplisert med 1,33.

Faktoren 1,12 er forholdet mellom vindu med gardin som har u-verdi lik 0,8 og 0,6. Dette forholdet må med fordi det ved et senere valg ble byttet fra vinduer med kryptongass til et vindu med argongass pga økonomi.

Faktoren 1,33 er tilsvarende faktoren 1,12 men uten gardin

Formel for transmisjonstap (t) benyttet i beregningene:

$$t = Q_m * 1,12 + Q_d * 1,33$$

Varmegjenvinner gråvann

Data

Virkningsgrad varmegjenvinner	0,6
Forbruk romoppvarming	2468
Forbruk tappevann	4318
Totalt gjenvinnet tappevann	4071,6
<u>Sum gjenvinnet tappevann per måned for rekkehusene</u>	<u>2375,1</u>

El-strøm ved biogassgenerator fra kloakk matavfall og hageavfall

Beregningene er her basert på beregninger for biogassanleggets kapasitet til strømproduksjon.

Kilde	Strømproduksjon totalt sett	
Kloakk fra naboehus	22816	
Matavfall + kloakk fra rekkehus + ensilasje	6335	kWh
Sum	29151	kWh
Sum per måned	2429	kWh

Videre er sum per måned tilpasset forbruket av strøm per måned. Gass kan lagres og kan derfor fordeles etter behov.

Personer

Varmeenergi fra personer er hentet fra NS 3031;2007, side 36. Tabell A.2.

Varmeenergi fra personer per år per bolig	13 kWh/m ² /år
Antall kvadratmeter	1043 m ²
Varmetilskudd	13559 kWh/år

Det antas at mennesker avgir like mye varme uavhengig av årstiden.

Varmetilskudd per person per mnd i fyringsesongen	1130 kWh/mnd
--	--------------

Oppvarming

Beregningene for romoppvarming er basert på resultatene fra energisimuleringen. Fordelingen over fyringsesongen er basert på ca gjennomsnittlig temperaturvariasjoner.

Produksjon av overskuddsvarme fra biogassgenerator

Ved produksjon av el-energi fra biogassgeneratoren kan det regnes med at generatoren utnytter den totale energiinnholdet med 25 %. Det vil si at 75 % av energiinnholdet går over til varme som kan utnyttes til varmt tappevann og varmelistvarme.

Det vil si at 1/4 av energiinnholdet er el-strøm, mens 3/4 av energiinnholdet går over til vannbåren varme

Biogassproduksjon for el-strøm x 3 er derfor lik varmeoverskuddet

Vedlegg 2: Kalkulasjoner for byggekostnader

Bygningsdel	Produkt	Standard	Kr /m ² eller kr/m ³	Areal per rekkehus	Kostnad per rekkehus (NOK)	Areal totalt	Kostnad totalt (NOK)	Kilde
Grunnmur	Isoblokk 30		896,875	32	28712,8125	224,10	200990	http://www.byggevarer.net/leca-pris-grunnmur.htm
	2 strøk maling innvendig på plater							
	Grunnmursp late		52,9	32	1693,555714	224,10	11855 s 29	
			116,5	32	3729,664286	224,10	26108 s 29	
	Skumplast 2 x 50 mm		22,5	32	720,3214286	224,10	5042	http://www.byggmax.com/n o-no/Prod/PID-16225.aspx
	Puss utvendig		392,4	32	12562,40571	224,10	87937 s 30	
	Trestender 48x73		13,95	32	446,5992857	224,10	3126	http://www.optimera.no/7 %20-% %20Rockwool%20isolasjon% 20-% %20byggisolasjon_LWeKb.p df.file
	98 mm Flexi A plate		52,4	32	1677,548571	224,10	11743	
	Plast		5,1	32	163,2728571	224,10	1143	http://www.byggmax.com/n o-no/Prod/PID-21021.aspx

Bygningsdel	Produkt	Standard	Kr /m ² eller kr/m ³	Areal per rekkehus	Kostnad per rekkehus (NOK)	Areal totalt	Kostnad totalt (NOK)	Kilde
	Gips 13 mm		24,28	32	777,3068571	224,10	5441	http://www.byggmax.com/n
Dekke	Betong 100 mm		150,3	56	8459,742857	394	59218,2	http://www.byggmax.com/n o-no/Prod/PID-07524.aspx
	Avtrekking og stålgj. av betongoverfl ate		93,5	56	5262,714286	394	36839	s 155
	Armeringsne tt		103,2	56	5808,685714	394	40660,8	s 155
	Polystyren 300 mm		321,5	56	18095,85714	394	126671	s 155
	Forsk. l.m. Kantforsterk n. For		1000	25	25171,42857	176	176200	Ola Ø Thorsnes
	garasjegrulv Bærelag grus		67,5	69	4650,075	482	32550,525	s 155
	Avretting grus		28,4	69	1956,476	482	13695,332	s 155
	Radonsperre		38,664	69	2663,56296	482	18644,94072	http://www.mamut.net/con trols/shop/shops/12/8/prod uctdet.asp?gid=113&subgid =113&wwwalias=kolbjørnsr ud&pid=1003
	Flersjiktts parkett med underlag		462,1	35	16118,048	244	112826,336	s 154
Yttervegger		Høy	2810	127,96	359556	895,69	2516889	s 9

Bygningsdel	Produkt	Standard	Kr /m ² eller kr/m ³	Areal per rekkehus	Kostnad per rekkehus (NOK)	Areal totalt	Kostnad totalt (NOK)	Kilde
	Tilleggsisolasjon		79,95	127,96	10230	895,69	71610,4155	http://www.byggmax.com/n
	Fratrekk 50 isolasjon i yttervegg		-14,95	127,96	-1913	895,69	-13390,5655	0- http://www.byggmax.com/n no/Prod/Isolering/Rulle/Def ault.aspx
Innervegger		Høy	500	130	65230	913	456607,2	http://www.byggmax.com/n
Skillevegger mellom boenheter		Høy	1000	15	15428,57143	108	108000	0- no/Prod/Isolering/Rulle/Def ault.aspx Ola Ø Thorsnes
Bjelkelag 1. etg	50 mm flexi A		27,68	56	1558	394,00	10905,92	http://www.optimera.no/7 %20- %20RocKwool%20isolasjon% 20- %20byggisolasjon_LWekb.p df.file
	300 mm flexi A		104	56	5854	394,00	40976	
	Bjelkelag		358,5	94	33631	656,666667	235415,5	§ 137
	Plast		5,1	56	287	394,00	2009,4	
	Gips til himling 13 mm		236,4	56	13306	394,00	93141,6	§ 141
	Lekter 48 x 73		13,95	94	1309	656,666667	9160,5	
	Flersjiktet parkett med underlag		462,1	55	26010	394,00	182067,4	
	Kantbjelke av heltre		21,1	30	633	210,00	4431,5	§ 141

Bygningsdel	Produkt	Standard	Kr /m ² eller kr/m ³	Areal per rekkehus	Kostnad per rekkehus (NOK)	Areal totalt	Kostnad totalt (NOK)	Kilde
	Lydbøyer type B til trebjelkelag		101	94	9474,761905	656,67	66323,33333	s 141
Bjelkelag 2. etg	50 mm flexi A		27,68	59	1633	394	10905,92	
	300 mm flexi A		104	59	6136	394	40976	
	plast		5,1	59	301	394	2009,4	
	Bjelkelag	R.S.	250	98	24583	657	164166,6667	Ola Ø Thorsnes
	Lekter 48 X 73		13,95	98	1372	657	9160,5	
	Gips til himling 13 mm		236,4	59	13947,6	394	93141,6	s 141
	Trinnlydsplatt e		300,9	59	17753,1	394	118554,6	s 141
	Flersjikt parkett med underlag		462,1	59	27263,9	394	182067,4	
	Kantbjelke av heltre		21,1	32	670,98	223	4696,86	s 141
	Lydbøyer type B til trebjelkelag		101	59	5959	394	39794	s 141
Undertak under solfangere	Tak under solfangere	Enkel pga solfangere på toppen	798	61,75	49276,5	421,32	336213,36	s 9

Bygningsdel	Produkt	Standard	Kr /m ² eller kr/m ³	Areal per rekkehus	Kostnad per rekkehus (NOK)	Areal totalt	Kostnad totalt (NOK)	Kilde
	Fratrekk 300 mm isolasjon fra beregningen for enkelt tak		-119,9	61,75	-7403,825	421,32	-50516,268	http://www.byggmax.com/n 0- no/Prod/Isolering/Rulle/Def ault.aspx
	Fratrekk gips fra beregningen for enkelt tak		-236,4	61,75	-14597,7	421,32	-99600,048	
Lofstak og utstikk	Etasjeskiller mellom 2. etasje og loft		798	46,26	36915,48	323,82	258408,36 s 9	
	Tilleggisolas jon med bjelker	R.S.	300	46,26	13878	323,82	97146 Ola Ø Thorsnes	
	Tak over utstikk		1244	11,83	14716,52	82,81	103015,64 s 9	
	Tilleggisolas jon med bjelker	R.S.	300	11,83	3549	82,81	24843 Ola Ø Thorsnes	
Fast inventar til kjøkken, garderobe og baderom	Areal av inventar utilfra plantegning	Høy pga tilpasning til universiell utforming	1030	30	30900	210	216300 s 9	
Sanitaer	Areal av sanitaer utilfra plantegning	Høy pga tilpasning til universiell utforming	1110	50	55500	210	233100 s 10	

Bygningsdel	Produkt	Standard	Kr /m ² eller kr/m ³	Areal per rekkehus	Kostnad per rekkehus (NOK)	Areal totalt	Kostnad totalt (NOK)	Kilde
Luftbehandling	Balansert ventilasjonsystem	Høy fordi det inkluderer varmebatterier for vannbåren	335	32	10845	226,618	75917 s 10	
Belysning	Fastmontert belysning	Høy pga tilpasning til passivhus	402	168,75	67837,5	1181,25	474862,5 s 11	
Alarm og signal	Tyverialarm og enkeltstående røykmelder	Middels	110	100	11000	700	77000 s 11	
Trapp	Trapp pref. Furu toløp furu				61531,8		430722,6 s 244	
	Åpninger i bjelkelag	Tas ikke med fordi det ikke er trukket fra åpninger ovenfor	0	12,24	0	85,68	0 s 244	
	Element inkl.							
Terasse	Innfestning	R.S.	1200	25,58	30696	179,06	214872 Ola Ø Thorsnes	
	Brytning		8648,6	25,58	221231,188	179,06	1548618,316 s 249	
	Skillevegger	R.S.	700	8	5600	56	39200 Ola Ø Thorsnes	
	Rekkverk		3000	9	27000	63	189000 s 249	
Blikkenslager		R.S.			15000		105000 Ola Ø Thorsnes	
Titansink					7000		49000	

Bygningsdel	Produkt	Standard	Kr /m ² eller kr/m ³	Areal per rellekehus	Kostnad per rellekehus (NOK)	Areal totalt	Kostnad totalt (NOK)	Kilde
Grunn og fundament	Drenering m/drensrør PVC + pukk		33,7	1500	50550	10500	353850	s 7, konto 21
		Totale masser på tomt						
	Graving		113,3	106,4285714	12058,357	745	84408,5	s 7, konto 21
	Avretting grus		28,4	68,89	1956,476	473,76	13454,8976	s 7, konto 21
	Pukk bærelag		88,6	68,89	6103,654	473,76	41975,4904	s 7, konto 21
	Borttransport		308,9	68,89	21280,121	473,76	146345,6996	s 7, konto 21
	Grøfter	R.S.			53571		375000	Ola Ø Thorsnes
Spregning		R.S.		25714	25714,28571		180000	Ola Ø Thorsnes
	Gjenfylling m/tilkjørt sand/grus		198,9	68,89	13702,221	473,76	94231,6596	s 7, konto 21
Sum bygningkropp					1604294,358		11032678	
Moms (25%)					2005367,947		13790847,91	
Dører	Ytterdør				6213		43491	
	Verandadør				11740		82180	
Vindu	Kjeller				17610		123270	
	1. etasje				17610		123270	
	2. etasje				73375		513625	
Varmegjenvinner					58035,32		406247,24	
Varmeløst			1750	149	260750	1043	1825250	
Biogassanlegg					70557		493900	
Generator	Graving + spregning	R.S.			8571		60000	
					24356,73714		170497,16	

Bygningsdel	Produkt	Standard	Kr /m ² eller kr/m ³	Areal per rekkehus	Kostnad per rekkehus (NOK)	Areal totalt	Kostnad totalt (NOK)	Kilde
Soltak					83480,62		584364,34	
Drivhus					22857,14286		160000	
Veier og plasser	Veil		500	103	64107	718	448750,5326	
	Veil utenom tomt		800	64	51429	450	360000	Olaf Thorsnes
	Gressplen	R.S.	123,2		22000	1000	154000	Torgeir Lyngtveit
Løkeapparater + møbler					8928,571429		62500	
Søplestativ + postkasser		R.S.			3571,428571		25000	
Utvendig belysning og stikkontakter	8 stk		10000		14285,71429		100000	Torgeir Lyngtveit
Beplanting					14285,71429		100000	Torgeir Lyngtveit
	Totalsum				2899131,5		19627193	

Vedlegg 3: Isolergardin oppfunnet av Ola Ø Thorsnes

Isolerende gardin.

Oppfinner: Ola Øystein Thorsnes

Bakgrunn

Vinduer og dører er de svakeste bygningsdeler når det gjelder tap av energi i kalde perioder og overopphetning i varme. Vinduer og dører har i de siste årtier undergått mange forbedringer, men de er fortsatt svake sammenlignet med isolasjonsevnen i vegger, gulv og tak. Nye og fremtidige offentlige krav til energieffektivitet angående lavenergihus, passivhus og 0-energihus aksentuerer disse problemene. Vinduer og dører er også de bygningsdeler som er dårligst for å dempe lyd, for eksempel fra bil- og skinnegående trafikk.

Foreliggende oppfinnelse vil eliminere ovennevnte ulemper

Utenfor eller innenfor vinduer eller dører anbringes en gardin bestående av et isolerende materiale som slutter tett mot omgivende vegger slik at vindus- eller døråpninger får isolasjon i tillegg til det som vinduer eller dører representerer.

Nevnte gardin kan bestå av et homogent eller kompositt teppe som kan foldes eller rulles opp over, under eller til siden for vinduet. Gardinen kan være glatt, ha ribber, ruter, bobler eller lignende. Isolasjonsmaterialet i gardinen kan være et isolerende materiale som skumgummi, skumplast, fibermateriale som omgis med luft eller isolerende gass som for eksempel argon, kan bestå av aerogel, flerlagsløsninger, etc. Gardinen skal slutte tett mot omgivende vegger eller smyg ved tette føringer, glidelås, glidetetting ala plastposetetting, klemanordninger, temporær klebing ala borrelåser eller lignende. Gardinen kan manøvreres manuelt eller med motor.

Gardinen kan være tett mot lys eller opak slik at den slipper inn diffust lys.

Materialet i gardinen kan være lett eller med innslag av tungt materiale for så å funksjonere som lyddemper samtidig som varmeisolasjonen er tilstede.

Det er innlysende at oppfinnelsen også vil funksjonere som solavskjermer.

Gardinen gis et estetisk utseende, farger og mønstre, som beriker interiøret, og utvendig bidrar til en arkitektonisk forbedring av bygningens utseende.

Energikøkonomisering er en avveining mellom ulike energiltak. Foreliggende oppfinnelse vil med stor sannsynlighet være et av de aller beste tiltak når det gjelder å optimalisere kostnader og energisparing.

SELVAAG

Januar 2011

Isolerende gardin

Lukking og åpningsmekanismer

I lukket posisjon er det avgjørende at gardinen er tett mot luftlekkasjer. Tegning A og B viser detaljer som gir mulighet for tetting i lukket tilstand og manøvrerbarhet når gardinen heves eller tas til side.

Tegning A viser en lås i glatt mykplast, for eksempel polyetylen, som åpnes og lukkes med en bevegelig kon som kan være i metall, plast eller annet egnet materiale. Konen lukker når den beveges en vei og åpner med et splittende organ når den beveges i motsatt retning. Det er avgjørende at låsens fysiske høyde er lav for at den kan bøyes når gardinen foldes eller rulles. Bøyeradien bestemmes til dels av tykkelsen av isolasjonen i gardinen. Låsen bøyelighet bestemmes av materialets mykhet og elastisitet i kombinasjon med tykkelsen av låsen.

Den ene siden av låsen er i fast forbindelse med veggen til side for gardinen og den andre siden av låsen følger med gardinen når den foldes eller rulles opp.

Det er innlysende at detaljene i forbindelse med tetting av gardinen kan utføres på andre måter.

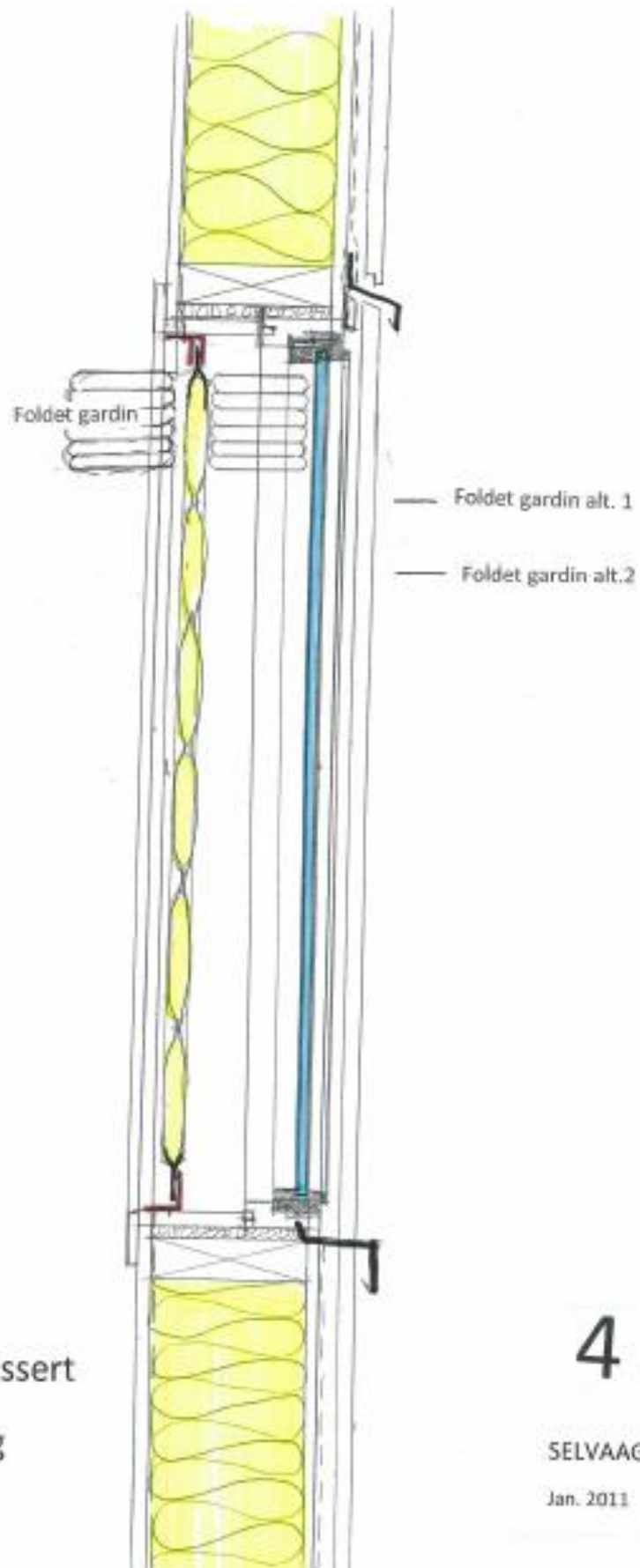
Tegning B viser en heve- og senkemekanisme for gardinen basert på snortrekk. En eller flere kontinuerlige snorer løfter eller senker gardinen samtidig som de stramme snorene virker som føring for gardinen slik at den går jevnt opp og ned. Bevegelsen kan skje manuelt eller med motor for større vindus- og dørpartier.

Tetting av gardinen i bunn kan skje ved at bunnen av gardinen føres inn i en u-profil av et mykt materiale slik at gardin ikke slipper ut kald luft i bunnen.

Det er innlysende at detaljene i forbindelse heving og senking av gardinen kan utføres på andre måter

SELVAAG 02-02.2011

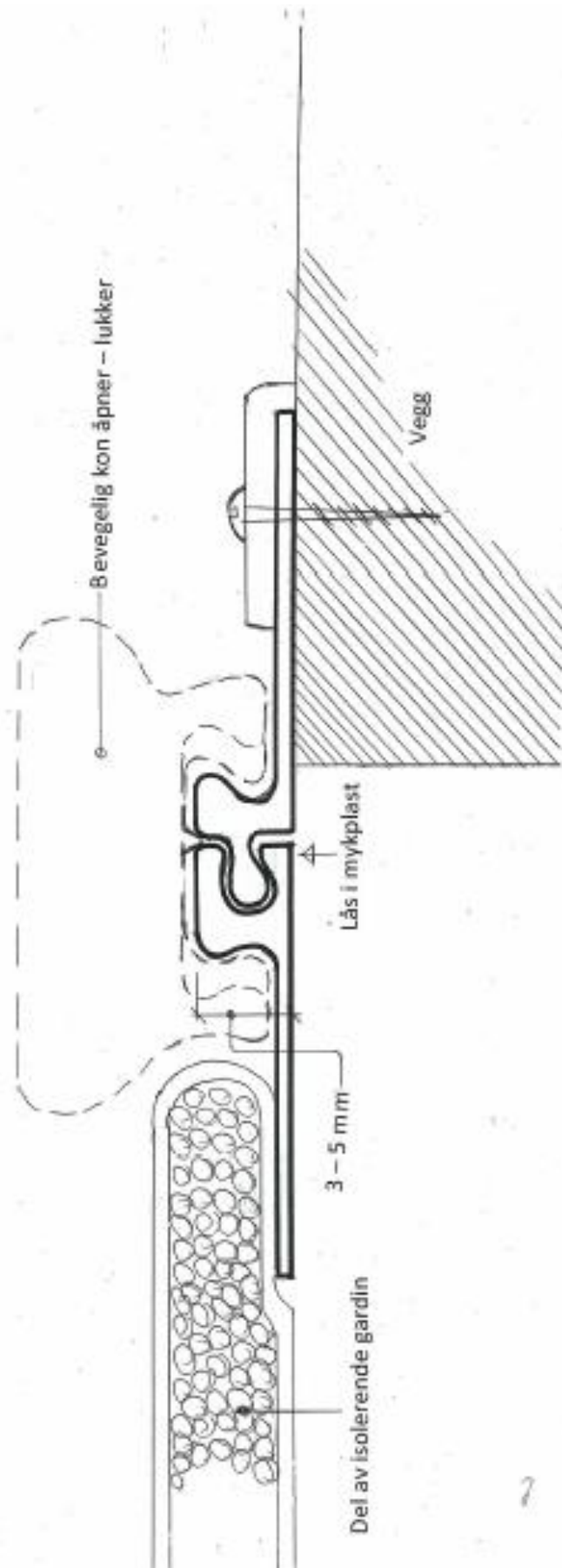
Ola Thorsnes



4

SELVAAG

Jan. 2011



Horisontalt snitt

Lås for tetting av sidene av isolerende gardin i myk

glatt plast, for eksempel polyetylen

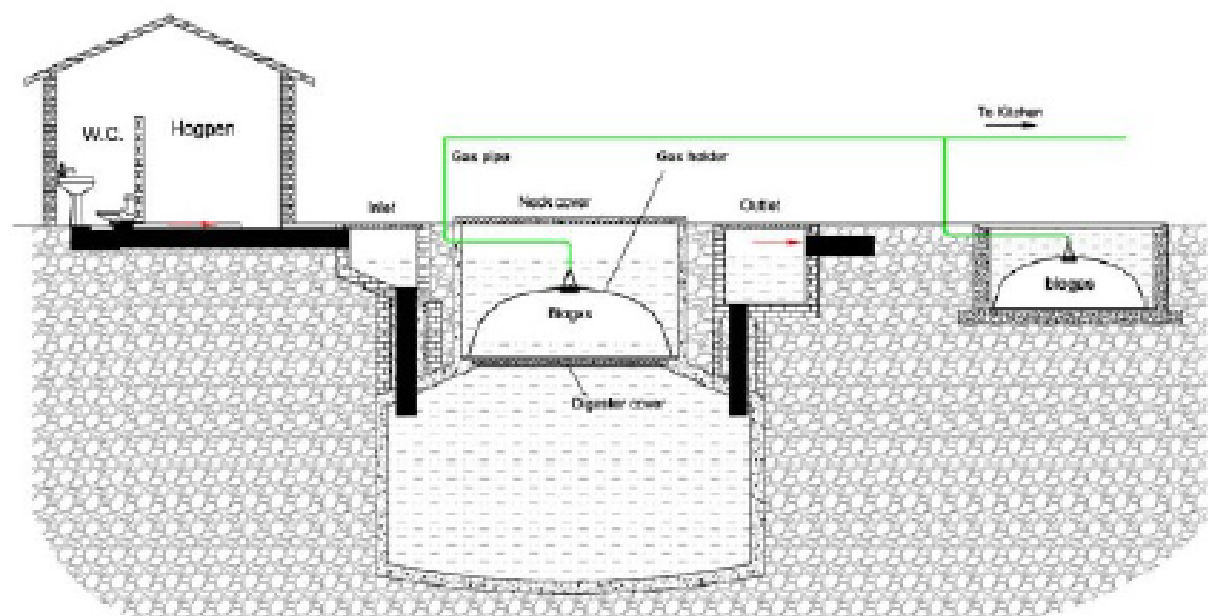
02-02-2011

2

Vedlegg 4: Biogassanlegg fra Puxin

Cost Breakdown of a 10 m³ Puxin Biogas Plant

Item	Material (manpower)	Quantity	Unit price	Amount
1	Glass fibre reinforced plastic Gasholder	2		
2	Smashed stone	4m ³		
3	Sand	3.5m ³		
4	Cement	1400kg		
5	Brick (60×120×240mm)	100		
6	Plastic pipe (Φ150×1800mm)	2		
7	Concrete bar (Φ6)	8kg		
8	Manpower	6 man×1 day (diging hole)+ 6 man×1 day (casting)+ 2 man×1 day (to build inlet, outlet and install pipe system)		
9	Biogas appliances			
10	For depreciation of the steel mould			



Introduction of PUXIN Technology and Products for Biogas

Table of contents

- Introduction of PUXIN
- Introduction of PUXIN family size biogas plant.
- Introduction of PUXIN 100m³ biogas plant.
- Introduction of the products used to build PUXIN biogas system.

1. Introduction of PUXIN

Shenzhen Puxin Science & Technology Co. Ltd. is a private enterprise founded in 2001. Since its establishment, the company has been concentrated in the development of Puxin family size biogas system and the products needed to build the system. After successfully completing the development of Puxin family size biogas system, the company began to develop of Puxin medium and large size biogas system in 2003.

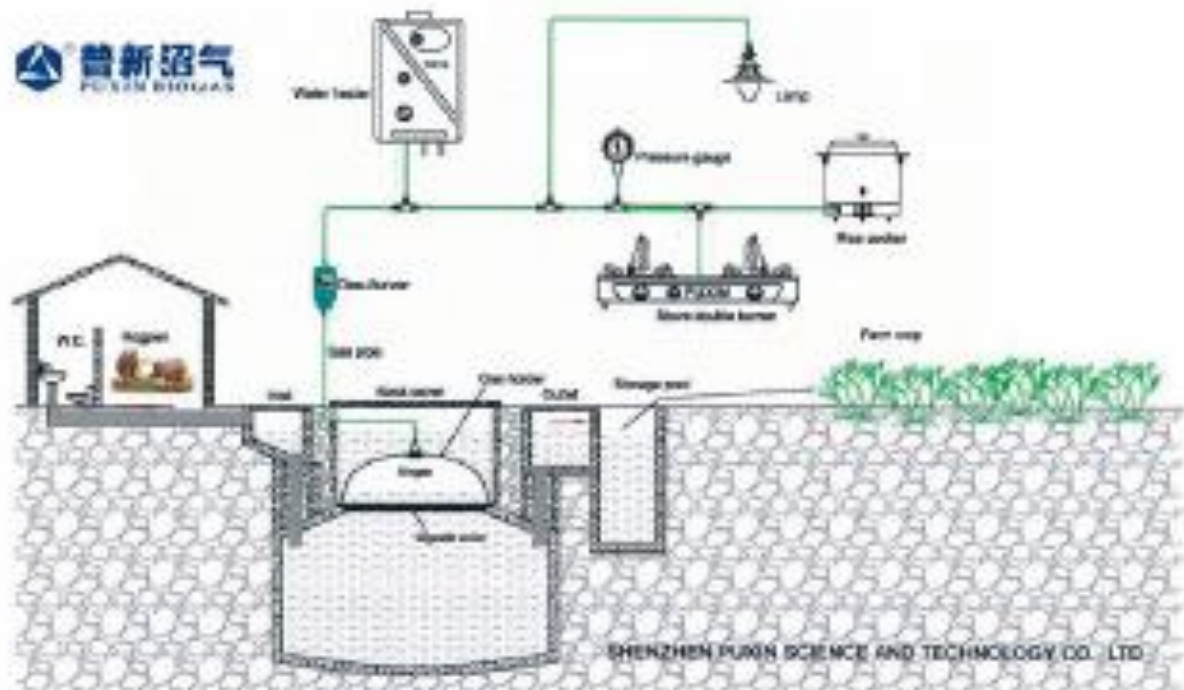
In 2006, Puxin Biogas system won the "Blue Sky Award" granted by United Nations Industrial Development Organization and Shenzhen International Technology Promotion Center for Sustainable Development.



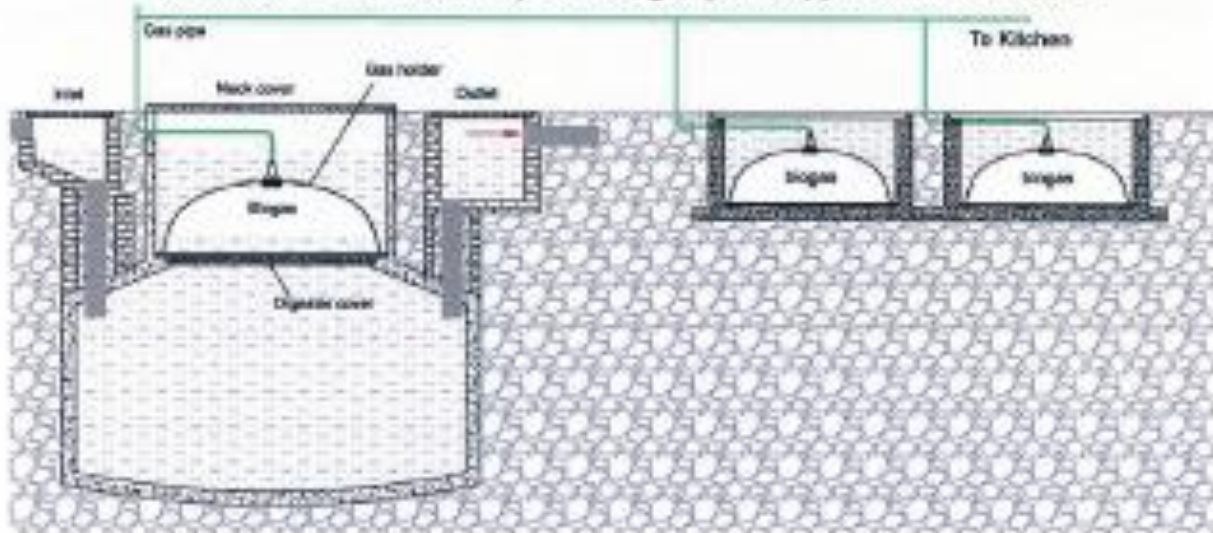
By the end of 2009, PUXIN products for biogas development have been exported to over twenty countries as well as UNDP and SNV. In China PUXIN biogas system has been extended to over ten provinces.

2. Introduction of PUXIN family size biogas plant

PUXIN family size biogas system is composed of a 6 or 10 m³ PUXIN family size biogas plant, pipe routes, gas purify devices and gas appliances or small power biogas generator. PUXIN family size biogas system is mainly applied to farmhouse or domestic house to treat livestock waste, straw, human sewage and food waste.



PUXIN 3 in 1 model family size biogas plant applied in farmhouse



A 10m³ Puxin family size biogas plant with two extra gasholders built in TIMOR LESTE can provide enough biogas for three families for their daily cooking and water boiling



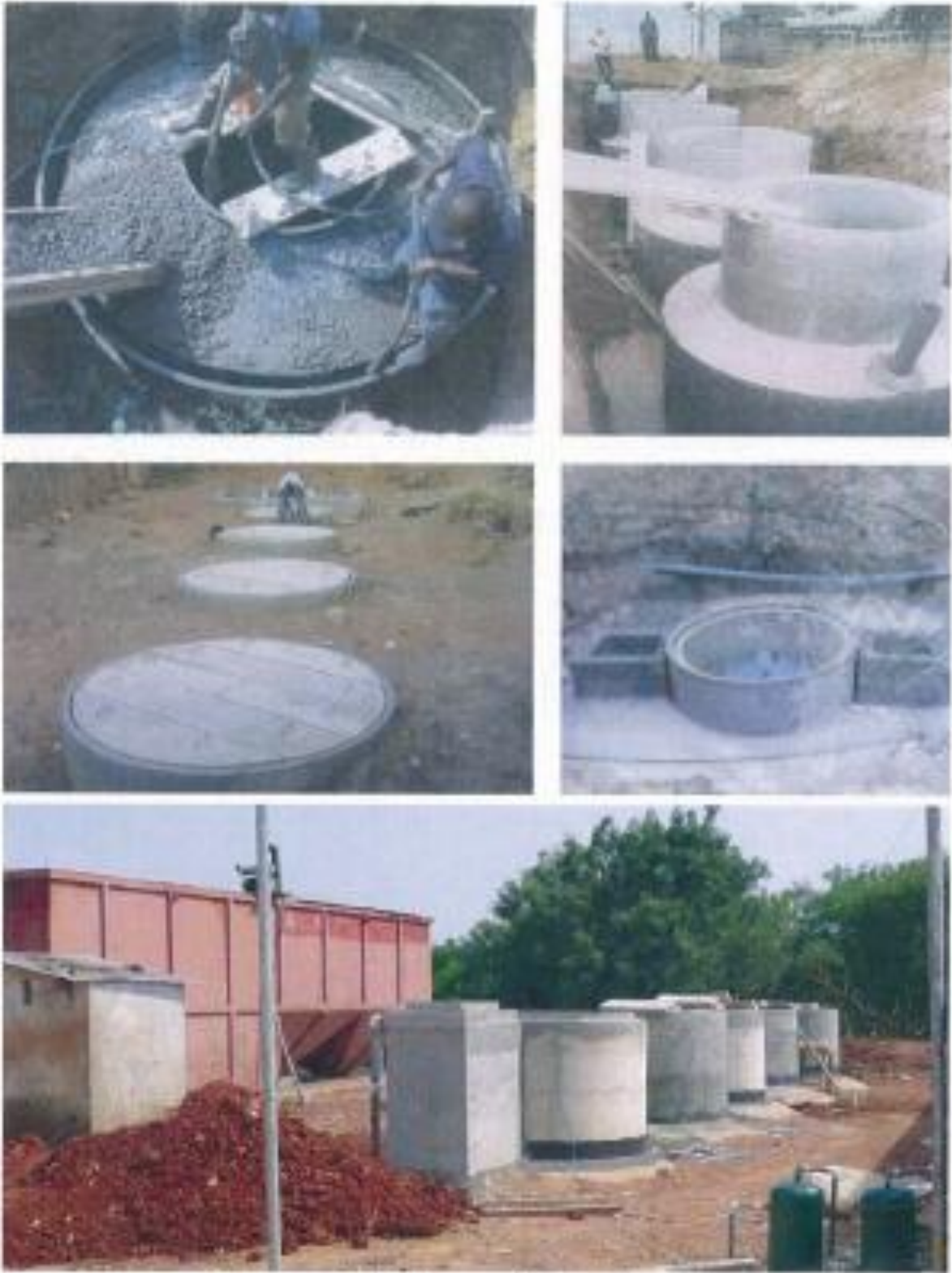
A family size PUXIN biogas plant built for a farmhouse in BoLo county of Guangdong province in China (2004)



A group of PUXIN family size biogas plants built for a farmhouse of a fruit farm in Shenzhen of China (2005)



Family size PUXIN biogas plants built in Kenya



Family size PUXIN biogas plants built in Ghana



Family size PUXIN biogas plants built in Spain



Family size PUXIN biogas plants built in TIMOR LESTE



The president of TIMOR LESTE is visiting a Puxin biogas plant built in TIMOR LESTE

(1) The structure: PUXIN family size biogas plant is composed of a concrete digester and a glass fibre reinforced plastic gas-holder. The digester is 6 or 10 m³ of capacity. The gas-holder is 1.6 m of diameter, 0.6 m of height and 1 m³ of capacity.



(2) The features :

- Easy and quick to be built
- Highly industrialized
- Solid organic material (straw and grass etc.) can be used
- Easy to maintain
- Durable
- Excellent safety feature
- Low cost

1) Easy and quick to be built:

- Any working mason through one day's study is able to build PUXIN family size biogas plant with 100% success rate.
- A PUXIN family size biogas plant can be built within 48 hours.

Contrast of the technical requirements for the builders

Items	Traditional fixed dome biogas plant	Puxin biogas plant
Airtight craft	Highly required	Not required
Ability to understand blueprints	Highly required (build by hand depending the blueprints)	Not required (cast by mould)
Ability to build the arch	Highly required (build by hand)	Not required (cast by mould)
To judge and deal with gas leaking	Highly required	Lowly required
To judge and deal with water leaking	Highly required	Required
Training period	About 3 month	About one week
Period to become a proficient builder	1-2 years	About one month
Requirement of the people to be trained	Medium educated, strong ability to master skills	Not Educated, medium ability to master skills
Success rate	Not 100% guaranteed	100% guaranteed

2) Highly industrialized:

- Fit for cosmically and fleetly spread: The steel mould and the gas-holder can be mass-produced in factory. So, the biogas plant can be cosmically and fleetly built.
- Quality of the biogas plant is highly guaranteed. Every digester duplicated by the steel mould can fit every gas holder duplicated by mold.

3) Solid organic material (straw and grass etc.) can be used

	Traditional fixed dome biogas plant	PUXIN biogas plant
Fluidities (like animal wastes)	Allowed	Allowed
Solids (like straw and grass)	Not allowed (because of the difficulty to replace solid fermentation material)	Allowed (convenient to replace solid fermentation material)

4) Easy to maintain

Items	The traditional fixed dome hydraulic biogas plant	The PUXIN Biogas plant
To mend the gas leak of gas-holder	Dangerous and difficult The job is done inside the biogas digester; there is a possibility of poisoning. The leak can not be found.	Safe and easy The job is done on ground, there is no possibility of poisoning. The leak can be seen, and can be mended directly.
To mend the water leak of the digester	Dangerous The digester' outlet is too small that the air circulation in the digester is bad. So, there is a possibility of poisoning.	Safe The digester's outlet is large enough that the air circulation in the digester is good. So, there is no possibility of poisoning.

5) Durable:

The concrete digester can last over thirty years. The glass fibre reinforced plastic gas-holder can last over ten years. When the gas-holder is worn-out, a new one can replace. So the PUXIN biogas plant can last over thirty years.

6) Excellent safety feature:

There is no possibility of biogas poisoning to the users. When the gas-holder is taken out from the digester, there is no biogas left in the digester. The digester's outlet is 1.5m in diameter that is large enough to keep sufficient fresh air in the digester. So, it is safe to repair the digester, and safe to replace fermentation material.

7) Low cost

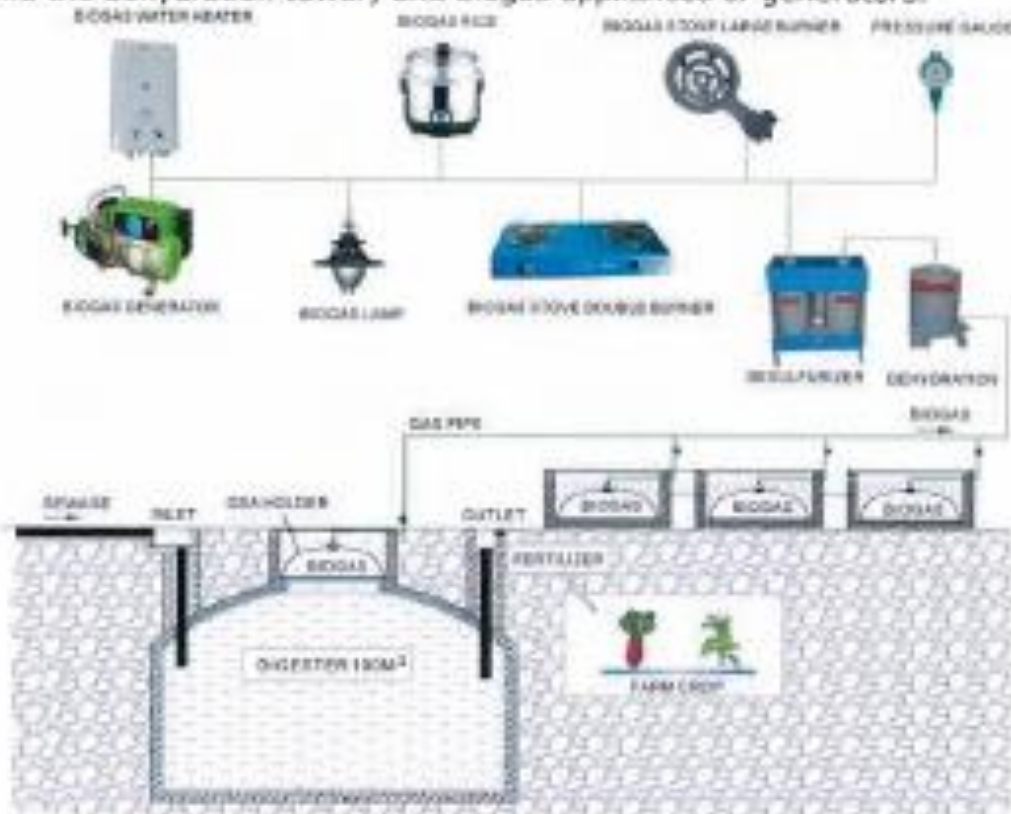
The cost to build Puxin biogas plant is lower than cost to build traditional Chinese fixed dome biogas plant and much lower than the cost to build Indian floating gasholder biogas plant.

3. Introduction of PUXIN 100m³ size biogas plant

PUXIN 100m³ biogas plant is composed of a concrete digester and several glass

fibre reinforced plastic gas-holders. The digester is 100 m³ of capacity. The gas-holder is 1.6 m of diameter, 0.75 m of height and 1.2 m³ of capacity.

PUXIN medium size biogas system is composed of one or a group of PUXIN 100m³ size biogas plants, the feeding system, the biogas purify system (the desulphurization tower and the dehydration tower) and biogas appliances or generators.



The structure of 100m³ PUXIN biogas plant





PUXIN 100m³ size biogas plant built in China

Features:

- (1) High reliable: no mechanic movement, no mechanic failures.
- (2) Wide range of application. The plant can be built both under or above ground. The plant is suitable to handle both liquids (sewage, human and animal manure) and solids (grass, straw, and food waste).
- (3) low maintenance cost: very few workers are needed, almost no maintenance for rust prevention and mechanic repair are needed.
- (4) Durable: The concrete digester with a fibre glass interior which can stand strong acid and alkali can last over 40 years, the glass fibre gas holder can last over 10 years and it is replaceable when it is worn out or broken.

Range of Apply:

- (1) Disposal of sewage sludge for waste water disposal stations
- (2) Disposal of wastes for medium size livestock farms
- (3) Disposal of sewage and food waste for departments, factories and schools etc.
- (4) Disposal of waste water and solid waste for food processing plants and brewing plants.

4. Main products used to build PUXIN biogas system

- 1) 10m³ steel mould: The 10m³ steel mould is used to construct 6 and 10m³ concrete digesters. The steel mould is reusable.



2) 100m³ fibre glass inner mould and steel outer mould: These products are applied to construct 100, 75, and 50 m³ PUXIN biogas plants



3) Gas-holder



4) Biogas appliances



Biogas stove double burner



Biogas stove single burner



Biogas rice cooker (2.5L---20L)



Biogas stove large burner



Pressure gauge



Biogas generator



Biogas lamp



Biogas room heater



Biogas water heater



Flow meter



Desulfurizer



Fittings



Solar charger for Biogas pump



Biogas pump(PX-25L)



Biogas Storage Bag



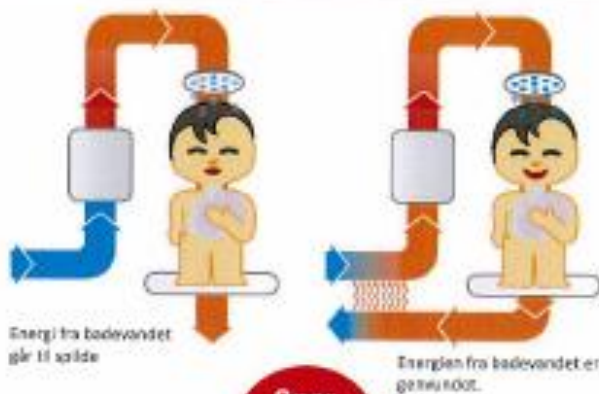
Desulfurizer(big size)

Vedlegg 5: HEI-TECH varmegjenvinner

Information blad
Recoh-vert, Recoh-tray,
Recoh-multivert, Recoh-drain

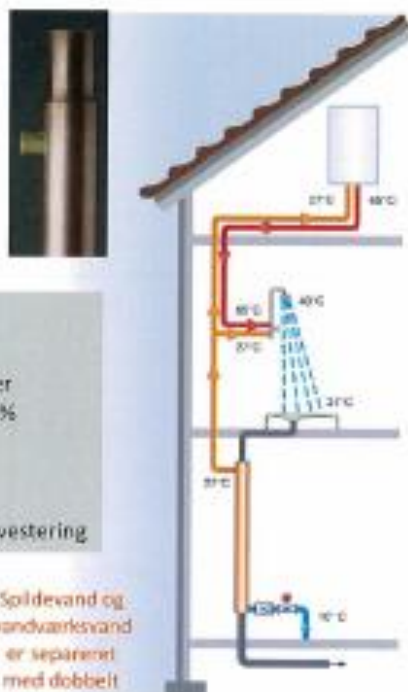


Energibesparelser ved varmegjenvinding fra badevandets afløb.



Recoh-vert

En Recoh-vert varmeveksler er specielt egnet til villaer, samt lejligheder, plejehjem, hoteller osv.



Spar op til **65%**

- FORDELE:**
- Miljø venlig
 - Store energi besparelser
 - Effektivitet op til 50-65 %
 - Nem installation
 - Ingen vedligeholdelse
 - Ingen mekaniske dele
 - Kort tilbagebetalingstid ved investering

Recoh-tray

Recoh-tray er en varmeveksler som er specielt udviklet til brusekabiner, samt direkte i gulvplan. Den benyttes ofte ved renoveringsopgaver da den kan monteres nemt og direkte i den gamle brusekabine.



Recoh-tray



Recoh-tray med afløb i trayen



Recoh-tray indbygget i gulvet

Recoh-drain

Recoh-Drain varmeveksler er placeret i og som afløbet i brusekabinen eller baderummet.

Den er velegnet til villaer, lejligheder, samt bruse faciliteter hvor der mange bruger som fx pærennehaller, sportsbarer, lystbådehavens, campingpladsers bade faciliteter.



Recoh-multivert

Recoh-Multivert er en varmeveksler som er modul opbygget til stor skala fx boligblokke, hospitaler, hoteller, sportsanlæg og plejehjem m.m.



Energi besparende og miljøvenlig
WWW.HEI-TECH.DK

Hei-tech Nordic ApS
Parallelvæg 10
DK-2880 Kgs. Lyngby
Danmark

Tlf. Nr. +45 4518 1213
Mobil +45 6165 3662
mail@hei-tech.dk
www.hei-tech.dk

Hej Nina

Som jeg forstår det er der 7 x 2 bruser = 14 bruser

Der er 3 løsninger

14 Recoh-Drains:	14 x 8.900,- DKK
14 Recoh-Tray:	14 x 11.900,- DKK
7 Recoh-Vert dobbelt rør	7 x 19.900,- DKK
1 x MV-8 Recoh-MultiVert	1 x 55.000,- DKK

Disse kan bederved afløb kobles sammen til et Recoh-Multi Vert modul
Fortæl mig hvilken løsning du vælger så sender jeg dig et officielt tilbud
(køber prisen svinger meget for tiden, så derfor vil et tilbud være rigtigt at have for dig)

Input for Recoh-MultiVert

Temperature fresh water	10 degr. C.
Temperature shower water	40 degr. C.
Water flow (40 degrees)	9 litre/min.
Duration of a shower	8 min.
Number of taken showers during a day per apartment	2
Number of apartments	7
Boiler efficiency	0,9
Temperature loss of waste water	8 degr. C.
System A or C	2
Length of Recoh-vert, type 21, 16 or 12	21
Pump unit necessary ?	
Simultaneously factor	0,6

1 af brochure er på hollandsk, men det er kun så du kan se den løsning med dobbelt IWK.

Jeg oversætter den til engelsk og dansk hvis du vælger den løsning

Med venlig hilsen / Kind regards

Michael Jørgensen

Nordic Sales Area Manager

Bei-Tech Nordic ApS

Parallelsvej 10

DK-2800 Mgs. Lyngby

Mobile: +45 6165 3562

Office: +45 4516 1213

Fax: +45 4501 8898

Vedlegg 6: Best Board varmelister



ENERGIKILDER OG REDUSERT FORBRUK!

Ved bruk av Best Board, sammenliknet med tradisjonell oppvarming, kan temperaturen i rommet senkes med 3°C uten at det går ut over varmefølelse eller komfort.

➔ Energibesparelse ca. 15%

Varme stråler innover i rammet og varmer nede ved gulvet. Unngå at varmen samler seg ved taket, noe som er dyrt og unødvendig.

➔ Energibesparelse ca. 15%

Temperaturen justeres individuelt i hvert enkelt rom raskt og effektivt (kontroll diff. 1/10°C) Natte senkning er mulig.

➔ Energibesparelse ca. 10%

