

## **Grønn fjellhageby - et bærekraftig og fleksibelt hyttekonsept**

Green Mountain Village - a Sustainable and Flexible Approach to Cabin Design

**Trondheim, mai 2021**

Helga Margaretha Hognestad

Malin Pedersen

Margrethe Hessen

Intern veileder:

Bozena Dorota Hrynyszyn

Prosjektnr.:

2021-16

Ekstern veileder:

Asgeir Meland

Rapporten er

ÅPEN



Fakultet for ingeniørvitenskap

Institutt for bygg- og miljøteknikk

*Prosjektbeskrivelse og resultatmål:*

Bacheloroppgaven skal omhandle prosjektering av en bærekraftig hytte. Det skal leveres en sluttrapport, en plakat og en artikkel. Oppgaven skal også presenteres for veiledere, fagansvarlig og eventuelt andre studenter på slutten av semesteret.

Det skal utarbeides et forslag til et bærekraftig hyttekonsept. Dette konseptet vil være modulbasert, altså flere forhåndsbestemte moduler som kan settes sammen og danne hytter med ulik form og størrelse. Det tas utgangspunkt i at hyttene skal plasseres i Grønn fjellhageby i Oppdal, som er prosjektet til Nasjonalparken Næringshage, men hyttene kan også plasseres andre steder. Da hyttekonseptet skal være bærekraftig forsøkes det å prosjektere med lokale materialer og arbeidskraft.

Hovedfokuset vil ligge på selve modulene med tanke på byggteknikk, som for eksempel oppbyggingen av bygningselementene. Det må velges om det skal benyttes massivtre, stenderverk eller laft, men dette vil kun være en liten del av oppgaven. Det må undersøkes ulike fundamenteringsmetoder som både er miljøvennlige, og ikke etterlater seg store fotavtrykk ved eventuell riving eller flytting av hyttene. Målet er at hytta skal medføre så lite naturinngrep som mulig. Det er også relevant å se på hyttens energiforbruk, med tanke på oppvarming og ventilasjon, og vurdere om det skal tilrettelegges for solceller eller liknende.

Ved prosjektering av hyttekonseptet må tegninger produseres. Dette vil inkludere plan-, snitt-, detalj- og fasadetegninger, samt rendrede bilder for illustrasjon. Det skal produseres en tekst som forklarer hvorfor ulike valg blir tatt.

*Stikkord:*

Modulbasert hyttekonsept, fleksibilitet, arealeffektivitet, bærekraft, energieffektivitet, byggteknikk, redusert naturinngrep, åpen fundamentering.

## Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet som avsluttende oppgave for byggingeniørstudiet ved Institutt for bygg- og miljøteknikk, på Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim. Oppgaven er skrevet under emnet TBYG3016. I løpet av tre studieår, med fordypning i Husbyggingsteknikk 2, har gruppen tilegnet seg betydelig kunnskap og ferdigheter som er anvendt i oppgaven. Gjennom en svært lærerik arbeidsprosess har gruppen opparbeidet seg ny kunnskap.

Det rettes en stor takk til oppdragsgiver, og ekstern veileder, Asgeir Meland ved Nasjonalparken Næringshage AS. Meland har kommet med relevant informasjon angående prosjektet og området, og vært åpen til oppgavens innhold. Det settes stor pris på muligheten til å utarbeide en oppgave som handler om et tema gruppen interesserer seg for. Til tross for friheten har det også vært utfordrende å kaste seg over et relativt nytt tema; bærekraftige fritidsboliger. Gruppen har vært nødt til å tenke innovativt og fremtidsrettet for å komme frem til et bærekraftig konsept. Det har likevel vært utrolig spennende og medført stort læringsutbytte.

Til slutt rettes en stor takk til intern veileder Bozena Dorota Hrynyszyn, førsteamanuensis ved Institutt for bygg- og miljøteknikk på NTNU. Hun har først og fremst bidratt med god veiledning, nyttige innspill og relevante tilbakemeldinger. I tillegg har hun gitt gruppen mye motivasjon med sine gode ord og interesse for faget.

Trondheim, 18. mai 2021

Helga Margaretha Hognestad

Helga Margaretha  
Hognestad

Malin Pedersen

Malin Pedersen

Margrethe Hessen

Margrethe Hessen

## Sammendrag

Denne bacheloroppgaven er skrevet for Nasjonalparken Næringshage, som en del av *Grønn fjellhageby* under prosjektet *Kompetanseløft for bærekraftig fritidsnæring*.

Som følge av økt hytteutbygging i Norge, har det i nyere tid oppstått et større behov for bærekraftige fritidsboliger. Hovedmålet med oppgaven er dermed å utvikle et forslag til et bærekraftig hyttekonsept, med fokus på arealeffektivitet og fleksibilitet.

Det aktuelle hytteområdet befinner seg i Oppdal og skal bestå av rundt 40 enheter. Oppgaven tar hovedsakelig for seg de byggetekniske løsningene til hytta. Det gjøres i tillegg dimensjoneringer av konstruksjonen, samt U-verdi- og fuktberegninger. Innledningsvis ble det hentet inn relevant teori som grunnlag for videre utarbeidelse av konseptet. Komponenter er veid opp mot hverandre for å finne den beste løsningen, sett i lys av bærekraft og samspill med de andre komponentene i bygget. Med ønske om minimalt naturinngrep er ulike fundamenteringsmetoder vurdert.

Resultatet ble et konsept bestående av moduler, med én hovedmodul og fire tilleggsmoduler for mulig utvidelse. En slik løsning sørger for at man ikke bygger større enn nødvendig. Hovedmodulen er 42 m<sup>2</sup> BRA, med stue, kjøkken, bad, ett soverom og hems. Til tross for størrelsen, er hytta svært arealeffektiv, og den har blant annet tilpassede møbler med flere funksjoner.

For å sikre minst mulig terrenginngrep, ble åpen fundamentering med skruefundament valgt. Det er valgt gulv med innovativ oppbygning, vegg med todelt bindingsverk og saltak med isolasjonssjikt i taksperrene. Løsningene er valgt for å oppnå energieffektivitet. Gulv, yttervegger og tak prefabrikeres lokalt og monteres deretter på byggeplass.

## Abstract

This bachelor thesis is written for Nasjonalparken Næringshage, as part of *Green Mountain Village* as a constituent to the project *Increased Competence of Sustainable Leisure Industry*.

Due to the recent increase in constructed cabins in Norway, there is a greater need for building sustainable holiday homes. The primary aim of this thesis is thus to establish and develop a suggested approach for a sustainable cabin concept, emphasizing area efficiency and flexibility.

The relevant area is situated in Oppdal and comprise roughly 40 units. This thesis predominantly focuses on the cabins' construction solutions. Additional to the construct dimensions, U-value and moisture calculations have also been done. Initially, the applicable theory was collected as a basis for further concept development. A wide array of components has been weighted to ensure the most optimal solution, seen in the light of sustainability and interaction with other essential building components. Various foundational methods have been assessed to ensure minimal intervention is made to the surrounding nature.

The resulting concept comprises several modules, whereby one is the main module and four are additional modules for optional expansion. The aforementioned solution ensures that the overall building is of the minimum viable size. The main module is 42 sqm., and is fully equipped with kitchen, living room, bathroom, one bedroom and a loft. Despite its modest size, the cabin is relatively spacious and boasts custom, multifunctional furniture.

To ensure minimal intervention to the surrounding terrain, an open screw-based foundation was selected. The chosen flooring is innovatively constructed, the walls have double truss and there is a gable roof with an insulation layer in the rafters. The solutions were selected with regards to their energy efficiency. The flooring, outer walls and roof can be prefabricated locally before being assembled at the construction site.

# Innholdsfortegnelse

<b>Forord</b> .....	<b>I</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>II</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>III</b>
<b>Innholdsfortegnelse</b> .....	<b>I</b>
<b>Begrepsliste</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>2</b>
1.1 <i>Bakgrunn</i> .....	2
1.1.1 Hyttehistorie .....	2
1.1.2 Nasjonalparken Næringshage AS .....	2
1.1.3 Grønn fjellhageby .....	3
1.1.4 Området .....	4
1.1.5 Kundesegment .....	6
1.2 <i>Problemdefinering</i> .....	7
1.2.1 Bakgrunn for valg av oppgaven .....	7
1.2.2 Problemstilling .....	7
1.2.3 Omfang og avgrensninger .....	8
1.3 <i>Oppgavens struktur</i> .....	8
<b>2 Metode</b> .....	<b>10</b>
2.1 <i>Litteratursøk</i> .....	10
2.2 <i>Workshop</i> .....	10
2.3 <i>Ekstern kompetanse</i> .....	11
2.4 <i>Konseptutvikling</i> .....	11
2.5 <i>ArchiCAD</i> .....	11
2.6 <i>SIMIEN</i> .....	12
<b>3 Teori</b> .....	<b>13</b>

3.1	<i>Bærekraft</i> .....	13
3.1.1	Bærekraftig bygging .....	13
3.1.2	Energieffektivitet.....	14
3.1.3	Trevirke som bærekraftig materiale .....	16
3.2	<i>Bæresystem</i> .....	16
3.2.1	Bindingsverk.....	17
3.2.2	Massivtre .....	18
3.2.3	Laft .....	20
3.3	<i>Konstruksjon</i> .....	21
3.3.1	Fundament .....	21
3.3.2	Gulv .....	24
3.3.3	Vegger .....	26
3.3.4	Vinduer og dører .....	28
3.3.5	Tak .....	30
3.3.6	Termisk sjikt .....	32
3.4	<i>Plassbygging vs. prefabrikering</i> .....	33
3.5	<i>Modul</i> .....	35
3.6	<i>Tekniske løsninger</i> .....	35
3.6.1	Solenergi .....	35
3.6.2	Ventilasjon.....	37
3.6.3	Oppvarming.....	38
3.6.4	EL.....	38
3.6.5	Vann og avløp .....	39
3.7	<i>Felleskap og samspill</i> .....	39
<b>4</b>	<b>Utvikling av konsept</b> .....	<b>40</b>
	Lover, forskrifter og standarder .....	40
4.1	<i>Bærekraft</i> .....	40

4.2	<i>Bæresystem</i> .....	41
4.3	<i>Konstruksjon</i> .....	43
4.3.1	Fundament .....	43
4.3.2	Gulv .....	44
4.3.3	Vegger.....	45
4.3.4	Vinduer og dører .....	47
4.3.5	Tak .....	48
4.3.6	Termisk sjikt .....	50
4.4	<i>Plassbygging vs. prefabrikking</i> .....	51
4.5	<i>Modul</i> .....	53
4.5.1	Modulsystem .....	53
4.5.2	Utførelse .....	54
4.5.3	Konstruksjon.....	55
4.6	<i>Tekniske løsninger</i> .....	56
4.6.1	Energiforsyning .....	56
4.6.2	Ventilasjon.....	56
4.6.3	Oppvarming.....	57
4.6.4	EL.....	57
4.6.5	Vann og avløp .....	58
4.7	<i>Felleskap og samspill</i> .....	58
4.8	<i>Design og inventar</i> .....	60
4.8.1	Fleksible planløsninger .....	61
4.8.2	Flerfunksjonelle møbler.....	62
4.8.3	Skifer .....	64
<b>5</b>	<b>Forskning og utvikling</b> .....	<b>65</b>
5.1	<i>Passivhusstandard på hytte</i> .....	65
5.2	<i>Skruefundament</i> .....	66



5.3	<i>Todelt veggløsning</i> .....	68
5.4	<i>Isostender</i> .....	69
5.5	<i>Innovativt gulv mot det fri</i> .....	70
<b>6</b>	<b>Resultater</b> .....	<b>73</b>
6.1	<i>Konsept</i> .....	73
6.2	<i>U-verdi</i> .....	74
6.3	<i>Dimensjonering</i> .....	74
6.4	<i>Fukt</i> .....	75
6.5	<i>Tegninger</i> .....	76
6.6	<i>SIMIEN</i> .....	77
<b>7</b>	<b>Drøfting</b> .....	<b>78</b>
7.1	<i>Metode</i> .....	78
7.1.1	<i>Planlegging og prosess</i> .....	78
7.1.2	<i>Litteratursøk</i> .....	79
7.1.3	<i>Utvikling av konsept</i> .....	80
7.2	<i>Konseptet bærekraftig modulhytte</i> .....	80
7.2.1	<i>Bærekraft</i> .....	80
7.2.2	<i>Modul</i> .....	80
7.2.3	<i>Byggteknikk</i> .....	81
7.3	<i>Innovativt gulv mot det fri</i> .....	82
7.4	<i>Veien videre</i> .....	82
<b>8</b>	<b>Konklusjon</b> .....	<b>84</b>
	<b>Figurliste</b> .....	<b>86</b>
	<b>Tabelliste</b> .....	<b>89</b>
	<b>Referanseliste</b> .....	<b>90</b>

## Begrepsliste

Begrep	Forklaring	
U-verdi	Varmegjennomgangstall, angir varmegjennomgangen per m <sup>2</sup> ved en temperaturforskjell på 1°C	(1)
Varmekonduktivitet	Mål på hvilken evne et materiale har til å lede varme, angis i W/(mK)	(2)
Varmemotstand	Mål på hvor godt et materiale isolerer mot varmegjennomgang, angis i m <sup>2</sup> K/W	(2)
TEK17	Byggteknisk forskrift, utgitt 2017	
NS 3700	Norsk Standard. Kriterier for passivhus og lavenergibygninger - Boligbygninger	
Passivhus	Hus med lavere energibehov enn hus bygget etter TEK17	
Energieffektivitet	Mål på hvor effektivt energien brukes til et nærmere angitt formål	(3)
Kuldebro	Parti av varmeisolert bygningsdel som har vesentlig dårligere isolasjon enn resten av bygningsdelen	(4)
Lekkasjetall	Antall luftutskiftinger per time ved overtrykk/undertrykk på 50 Pa	(5)
Termisk sjikt	I denne oppgaven: sperresjikt med vindsperre og dampspærre, i tillegg til varmeisolasjon.	
Termisk komfort	Komfort påvirket av temperatur, luftfuktighet og trekk	
Setninger	Langsom sammensynking i undergrunnen	(6)
Sandwich-element	Element med flere lag av ulike materialer	
c/c	Avstand midtpunkt til midtpunkt	
Småhus	Bolighus, maks to etasjer, maks 12 m bredt	(7)
Klimagasser	Gasser med negativ påvirkning på klimaet ved å virke inn på Jordens og atmosfærens strålingsbalanse	(8)
Livsløpsanalyse (LCA)	Analyse av et bygg eller ett materiale med tanke på miljøeffekt	
Lystransmisjon	Lysgjennomgang	
SINTEF	Selskapet for industriell og teknisk forskning	

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

### 1.1.1 Hyttehistorie

Nordmenn elsker å være på hytta, og den norske hyttehistorien starter allerede mot slutten av 1800-tallet. Etter unionsoppløsningen i 1814, ble det et stort fokus på nasjonsbygging, og man jaktet på det autentiske norske. Den norske hytte-tradisjonen startet da Turistforeningen begynte å etablere gårder og setre, på landsbygda og i utmarka, som feriedestinasjon for de som bodde i byen (9). Hyttelivet ble derimot sett på som et elitefenomen, men dette endret seg etter andre verdenskrig da velstanden økte og flere fikk ferie fra arbeidet (10). Hyttetrenden fortsatte å øke såpass mye, at på 1960-tallet var det blitt et massefenomen. Hyttelivet handlet om å komme seg vekk fra hverdagslivet, og å gjøre noe helt annet i mer landlige omgivelser.

Per i dag finnes det over 440 000 hytter og andre fritidsboliger i Norge (11). Den tradisjonelle hytta, som gjerne lå ensomt i uberørt natur, har blitt erstattet med en moderne versjon i «(...) tilrettelagte hyttefelt med god infrastruktur og nærhet til sportsanlegg og servicetilbud» (12). Gjennomsnittsstørrelsen har økt fra 30-40 m<sup>2</sup> til 96 m<sup>2</sup>, og mange bygger hytter med samme funksjoner som sine primærboliger. Moderniseringen har også ført til at mange velger å bygge store luksushytter, noe som ikke er særlig bærekraftig. Dermed har det oppstått et nytt behov for en mindre, mer bærekraftig hytte som tar i bruk naturomgivelsene. Denne henter inspirasjon fra den tradisjonelle hytta, samtidig som den ivaretar visse standarder av den moderne levemåten.

### 1.1.2 Nasjonalparken Næringshage AS

Nasjonalparken Næringshage AS er en del av Næringshagen bedriftsfellesskap, og er etablert for å skape et attraktivt kompetanse- og utviklingsmiljø i Oppdal og Rennebu. De samarbeider tett med disse kommunene for å legge til rette for, og støtte nyskapende idéer og aktiviteter som fremlegges av bedrifter i kommunene. Nasjonalparken Næringshage bidrar blant annet med bedriftsetableringer, økt

verdiskaping og økonomisk merverdi for bedrifter som er tilknyttet nærings- hagemiljøet. Visjonen deres er å skape et levedyktig og framtidsrettet næringsliv i distriktene (13).

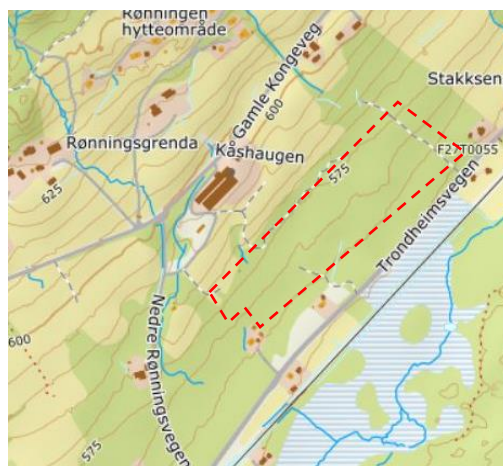
Nasjonalparken Næringshage er blant annet aktive med prosjektet *Kompetanseløft for bærekraftig fritidsnæring*. Prosjektet er et samarbeid med hytteutviklere, kommunale planleggere, lokalmatprodusenter, reiselivsnæringen og kompetanse- miljø. Kompetanseløftet skal bidra til at fritidsnæringen møter morgendagens krav og at det utvikles et kompetansemiljø på bærekraftig fritid (14).

### **1.1.3 Grønn fjellhageby**

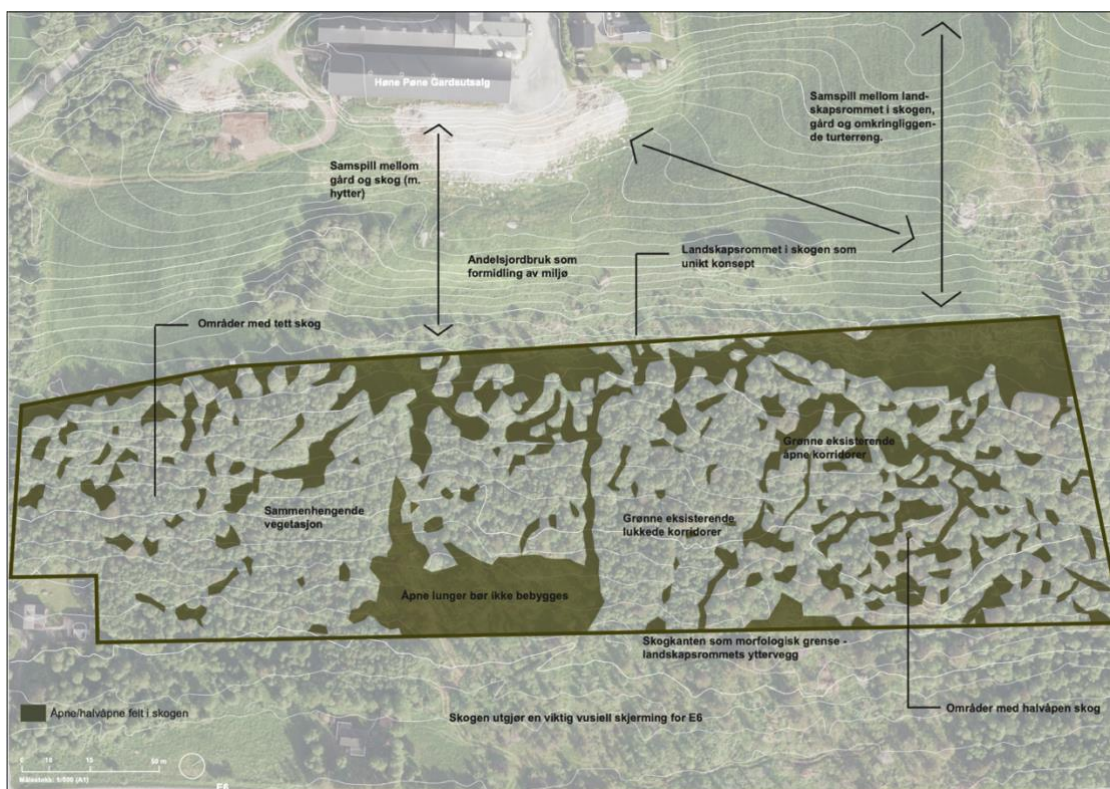
*Grønn fjellhageby* er et prosjekt under utvikling, i regi av Nasjonalparken Næringshage og Høne Pøne AS. Prosjektet skal sikte mot en mer bærekraftig tilnærming til utbygging av fritidsboliger. Bærekraft er sentralt når det gjelder både bygningene, bruken av dem og omgivelsene. Det er ønskelig at det gjøres så lite inngrep i naturen som mulig, noe som vil si at landskapet spiller en stor rolle for utviklingen av prosjektet. Området som er tiltenkt Grønn fjellhageby ligger i Oppdal og i tilknytning til gårdsbruk, skog og fjell.

### 1.1.4 Området

Området for det aktuelle prosjektet befinner seg i Oppdal kommune, ved Kåshaugen. Tomta har gårdsnummer 302, bruksnummer 3 og ligger omtrent 565-580 moh. Tomta ligger mellom Rønningslia Gard i Gamle Kongeveg og E6 Trondheimsvegen. Planlagt adkomstvei til området er fra Nedre Rønningsvegen. Området ligger i kort avstand fra Oppdal sentrum, som er omtrent 5 km unna og tilsvarer en 7-8 minutters biltur. Det er også busstopp rett ved innkjørselen til området, samt togstasjon i sentrum, som gir gode muligheter for kollektivtransport.



Figur 1: Kartutsnitt fra Kartverket. Området for tomta er markert i rødt.



Figur 2: Området for hyttefeltet. Utklipp fra «Oppsummering: Workshop landskap, Nasjonalparken Næringshage».

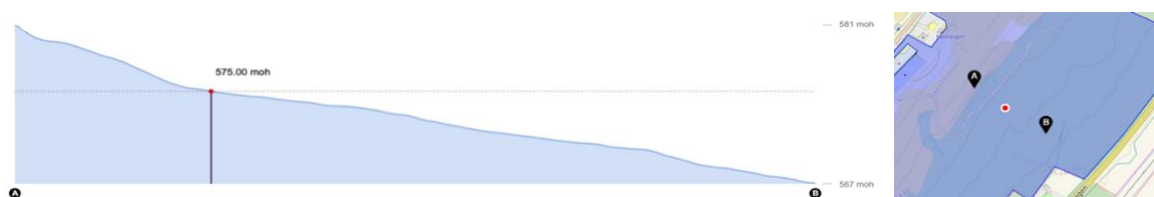
Området er preget av frodig skog med sammenhengende vegetasjon, men også åpne lunger. Skogen består hovedsakelig av løvtrær med innslag av bartrær.

Grunneier har et ønske om å ivareta mest mulig vegetasjon, spesielt karakteristiske trekk ved området som store steiner, gamle trær og naturlige rom mellom trærne. Dermed etterstrebes det at de åpne lungene bevares, og ikke bebygges. Dette vil ikke bare være til fordel for estetikken, men også med tanke på bærekraft.



Figur 3: Åpent område, stor stein og tett skog i det aktuelle området. Foto: Helga Margaretha Hognestad.

Skogen fungerer som morfologisk grense, og utgjør en yttervegg for landskapsrommet. I tillegg gir den naturlig visuell skjerming mot E6 og bevarer det landlige uttrykket i kontrast til hovedveien. For øvrig må det støyskjermes fra hovedveien, da skogen ikke skjermes særlig mot trafikkstøy. Terrenget i området er relativt flatt, med høydeforskjell på 14 m fra høyeste til laveste punkt, noe som kommer godt frem på Figur 4. Dette gir gode muligheter for fundamentering med lite terrenginngrep, uten særlig høydeforskjell.



Figur 4: Terrengprofil og referanseområde. Hentet fra: kommunekart.com.

Tomta ligger mellom flere etablerte hyttefelt, som gjør at det allerede er tilrettelagt for friluftaktiviteter. Om vinteren er det gode skimuligheter, med flere oppkjørte skiløyper. I tillegg har Oppdal skisenter tre ulike anlegg hvor man kan stå alpint. Om sommeren finner man flere turstier, og fjellet Stølhøa rett ovenfor med turmuligheter. Det er også satt fokus på å etablere et godt samspill mellom gård og skog med hytter, ved å åpne muligheten for å leie og dyrke jord fra gården. Samtidig er byen nær, med et rikt kulturliv. Man kan handle, spise på restaurant, benytte seg av underholdningstilbud osv.



*Figur 5: Området ligger i tilknytning til Rønningslia Gard, fjell og andre hytteområder. Jorden kan leies og dyrkes.  
Foto: Helga Margareta Hognestad.*

### **1.1.5 Kundesegment**

Det ble holdt en workshop i regi av Nasjonalparken Næringshage, angående forretningsmodell, verdiløfte og kunde. Her ble det blant annet diskutert hvem som er målgruppen. Hyttene kan benyttes av alle, men er først og fremst beregnet for nyetablerte familier. Det er tenkt at kjøperne skal være av den yngre generasjonen med små barn, som bor i byen. Kjøperne er miljøbevisste, og er interesserte i å bo og leve bærekraftig. De er også opptatte av delings- og sirkulærøkonomi. For å skape et felleskap er det ønskelig at det skal være par eller familier som er sosiale.

## 1.2 Problemdefinering

### 1.2.1 Bakgrunn for valg av oppgaven

Innad i gruppen var det et felles ønske om å skrive en oppgave der byggteknikk og bærekraft var i fokus. Via faglærer i emnet Husbyggingsteknikk 2, Bozena Dorota Hrynyszyn, fikk gruppen kjennskap til Nasjonalparken Næringshage og noen av deres prosjekter. I etterkant av presentasjonen tok gruppen kontakt med Asgeir Meland for å høre mer om aktuelle bacheloroppgaver, og det ble avtalt at det skulle skrives en oppgave i tilknytning til deres prosjekt *Grønn fjellhageby*. Da dette prosjektet handler om bærekraftig hytteutvikling var dette midt i blinken for gruppen. Sammen med intern og ekstern veileder ble det bestemt at oppgavens fokus skulle være på selve hyttene som skal ligge i Grønn fjellhageby. Dette innebærer prosjektering av et forslag til en bærekraftig hytte.

### 1.2.2 Problemstilling

Ut ifra premissene gitt fra ekstern og intern veileder er det kommet frem til følgende problemstilling: «*Utvikling av et bærekraftig og fleksibelt hyttekonsept*».

Opgaven skal besvare følgende spørsmål:

- *Hvordan kan hytter bygges arealeffektive og samtidig fleksible, slik at de kan tilpasses etter kundens behov?*
- *Hvorfor og hvordan skal hytter prosjekteres med tanke på energieffektivitet?*
- *Hvordan kan naturinngrep minimeres ved utbygging av et nytt hyttefelt?*
- *Hvordan vil fokus på bærekraft påvirke materialvalg?*
- *Hvordan skape felleskap og samspill i et hyttefelt ved hjelp av delingsfunksjoner?*



### **1.2.3 Omfang og avgrensninger**

Oppgaven handler om et reelt hyttefelt lokalisert i Oppdal. Gjennom denne rapporten vil et forslag til et hyttekonsept presenteres. På grunn av tidsbegrensningene som er gitt, vil denne oppgaven kun ta for seg utviklingen av én hytte, men det er tenkt at ca. 40 enheter skal plasseres i hyttefeltet. Hytta kan også plasseres andre steder i Norge.

Hytta utformes med hovedfokus på byggtekniske detaljer. Bæresystemet dimensjoneres, men bør kontrolleres av konstruksjonsingeniører. Prosjekteringen vil ikke være fullstendig, da for eksempel VVS- og EL-tegninger ikke produseres. Oppgaven nevner også et fellesbygg og felles uteområder, men disse prosjekteres ikke videre.

Det vil ikke bli gjort noen pris- eller masseberegninger. Da klimagassregnskap og livsløpsanalyser er svært omfattende, vil dette utelates fra denne rapporten. Nødvendig energibehov vil kun beregnes forenklet ved hjelp av simuleringsprogram.

## **1.3 Oppgavens struktur**

Oppgaven er bygget opp av åtte kapitler, med tilhørende delkapitler. Innledningskapittelet gir en kort innføring i bakgrunnsmateriale for oppgaven, samt problemdefinering med omfang og avgrensninger. Kapittelet om metode dreier seg om hvordan gruppen har hentet inn relevant informasjon og hvilke metoder som er benyttet for å angripe problemstillingen.

Teorikapittelet tar for seg all relevant teori for valgene som er tatt i påfølgende kapittel om utviklingen av konseptet. Disse kapitlene er bygget opp med samsvarende delkapitler. I teoridelen er det belyst fordeler og ulemper slik at det lett kan tas valg i det neste kapittelet. Under «4 Utvikling av konsept» er valgene begrunnet.

Videre følger kapittelet om forskning og utvikling. Her presenteres informasjon og forskning som er gjort angående noen av de mer sjeldne løsningene som er benyttet

i oppgaven. I tillegg presenteres egen forskning rundt en byggteknisk detalj som gruppen selv har jobbet med å videreutvikle.

I det neste kapitlet presenteres resultatene. Dette innebærer det totale konseptet, samt konkrete resultater fra diverse beregninger som er gjennomført.

Drøftingskapitlet er en drøfting av prosjektoppgaven. Dette inkluderer en drøfting rundt metode, det endelige resultatet og hva som må jobbes mer med ved videreføring av oppgaven. Til slutt presenteres konklusjonen som oppsummerer oppgaven og gir tydelige svar på spørsmål stilt i sammenheng med problemstillingen.

## 2 Metode

### 2.1 Litteratursøk

Ved oppstart av prosjektoppgaven ble det gjort litteratursøk for å innhente relevant informasjon til oppgaven. Det ble blant annet benyttet søketjenesten Oria, som søker i alle universitets- og høyskolebibliotek, samt Google Scholar. Det er i stor grad forsøkt å benytte kilder som er oppdaterte og som er skrevet av legitime forfattere. Dette gjelder kilder fra seriøse fagområder og fra relevante forsknings-institusjoner, som for eksempel SINTEF. Det er også forsøkt å benytte primærkilder fremfor sekundærkilder. Det har likevel vært aktuelt å bruke tidligere student-oppgaver med relevant innhold. Når det har vært vanskelig å finne relevant informasjon har også søkemotoren Google benyttet. Hver kildes pålitelighet er nøye vurdert for å sikre kvalitet på arbeidet.

I tillegg til nettbaserte søkemotorer har det også vært relevant å bruke fagbøker, standarder og veiledere. Dette gjelder for eksempel *Trehus Håndbok 5*, *SINTEF Byggforskserien* og TEK17. Bladene som publiseres i Byggforskserien oppdateres kontinuerlig og kvalitetssikres av interne og eksterne fagmiljøer. Løsningene i Byggforskserien kan benyttes over hele landet og det oppfyller alle kravene i TEK17 (15).

### 2.2 Workshop

I løpet av prosjektfasen har gruppen hatt interne workshoper. Disse har vært en del av prosessen for å komme med idéer og utvikle konseptet. Gruppen har holdt workshoper om bærekraft og bæresystemet til hytta, samt hvordan den skulle utformes og se ut. Noen av workshopene har strukket seg over flere dager for å komme frem til aktuelle løsninger. Som utgangspunkt har gruppen først jobbet hver for seg med individuelle tanker og idéer rundt det aktuelle temaet. Deretter har gruppen diskutert og sammenfattet de beste forslagene.

## 2.3 Ekstern kompetanse

Gjennom ekstern kompetanse er det sørget for god og pålitelig informasjon. Asgeir Meland fra Nasjonalparken Næringshage har bidratt med innspill rundt oppgaven, og videresendt nyttige dokumenter og annen informasjon. Rune Johnsen, administrerende direktør i Støren treindustri AS, har også kommet med relevante opplysninger. Det er i tillegg opprettet kontakt med grunneier og utbygger, Kirsten Aune Grønset, som under befaring av området fortalte om tomten, samt egne tanker rundt prosjektet. Arita Elin Stene, arealplanlegger i Oppdal kommune, har informert om manglende reguleringsbestemmelser og henvist til kommunens arealdel med tilhørende bestemmelser. I forbindelse med simuleringer i SIMIEN har gruppen hatt kontakt med Liv Høijorde Svare i Rambøll.

## 2.4 Konseptutvikling

Gjennom denne oppgaven er det utviklet et hyttekonsept basert på relevant teori. Valg av løsninger ble tatt på bakgrunn av kundens behov og ønske fra oppdragsgiver. Gjennom prosjektperioden ble det samlet inn relevant informasjon. Etter analyse og diskusjon ble elementene i hytta bestemt. Det ferdige resultatet er en hytte bestående av alle elementene. Bygget er i henhold til *Byggteknisk forskrift* og *Plan- og bygningsloven*, og det er benyttet preaksepterte løsninger fra SINTEF der det var mulig. Hytta beskrives med tegninger og tilhørende forklarende tekst.

## 2.5 ArchiCAD

For å lage alle tegninger inkludert plan-, fasade-, detalj-, snitt- og 3D-tegninger har gruppen benyttet BIM-verktøyet ArchiCAD 24 fra Graphisoft. ArchiCAD benyttes til å tegne modeller og produsere tegninger med norske maler. I tillegg gir programmet også lister over bygningselementene, som kan benyttes til masse- og prisberegning. For høykvalitetsrenderinger er det brukt 3D- og visualiseringsprogrammet Twinmotion, også fra Graphisoft.

## **2.6 SIMIEN**

SIMIEN er et energiberegningsprogram som gjennomfører simuleringer av energibehov. Ved å legge inn bruksareal og alle komponenter med tilhørende U-verdi, validerer programmet inneklima og dimensjonerer oppvarmingsanlegg, ventilasjonsanlegg og romkjøling. SIMIEN brukes også til å kontrollere bygningen opp mot energikravene som stilles i TEK17 og NS 3700. I tillegg kan programmet benyttes til å energimerke bygningen.

## 3 Teori

### 3.1 Bærekraft

Begrepet bærekraft har flere definisjoner, men brukes som regel i sammenheng med bærekraftig utvikling. Bærekraftig utvikling handler om menneskehetens evne til å utnytte ressursene for å «(...) tilfredsstillere dagens behov uten å ødelegge fremtidige generasjoners muligheter til å tilfredsstillere sine behov» (16).

#### 3.1.1 Bærekraftig bygging

Byggebransjen har i lang tid vært en versting innenfor klima- og miljøutfordringer. Bygg og anlegg medfører, ifølge forskningsrådet, omtrent 40 % av alle klimagassutslipp internasjonalt og det bygges stadig med materialer som utgjør stort utslipp. I Norge står drift av bygninger for 1/3 av den totale energibruken (17). Likevel er det i dag et nytt fokus på bærekraft, og mange bedrifter setter seg mål om hvordan de kan forbedre byggebransjen med hensyn til energibruk, klimagassutslipp og miljø. Dermed er det for tiden høyst aktuelt med bærekraftig utbygging. Dette begrepet omhandler blant annet å bygge med lave utslipp, med miljøvennlige materialer og så energieffektivt som mulig.

For å måle hvor bærekraftig et prosjekt er, kan man benytte seg av en livsløpsanalyse (LCA). Her vurderes hele livsløpet til et prosjekt fra start til slutt, som innebærer produksjon og transport av materialer, bygging, bruk i hele byggets levetid samt eventuell riving (18). Slik kan man evaluere de miljømessige konsekvensene av et prosjekt, og dermed ta et gjennomtenkt valg angående byggeteknikk og materialer.

For at et bygg skal kunne kalles bærekraftig er det viktig at man bruker lavutslippsmaterialer, samt at de er kortreiste. Et bærekraftig bygg innebærer også at byggingen ikke utgjør et stort naturinngrep. Dermed bør bygget være så areal-effektivt som mulig, og helst stå på et fundament som etterlater minst mulig fotavtrykk ved eventuell flytting eller riving.

De tekniske løsningene er også en viktig del av bærekraftperspektivet. Energi til ventilasjon, oppvarming og andre installasjoner bør komme fra fornybare energikilder som for eksempel vind eller sol.

### 3.1.2 Energieffektivitet

En energieffektiv bygning vil også være bærekraftig. Energieffektivitet defineres i denne oppgaven som hvor effektivt bygningen utnytter energien i løpet av hele bruksfasen. Dette inkluderer levert energi til for eksempel oppvarming og ventilasjon, samt generert fornybar energi som soloppvarming og dagslys (19).

For å få et energieffektivt bygg er det viktig at bygningselementene har lav U-verdi. U-verdien måler hvor lett varmen trenger gjennom en bygningskomponent. Denne verdien beregnes ut ifra varmekonduktivitet og varmemotstand (2). Lav U-verdi vil føre til at varmen holder lenger inne i bygget, og dermed reduseres energi-behovet til oppvarming. 85 % av energiforbruket i trehus er knyttet til drift og oppvarming (20, s.44). For å sikre at U-verdien er god trenger man tilstrekkelig mengde isolasjon. I tillegg må det være minimalt med kuldebroer.

Minimumskrav fra TEK17:

<b>U-verdi yttervegg [W/(m<sup>2</sup> K)]</b>	<b>U-verdi tak [W/(m<sup>2</sup>K)]</b>	<b>U-verdi gulv på grunn og mot det fri [W/(m<sup>2</sup> K)]</b>	<b>U-verdi vindu og dør inkludert karm/ramme [W/(m<sup>2</sup> K)]</b>	<b>Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell (luftveksling per time)</b>
≤ 0,22	≤ 0,18	≤ 0,18	≤ 1,2	≤ 1,5

Figur 6: Minimumskrav til energieffektivitet i TEK17 §14-3 (1) a.

Egenskap	Passivhus W/(m <sup>2</sup> ·K)	Lavenergibygning W/(m <sup>2</sup> ·K)
U-verdi yttervegg <sup>a</sup>	0,10 – 0,12	0,15 – 0,16
U-verdi tak <sup>a</sup>	0,08 – 0,09	0,10 – 0,12
U-verdi gulv <sup>a, b</sup>	0,08	0,10 – 0,12
<sup>a</sup> U-verdi regnes som gjennomsnittsverdi for de ulike bygningsdelene. <sup>b</sup> U-verdi for gulv er en ekvivalent varmegjennomgangskoeffisient som inkluderer varmemotstanden i grunnen og redusert varmetransport gjennom gulv mot uoppvarmede rom/soner.		

Figur 7: Typiske U-verdier for yttervegg, tak og gulv for passivhus og lavenergibygninger fra NS 3700:2013.

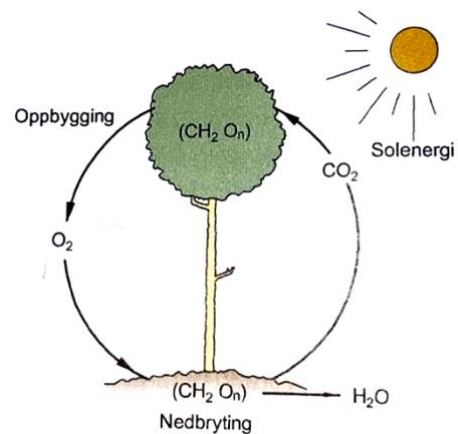
Energieffektiviteten påvirkes også av byggets form og orientering. Et kompakt hus med lavt utvendig areal fordelt på oppvarmet volum vil kreve mindre energi til oppvarming. Ved å orientere huset i riktig retning kan man også benytte solen som oppvarming. Oppholdsrom som kjøkken og stue bør ligge mot sør der det er sol tilnærmet hele dagen. Soverom bør ha vinduer mot nord, for å ha det svalt på kvelden.

Energieffektive bygninger kan deles inn i flere forskjellige kategorier. Passivhus er bygninger som utnytter energien på en mer effektiv måte enn et vanlig hus som er bygget etter energikravene i *Byggteknisk forskrift*. Nullenergihus produserer sin egen fornybare energi i tillegg, slik at produsert energi tilsvarer energibehovet. Plusshus tar det et skritt lenger og produserer mer energi enn energibehovet (19). Det er ofte litt dyrere å bygge energieffektive bygninger, men det har til gjengjeld veldig lave driftskostnader.



### 3.1.3 Trevirke som bærekraftig materiale

På grunn av store, mangfoldige skoger i Norge er tre et populært valg når det kommer til byggemateriale. Trevirke medfører generelt få negative miljøpåkjenninger, da det er et fornybart materiale. Tre inngår i det naturlige karbonkretsløpet, som inneholder fotosyntese, respirasjon, nedbrytning og forbrenning. Trevirke bidrar til å redusere mengden CO<sub>2</sub> i atmosfæren, fordi det har evnen til å fange opp og lagre dette. Dette påvirker i tillegg klimaforandringene i positiv retning (21).



Figur 8: Karbonkretsløp i skog (20, Figur 3.2.1).

I Norge brukes det omtrent 10 millioner m<sup>3</sup> tømmer hvert år, og landet er spesielt flinke på å utnytte råstoffet nærmest 100 %. Avfallet, som flis, spon, kapp og vrak, benyttes til å produsere andre varer, eksempelvis papir og bygningsplater. Dette er til fordel for bærekraft- og miljøperspektivet. Avfallet benyttes også til energi-produksjon. Dersom man overflatebehandler treet med ulike kjemikalier, for eksempel maling og impregnering, vil dette påvirke materialets livsløp og dermed også den totale miljøpåkjenningen. Import av trevirke fra andre land, samt transport på tvers av Norge, vil også belaste miljøet dersom transportmidlene bruker fossilt brensel som drivstoff (20, s.86-87).

## 3.2 Bæresystem

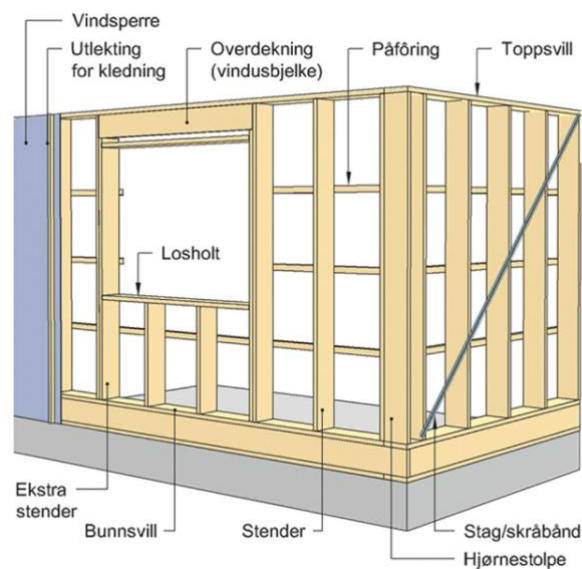
Valg av byggets bærekonstruksjon er essensielt for å oppnå gode løsninger med tanke på planløsning, rominndeling og arkitektur. I småhus er det vanligst å bruke bæresystem av tre, mens i større bygg kan stål og betong også være aktuelt (20, s. 14). Likevel kan stål og betong benyttes i småhus, i form av for eksempel søyler og dragere.

Trevirke er enkelt å produsere, i tillegg til at råmaterialene i stor grad er tilgjengelige lokalt. Stål og betong krever lengre prosesser ved fremstilling og produksjon. Tre,

stål og betong har alle gode styrkeegenskaper. Sett opp mot egenvekt er tre og stål bedre, da betong veier mer. Tre har god varmeisolerende evne, og vil dermed gi lavere varmetap gjennom kuldebroer sammenlignet med stål og betong (20, s.87). Derimot vil stål og betong være mer bestandig mot vær og fukt, da det lett kan oppstå råte- eller soppkader i tre. Tre er også mer brennbart enn stål og betong.

I småhus er det vanligst med bæresystem av tre. De mest aktuelle bæresystemene i tre er bindingsverk, massivtre og laft.

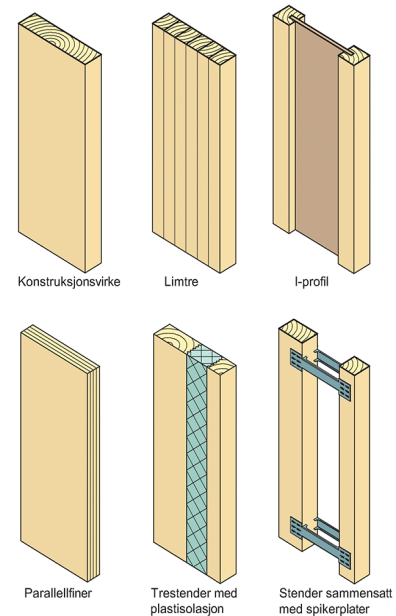
### 3.2.1 Bindingsverk



Figur 9: Bindingsverk av tre (7).

Bindingsverk, også kalt stenderverk, er standard konstruksjonssystem for trehus i Norge. Bindingsverk er en rammekonstruksjon som består av vertikale trestendere, vanligvis med c/c 600 mm. Stenderne festes i topp- og bunnsviller og forsterkes i åpninger med losholt og overdekning (20, s. 177). I tillegg legges det inn spikerslag der dette er nødvendig.

Til bindingsverk brukes som oftest konstruksjons-trevirke, som er en lett tilgjengelig og billig stendertype (22). Figur 10 viser andre aktuelle stendertyper. Dersom vegger har høye krav til varmeisolasjon, kan sammensatte profiler være et godt alternativ (7).

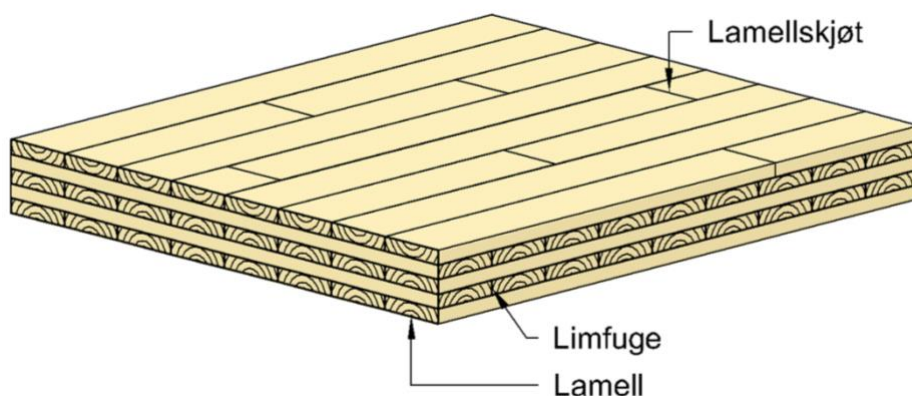


Figur 10: Stendertyper i bindingsverk (7).

En fordel med bindingsverksvegger er at man får en lett konstruksjon. Dersom bygget består av flere etasjer kan flanketransmisjon, altså lydoverføring mellom tilstøtende konstruksjonsdeler, bli et problem. Da tre er et lett materiale, kan konstruksjonen lett bli satt i sving og flankere.

Bindingsverksvegger kan ha dobbelt bindingsverk. Ved utvendig bæring er det innerste bindingsverket kun isolerende. Ved kombinert bæring bæres etasjeskillere av innervegger, mens ytterveggene bærer tak, snølast, vindlast og egenlast. Ved innvendig bæring tar innerveggen alle de vertikale lastene, mens ytterveggen tar vindlasten. I todelte løsninger er det også mulig å benytte seg av massivtre, i kombinasjon med bindingsverk.

### 3.2.2 Massivtre



Figur 11: Massivtreelement (89).

Massivtre er elementer for bruk til etasjeskillere, vegger og tak. Massivtreelementer produseres ved at flere lag med planker skrues, limes eller festes sammen med

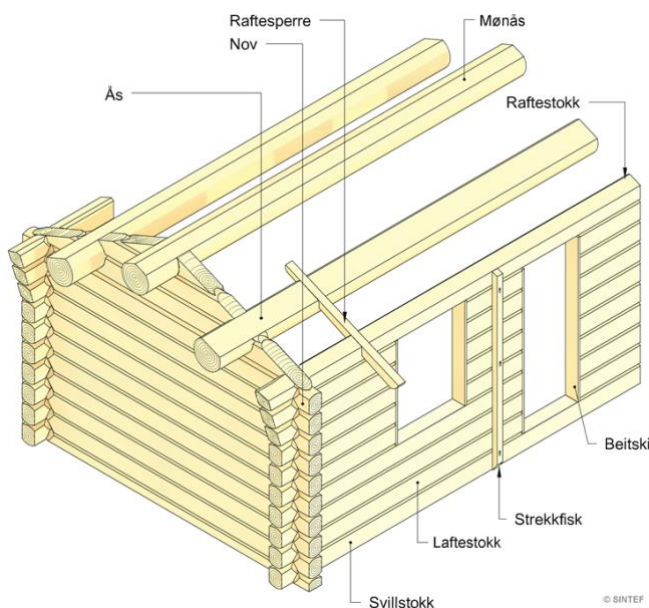
treplugger. De ulike lagene legges som regel på tvers av hverandre, som gjør at elementene blir svært sterke og stabile. Det produseres også kantstilte massivtre-elementer, der plankene forbindes sammen på høykant, og hulromselementer der det er et hulrom mellom de ytterste lagene (23). Massivtre produseres ofte av de delene på tømmerstokken som har lavest kvalitet. Produksjon av massivtre-elementer vil derfor bidra til økt utnyttelse av råmaterialet, noe som bidrar til redusert svinn (24).

Bruken av massivtre øker stadig i Norge, mye på grunn av et høyere klima- og miljøfokus og en større satsing på bruk av tre som byggemateriale. Likevel var kun 2,5 % av massivtreet benyttet i 2016 norskprodusert. Resten av forbruket ble importert fra land som Tyskland, Østerrike og Litauen (25). Dette fører til økte transportkostnader, og økte utslipp som følge av transporten. En ulempe med massivtre er derfor at det som regel er dyrere enn tradisjonelt stenderverk, slik produksjonen ser ut i dag (26).

Produksjonen av massivtreelementer krever lite energi, og gjenbruk og resirkulering av materialet er enkelt. Massivtreelementer bidrar også til et godt miljø både i byggeperioden på byggeplassen, og i bruksfasen. Eksponerte treoverflater bidrar til å jevne ut den relative luftfuktigheten og temperaturen i bygget. Dette kan gi en gevinst med tanke på termisk komfort og energibruk (27).

Det er flere fordeler ved massivtre. For det første er det fleksibelt, noe som innebærer at det er lett å bearbeide. Dette gir også en høy presisjonsgrad, og det er raskt å montere på byggeplass. Massivtre har god lufttetthet, isolasjonsevne og bedre brannmotstand enn for eksempel bindingsverk (28,29). Det kan derimot oppstå fuktproblemer under transport, lagring og montering dersom tildekningen ikke er tilstrekkelig (28).

### 3.2.3 Laft



Figur 12: Laftet bygning med åstak og raftesperre (30).

Laft er en gammel, tradisjonell byggeteknikk hvor tømmerstokker stables oppå hverandre horisontalt. I hjørnene skjæres det underhogg og overhogg i stokkene, og de kryssegges slik at de låses til hverandre. Sammenføyningene kalles nov eller laft. Tømmerstokkene er ofte av typen gran eller furu, da disse tresortene har god holdbarhet og bestandighet for vær og vind (30).

Fordelen med laft er at tømmeret skaper et svalt inn klima om sommeren, og isolerer om vinteren. Laft gir også et tradisjonelt og karakteristisk uttrykk, noe mange ønsker seg på hytta. Ved bygging av nye laftehus eller -hytter, er det vanlig at produksjonsprosessen forgår inne under tak i kontrollerte omgivelser. Dette innebærer at alle stokkene tilpasses og bygges sammen på forhånd, slik at man har et komplett byggesett på byggeplassen. Dette fører til kortere tid og mindre jobb på byggeplassen.

Ulempene med lafting er at bygget som regel vil få setninger av betydelig karakter. Treverket vil utvide seg ved høy fuktighet, og krympe igjen når det tørker. Det er også en reell fare for oppsprekking av treverket ved uttørking, som kan føre til råtesopp, økt varmetap i veggene og redusert levetid. Ved slagregn er laftede bygg utsatt, da man ofte får problemer med lekkasjer (30).

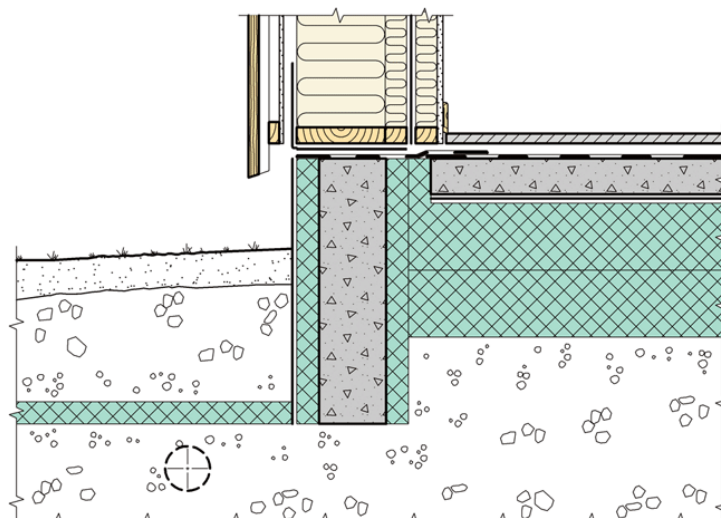
Grunnet bevegelser i treet er det vanskelig å oppnå god lufttetthet i overgangene til de forskjellige bygningselementene, samt rundt vindu og dør. Følgelig er det gitt lavere minimumskrav til energieffektivitet og lekkasjetall i TEK17. Laftede bygg krever også derfor mer energi i driftsfasen enn mer moderne bygg.

### 3.3 Konstruksjon

#### 3.3.1 Fundament

Fundamenteringssystem må tilpasses etter tomt og grunnforhold. Ved valg av fundamentering bør terrenginngrep og estetikk tas i betraktning.

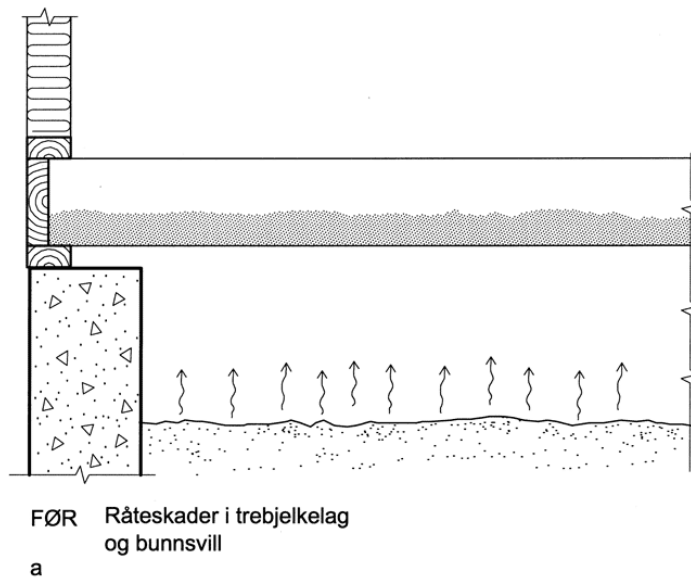
#### Gulv på grunnen med ringmur



Figur 13: Gulv på grunnen med med ringmur av betong (84).

For småhus er gulv på grunnen med ringmur av betong en vanlig fundamenterings-type, som er godt egnet for flate tomter. Denne metoden krever lite inngrep i terrenget. Gulv på grunnen er en varme- og fuktteknisk god løsning, dersom det sikres tilstrekkelig mot kuldebroer, kalde gulv mot ytterveggene, fukt og teleskader. Beliggenhet og klima i området, samt grunnforhold, bestemmer isolasjonstykkelsen (20, s. 166). Det er også mulig å ha gulv på grunnen uten ringmur, som kan kalles plate på mark. Dette vil være gunstig med tanke på fukt, forutsatt at platen har fuktsperre.

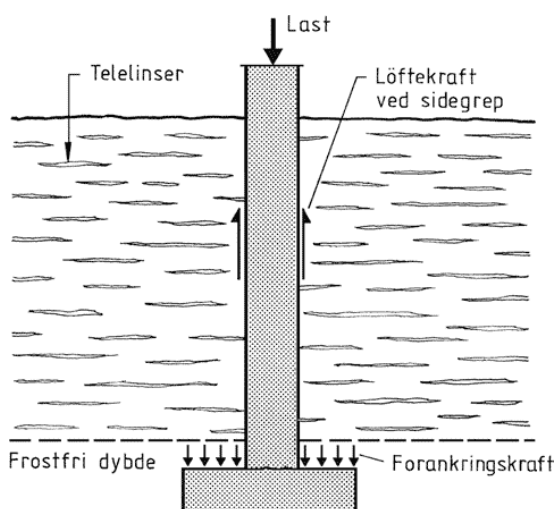
## Ringmur med ventilert kryperom



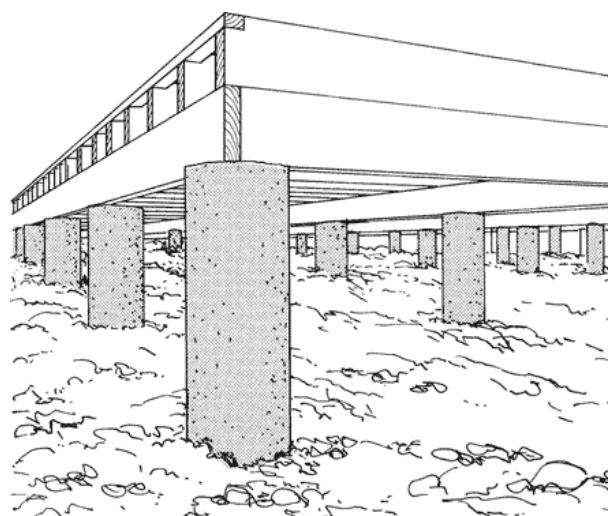
Figur 14: Ventilert kryperom med ringmur (85).

En annen type fundamentering som kan være aktuell i et kjellerløst bygg er ringmur av betong med ventilert kryperom. Denne typen anbefales ikke for permanente boliger, men kan benyttes i fritidsboliger, midlertidige bygg og prefabrikkerte moduler. Det er stor fare for fuktskader i bjelkelaget over kryperommet, spesielt om bygget står på flat og fuktig jord. Dersom man velger ringmur med ventilert kryperom, er det viktig at muren fundamenteres i frostfri dybde eller markisoleres tilstrekkelig. I tillegg må det være ventiler i hvert hjørne for god luftveksling, og det må dreneres for å hindre fuktig grunn (20, s. 162).

## Åpen fundamentering med pilarer, grunnmursstriper eller rammede pæler



Figur 15: Pilarer av betong illustrert under grunnen (86).



Figur 16: Pilar av betong illustrert over grunnen (86).

Åpen fundamentering er en fordelaktig løsning, dersom man ønsker å minimere naturinngrepet. Metoden innebærer fundamentering med pilarer, grunnmursstriper eller rammede pæler. Åpen fundamentering gir et uteklima under gulvet og utgjør dermed mindre risiko for fukt enn eksempelvis ringmur med ventilert kryperom. Likevel vil uteklimaet gi en viss fare for fuktskader, da hulrommet under gulvet blir utsatt for fuktig klima forårsaket av vær og terreng. En annen utfordring er kalde gulv og trekkproblemer, som kan resultere i et høyt energiforbruk (20, s. 162). I telefarlig grunn er det essensielt at pilarene forankres i frostfri dybde, slik at de ikke løftes opp av telehiv. Redusert fundamenteringsdybde kan derimot oppnås dersom det markisoleres (20, s. 171-172).

### Åpen fundamentering med skruefundament



*Figur 17: Skruefundament festet i bjelkelag (87).*

En nokså ny fundamenteringsmetode er skruefundamenter. Skruen har lang holdbarhet og kan lett skrues opp og flyttes, noe som gagnar miljøet og ønsket om redusert naturinngrep. Skruefundamentene fungerer på den måten at de komprimerer jorda rundt seg og drives dermed ned (31).





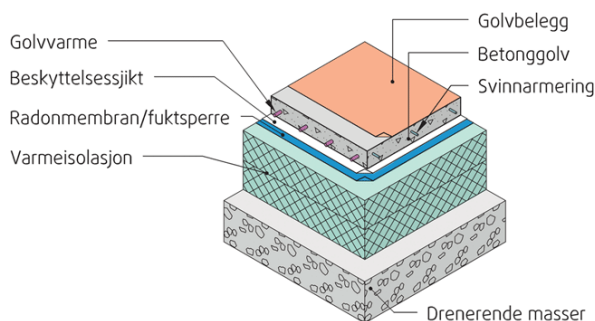
Figur 18: Skruefundament (59).

Denne type fundamenteringsmetode har rask og presis montering. Skruen er like sterk og stabil som en betongpilar, og kan ha like lang levetid. I tillegg er det et kostnadmessig godt alternativ. I likhet med åpen fundamentering med pilarer, grunnmursstriper eller rammede pæler, vil skruefundament også ha fuktproblematikk (31).

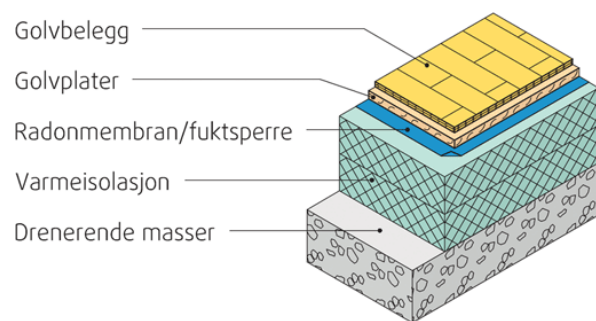
### 3.3.2 Gulv

Valg av gulv avhenger av hvilken type fundamenteringsmetode som brukes. Det stilles eksempelvis ulike krav for gulv som er på eller over grunnen.

#### Gulv på grunnen



Figur 19: Gulv på grunnen med støpt betongplate (84).

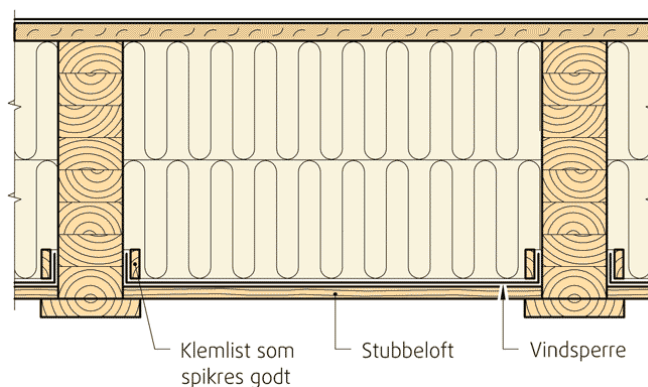


Figur 20: Gulv på grunnen med lett flytende gulv (84).

Gulv på grunnen kan enten være en støpt betongplate eller et lett flytende gulv. Som underlag for begge konstruksjonene legges det drenerende masser etterfulgt av

egnet trykkfast isolasjon, for eksempel ekstrudert polystyren (XPS), og fuktsperre/radonmembran. Betongoverflaten kan være eksponert eller den kan dekkes til med ønsket gulvbelegg. Et lett flytende gulv uten betong bygges opp av gulvplater og gulvbelegg over isolasjonen. Denne gulvkonstruksjonen er mindre utsatt for byggfukt og det tar raskere tid å legge (20, s. 166-168).

## Trebjelkelag



Figur 21: Etasjeskiller med trebjelkelag mot det fri (32).

Dersom det benyttes åpen fundamentering eller fundamentering med ventilert kryperom er det aktuelt å benytte trebjelkelag. Et trebjelkelag kan bygges opp av bjelker av konstruksjonstrevirke eller limtre. I-bjelker og fagverksbjelker er også et alternativ. De førstnevnte gir de enkleste monterings- og konstruksjonsdetaljene, grunnet et rektangulært, massivt tverrsnitt, mens I-bjelkene og fagverksbjelkene gir enklere installasjon av rør og kanaler.

Over trebjelkelaget kompletteres gulvet med et undergulv og gulvbelegg (20, s.223-224). På undersiden, mot terrenget, må bjelkelaget ha en vindsperre og et stubbeloft av plater eller bord for å holde isolasjonen på plass. Stubbeloftet gir også en beskyttelse og understøtting av vindsperren (32). Det er viktig at det er kontinuitet mellom lufttettingen i trebjelkelaget og ytterveggen for å hindre at kald luft trenger inn i gulvet (20, s. 235).

Et alternativ til trebjelkelag er massivtreelementer. Det er imidlertid ikke utviklet preaksepterte og godkjente løsninger på massivtredekke mot det fri. Ved bruk av massivtreelementer må simuleringer og beregninger med tanke på kondens, fukt og varmeisolering gjennomføres (33).

### 3.3.3 Vegger

Den bærende konstruksjonen vil som nevnt tidligere bestå av enten bindingsverk, massivtre eller laft. Ytterveggene er som regel bærende, og tar opp de vertikale lastene eksempelvis fra snø på taket.

Oppbyggingen av veggen vil variere etter valg av bærende konstruksjon, geografisk plassering av byggverket og ønskede egenskaper.

Ytterst på en bindingsverksvegg er det utvendig kledning etterfulgt av en type vindspærre. Disse to vil fungere som en regnskjerm. Mellom disse er det et luftrom som ventilerer og drenerer veggen. Så kommer bindingsverket med isolasjon mellom stenderne. Innerst er dampspærre, eventuell påføring til rør- og kabelføring og til slutt innvendig kledning (34).

I en yttervegg av massivtre vil det, i likhet med en bindingsverksvegg, være en lektet utvendig kledning etterfulgt av en vindspærre. Så følger et isolasjonssjikt og selve bærekonstruksjonen av massivtre (35). Dermed vil massivtreet også fungere som innvendig kledning. En slik vegg trenger ikke dampspærre da massivtreelementet vil fungere som dampspærre dersom det har en tykkelse på over 80 mm (36).

I laftede hytter består veggen tradisjonelt sett bare av tømmeret. For å bedre energieffektiviteten til et laftet bygg er det et alternativ å isolere på enten innsiden eller utsiden av bygget, men dette vil endre uttrykket bygning har. Hvis bygningen er plassert på et sted med mye slagregn, kan man med fordel kle huset med utvendig kledning som er lektet ut (30).

Veggene må oppfylle kravene i TEK17 og være utformet på en slik måte at nedbør, overflatevann og luftfuktighet ikke trenger inn (37). Fuktskader kan føre til blant annet råte og soppvekst. Dette reduserer veggens levetid, og kan være helseskadelig.

Yttervegger av bindingsverk eller massivtre kan deles inn i to hovedkategorier; gjennomgående yttervegg og todelt yttervegg (38).

### Gjennomgående ytterveggløsning



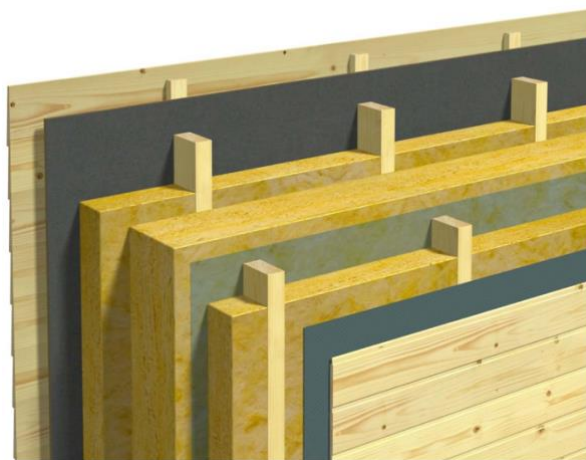
Figur 22: Gjennomgående yttervegg med stendere av I-profil (38).



Figur 23: Gjennomgående yttervegg med massivtreelement (38).

Gjennomgående ytterveggløsning har kun ett stenderverk. Her ligger isolasjonen mellom trestenderne, vanligvis med c/c 600 mm. Bærekonstruksjonen kan benytte blant annet I-profiler, sammenlimte lameller og laminerte stendere. Løsningen bør ikke benyttes med heltre, da dette vil virke som en kuldebro, og det er dermed lite energieffektivt. Løsningen kan også benyttes med massivtre. Massivtreelementet er dekket med et kontinuerlig lag isolasjon.

### Todelt ytterveggløsning



Figur 24: Todelt yttervegg med stendere i heltre (38).

I en todelt ytterveggløsning er det dobbelt lag med stenderverk. Bæringen kan være enten innvendig, utvendig eller kombinert. Stenderverkene er adskilt av et uavbrutt isolasjonssjikt. I tillegg er også stenderverkene isolert. Et av lagene kan byttes ut med massivtreelementer.

### **Innervegger**

Innerveggene deler bygget inn i rom, og trenger ikke nødvendigvis å være bærende. Innerveggene vil som regel være samsvarende med løsningen benyttet i ytterveggene, henholdsvis bindingsverk, massive treelementer eller laft. Innervegger av bindingsverk er som regel isolert og har kledning på begge sider, kun dimensjonene på bindingsverket varierer. Veggene isoleres for å hemme brannspredning og for å lydisolere mellom rom. Alternativt kan det også benyttes stålstendere. Innervegger av massivtre kan enten bestå av kun selve elementet, eller med et isolasjonssjikt. Innervegger av laft følger samme prinsipp.

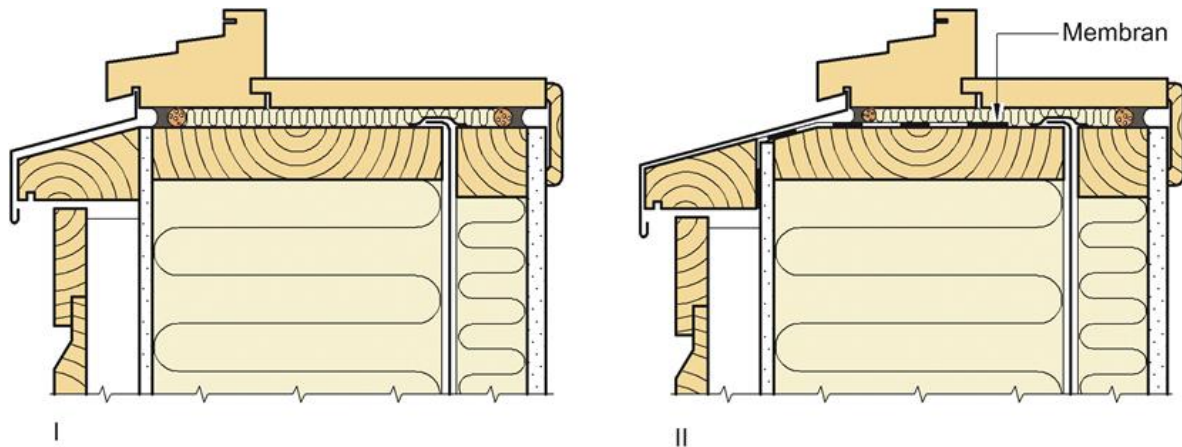
### **3.3.4 Vinduer og dører**

#### **Vindu**

Vinduene i bygget spiller en stor rolle for romfølelsen og energieffektiviteten. I TEK17 stilles det krav om at rom for varig opphold skal ha tilfredsstillende tilgang på dagslys og utsyn. Dagslyset avhenger blant annet av vindusareal, plassering av vinduet i fasaden og glassrutens lystransmisjon (39). Dagslys i fritidsboliger kan beregnes gjennom metoden dokumentert i TEK17 §13-7.

Vinduene skal i likhet med fasadekledningen, fungere som en klimaskjerm. Det er viktig at de er regn- og lufttette. Dette har mye å si for varmeisoleringen generelt. For å oppnå et energieffektivt bygg er det viktig at vinduene har så lav U-verdi som mulig. Dette gjelder både glassflaten og karmen. Større vinduer har ofte lavere U-verdi enn mindre vinduer fordi de har mindre andel karm i forhold til glassflate. I dag er det vanligst med isolerruter, dvs. vinduer der glassrutene er forseglede enheter, med to eller tre lag glass. Det vil som regel være nødvendig med tre lag glass i nye bygninger for å tilfredsstille energikravene i TEK17. I isolerruter med flere lag glass

fylles hulrommene med en edelgass, for eksempel argon. Dette gjøres da edelgassen isolerer bedre enn luft og reduserer dermed varmetapet gjennom vinduet (39).



Figur 25: Plassering av vindu (40).

I. Vindu plassert med vannbrettbeslag i plan med vindspærren.

II. Vindu plassert inn i isolasjonssjiktet. Fuktsikret under karm og vannbrettbeslag.

I utgangspunktet er det to alternativer til vindusplassering i en vegg av tre. Enten plasseres bunnkarmen slik at den flukter med vindspærren, eller så trekkes vinduet et stykke inn i isolasjonssjiktet. Sistnevnte behøver en ekstra fuktsikring under karmen og vannbrettbeslaget. Valg av vindusplassering påvirker blant annet behovet for fuktsikring, varmetapet, kuldebrovirkning og innslipp av sollys og -varme.

Plasseringen påvirker også bygningens utseende og uttrykk. Fordeler med å plassere vinduet i plan med vindspærren er at det er enklere å regn- og lufttette tilstrekkelig, og det vil være noe mer solvarme og dagslys som slipper inn gjennom vinduet. Ulemper med en slik plassering er at det medfører en høyere kuldebroverdi og noe økt slitasje og vedlikeholdsbehov. Det er gunstig å plassere vinduet litt inn i isolasjonssjiktet da dette gir en lavere kuldebroverdi og redusert varmetap. Det reduserer også faren for både utvendig og innvendig kondens. Ulemper med denne plasseringen er at det er større fare for fuktskader dersom monteringen ikke utføres korrekt. Regn- og lufttettingen blir også noe mer komplisert (40).

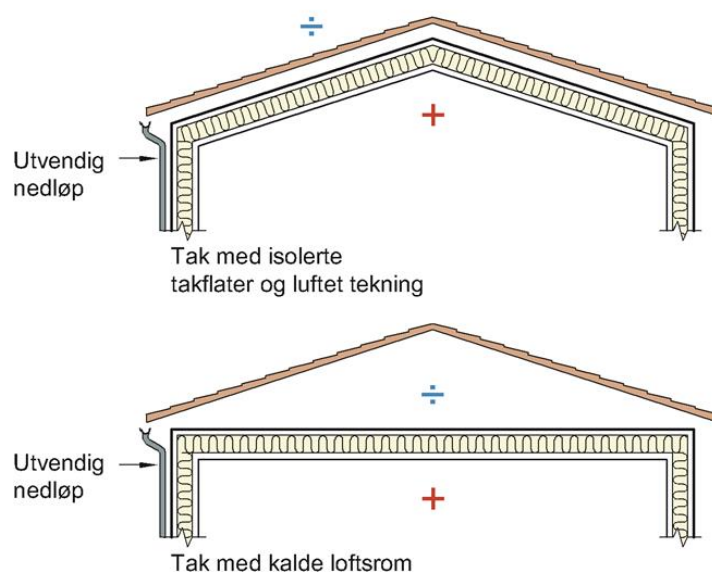
## Dør

Ytterdører blir lett utsatt for klimapåkjenninger som for eksempel slagregn. Det er derfor viktig at ytterdører plasseres slik at de er mest mulig beskyttet mot dette. Mellom karmen og dørbladet skal det ligge en tettelist som er utformet etter prinsippene for totrinns tetting. Dette er viktig for å unngå fuktskader og luftlekkasje i døren. I tillegg må ytterdørene isoleres og tettes tilstrekkelig slik at de oppnår en god U-verdi og ikke fungerer som en kuldebro. Inngangsdører utformes etter to hovedprinsipper; ramtredører eller pressede dører (20, s.140-142).

Innerdørene bør være terskelfrie eller ha flate terskler. Dette for å sikre enkel rengjøring, god luftoverføring og tilgjengelighet (20, s. 38).

### 3.3.5 Tak

Takets funksjon er å beskytte mot regn, isolere mot varmetap og ta opp snø- og vindlaster (41). Tak kan utformes på flere forskjellige måter, for eksempel som saltak, pulttak eller flate tak. Man kan også ha en kombinasjon av disse. I Norge hvor det er mye nedbør i form av snø, bør man ha helning på taket med tanke på snølast.



Figur 26: Skrått saltak av tre. Oppvarmet loft og uoppvarmet loft (41).

Skråtak kan bygges som enten saltak hvor taket heller mot to sider, eller pulttak hvor vinkelen bare er i den ene retningen. Hvis det isolerende sjiktet ligger i en horisontal himling, vil man få et kaldt luftet loftsrom ovenfor. Alternativt kan det isolerende sjiktet plasseres langs taksperrene eller -stolene, og da vil man få et oppvarmet loftsrom. Kalde loftsrom er fordelaktig hvis man vil benytte prefabrikkerte takstoler, og det blir totalt mindre volum å varme opp. Tak med isolasjonen i takflaten kan derimot bygges med taksperrer og gir høyere himlingshøyde opp mot mønet. Tak uten kalde loftsrom er best med tanke på brannspredning og fuktproblemer (42).

Kalde loftsrom kan utføres enten med luftet loft, eller ikke luftet loft. Loft som ikke er luftet gir god beskyttelse mot innblåsing av snø og inntrenging av kald luft i isolasjonen. I slike tak skjer luftingen mellom undertaket og taktekningen. Tak med kaldt, luftet loftsrom har derimot bedre uttørkingsevne. Et ikke luftet loftsrom gir bedre brannsikring enn et luftet loftsrom, og det er lettere å få en kontinuerlig, vindtett overgang mellom vegger og tak (42).

Skråtak er bygget opp med taktekning ytterst med tilhørende undertak og vindspærre, så et ventilert luftsjikt, og deretter den bærende konstruksjonen og varmeisolasjon. Dampspærren ligger innerst. Det ventilerte luftsjiktet sørger for at takoverflaten ikke blir oppvarmet, og dermed slipper man at snøen smelter, danner is i nedløpene og istapper på takutstikkene (41).

Flate tak er ofte bygget opp som kompakte tak, hvor lagene ligger tett i tett. Denne typen tak er gunstig på større bygg og i områder uten store mengder snø (41).

Vanlige tekkingsmaterialer på trehus i Norge er takstein og takplater. Takstein har god bestandighet og kan fås i mange forskjellige materialer. Takplater er ofte av stål eller aluminium og har lang levetid. Alternativt kan man bygge torvtak. Torvtak gir huset et tradisjonelt utseende og er i tillegg lydisolerende. Torvtak har derimot høy egenvekt og er dårlig med tanke på brannsikkerhet (20, s. 282-283). Dersom snø- og isras kan skade personer, gjenstander eller bygningsdeler må snøfangere monteres (43).



### 3.3.6 Termisk sjikt

Det termiske sjiktet består av varmeisolasjon med dampsperre og vindsperre på hver sin side. Det er ønskelig at dette laget skal være kontinuerlig rundt hele bygget for å unngå varmetap og at fukt trenger inn i konstruksjonen.

Dampsperran ligger innerst, altså på varm side av konstruksjonen. Dampsperrans oppgaver er å beskytte mot luftlekkasjer som kan føre til varmetap, samt forhindre at fukt overføres fra innsiden av bygget inn i konstruksjonen (20, s. 128). Det er viktig at det ikke kommer fukt inn i isolasjonen, da dette vil redusere isolasjonsevnen betydelig (2). Selve trekonstruksjonen bør heller ikke bli fuktig. Dampsperrer består ofte av plastfolie, plastknasteplater eller asfalttakbelegg. Mot grunnen benytter man ofte en radonsperre for å beskytte mot radon, og denne vil fungere som dampsperre. Alternativt til dampsperre kan man benytte en dampbrems, med lavere dampmotstand slik at fuktighet skal kunne diffundere begge veier.

Vindsperren ligger på kald side og beskytter konstruksjonen mot inntrengning av kald luft. Den skal beskytte konstruksjonen mot regnvann, men det er viktig at den også skal kunne slippe ut fukt. Derfor bør vindsperren ha dampmotstand på ca. ti ganger mindre enn dampsperran. Ofte kombineres vindsperren med avstivning, for eksempel som utvendig gipsplate.

I tykke isolasjonssjikt over 200 mm, må det legges inn konveksjonssperre. En konveksjonssperre vil hemme konveksjon, altså varme luftstrømmer, i konstruksjonen (22).

Varmeisolasjon er et lag av materiale som har lav varmeledningsevne og benyttes for å begrense varmetransport gjennom bygningselementene. Vanlige isolasjonstyper i trehus er mineralull av enten glass- eller steinull. Andre vanlige isolasjonstyper er av cellulose eller skumplast (20, s. 125-126, 185-187). Ved valg av isolasjonsmateriale må faktorer som varmeledningsevne, brennbarhet, pris, fukt- og mekanisk stabilitet vurderes. Man vil helst ha en isolasjon med høy varmemotstand eller lav varmekonduktivitet. Isolasjonstypen og -mengden i bygget vil påvirke den totale U-verdien, og dermed byggets energieffektivitet. Isolasjonen vil også påvirke de lydtekniske egenskapene til bygget.

Det er viktig at varmeisolasjonen ligger i et kontinuerlig lag rundt hele bygget for å unngå kuldebroer. Kuldebroer defineres som felter i konstruksjonen som er dårligere isolert enn omkringliggende konstruksjonselementer, noe som fører til kalde overflater, samt varmetap (44).

I følge TEK17 §14-3 er det minimumskrav til utskifting av luft, såkalt lekkasjetall, på  $\leq 1,5$  per time for fritidsboliger. Tilsvarende er kravet  $\leq 0,6$  for passivhus. Høyere lekkasjetall er ikke ønskelig da det kan føre til kulderas, kondens og større behov for oppvarming.

### **3.4 Plassbygging vs. prefabrikkering**

Tradisjonelt sett har trehus i hovedsak blitt plassbygget. I dag har derimot etter-spørselen på fabrikkproduserte elementer vokst. Ny teknologi, tilgang på løfteutstyr og andre automatiserte verktøy, gjør det mulig å effektivisere byggeprosessen, samt redusere kostnader, skader og feil (20, s.20). I tillegg åpner fabrikkproduksjon muligheten for å bygge tørt. Dette vil redusere fuktighet i konstruksjonen og hindre fuktskader på materialene, samt råte og mugg (20, s. 13).

Ved plassbygging utføres flere arbeidsoperasjoner utendørs og det trengs lenger tid til uttørking av materiale. Innendørs produksjon av elementer kan i enkelte tilfeller halvere antall timer på byggeplass. I tillegg fjerner innendørs produksjon utfordringen med dårlige værforhold, noe som kan forsinke fremdriften. Man får satt opp et tett bygg relativt raskt, slik at det innvendige arbeidet kan starte nærmest med en gang (45).

Rigg av byggeplassen må også vurderes. Bruk av prefabrikkerte elementer forutsetter for eksempel godt planlagt fremkomstvei for store lastebiler. Dersom det benyttes plassbygging må også lastebiler og kraner tilrettelegges for, slik at enkeltmaterialer og andre komponenter kan leveres og plasseres på byggeplass. En ulempe med prefabrikkerte elementer er at det kan være utfordrende med transport av store elementer, som kan medføre høye kostnader. Fuktproblemer under transport, lagring og montering er også en utfordring som kan være vanskelig å løse

(29). Det er lettere å lagre materialene tørt ved plassbygging, da de kan oppbevares mer kompakt. Det blir derimot lenger lagringstid, noe som igjen fører til økt fare for fukt- og råteskader.

Med prefabrikkering blir også fleksibiliteten noe redusert, og det kan dermed bli kostbart å gjøre endringer i ettertid. Her stiller plassbygget bindingsverk sterkere, da man bygger underveis og lett kan gjøre endringer (20, s. 23). Kvaliteten på et prefabrikkert element vil derimot være høyere grunnet mer kontrollert produksjonsforhold. Det er høyere risiko for byggefeil ved plassbygging, i tillegg til økt svinn og avfallsmengde. Ved automatisert produksjon har man bedre kontroll over materialbruk, og det benyttes en kapprobot som er optimalisert for å kappe materialer med minst mulig svinn (29).

Det går også an å ta i bruk en kombinasjon av plassbygging og prefabrikkering, der man tilpasser hvilke elementer som produseres på fabrikk etter det aktuelle prosjektet.

## **3.5 Modul**

Modulbygging er et konstruksjonsprinsipp som benytter prefabrikkerte elementer med vegger, tak og gulv. Elementene kan enten monteres sammen på fabrikk eller fraktes som enkeltelementer som settes sammen på byggeplass. De prefabrikkerte elementene kan leveres med varierende grad av ferdigstillelse, eksempelvis som sandwichelement eller bare bæresystem. Slike moduler kan ha et bæresystem av enten tre eller stål. En modulbygning er gjerne satt sammen av flere enkeltmoduler i bredden og høyden. I tillegg til modulene kan bygget bestå av plassbygde sammenføyningsdeler eller tilbygg (37).

Elementene til bygningsmodulene produseres under kontrollerte forhold med stabil temperatur og luftfuktighet. På byggetomten må det etableres et fundament på forhånd. Montering av modulene/elementene blir dermed hovedaktiviteten på byggeplassen. Det kreves som regel at det kompletteres med trapper, inngangspartier etc. Å bygge med prefabrikkerte, modulbaserte elementer fører til kort byggetid, samt rask lukking av bygget slik at innvendig sluttarbeid kan ferdigstilles. Modulbygging krever derimot nøye planlegging og høy presisjonsgrad gjennom hele byggeprosessen (46).

Ved element- og modulbygging er det viktig at prosjekteringen ferdigstilles før produksjonen begynner. Dette er fordi de prosjekterte løsningene legger føringene for hvordan oppbyggingen av de ulike elementene skal skje på fabrikk. Det er viktig at også element- og modulskjøter er prosjektert i forkant av produksjonen. Dette er for å sikre at bygningen fungerer som helhet (37).

## **3.6 Tekniske løsninger**

### **3.6.1 Solenergi**

Solenergi er en fornybar energikilde, som kan utnyttes ved å bruke solcellepaneler og solfangere. Både solceller og solfangere har lave driftskostnader. Det er ingen CO<sub>2</sub>-utslipp og tilnærmet ingen miljøpåvirkning i driftsfasen. I andre faser av livsløpet vil det være noe utslipp, for eksempel i produksjonen, men dette er betydelig mindre

enn utslippet fra ikke-fornybare energikilder. Solinnstrålingen i Norge varierer etter årstid, der høyest innstråling oppleves fra mai til juni, og lavest innstråling fra desember til januar. For å optimalisere solinnstrålingen også frem til oktober, kan man justere helningsvinkelen på anlegget. Lokale forhold kan påvirke innstrålingen, i form av skydekke og skjerming fra fjell, vegetasjon og bygninger (47).



Figur 27: Solinnstråling i Norge (47). Illustrasjon: Endre Barstad.

## Solceller

Solceller omdanner lys til elektrisk strøm, og klassifiseres som halvlederdiodes. Dette innebærer at de kun leder strøm en vei. Solceller av silisium dominerer markedet, da silisium blant annet er et billig materiale (48). Det finnes i tillegg solceller av tynnfilm, men disse brukes sjelden, da det har lavere virkningsgrad. Likevel er de rimeligere enn solceller av silisium. Sett i lys av levetid, kan solceller prismessig konkurrere med kjøpt strøm i Norge. Solceller er mer effektive i kaldt klima, noe som tilsier at de fungerer godt i Norge, og kan for eksempel en kald vårdag produsere mye strøm. Solceller medfører lite drifts- og vedlikeholdskostnader, i tillegg til at de gir null CO<sub>2</sub>-utslipp i sin levetid. De produserer strøm i minst 30 år, men har ofte lenger levetid. Derimot brukes det mye energi på å produsere solceller, men dette vil bli gjort opp for i løpet av to års drift. Solcellepaneler er også resirkulerbare (47).

## Solfangere

Solfangere utnytter solinnstråling til å varme tappevann, prosessvann til industrielt bruk og til romoppvarming. En solfanger absorberer varmen fra solstrålingsenergien og varmer opp et transportmedium av væske eller luft. Eksempelvis er vann godt egnet da det kan absorbere mye varme. Transportmediet frakter varmen fra solfangeren til varmelageret. Dersom det brukes en felles varmelagringstank kan solfangere benyttes sammen med andre energikilder, som for eksempel varmpumpe. Det finnes to ulike typer solfangere; plane solfangere og vakuumrørsolfangere. Plane solfangere kan integreres i bygningsfasaden og benyttes gjerne om man har behov for vann med temperatur mellom 30-80°C. Vakuumrørsolfangere egner seg i kaldt klima og der man har behov for varmtvann med temperaturnivå mellom 200-500°C, eksempelvis til varmtvannsberedning og prosessvarme. Et solfangersystem som varmer vann til en gjennomsnittlig familie på tre til fire personer kan dekke om lag 50 % av det årlige varmtvannsbehovet (49).

### 3.6.2 Ventilasjon

I TEK17 kapittel 13 stilles generelle krav til ventilasjon og termisk inneklime som også gjelder for fritidsboliger. For å få tilfredsstillende luftkvalitet, unngå negative helseeffekter og oppnå trivsel, må ventilasjonen dimensjoneres med tanke på romtype og -utforming (50). Når det ventileres fjernes den oksygenfattige luften, og ny frisk luft tilføres. Dette er med på å skape et bedre inneklime med kontrollert luftfuktighet og temperatur.

Ventilasjon deles inn i tre kategorier; naturlig, balansert og hybrid ventilasjon. Naturlig ventilasjon benytter kun naturlig oppdrift, krever ingen vedlikehold eller strøm, men gjør det vanskelig å oppnå riktig temperatur og luftkvalitet. Balansert ventilasjon har tillufts- og avtrekkskanaler. Filtret og oppvarmet luft tilføres, og luftmengde kan reguleres etter behov. Dette krever mye vedlikehold og er mer kostbart enn naturlig ventilasjon. Hybrid ventilasjon kombinerer naturlig ventilasjon med automatiske vifter. Denne typen tar stor plass, og er dermed ugunstig i små bygg (51).

### 3.6.3 Oppvarming

Hvilken energikilde som benyttes til oppvarming er vesentlig for byggets bærekraft. For å få god energimerking, må en betydelig andel av netto energibehov til oppvarming dekket med en annen energiforsyning enn elektrisitet og fossile brensler. I områder med tilknytningsmulighet til fjernvarme kan det være krav fra kommunen om at dette skal benyttes som en av energikildene i bygget (52).

Oppvarmingskilder som ikke benytter seg av fossile brensler eller kun elektrisitet er varmepumper og fjernvarmesystemer. En luft-til-luft-varmepumpe henter varme fra uteluften og varmer opp luften innendørs. En slik varmepumpe kan også benyttes til kjøling ved at anlegget reverseres. Et varmepumpesystem kan i tillegg varme opp vann som deretter varmer opp rom via radiatorer eller vannbåren gulvvarme. Varmepumpe er en lavtemperatur energikilde, med høy virkningsgrad, og er derfor svært gunstig i bygninger som skal være energieffektive. Tilkobling til fjernvarme vil vanligvis dekke hele bygningens behov for romoppvarming og varmtvannsberedning. Varmen leveres og fordeles ved bruk av vannbåren varme til romoppvarming, varmtvannsberedning og eventuelt ettervarming av ventilasjonsluft (20).

På bad er det vanligst å benytte elektrisk gulvvarme i stedet for vannbåren gulvvarme. Dette skyldes at man gjerne ønsker en høyere temperatur på badet enn det vannbåren gulvvarme kan levere (20).

Ildsteder blir som regel kun brukt som en ekstra varmekilde i boliger. Disse bør plasseres sentralt i huset og må tilknyttes røykrør eller skorstein (20). Nyere vedovner er rentbrennende, noe som innebærer at de slipper ut svært lite svevestøv og uforbrente gasser. Moderne vedovner kan oppnå en høy virkningsgrad, selv på lav effekt med lite brensel (52).

### 3.6.4 EL

Strøm kan leveres fra en leverandør gjennom et strømnnett. Dette kan også kombineres med egenprodusert energi. Uansett hvilken strømkilde man velger, må det tilrettelegges vertikale eller horisontale føringsveier for EL-rør og kabler. I vegger,

gulv og tak legges rør på varm side av isolasjonen, slik at man unngår kondens. Ved prefabrikkerte elementer legges rørføringen inn på forhånd på fabrikken, mens ledningene trekkes inn på byggeplassen (53).

Antall stikkontakter planlegges etter eget behov, og bør plasseres gunstig i forhold til møbler, og minst 0,5-0,7 m fra et hjørne. Ulike rom stiller ulike krav til stikkontakt-plassering. Lysbrytere plasseres i nærhet til inngangsdører, og etter behov. Sikrings-skap må plasseres på eller i vegg, lett tilgjengelig.

### **3.6.5 Vann og avløp**

Ved utbygging av nye hytter i urban tilknytning er det ønskelig at det prosjekteres med innlagt vann og avløp. Ved utbygging skal kommunens VA-norm legges til grunn, og «(...) i nye reguleringsplanområder er det, dersom det skal legges inn vann, krav om felles sanitært avløpsanlegg ved 5 eller flere enheter» (54).

## **3.7 Felleskap og samspill**

I vår tid har det blitt mer og mer vanlig med delingsøkonomi. Delingsøkonomi baserer seg på at privatpersoner kan dele, leie eller bytte eiendeler og tjenester med hverandre (55). I dagens samfunn er folk mer villige til å gå sammen om å kjøpe en hytte, eller kjøpe mindre fritidsboliger hvor man deler ulike fasiliteter. Eksempelvis kan man dele uteplasser, vaskerom og bod.

Den tradisjonelle hytta blir ofte kun brukt i helger og ferier, og står dermed tom store deler av året. For å øke antall bruksdøgn i året, kan det være en løsning at flere husstander går sammen om å kjøpe en felles fritidsbolig. Enten kan man kjøpe sammen med venner/familie, eller så kan man benytte en såkalt timeshare, hvor man kjøper en tidspart i en hytte. Andre måter å øke antall bruksdøgn på er å leie ut hytta, for eksempel på Airbnb. Å dele på hytter vil være gunstig med tanke på bærekraft, da man unngår unødvendig utbygging. Deling av fellesfunksjoner kan også skape et felleskap for beboerne.



## 4 Utvikling av konsept

### Lover, forskrifter og standarder

Hytta er prosjektert i henhold til lover, forskrifter og standarder. Dette gjelder *Plan- og bygningsloven*, med tilhørende forskrifter, og *Byggteknisk forskrift*. Hytta skal tilfredsstillere kravene som stilles i TEK17 §1-2 andre ledd. Det er i hovedsak benyttet preaksepterte løsninger utviklet av SINTEF og Norsk Treteknisk Institutt. Der detaljer avviker fra preaksepterte løsninger er det gjort beregninger.

I samsvar med TEK17 §1-2 er det ikke krav om universell utforming i fritidsboliger. Baderommet i hytta utformes slik at krav om våtrom gitt i TEK17 §13-15 tilfredsstilles. Hytta følger krav til brannsikkerhet som stilles i TEK17 kapittel 11, og det benyttes kun preaksepterte ytelser. Krav om dagslys er beregnet og oppfylt etter metode gitt i TEK17 §13-7 andre ledd c.

For fritidsboliger til og med 70 m<sup>2</sup> oppvarmet BRA stilles det ingen energikrav i TEK17, jmfør §14-5 andre ledd. Da hytta er prosjektert som en energieffektiv bygning, er likevel krav for U-verdi i de ulike bygningskomponentene etterstrebet. Dette gjelder minimumskravene i TEK17 §14-3, samt kravene i NS 3700:2013.

Området til Grønn fjellhageby er ikke omfattet av en reguleringsplan, så det er kommuneplanens arealdel, med bestemmelser, som er gjeldene. Hytta er prosjektert i henhold til disse.

### 4.1 Bærekraft

I dette prosjektet er bærekraft hovedsakelig ivaretatt gjennom energieffektiviteten til hytta. Det er også lagt vekt på materialvalg og utforming. Plassering og orientering spiller en viktig rolle da solenergi er en fornybar ressurs som bør utnyttes. Planløsningen til hytta er slik at oppholdsrom har store vinduer mot sør for å utnytte solenergien til romoppvarming og dagslys. I tillegg er det tilrettelagt for solceller på takflaten mot sør. Formen er kompakt og nærmest kvadratisk. Dette er optimalt i forbindelse med energibruken, da en kompakt form vil kreve mindre energi til

oppvarming enn en irregulær form. Målet er at hytta skal bruke så lite energi som mulig og dermed føre mindre utslipp.

Det er lagt vekt på å velge miljøvennlige og resirkulerbare materialer der det er mulig. Det er valgt å bruke tre som konstruksjonsmateriale, med innslag av stål, og det er bevisst unngått å benytte betong, da dette er en miljøversting. Det er også valgt materialer som er så naturlige som mulig, slik at de ikke slipper ut farlige gasser og kjemikalier. Dette innebærer også hvilke produkter som er brukt i produksjonsfasen av de ulike komponentene. Materialer med lang levetid har blitt prioritert.

Å bevare det eksisterende landskapet og naturen på området er et viktig grep for bærekraft. Hytta skal være en naturlig tilføyelse til naturen uten å medvirke til tapt biologisk mangfold eller store naturinngrep. I den forbindelse er det tatt valg med tanke på fundamentering og størrelse på hytta, for å bevare naturen og omgivelsene mest mulig.

De tekniske løsningene i hytta skal drives av fornybar energi, eksempelvis solenergi. Ved å benytte fornybar energi til romoppvarming, varmtvannsberedning og elektrisitet til lys osv. vil hyttas miljøperspektiv forbedres betydelig.

## **4.2 Bæresystem**

Valget av bæresystem er tatt på bakgrunn av informasjonen gitt i kapittel 3.2. Som byggemateriale anses tre som det mest hensiktsmessige å bruke i småhus, fremfor stål og betong. Dette er først og fremst på grunn av gode miljø- og materialegenskaper, samt utseende.

Både massivtre og laft ble vurdert som bæresystem, men ble valgt bort til fordel for bindingsverk. Massivtre har gode miljøegenskaper, men har høy pris og må fraktes langt. Laft gir et tradisjonelt uttrykk, men er lite energieffektivt og har store setninger. Ved å bruke bindingsverk, trenger man mindre tre enn ved massivtre og laft. Dermed kan man ha mer isolasjon i vegg. Stendere av konstruksjonstrevirke er i stor grad tilgjengelige lokalt, noe som er etterstrebet i dette konseptet. Bæresystem av

bindingsverk vil gi en lett konstruksjon, som gjør at fundamentet må bære mindre last totalt sett.

Hyttas bæresystem er primært laget av trematerialer, med unntak av fundamentet av stål. Både gulvet i første etasje og hemsene består av trebjelkelag, henholdsvis I-bjelker og konstruksjonstrevirke. Stenderverket og taksperrene er begge av konstruksjonstrevirke. Taket bæres også av en mønebjelke og søyler av limtre.

For å lett kunne danne en kuldebrofri konstruksjon, er det valgt å benytte dobbelt bindingsverk i ytterveggene. Det ytterste stenderverket bærer taket, og det innerste bærer etasjeskilleren. Bindingsverket i gavlveggene er ikke bærende, men søylene som bærer mønebjelken er plassert i disse. Innerveggene er ikke bærende, med unntak av tre av baderomsveggene. Det er i tillegg lagt inn to dragere, samt tilhørende søyler, for å bære hemsene. På denne måten blir skilleveggen mellom stua og soverommet ikke-bærende. Se Vedlegg 3, tegning 6.8.



*Figur 28: 3D-konstruksjon (rendret i ArchiCAD).*

## 4.3 Konstruksjon

### 4.3.1 Fundament

#### Grunnforhold

Ut ifra kart over Oppdal kommune fra Norges geologiske undersøkelse, vises det at grunnen består av noe basalt og mye uspesifiserte vulkanske bergarter. Basalt er en finkornet magmatisk bergart, som har hyppig forekomst som berggrunnmateriale (56). For øvrig er kartdataene innhentet på regionalt nivå, ikke kommunalt. Dette vil gi en viss usikkerhet, og det burde foretas grundigere grunnundersøkelser for mer detaljert kartdata.

På samme kart er det tydelig at løsmassene består av tykk morene. Morene, som er avsetninger fra isbreer, består av materialer med ulik kornstørrelse. Materialene ligger usortert, uten lagdeling, i form av blokker, steiner, leire, sand og silt (57). Morenegrunn gir som regel ikke setninger, og anses som uproblematisk byggegrunn (58). De nevnte grunnforholdene må tas hensyn til ved valg av fundamenteringsløsning.

#### Valg av fundament

Det er valgt åpen fundamentering med skruefundament fra leverandøren KRINNER. Skruefundament gir minimalt med terrenginngrep, og de etterlater seg kun et lite hull som lett kan fylles igjen ved riving eller flytting av bygget. Skruene kan gjenbrukes andre steder eller smeltes om. Betong er valgt bort da det krever lengre arbeidsprosesser med graving, støping og herding. Fundamentskruene er altså mer klimavennlige og tidsmessig overlegne (31,59).



Figur 29: Berggrunn. Utklipp fra ngu (81).



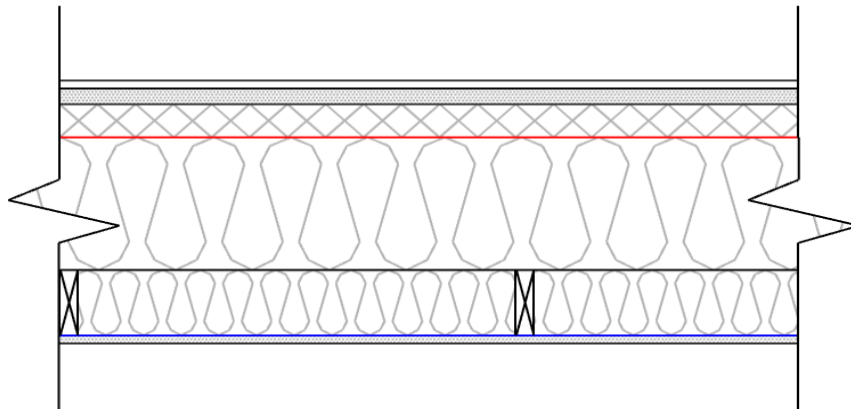
Figur 30: Løsmasser. Utklipp fra ngu (81).

For å sikre presis plassering, og minimere risiko for skjevhet, slås eller bores det et styrehull. Skruen holder da gitt kurs og skrues ned loddrett. Et slikt styrehull har en diameter på ca. 35-40 mm. Ved å skru ned fundamentet, ødelegges ikke det omkringliggende materialets stabilitet av slag og vibrasjon (31).

På grunn av svakt skrånende terreng, kan høyden fra bjelkelaget ned til skruefundamentet justeres med en tresøyle. Punktfundament overfører kreftene fra hytta til det bærende jordlaget, altså morenen. Det er viktig at fundamentene føres ned til frostfri dybde.

Skruefundamentene er tyskproduserte, noe som innebærer lang transportveg (59). Dette er ikke den mest miljøvennlige løsningen med tanke på transport, men skruefundamentene velges likevel på grunn av de ellers gode miljøegenskapene.

#### 4.3.2 Gulv



Figur 31: Fra toppen; gulvbord, undergulv, trinnlydplate, smart dampsperre, isolert bjelkelag, nedforing, vindsperre og stubbeloft.

Da det er valgt skruefundamenter må det følgelig være et gulv mot det fri. Ønsket om å benytte mest mulig treverk i konstruksjonen, førte til at det ble et naturlig valg med bjelkelag av tre.

Da gulv mot det fri er en relativt lite benyttet løsning, er oppbyggingen av gulvet ikke en preakseptert løsning. Da det ofte er problemer med fukt i et slikt gulv, er det svært viktig at alle overgangene er nøyaktige og tette. Det er også viktig at organisk materiale ikke blir liggende mellom to damprette sjikt, slik at eventuell fukt som trenger inn i konstruksjonen kan tørke ut.

Hvilende på fundamentene ligger det bærende bjelker, med gulvbjelker c/c 600 mm over. Gulvbjelkene er I-bjelker for å få lavest mulig treandel i bjelkelaget. Disse bjelkene gir også lengre spennvidde enn bjelker av konstruksjonstrevirke med samme høyde. For å unngå trekk og kalde gulv er det lagt inn 200 mm isolasjon i bjelkelaget, samt et flytende gulv bestående av trinnlydplate og sponplate med gulvplanker på toppen. På undersiden av bjelkelaget er det isolert med øvrige 100 mm, som gir gulvet totalt 300 mm med varmeisolasjon. Denne nedforingen er beskyttet på undersiden av en vindsperre av plastfiberduk og et stubbeloft. Det er ikke lagt inn radonsperre, da dette ikke er nødvendig med tanke på at det er luftet under gulvet.

Utarbeidelse av gulvet er forklart nærmere i kapittel 5.3.

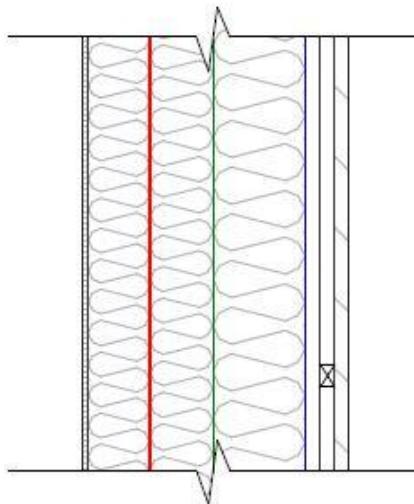
## **Etasjeskiller**

I likhet med gulvet mot det fri, er etasjeskilleren et trebjelkelag. Bjelkene er av konstruksjonstrevirke og det er isolert mellom dem. På oversiden er det undergulv av sponplate og gulvbord av heltre. På undersiden er det himling av kryssfinér.

### **4.3.3 Vegger**

#### **Yttervegg**

Ytterveggene er bygget opp av et todelt stenderverk. Ved å bygge etter et slikt prinsipp får man et uavbrutt kontinuerlig sjikt med isolasjon mellom stenderverkene.



Figur 32: Fra venstre; kryssfinér, isolert stenderverk, dampsperre, isolasjon, konveksjonssperre, isolert stenderverk, vindsperre, kryssløkt, bordkledning.

Den utvendige kledningen består av vertikale ubehandlede trebord. Dette er for å unngå utslipp av giftige gasser ved for eksempel maling, impregnering eller beising. Kledningen er kryssløktet for tilstrekkelig ventilering.

Vindsperreren er av plastfolie, da denne er tynn og dermed ikke øker tykkelsen på veggen. Denne typen vindsperre er gunstig med tanke på prefabrikering. Den store bredden på duken gir færre skjøter og god vindtetting. Den har lavere varmemotstand enn andre vindsperrertyper, og isolerer dermed dårlig, men de andre sjiktene i veggen sørger for tilstrekkelig isolasjon.

Det er tre isolasjonssjikt i ytterveggen. Fra yttersiden er det først et isolert bindingsverk med tykkelse 148 mm. Deretter kommer det et homogent isolasjonssjikt på 100 mm. Lengst inn er det et isolert bindingsverk med tykkelse 98 mm. Det kontinuerlige isolasjonssjiktet mellom stenderverkene eliminerer kuldebroene, som igjen reduserer varmetapet gjennom veggen. Mellom isolasjonssjiktet og det innerste bindingsverket ligger det en dampsperre av plastfolie, og mellom isolasjonssjiktet og det ytterste bindingsverket ligger det en konveksjonssperre. Innsiden av ytterveggen kles med plater av kryssfinér.

Da veggen skal være isolert i flere sjikt, legges installasjoner for EL-rør og kabler på den varme siden av dampspærren. På denne måten kan disse installeres uten at dampspærren perforeres.

### **Innervegger**

Innerveggene i hytta er primært lettvegger bestående av isolert bindingsverk med platekledning av kryssfinér på begge sider. Tre av veggene rundt baderommet er bærende for etasjeskiller og vil dermed ha stenderverk med større dimensjon, samt membran og kledning egnet til våtrom på den ene siden.

#### **4.3.4 Vinduer og dører**

##### **Vindu**

For å få tilstrekkelig med dagslys skal hytta ha store vindusflater i oppholdsrommet. Disse vinduene plasseres primært i sørfasaden for å utnytte sollys og solvarme best mulig. I tillegg vil vinduer mot vest sørge for sollys senere på dagen. På soverommet er det plassert et vindu for lufting, lys, utsyn og eventuell rømningsvei. Ved kjøkkenet plasseres det et vindu i nordfasaden, samt to vinduer i østfasaden, for å slippe inn dagslys.

Vinduene som benyttes skal være isolerruter med tre lag glass der mellomrommene er fylt med edelgass. Slike vinduer gir best mulig U-verdi. Vinduene skal plasseres et stykke inn i isolasjonssjiktet for å minimere kuldebroer. I en bindings-verksvegg med 350 mm isolasjon vil optimal plassering være 60 mm innenfor vindspærren. Her kan det oppnås en kuldebroverdi ned mot  $0,01 \text{ W/(mK)}$ , mens dersom vinduet skulle fluktet med den utvendige kledningen ville kuldebroverdien ligget på om lag  $0,05 \text{ W/(mK)}$  (60,61).

Vinduskarmene skal være laget av tre, da dette er et klimavennlig og naturlig materiale. For å oppnå en best mulig U-verdi i vinduene skal karmene være isolerte.

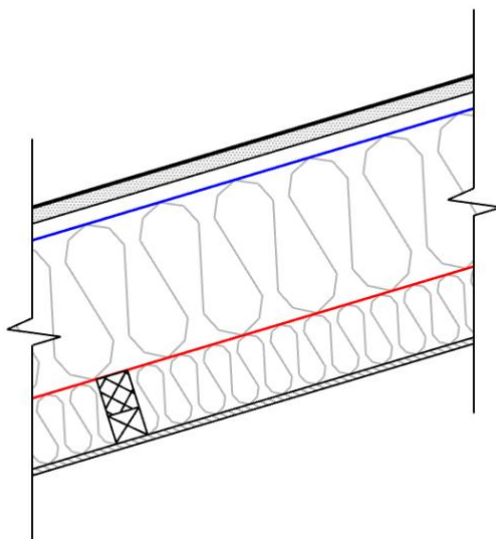


## Dør

Ytterdøren skal være en presset dør, da denne typen har bedre formstabilitet ved klimapåkjenninger. Det er viktig at døren monteres med tilstrekkelig tetting og at den har tilstrekkelig U-verdi. De innvendige dørene vil være en kombinasjon av skyvedører og slagdører. Skyvedører plasseres der det er plassbegrensninger.

### 4.3.5 Tak

Taket på hytta er et saltak med brattere vinkel på den sørvendte delen. Det er valgt sperretak med isolasjonssjiktet liggende i taksperrene, for å få utnyttet plassen under taket. Dette er for å få større takhøyde på hemsene, slik at hytta blir mer arealeffektiv. Det gir også en bedre romfølelse i stuen, da det blir ekstra høyt under taket. Taket er foret ned på undersiden av taksperrene. Her er det benyttet isostendere (se kapittel 5.5) for å få et kontinuerlig isolasjonssjikt som eliminerer kuldebroer. I himlingen legges EL-føringene i nedforingen. Himlingen er av kryssfinérplater i likhet med den innvendige kledningen på veggene. Taksperrene hviler på det ytre stenderverket samt en mønebjelke som spenner tvers over hytta. Taket er dimensjonert etter den karakteristiske snølasten i området (se Vedlegg 4).



Figur 33: Fra toppen; stålplate, undertak, OSB-plate, lekt, vindsperre, taksperrer isolert, dampsperre, nedforing med isostender, himling.

Sørtaket har en vinkel på 33°, og nordtaket har en vinkel på 17°. Taket er brattere mot sør fordi det skal være solcellepaneler på den sørlige delen av taket, og den optimale vinkelen for disse generelt sett er mellom 35° og 40° (62).



Figur 34: Inspirasjonsbilde (91).

Det er valgt at taket skal ha et lite takutstikk på 150 mm. Takutstikk beskytter fasaden mot slagregn, og skal hindre nedbør å trenge inn i takets luftespalter. Stort takutstikk vil derimot gi større vindpåkjenninger, noe som ikke er ønskelig (63).

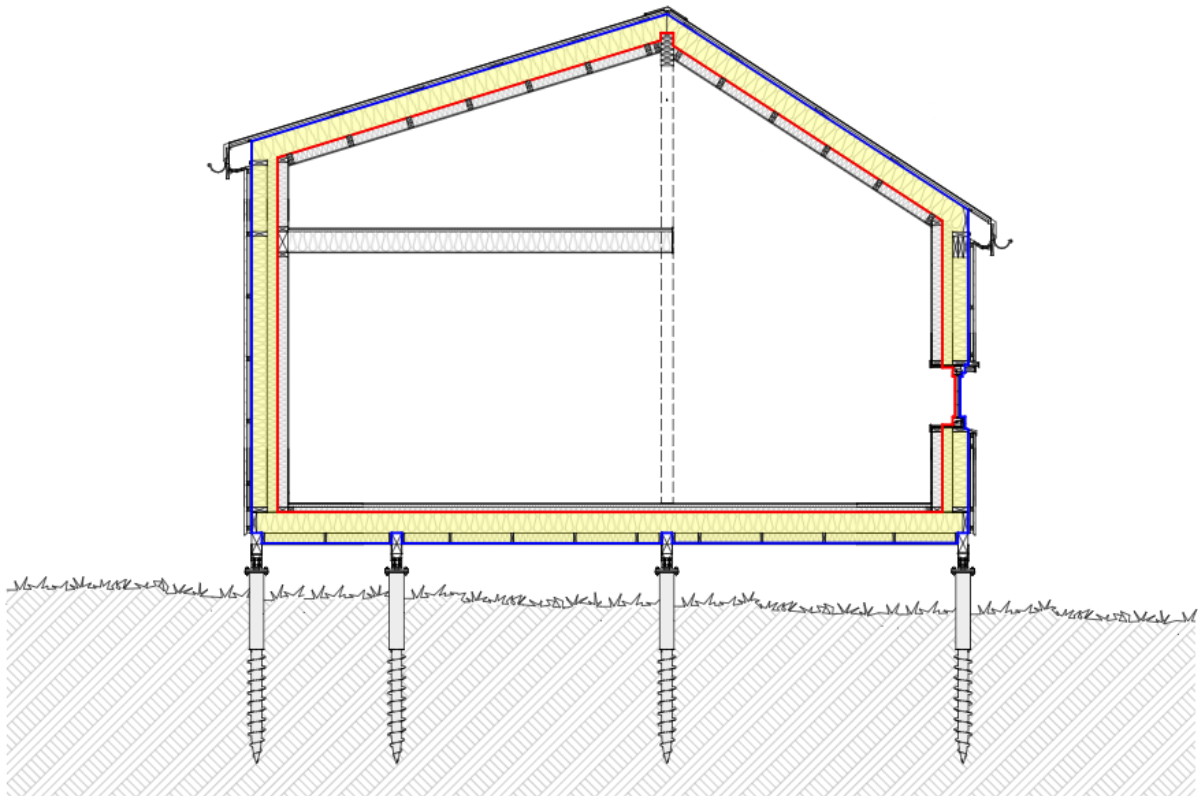
Det ble vurdert flere ulike materialer ved valg av taktekning. I vurderingen ble det lagt vekt på materialets egenskaper, pris, estetikk og miljøvennlighet. Som alternativ ble blant annet trekledning og skifer vurdert. Førstnevnte må impregneres og kan derfor ikke gjenvinnes, og skifer er et dyrt materiale med høy egenvekt. Valget falt dermed på profilerte metallplater av varmforsinket stål, se inspirasjonsbildet, Figur 34. Takplater av stål kan produseres av resirkulert råvare, samt gjenvinnes nærmest 100 % etter bruk. Stålplatetak i god kvalitet har lang levetid og krever minimalt med vedlikehold. Da det er et uorganisk materiale binder det ikke fuktighet, noe som reduserer faren for fukt- og soppkader (64).

For at stålplater på et isolert, luftet tak skal fungere optimalt, er det svært viktig at undertaket monteres korrekt og at det legges inn et vanntett undertaksbelegg. Metallplatene legges med båndtekking og skjøtes med doble stangfalsler. Taket luftes via takutstikket (43).

Taket må ha takrenner for korrekt avrenning av nedbør. Hytta skal ha utvendig takrenner av metall. Da taktekningen er av metall, vil avrenning av vann skje med høy hastighet. Derfor trenger man takrenner med diameter på minimum 125 mm, og nedløpsrør med diameter på minimum 100 mm (65).

Taktekning av metallplater har lav rasvinkel, ca. 3°, og det er derfor gunstig med snøfangere på taket. På hytta er det ikke prosjektert inn terrasse, eller lignende uteområde for varig opphold, på noen av takets rassider. Det er likevel aktuelt med snøfangere på nordtaket for å hindre potensielle skadelige snøras ved inngangspartiet, og oppbygging av høye snøfonner rundt den åpne fundamenteringen. På sørtaket må snøen rase av, grunnet solcellepanelene.

#### 4.3.6 Termisk sjikt



Figur 35: Termisk sjikt. Rød: damptett sjikt. Blå: vindtett sjikt. Gul: varmeisolerende sjikt.

Ytterveggene, taket og gulvet skal ha mineralull som varmeisolasjon. Det skal være myk mineralull med høy isolasjonsevne. Mineralullen blir levert i forskjellige størrelser og er lette å tilpasse mellom treverket i konstruksjonen. Materialet er brannhemmende og suger ikke vann. Hvis kunden ønsker det er det også mulig å benytte varmeisolasjon av enten cellulose, altså hakket og malt returpapir, eller

trfiber. Begge disse er fullgode alternativer med tanke på isolasjonsevne, men de er ofte mer kostbare.

På varm side av ytterveggene vil det ligge en dampsperre trukket 100 mm inn. Denne er av plastfolie. Taket har også en slik dampsperre. Bjelkelaget i gulvet har derimot en smart dampsperre, kombinert med et damptett undergulv. Den smarte dampsperrrens vanndampmotstand varierer med den relative fuktigheten i konstruksjonen. Følgelig vil dampsperreren være tett når konstruksjonen er tørr, og diffusjonsåpen når konstruksjonen er fuktig. Dette er gunstig i gulvet da dette er fuktutsatt.

På kald side av konstruksjonen vil det ligge vindsperre rundt hele bygningskroppen. Det er valgt at både gulv, vegger og tak skal ha vindsperre av plastfiberduk. I gulvet er det benyttet plastfiberduk av polypropylen. Denne er mer damptett enn plastfiberduken av polyetylen som er i taket og veggene.

På utsiden av hytta vil det være en uisolert bod. Denne boden er bygget opp med samme prinsipp som et kaldloft hvor vindsperren vil strekke seg rundt boden, mens dampsperreren og isolasjonssjiktet ligger i hyttas yttervegg.

#### **4.4 Plassbygging vs. prefabrikkering**

Ved å velge bindingsverk kan det benyttes prefabrikkerte elementer fra Støren treindustri. En todelt vegg-løsning kunne også bestått av kombinert bindingsverk og massivtre. Støren treindustri leverer ikke elementer med massivtre, så ønsket om å produsere elementene lokalt hindret denne muligheten. Ved bruk av for eksempel massivtre, måtte elementene ha blitt transportert fra fabrikker langt unna. Dette er store elementer å transportere, slik at kort transportvei etterstrebes.

Prefabrikkering velges også slik at byggeprosessen kan effektiviseres, da det skal bygges ca. 40 hytter. Det er derfor gunstig at elementer kan prefabrikkeres, slik at de raskt kan settes sammen på byggeplassen. Dette vil bidra til mindre arbeid på tomten, noe som vil skåne vegetasjon og terreng. I tillegg vil hyttene kunne bygges

over en kortere tidsperiode, slik at hyttene og området så raskt som mulig kan tas i bruk.

## **Støren Treindustri AS**

Støren treindustri leverer komponenter til elementbygg, precuthus og forskalingskonstruksjoner. Innenfor elementbygg kan de produsere prefabrikkerte yttervegger, lyd- og bærevegger, gulv og tak (45). Produksjon på Støren vil gi redusert transportvei og -kostnader. Fabrikken ligger omtrent 63 km fra hytteområdet i Oppdal.

Etter mailkorrespondanse med administrerende direktør Rune Johanson, ble det redegjort for følgende begrensninger ved veggelementer av bindingsverk:

- Maks høyde: 3 400 mm
- Maks lengde: 10 000 mm
- Maks dybde: 300 mm

Ifølge Johanson er dette «begrensninger både knyttet til vårt produksjonsutstyr/produksjonslinjer og til begrensninger til hva som kan transporteres med vogntog på vegnettet uten ekstraordinære tiltak som følgebil e.l.».

## **Gjennomføring**

Hytta skal bygges med prefabrikkerte elementer fra Støren Treindustri. Dette inkluderer yttervegger, bjelkelag og tak. Prefabrikkingen vil redusere byggetiden i forhold til plassbygging. Det vil også gjøre at man slipper store rigger på byggeplass, og dermed redusere naturinngrepet. Alt innvendig arbeid utføres etter at bygget har blitt tett, for å redusere faren for fuktskader og innebygget fukt i konstruksjonen.

Bjelkelaget til gulvet preproduseres på fabrikken og leveres i deler. Bjelkelaget plasseres på toppen av ferdig plasserte skruefundament og bærebjelker. Nedforing bygges fra undersiden, og bjelkelaget fylles med isolasjon. Den smarte dampsperran legges på toppen. De resterende lagene i gulvet legges først etter at veggene og taket har blitt satt opp.

Ytterveggene blir levert med utvendig kledning, vindsperre, det ytre stenderverket og ett lag isolasjon. Da Støren Treindustri har en maks dybde på elementene på 300 mm, vil det ikke være mulig å preprodusere hele veggtykkelsen. For å ikke overskride maksdybden må det indre stenderverket derfor komme separat, som bart stenderverk. Hulrommet mellom stenderverkene blir fylt av isolasjon, etterfulgt av fylling av det indre stenderverket. Dampsperran monteres etter reist bygg, for å unngå perforering under transport.

Taket blir levert som prefabrikkerte elementer med taksperrer, vindsperre, lekt og OSB-plater. Taktekking må utføres på stedet. Fra innsiden plasseres isolasjonen i sperrene og holdes på plass av dampsperran. Nedforing og himling bygges etter at hytta er tett.

## 4.5 Modul

Hytta er prosjektert i forhåndsbestemte moduler som settes sammen av prefabrikkerte elementer på byggeplassen. I denne oppgaven defineres en modul som en enhet med yttervegger, tak og gulv med tilhørende fundament.

### 4.5.1 Modulsystem

Tanken bak modulene er at kunden skal kunne velge størrelsen og funksjonen til hytta etter behov. Det vil være en hovedmodul samt fire mindre tilleggsmoduler. Hovedmodulen består av ett soverom, bad, hems og stue med kjøkken, samt en utvendig bod. Denne hovedmodulen inneholder dermed alt nødvendig for å være en fullverdig hytte. Ved behov kan man legge til enten en eller to tilleggsmoduler. Disse modulene kan benyttes som for eksempel ekstra soverom, kontor eller som en

Modul	BRA [m <sup>2</sup> ]
A (Hoved)	42
B	7,2
C	5,0
D	11,5
E	7,9

Tabell 1: Modulene

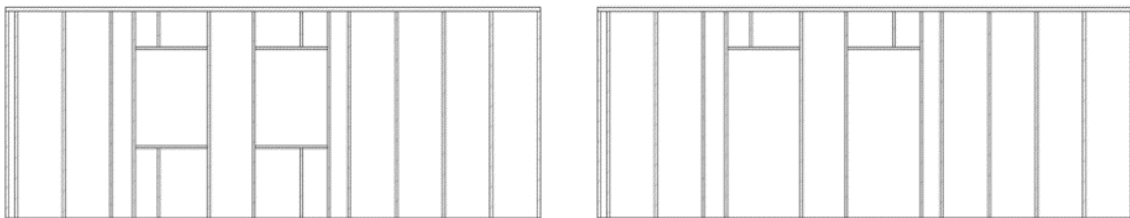
forlengelse av stuen. Det er to sett med tilleggsmoduler, hvor B og C har bredde 2 m, mens D og E har bredde 3,2 m. Se Figur 36 under for mulige kombinasjoner. Modul D, som er den største av modulene, kan deles i to av en lettvegg hvis dette er ønskelig.



Figur 36: Ulike kombinasjoner av modulene.

#### 4.5.2 Utførelse

Tilleggsmodulene plasseres på hovedmodulens østside. I denne vegg er det prosjektert inn losholt i stenderverket som enten kan benyttes til vindu eller dør med lik bredde. Dermed kan man benytte de samme prefabrikkerte veggene uavhengig om man skal ha tilleggsmoduler eller ikke.



Figur 37: Det ytre stenderverket til hovedmodulens østside, med losholt som kan benyttes til vindu eller dør.

Det er tenkt at kunden skal velge fra start om de vil ha kun hovedmodulen eller om de også vil ha tilleggsmoduler. Dette er det letteste med tanke på praktisk gjennomføring av byggingen.

Det vil også være mulig å legge til flere moduler etter hvert ved for eksempel familieførøkelse. Bæresystemet er utformet slik at dette ikke vil skape problemer for konstruksjonen, men det vil likevel kreve mer arbeid enn å bygge større fra start. Ved påbygging av hytta vil tidligere yttervegg på østsiden bli til innervegg, og man vil få varm side på begge sider. Dette innebærer at man må fjerne den utvendige kledningen, store deler av isolasjonen samt vind- og dampspærre. Det er gunstig at litt av isolasjonen blir igjen i veggene med tanke på lyd- og brannegenskaper. Det vil ikke være nødvendig å fjerne den innvendige kledningen. Da ytterveggen er bygget opp av todelt stenderverk vil det ytterste stenderverket nå bli eksponert. Østveggen til hovedmodulen bærer ikke taket, bortsett fra søylen som bærer mønebjelken. Dermed kan man fjerne hele veggene, eller deler av veggene, om ønskelig, men dette vil absolutt ikke være nødvendig. Det eksponerte stenderverket kan benyttes som hyllesystem på innsiden av tilleggsmodulene.

Alternativt kan modulene også plasseres for seg selv, og fungere som anneks. Dette vil derimot ikke være like energieffektivt, da man får en mindre kompakt hytte med mer veggareal fordelt på innvendig volum.

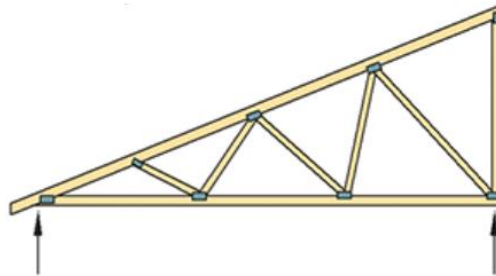
### **4.5.3 Konstruksjon**

Tilleggsmodulene har samme type gulv og yttervegger som hovedmodulene. Taket er derimot annerledes. Tilleggsmodulene vil ha hvert sitt pulttak med ulik retning og vinkel, slik at når de settes inntil hverandre danner de et asymmetrisk saltak likt som hovedmodulen.

Tilleggsmodulene har takstoler, som er prefabrikkerte og hviler på sideveggene. Se Figur 38. Isolasjonssjiktet plasseres i loftsbejelkelaget, som gjør det lett å få tilstrekkelig mengde isolasjon og gir mindre oppvarmingsvolum. Når isolasjonssjiktet ligger i tak-stolenes undergurter, vil man få et kaldloft på oversiden. Dette kaldloftet



skal ikke være lufttet, fordi det forhindrer at kald luft trenger inn i isolasjonen. Ved bygging av tak til tilleggsmodulene blir prefabrikkerte takstoler levert, og resten av taket bygges på tomt.



Figur 38: Fabrikframstilt takstol der pilene representerer bærevegger (90).

## 4.6 Tekniske løsninger

### 4.6.1 Energiforsyning

Rønningslia Gard, som ligger i tilknytning til området, har rundt 15 000 høner fordelt på to hønsehus. Ifølge grunneier kan hver høne produsere 6 watt per døgn. Dermed kan det være aktuelt å utnytte overskuddsvarme fra hønene til oppvarming. I tillegg har hønsehusene store takflater det kan plasseres solceller eller solfangere på. Prosjektering av dette er derimot ikke inkludert i denne oppgaven.

### 4.6.2 Ventilasjon

Hytta utformes med mekanisk balansert ventilasjon. Det installeres et kanalnett som fører frisk luft rundt i hytta. Denne lufta er av høy kvalitet, da den filtreres og forvarmes. I tillegg kan lufta varmegjenvinnes. Balansert ventilasjon krever et aggregat, som plasseres i gangen. Med denne typen ventilasjon kan luftmengde og temperatur reguleres etter behov. Dette er derimot en dyrere type ventilasjon, og er ikke vedlikeholdsfri. Likevel vil det være nødvendig med et slikt anlegg da bygget er tett og har stor isolasjonsmengde, slik at bygget får puste. I tillegg vil det sikre den termiske komforten og luftkvaliteten inne.

### 4.6.3 Oppvarming

Det etterstrebes å benytte ikke-fossile brensler til oppvarming, og dermed skal hytta ta i bruk en lavtemperatur energikilde i form av luft-til-luft-varmepumpe. Varmepumper drives av elektrisitet, men produserer varme fra luften og kategoriseres derfor som teknologi for utnyttning av fornybar energi (66). Varmepumpe velges fordi det har høy virkningsgrad og er det mest energieffektive alternativet da det reduserer energibehovet med 50-80 %, i motsetning til elektrisk og fossil oppvarming (67). En slik luft-til-luft-varmepumpe kan brukes til både oppvarming og kjøling.

Badet skal ha gulvvarme, drevet av elektrisitet. Resterende rom skal ikke ha gulvvarme.

Hytta utstyres med peisovn som kan supplere oppvarmingen hvis nødvendig. Dette gir et tradisjonelt hyttepreg og koselig stemning, noe mange nordmenn setter pris på.

### 4.6.4 EL

På den sørvendte siden av taket skal hytta ha bygningsintegreerte silisium-solcellepanel. Den elektriske energien fra solcellene vil primært benyttes til belysning, og andre elektriske installasjoner som kjøleskap og komfyr.

Hytta kobles til det lokale strømnettet. Dette vil kun benyttes dersom solcellepanelene ikke produserer tilstrekkelig energi, for eksempel i vinterhalvåret. Dersom solcellene produserer overskuddsenergi, kan denne leveres til strømnettet.

Alle rom skal utstyres med stikkontakter og tilhørende lysbrytere. Bad og kjøkken må ha avtrekksvifte, som leder inn til samme rør. Bad og kjøkken deler vegg for å gjøre det enklere med elektriske rørføringer.

#### **4.6.5 Vann og avløp**

Hyttene skal ha innlagt vann, og kobles derfor på det eksisterende vann- og avløpsnett i Oppdal. Badet skal ha vannklosett, dusj, servant og varmtvannsbereder, mens kjøkkenet har oppvaskmaskin og servant. Førføringer legges i badets og kjøkkenets felles vegg. Vann- og avløpsrørene kommer ut fra bjelkelaget på undersiden av hytta, og må isoleres og graves ned i bakken bort til vann- og avløpsnett. Varmtvannsberederen bygges inn i skap på badet av estetiske grunner.

#### **4.7 Felleskap og samspill**

Prosjektet *Grønn fjellhageby* har en bærekraftig tilnærming til utbygging av fritidsboliger, og det er derfor naturlig at noe utformes etter delingsmodellen. Dette innebærer at det vil være noen fellesfunksjoner og delingsløsninger i området.

Da hyttene er små og arealeffektive er det ikke tilrettelagt for vaskemaskin i hver enhet. Det er derfor tenkt at det kan være et fellesbygg med blant annet vaskemaskiner hytteeierne kan dele på. Dette vil trolig minimere antallet klesvasker som blir satt på, og dermed også energibruken i hver enkelt hytte. I dette fellesbygget kan det også være oppbevaring av diverse felles sportsutstyr, eksempelvis kajaker og akebrett. Bygget kan romme for eksempel utstyr til sykkelreparasjon og smørebod til ski. Det er også aktuelt å legge inn en utendørs vannkran. Å dele på utstyr som ellers hadde blitt lite brukt er gunstig for både miljøet og lommeboken.

Fellesbygget kan også romme et større samlingslokale som innbyr til sosiale sammenkomster for hyttebeboerne. Dette kan benyttes både til å holde møter og arrangere festligheter. Det er også mulig at fellesbygget rommer ett, eller flere, gjesterom slik at det unngås unødvendig arealbruk i selve hytta.

Som et bærekraftig grep er det ønskelig at så mye som mulig av den eksisterende naturen bevares. Dette gjelder spesielt karakteristiske trekk ved feltet som blant annet store steiner og lysåpninger i den ellers tette skogen. Disse åpne lungene kan med fordel benyttes til sosiale sammenkomster, utelek og rekreasjon. Uteområdene

vil kreve vedlikehold, så her er det viktig at hytteeierne tar ansvar og skaper et godt samarbeid.

Det skal legges en beskjeden grusvei inn i hyttefeltet, men det er likevel ønskelig at området er så bilfritt som mulig. Dette kan løses ved å anlegge en felles parkering ved feltets begynnelse. Likevel må det være kjøreadkomst til alle hyttene med tanke på tilgjengelighet ved utrykning, for eksempel med brannbil eller ambulanse. På parkeringen tilrettelegges det for lading av elbiler og -sykler.

På Rønningslia Gard drives gårdsutsalget Høne Pøne, så her har hyttebeboerne mulighet til å kjøpe lokale råvarer samtidig som de støtter en lokal bedrift. I tilknytning til gården ligger det et udyrket jorde, og det er tenkt at hytteeierne kan leie en parsell av dette jorden til å dyrke det de måtte ønske. Det er da også mulig at flere går sammen om dyrking av ulike grønnsaker. Slik kan hytteeierne skape en relasjon og et samarbeid med hverandre. I Oppdal kommune sorteres og komposteres ikke matavfall (68). Grønn fjellhageby kan derfor ha felles komposteringsbeholdere for å utnytte avfallet og få næringsrik kompost til dyrking.

## 4.8 Design og inventar



Figur 39: Hytta utvendig fra sør-øst på vinteren (rendret i Twinmotion).

Hytta har et moderne design, men materialvalgene sørger for at hytta likevel ikke skiller seg betraktelig ut fra omgivelsene. Fasaden er av ubehandlet trebord, som med tiden vil falme til en brun/grå farge og dermed gå i ett med trærne i området. Tak-tekingen av stålplater gir hytta et stilrent uttrykk, og gir en naturlig overgang til de bygningsintegrerte solcellene.

Innvendig vil hytta være kledd i lyse kryssfinérplater, for å skape et naturlig uttrykk. På denne måten ivaretas naturen også inne i hytta. Den lyse fargen på platene komplementerer også dagslyset som slippes inn, og skaper en lys tilværelse i oppholdsarealene. Det er gjennom hele møbleringen lagt vekt på mørke detaljer som skaper



Figur 40: Kjøkkeninnredning i hovedmodul. Mørke kontraster til den lyse kledningen og benkeplate i lys skifer (rendret i ArchiCAD).

kontrast til det lyse. I tillegg har det vært stort fokus på å få mest mulig ut av det lille arealet.

#### 4.8.1 Fleksible planløsninger



Figur 41: Planløsning i hovedmodulen (rendret i ArchiCAD).

Hytta er designet for å være så fleksibel som mulig, slik at den kan endres og vokse ved behov. Planløsningen er utformet slik at beboer selv kan velge hva arealet blir benyttet til. Det er kun ytterveggene og tre av veggene til badet som er bærende. De resterende veggene vil derfor være mulig å flytte eller rive om ønskelig. Som nevnt tidligere kan man supplere hytta med moduler. Dette kan for eksempel være soverom, kontor eller forlengelser av stuen og kjøkkenet. Modulene kan også utformes som en sovealkove, der den skilles fra stua med skyvedør som kan skyves helt til siden. På denne måten har rommet stor frihet til å endre seg etter behov.

Hytta er utformet med hems over soverom, gang, kjøkken og bad. Hemsen skal i utgangspunktet være barnas privatsted, og det store gulvarealet skaper mange bruksmuligheter. Først og fremst er det plass til flere madrasser som kan brukes til seng eller stables om til en sofa. Man kan også bruke hemsen som lekerom eller gjøre det om til en koselig TV-stue. Alternativt kan hemsen benyttes til oppbevaring.

Hytta er ikke utformet med tanke på universell utforming, da dette ikke er et krav. Dette er for å utnytte plassen best mulig. Bad og soverom er relativt små, for å heller få større plass i oppholdsrom.

#### 4.8.2 Flerfunksjonelle møbler

Hytta vil ha en del møbler som har flere funksjoner. Dette inkluderer sofaen i stuen, som er en modulsofa med god sitteplass. Denne kan også fungere som seng og har oppbevaring under setet. I tilleggsmodulene kan det være en flyttbar seng/sofa med skuff under, som kan brukes til oppbevaring eller trekkes ut slik at det blir dobbeltseng.

I stuen finner man en stige i minimalistisk stil, med noe avrundede kanter, som er laget av mørkt metall. Stigen er et integrert møbel i vegg og fører opp til hemsen. Stigen kan også brukes til å for eksempel tørke klær. Selve designet og løsningen er inspirert av stigen i hytta Woody 35 av Marianne Borge.



Figur 42: Det er hentet inspirasjon fra hytta Woody 35 (83).

På soverommet, samt i gangen mot kjøkkenet, inkorporeres skap som lettvegg. En slik løsning er ønskelig, fremfor lettvegg og løst skap, med tanke på plassbesparing. Skapet rommer hele veggflaten opp til himlingen. Veggens stenderverk skjules av kryssfinérplater mot stua og smelter sammen med resten av den innvendige kledningen. Klær, sengetøy, håndklær osv. som oppbevares i skapet fungerer da som lydisolasjon.



Figur 43: Snitt fra vest. Soverom med plassbygd seng og skap som lettvegg (rendret i ArchiCAD).

Sengen på soverommet spesialtilpasses etter rommets lengde, og plasseres i ramme inntil veggen. Den har oppbevaring i form av skuffer i rammen og hyller i sengegavlen. Det plasseres et vindu i synshøyde, slik at man kan ligge i sengen og nyte den vakre utsikten. Det benyttes skyvedør for plassbesparing på både soverommet og gangen.

Dersom man bygger på moduler i ettertid, gjøres ytterveggen om til en innervegg ved at deler av veggen fjernes. Det gjenstående stenderverket kan da bygges om til et hyllesystem. Her er det også mulig å sette inn skap, skuffer eller garderobestang. Hyllene vil bli ca. 150 mm dype, om man kun benytter stenderverket. Det vil likevel være mulig å bygge ut skapet, slik at det blir dypere. Hyllesystemet kan for øvrig også bygges ut mot kjøkkenet, men da må den innvendige kledningen også fjernes. Dette blir dermed en litt dyrere løsning, som krever mer arbeid. Ved å gjøre yttervegg til innervegg kan konstruksjonselementer bli til møbler, samt gi hytta et unikt preg og fleksibelt design.



Figur 44: Hyllesystem i stenderverk. Forslag til innredning på soverom i tilleggsmodul D (rendret i ArchiCAD).



### 4.8.3 Skifer

Skifer er et stilrent og slitesterkt materiale, som har lang levetid. Oppdal har en lang historie med bruk av skifer, da det har vært brukt som bygningsmateriale i flere århundrer. Å benytte skifer i hyttene vil dermed opprettholde en del av denne skifertradisjonen (69). Det velges skifer fra lokale produsenter i Oppdal, da de leverer et stort utvalg av ulike produkter i flere former, farger og overflater. I tillegg blir det kort transportvei for materialene.

For å skape en kontrast til det mørke kjøkkenet, brukes lys skifer som benkeplate. Samme type benkeplate brukes også på badet, i tillegg til mørk skifer i form av fliser på gulvet. Bak og under peisovn brukes mørk skifer som ubrennbart materiale for å beskytte de andre bygningsdelene rundt. Samtidig skaper det en kontrast til den lyse trekledningen.

Det er ikke tilrettelagt noe uteplass til hytta, med hensyn til naturen. Det er opp til beboer selv å eventuelt skape sin egen uteplass, da det er tiltenkt å ha felles uteområder. Her kan man bruke skiferheller som platting.

## 5 Forskning og utvikling

### 5.1 Passivhusstandard på hytte

Per dags dato er det ikke mange dokumenterte hytter i Norge som oppfyller passivhusstandard. Det kan være mange grunner til dette. Hyttebygging er veldig tradisjonsbundet, og det er ofte større aksept for å ha litt lavere levestandard på hytta. Vanligvis tilbringer man mye mer tid i sin permanente bolig enn i fritidsboligen. Koronapandemien har endret levemåten til folk betraktelig ved at man tilbringer mer tid isolert. Løsningen med hjemmekontor har ført til at flere velger å dra på hytta midt i uken, og jobbe derfra.

Verden forandres stadig, og befolkning beveger seg i en mer miljøvenning retning. Da hyttelivet en stor del av nordmenns liv, er det naturlig at denne delen også er med i det såkalte grønne skiftet. På konferansen «Grønn Hyttelab», arrangert av Nasjonalparken Næringshage, NTNU og Oppdal kommune, ble det snakket mye om at etterspørselen etter fritidsboliger øker. For å møte denne etterspørselen på en bærekraftig måte, er det nødvendig å finne metoder for å bygge med minimalt CO<sub>2</sub>-utslipp. Ved å kutte ned på betongbruken i for eksempel grunnmuren kan man redusere CO<sub>2</sub>-utslippet merkverdig, da betong står for en stor andel av utslippet. Man må også finne løsninger på hvordan man kan bygge ut hyttefelt uten å gjøre større naturinngrep. Ved å bygge ut større hyttefelt i naturen forstyrrer man naturmangfoldet, samtidig som man ødelegger for ferdsel av turgåere på stedet.

For å tilpasse seg det grønne skiftet, kan det være aktuelt å bygge hytter med passivhusstandard. Passivhus er hus med gode, og gjennomtenkte, byggtekniske detaljer med minimale kuldebroverdier. De har som regel minst 350 mm varmeisolasjon i ytterveggene, 450 mm i tak og 250 mm i gulv (70). Dermed er de betydelig bedre isolert enn standard boliger bygget etter TEK17. I tillegg har passivhus strenge krav til luftlekkasjetall. Dette gjør at bygningskroppen må ha godt utførte og tette vind- og dampsperrsjikt.

Da bygningen skal være så tett som mulig trenger passivhus balansert ventilasjon, som gir helsemessige fordeler og høy termisk komfort. I den tradisjonelle hytta må man ofte varme opp bygget fra tilnærmet utetemperatur når man ankommer. Dette

vil man slippe hvis man bygger en hytte etter passivhusstandard, da temperatur kan reguleres etter behov. Da passivhus er veldig energieffektive, krever de mindre energi til oppvarming. Dermed gir det også lavere energikostnader. I tillegg er energikostnadene veldig forutsigbare. Passivhus har krav til at en andel av energiforsyningen skal komme fra fornybar energi, som er mer bærekraftig.

En av utfordringene med å bygge etter passivhusstandard, er at det ofte er dyrere enn å bygge etter TEK17. Dette bør derimot anses som en engangsinvestering, da driften av et slikt hus som regel er billigere.

## 5.2 Skruefundament

For å spare grunnen for store naturinngrep, har det i nyere tid blitt utviklet en ny fundamenteringsløsning basert på eldre prinsipper. Tyske KRINNER har funnet opp et skruefundament, som i dag er fullt forsikringsgodkjente. Dette innovative skruefundamentet tar utgangspunkt i punkt- og stripefundamentering, men uten de negative belastningene fra betong med tanke på miljø og store naturforstyrrelser. De tåler like mye last som betong, men er mye enklere og raskere å installere. Denne type skrue lages av 75 % gjenbruksstål, produseres i fabrikker med solcelleparker og gir 90-95 % mindre CO<sub>2</sub>-utslipp sammenlignet med bruk av betong (31,59,71).

KRINNER er den mest erfarne produsenten, samt installatøren, av skruefundamenter i hele verden. Dette gir god kvalitetssikring av deres produkter (72). Skruefundamentene kommer i flere serier, som alle har sine unike egenskaper tilpasset bruk. Dette innebærer utseende, lastkapasitet, størrelse og skruehode. I tillegg finnes det ekstrautstyr man kan supplere skruene med, eksempelvis ulike festeanordninger. Dermed kan de anvendes i en rekke områder. Skruene gir vel så gode resultater på store bygg, som på mindre bygg eller konstruksjoner. De kan for eksempel brukes til trebygg, skilt, parker, hager, haller, modulbygg og gjerder.

På grunn av gjengene er skruefundamentet ekstremt sterkt, noe Fremtidens Fundament beskriver godt ved å sammenligne spiker og skrue brukt i trevirke:

*Skal skruen trekkes ut uten rotasjon, må du også trekke ut trematerialet rundt. Dette gjør skruer sterkere enn spiker. Det samme gjelder ved et skruefundament, og derfor er det sterkere enn en nedslått påle og mye sterkere enn nedsatte og nedstøpte betongklosser (31).*

Skruefundamentene har mange fordeler sammenlignet med betong, og det kan stilles spørsmål ved hvorfor dette ikke er en like utbredt løsning. Skruerfundamentene er like sikre som betong, og har minst like lang levetid. Betongen har lenger installasjonsprosess, og må for eksempel tørke i minst 3 dager. En skrue kan til sammenlikning installeres på 5 min, og er klar til å belastes med en gang. På grunn av gjengene muliggjøres også enkel fjerning av skruene, som fint kan gjenbrukes (31).

En ulempe med skruene er at åpen fundamentering er en lite utbredt metode i Norge, spesielt ved bygging av boliger. Dermed er det ikke et stort marked for skruefundamentene. Likevel er åpen fundamentering høyst aktuelt for fritidsboliger og midlertidige bygg. For å aktualisere fundamenteringsmetoden, samt øke etterspørselen på skruene, er det på tide å utvikle nye og bedre løsninger for gulv mot det fri.

Samfunnet leter stadig etter måter å leve mer bærekraftig på. Dermed er miljøvennlig fundamentering, med mulighet for gjenbruk, en god start. Markedet for skruefundamentene blir bare større og større, og det finnes utallige bruksområder. Skruene har verdensomspennende anerkjennelse, og har vist gode resultater. Det er for eksempel brukt skruefundament i Cubushome i Osterhofen. Dette er et bærekraftig trehus bygget opp av moduler, som er designet for lavest mulig CO<sub>2</sub>-forbruk (73). Slike alternative fundamenteringsløsninger til betong burde få mer oppmerksomhet og tas i bruk for å oppnå mer bærekraftige bygg.

### 5.3 Todelt veggløsning

I 2011 ble det treårige prosjektet *Entré – Energieffektive trekonstruksjoner* avsluttet. Prosjektet ble satt i gang etter initiativ fra trelastbransjen i Norge og i regi av Norsk Treteknisk Institutt. Målet med prosjektet var å utvikle nye ytterveggsløsninger i tre, samt overganger til tilstøtende konstruksjonsdeler, som tilfredsstillende kommer opp til strenge energikrav og passivhuskrav. I prosjektet ble det sett på to ulike veggsløsninger; gjennomgående yttervegg (som ikke benytter heltre) og todelt yttervegg (36).

*Entré – Energieffektive trekonstruksjoner* viser til en amerikansk sammenligning fra 2009 av todelt ytterveggsløsning og tradisjonelt bindingsverk som er utført med stenderverk isolert med polyuretan. Her kommer den todelte løsningen middels ut. Det ble gjort sammenligninger av isolasjonsevne, robusthet i forhold til fukt, kostnad, materialbruk og rasjonalitet i byggeprosessen. Studien viste også at den todelte løsningen ikke scoret særlig bra kostnadmessig, men undersøkelsene gjort i *Entré – Energieffektive trekonstruksjoner* viser imidlertid at det ikke er store økonomiske forskjeller når totalkostnaden til prosjektet beregnes (36, s.24).

En todelt ytterveggsløsning gir svært lave kuldebro- og U-verdier i ytterveggen. Dette er fordi veggtykkelsen og isolasjonsmengden øker, sammenlignet med en enkel bindingsverksvegg. I tillegg vil det mellomliggende, kontinuerlige isolasjonssjiktet fungere som en kuldebrobryter. Med 100 mm uavbrutt isolasjon i en vegg med U-verdi under  $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , kan en anta at veggen har en kuldebroverdi på  $0,01 \text{ W}/(\text{mK})$ . Kuldebroer på  $0,01 \text{ W}/(\text{mK})$  regnes som så lave at de ikke inngår i energiregnskapet og konstruksjonen vil være kuldebrofri (36, s. 69).


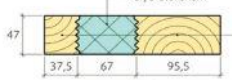


I høyisolerte veggkonstruksjoner av tre, kan det være utfordringer med tanke på fukt. Siden isolasjonsevnen i slike vegger er såpass god, vil kondensasjonspunktet til fuktig inneluft ligge inne i konstruksjonen. Det er derfor svært viktig at dampsperrer er helt tett og korrekt montert, slik at fuktig inneluft ikke slipper inn i veggkonstruksjonen. Dersom det benyttes inntrukken dampsperre, altså at dampsperrer ligger mellom det kontinuerlige isolasjonssjiktet og det innvendige stenderverket, er det viktig at plasseringen ikke overstiger  $1/3$  av veggtykkelsen. De store isolasjonsmengdene vil også øke den interne luftsirkulasjonen, og dermed den interne

fuktfordelingen i veggen. Varmetapet vil også øke noe på grunn av den økte luftsirkulasjonen. Dette kan forhindres med en konveksjonssperre. Det er anbefalt at det legges inn en konveksjonssperre i vegger med tykkelse over 200 mm ifølge *SINTEF Byggforskserien* (36, s.80-81).

## 5.4 Isostender

For å forbedre U-verdien og minke varmetapet, er taket i hytta føret ned på innsiden av sperrene. I stedet for å benytte vanlige lekter i konstruksjonstrevirke er det benyttet isostender fra Moelven. I 2009 lanserte Moelven Iso3-stenderen; en stender som er satt sammen av heltre og trykkfast isolasjonsskum. På denne måten får man et kontinuerlig sjikt med isolasjonsskum som vil fungere som en kuldebro-bryter, samt minke varmetapet gjennom konstruksjonen. Ved å benytte isostenderer får man en energibesparende konstruksjon (74).

De skumisolerte stenderne kommer i flere størrelser. De største dimensjonene har trevirke på hver side av isolasjonen, mens den minste dimensjonen har kun trevirke på den ene siden. De største dimensjonene kan erstatte heltrestenderer og svillene i en bindingsverksvegg. Dette gjør det mulig å bygge en kuldebrofri vegg med få sjikt. Med de største dimensjonene vil det være mulig å bygge en konstruksjon som tilfredsstillere passivhuskravene. Disse stenderne er også godt egnet til bindingsverksvegger mellom betongdekker. Dette er aktuelt i for eksempel store kontorbygg og blokker (75). Eksempelvis er det benyttet Iso3 200 i hovedkontoret til NCC i Oslo, og Iso3 300 i Grilstadporten og Parken kontor- og næringsbygg på Grilstad Marina i Trondheim (76).

Produkt	Produktoppbygning	Totalmål	U-verdi veggfelt W/m <sup>2</sup> K	Kuldebro-verdi/lm W/mK	U-verdi kuldebro W/m <sup>2</sup> K
Iso3 100		47x98mm	0,021	0,444	
Iso3 200		47x200mm	0,18	0,014	0,299
Iso3 250		47x250mm	0,14	0,009	0,200
Iso3 300		47x300mm	0,12	0,009	0,191

Figur 45: Iso3 - skumisolert trestender fra Moelven. Dimensjoner og egenskaper (75).

Den minste dimensjonen er i utgangspunktet utviklet for å lett kunne etterisolere eldre hus fra blant annet 70- og 80-tallet. Denne stenderen kan monteres direkte utenpå eksisterende bindingsverk, noe som gir en kuldebrofri konstruksjon. I tillegg vil varmetapet kunne reduseres med mer enn halvparten. Disse stenderne kan også brukes som kuldebrofri påføring på betongvegger og taksperrer, samt innvendig påføring på vegger (77).

Isostendere er også godt egnet til å isolere en massivtrevegg. Dette kan eksempelvis gjøres med prefabrikkerte elementer. Ydalir skole i Elverum er bygget etter dette prinsippet (78).



Figur 46: Ydalir skole i Elverum. Massivtrebygg isolert med Iso3 fra Moelven. Foto: Svein Egil Holmsen (78).

En annen fordel med isostendere er at de gir en lettere konstruksjon enn heltre. Dette er på grunn av det lette isolasjonskummet, samt at trevirket er tørket lenger enn vanlig. Siden isolasjonskummet også er et vanntett materiale, vil stenderen trekke til seg mindre fukt og dermed minke fuktbevegelser i konstruksjonen. En av de største fordelene med isostendere er at man kan benytte tradisjonell og kjent byggemetode med enkelt bindingsverk. Dette gir også en slank, energieffektiv vegg med få sjikt (75).

Isostenderne er isolert med skumisolasjon av polyuretan. Produksjonen av dette vil bidra til et noe høyere CO<sub>2</sub>-utslipp enn ved bruk av heltre. Isostendere vil derimot redusere varmetapet og bidra til et lavere oppvarmingsbehov. Totalt sett vil en vegg med isostendere komme bedre ut i klimagassregnskapet enn en tilsvarende vegg med heltre. Både treverket og polyuretanet kan materialgjenvinnes (79).

## 5.5 Innovativt gulv mot det fri

Gulv over åpen fundamentering er en gammel løsning, men som i nyere tid har blitt valgt bort til fordel for andre fundamenteringsmetoder. Dette er et gulv som er forbundet med mye fuktproblemer og trekk fra undersiden.

Da hytta har et gulv som ikke er en preakseptert løsning, har det blitt brukt mye tid på å utvikle en innovativ løsning. Problemet har vært å finne en god balanse mellom damp- og vindtette sjikt. Det har vært utfordrende å finne en sammensetning av de forskjellige sjiktene i gulvet som gjør at gulvet er tett, men som samtidig ventilerer ut eventuell fukt som trenger inn i konstruksjonen.

For å sikre at det ikke er fare for kondens i konstruksjonen har det, i sammenheng med denne oppgaven, blitt utarbeidet et Excel-ark til fuktberegning etter Glaser-metoden. Ved å plote inn ønskede materialer i gulvet, sjikttykkelse og tilhørende materialegenskaper, vil man kunne beregne temperaturfallene nedover i sjiktene. Deretter kan man benytte denne informasjonen, sammen med damptrykk og metningstrykk, til å sjekke om det er fare for fukt i de ulike sjiktgrensene.

Excel-arket har blitt brukt til å beregne kondensfare i flere forskjellige typer gulv, med ulik sammensetning av damp- og vindtette lag. Kun ett av dem oppfylte alle kravene.

I etasjeskillere mot det fri benyttes det vanligvis kun ett damptett undergulv som det damptette sjiktet. Dette er tilstrekkelig så lenge isolasjonsmengden ikke blir for stor. I etasjeskilleren som er utviklet til dette prosjektet er det totalt 300 mm isolasjon. Det var derfor nødvendig å legge inn et ekstra sjikt, nemlig smart dampsperre. Under-siden av gulvet er utformet etter vanlig prinsipp med vindsperre og stubbeloft.

Som nevnt tidligere, ble det gjort fuktberegninger med ulike materialer. Som smart dampsperre ble det brukt 12 mm OSB-plate og AirGuard Smart2, et smart dampsperreprodukt fra Isola. AirGuard er utviklet slik at den blant annet kan monteres på oversiden av isolasjonen i et bjelkelag mot det fri, når det i tillegg er montert et damptett trebasert undergulv (80).

OSB-plate og AirGuard ble testet ut i kombinasjon med plastfiberduk av polypropylen og damptett undertak av kartongplater med overside av polyetylen, som vindsperre. Den eneste kombinasjonen som ikke resulterte i fare for fukt i noen av gulvsjiktene var kombinasjonen av AirGuard og plastfiberduk. De andre kombinasjonene resulterte i et høyere damptrykk ( $P_v$ ) enn metningstrykk ( $P_{sat}$ ) i mineralull- og nedforingsjiktet. Dette kan medføre kondens og fuktskader i konstruksjonen.



Grunnen til at det er testet med et damptett undertak som vindsperre er for å hindre at fukt fra grunnen trenger inn i bjelkelaget. Problemet med denne løsningen er at eventuell fukt inne i konstruksjonen ikke kan slippe ut. Det ble derfor også vurdert en vindsperre av plastfiberduk av polypropylen. Denne er noe damptett, men dette vil variere med den relative luftfuktigheten. Med denne vindsperren må stubbeloftet impregneres slik at det er fuktbestandig.

## 6 Resultater

### 6.1 Konsept

Som resultat av teorien skrevet i kapittel tre, samt valgene som er tatt i kapittel fire, er det utviklet et forslag til en hyttemodell til prosjektet *Grønn fjellhageby*. Konseptet dreier seg om et helt hyttefelt, men gruppen har kun tatt for seg en av hyttene. Tanken bak dette er at det kan bygges flere tilsvarende hytter. Hyttefeltet kan selvfølgelig også ha andre hytter hvis det er ønskelig, men som gjerne har samme arkitektoniske stil.

Hytta er prosjektert med hovedfokus på bærekraft, noe som innebærer energieffektivitet, materialvalg og utforming. Hyttekonseptet er modulbasert, og utgangspunktet for en hytte er en hovedmodul på kun 42 m<sup>2</sup>. Dette for å få til en arealeffektiv løsning der hver kunde kan tilpasse sin hytte etter behov og ønske. Hytta er utformet slik at brukerne kan nyte optimal komfort på en bærekraftig måte. Dette innebærer at hytta er fullt utstyrt med vannklosett, dusj og oppvaskmaskin, samt fornybare energikilder som solceller, luft-til-luft-varmepumpe og rentbrennende, vedfyrt peisovn. I tillegg bidrar de valgte komponentene til å gjøre hytta energi-effektiv. Dette medfører god isoleringsevne og minimale kuldebroverdier.

Hytta har skruefundament og åpen fundamentering. Det er tenkt at hytta skal bli en del av den eksisterende vegetasjonen og terrenget, slik at omgivelser og biologisk mangfold bevares. Den tette skogen og de åpne lungene tilfører området gode muligheter for både skjermet privatliv og sosialt samspill.

Grønn fjellhageby skal være et hyttefelt preget av en grønn og fremtidsrettet tankegang. Feltet skal være et godt eksempel på hvordan man kan eliminere overforbruk og store klimagassutslipp ved hytteutbygging.

## 6.2 U-verdi

For å kvalitetssikre at hytta er energieffektiv, har U-verdiene til både tak, yttervegg, vindu og gulv blitt beregnet. Utregningene har blitt foretatt etter eksempelberegninger i *Trehus Håndbok 5* og *SINTEF Byggforskserien*. Nødvendige verdier til de forskjellige materialene har også blitt hentet herfra. Se Vedlegg 5.

Tabell 2 viser beregnet U-verdi, sammenlignet med minstekravene gitt i TEK17. Tabellen viser også passivhuskrav gitt i NS3700. Etter 2013 har ikke passivhus U-verdikrav til hverken tak, yttervegger og gulv, og det er derfor oppgitt typiske passivhusverdier for disse.

	<b>Beregnet verdi</b>	<b>Minimumskrav</b>	<b>Passivhuskrav</b>	<b>Typiske passivhusverdier</b>
Tak	0,11	≤ 0,18		0,08-0,09
Yttervegg	0,10	≤ 0,22		0,1-0,12
Vindu	0,61	≤ 1,2	≤ 0,80	
Gulv	0,10	≤ 0,18		0,08

Tabell 2: U-verdier.

## 6.3 Dimensjonering

For å dimensjonere bæresystemet har det blitt foretatt lastberegninger. Disse beregningene er gjort i henhold til *Trehus Håndbok 5* og *SINTEF Byggforskserien*. Det er blant annet gjort beregninger på snølast i det aktuelle området. Deretter har valg av dimensjoner blitt tatt ut fra tabellverdier i *Byggforskserien* og *Trehus Håndbok 5*, etter opptredende last og spennvidde. Dimensjonering ligger i Vedlegg 4.

Tabellen under viser dimensjonene til alle trekomponentene i hytta.

	Bygningselement	Materiale	Bredde [mm]	Høyde [mm]
Bjelkelag 1. etasje	Bærebjelke	C24	98	223
	Gulvbjelke	I-bjelke	45	200
	Kantbjelke	C24	48	200
Bjelkelag hems	Bærebjelke	C24	73	223
	Gulvbjelke	C24	73	198
	Søyle	GL32c	73	73
Yttervegg (ytre)	Stendere, sviller, losholt	C18	36	148
	Overdekningsbjelke	C18	48	198
Yttervegg (indre)	Stendere, sviller, losholt	C18	36	98
Innervegg (bærende)	Stendere, sviller	C18	36	98
Innervegg (ikke-bærende)	Stendere, sviller	C18	36	73
Tak	Mønebjelke	GL32c	140	315
	Søylar	GL32c	115	180
	Taksperrer	C30	48	223
	Kantbjelker	C30	48	223

Tabell 3: Oversikt over konstruksjonselementene.

Dimensjoneringen har tatt utgangspunkt i hovedmodulen. Ved å sette på kun én tilleggsmodul vil blant annet vindlasten endres på grunn av takformen. Tilleggsmodulene er ikke dimensjonert. Dersom hytta skal plasseres andre steder i landet, må nye snølastberegninger utføres.

## 6.4 Fukt

Beregninger etter Glaser-metoden ble gjennomført for å kontrollere at det ikke var fare for kondens i gulvet mot det fri. Målet var å finne en tilfredsstillende sammensetning av damp- og vindtette sjikt. Det ble undersøkt fire ulike løsninger, hvorav en av dem ikke resulterte i fare for kondens i isolasjonssjiktet.

Følgende komponentkombinasjoner ble undersøkt:

<b>Smart dampsperre</b>	<b>Vindsperre</b>	<b>Kondensfare</b>
OSB-plate	Damp tett undertak av kartongplater	Ja
OSB-plate	Plastfiberduk av polypropylen	Ja
AirGuard Smart2	Damp tett undertak av kartongplater	Ja
AirGuard Smart2	Plastfiberduk av polypropylen	Nei

Tabell 4: Kombinasjoner av damp- og vindtette sjikt.

Se Vedlegg 6 for beregninger.

## 6.5 Tegninger

Alle tegninger er produsert etter én hytte, som er riktig orientert med tanke på himmelretningene. Disse tegningene vil dermed ikke nødvendigvis være representative for hvordan de ulike hyttene faktisk vil plasseres i hyttefeltet. Situasjonsplanen viser et forslag til hvordan hyttene kan plasseres i forhold til hverandre, og her er flere av hyttene rotert minimalt for å illustrere at hyttene må tilpasses terrenget og tomten.

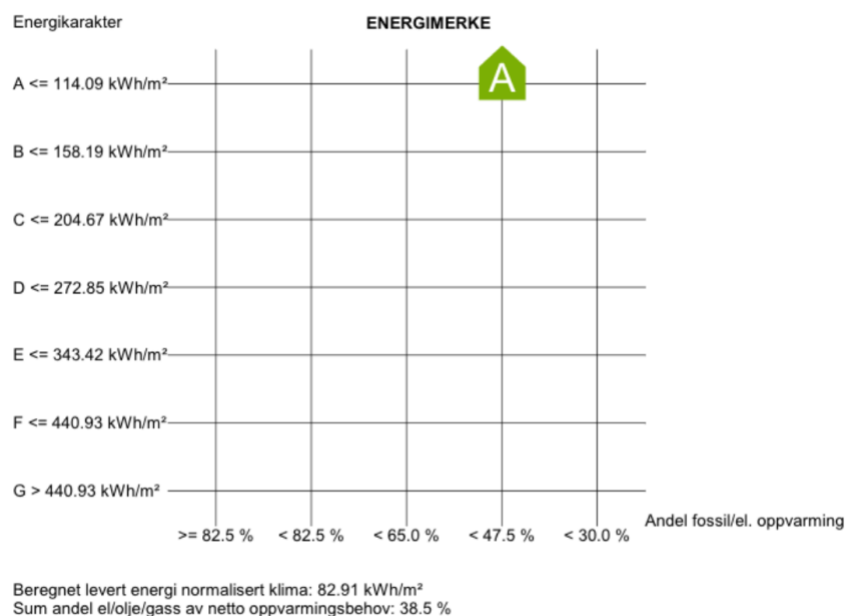


Figur 47: Forslag til situasjonsplan.

Tegningene som er utarbeidet gir en oversikt over resultatet. Det er produsert plantegninger til hovedmodulen (A), samt et forslag til planløsning med tilleggsmodulene B+C og D+E. I forslaget med hytte ABC er det tiltenkt at tilleggsmodulene er valgt fra start. I hytte ADE er modulene lagt til i ettertid. Det er også produsert fasader som viser disse modulkombinasjonene. Detaljene er hentet fra to ulike snitt gjennom hovedmodulen, samt fra plantegningen. Disse viser blant annet overgangen mellom de ulike bygningskomponentene.

Alle tegninger ligger i Vedlegg 3.

## 6.6 SIMIEN



Figur 48: Utklipp fra energimerkeevaluering i SIMIEN.

Som figuren over viser har hytta fått energimerke lysegrønn A. Dette merket er nødvendigvis ikke helt representativ, da det måtte legges inn fjernvarme fra Rønningslia Gard for å forbedre andel fossil/EL-opppvarming. Ved energimerkesimulering tar ikke programmet hensyn til at elektrisitet produsert med solceller, er fornybar energi. Derfor vil energiforsyningen kun være et estimat. Likevel burde energimerket være relativt samsvarende med realiteten.

## 7 Drøfting

### 7.1 Metode

Gjennom oppgaveskrivingen er det benyttet flere virkemidler, derav litteratursøk, workshoper, hjelp fra ekstern og intern kompetanse, og dataprogrammer som ArchiCAD og SIMIEN. For utvikling av konsept har litteratursøk og workshoper vært de mest sentrale metodene.

#### 7.1.1 Planlegging og prosess

I oppstartsfasen ble det tidlig utarbeidet en fremdriftsplan med konkrete mål og tidsfrister. Gruppen har vært tydelige på at disse tidsfristene skulle overholdes på best mulig måte. Det har vist seg at dette ikke alltid lar seg gjøre, men likevel har gruppen vært flinke til å jobbe jevnt og aldri havnet betydelig bak skjema. I starten av prosessen ble det også opprettet en disposisjon, med punkter som dokumentet måtte inneholde. Denne ble da utgangspunktet til innholdsfortegnelsen. Her ble kapittelinndeling bestemt, samt enkelte delkapitler. Etter hvert som kunnskapen økte og oppgaven ble mer spesifisert, endret strukturen seg noe. Enkelte delkapitler ble fjernet, og det ble lagt til både nye kapitler og delkapitler. Et eksempel er «Kapittel 5 Forskning og utvikling». Dette var opprinnelig ikke et eget kapittel, men gruppa synes punktet var såpass omfattende at dette var nødvendig. Gruppen har i ettertid fundert på om det hadde vært bedre å la oppdelingen skje naturlig underveis. Dermed kunne man spart tid på å omstrukturere senere. Likevel har det vært greit å ha en pekepinn å gå etter.

Det ble valgt å ikke ha et eget kapittel kun til analyse. I teoridelen beskrives ulike komponenter, og det belyses fordeler og ulemper med disse. På denne måten ble komponentene veid opp mot hverandre og det var det lett å ta valg i kapittel fire. En annen bakgrunn for dette valget var at det virket overflødig å ha tre kapitler som handlet om det samme. På en annen side kunne det vært oversiktlig å ha analyse som et eget kapittel, men gruppen mener dette fort hadde blitt veldig gjentakende og rotete.

Etter forslag fra intern veileder, har gruppen hatt mange workshoper. Her har det blitt brainstormet individuelt for så å ha gjennomgang i plenum. Dette har vært en nyttig arbeidsmetode for den kreative prosessen. I ettertid ser gruppen at det muligens ble brukt litt mye tid på dette. Likevel har det hjulpet gruppen til å komme frem til en løsning alle er godt fornøyde med. Se Vedlegg 9 for notater og skisser fra workshop.

Retningslinjene rundt Covid-19 har påvirket prosessen. Gruppen booket et fast grupperom for å kunne jobbe sammen hver dag, noe som fungerte veldig bra. Koronasituasjonen førte også til Teams-møter, istedenfor fysiske møter med veiledere. Dette har stort sett gått fint, men det skal ikke legges skjul på at det i enkelte tilfeller har vært tungvint. Det har definitivt vært et savn å kunne vise frem, spørre og diskutere problemer ansikt til ansikt.

### **7.1.2 Litteratursøk**

Nyttig og relevant informasjon har vært nødvendig for å kunne skrive en akademisk god oppgave. Dermed har gruppen vært svært kildekritiske når det kommer til litteraturen som er brukt. Gruppen har hentet mye informasjon fra *SINTEF Byggforskserien*, som anses å være en svært troverdig kilde. Ellers er også TEK17, standarder, veiledere, rapporter og fagbøker hyppig brukt. Disse betraktes som objektive og troverdige kilder, da de kommer fra anerkjente organisasjoner. Gruppen har også sett på tidligere studentoppgaver, der informasjonen ble faktasjekket før den ble tatt i bruk.

Søkemotoren Google Scholar er hyppig brukt, samt Google. Kilder fra Google er nøye vurdert, da informasjonen som gis kan variere i nøyaktighet og troverdighet. Eksempelvis kan aktører som skal selge et produkt komme med subjektive påstander og meninger om produktet.



### **7.1.3 Utvikling av konsept**

Utviklingen av konseptet har totalt sett bestått av å innhente informasjon, analysere og ta beslutninger. I kapittel tre er komponentene beskrevet hver for seg, og veid opp mot liknende alternativer. På denne måten får man en grundig beskrivelse av mulighetene, der man belyser fordeler og ulemper. I kapittel fire velges en av løsningene redegjort for i teoridelen. Samtidig vektlegges det hvordan løsningen vil fungere sammen med de andre komponentene i sin helhet.

Da prosjektperioden har hatt en tydelig tidsbegrensning har oppgaven måttet avgrenses. Dermed vil ikke prosjekteringen være komplett. For at hytta skal kunne realiseres vil det være nødvendig å blant annet utarbeide flere tegninger.

## **7.2 Konseptet bærekraftig modulhytte**

### **7.2.1 Bærekraft**

Ett av hovedmålene med oppgaven var å lage en hytte som er bærekraftig. Med tanke på tidsbegrensningen som prosjektet hadde, var det nødvendig å velge ut noen fokusområder. Det ville vært for mye jobb å designe en hytte som var bærekraftig på alle mulige måter. Dermed ble fokuset på materialvalg, energi-effektivitet og naturinngrep. Fra start har det vært ønskelig at hytta skal benytte mest mulig tre da dette er en fornybar ressurs med lave CO<sub>2</sub>-utslipp. Det har vært viktig for gruppen at alle materialene som benyttes er mulige å anskaffe lokalt. Gruppen har endt opp med å bruke fundament som må fraktes fra Tyskland, noe som ikke er helt optimalt. Lignende norskprodusert fundament var ikke til å oppdrive og dermed anses denne transporten som nødvendig, da denne typen fundament fører til at hytta gjør så lite naturinngrep som mulig.

### **7.2.2 Modul**

En stor del av konseptet har vært å utforme arealeffektive og fleksible hytter. Løsningen ble modulbaserte hytter som kunne kombineres og endres etter behov.

Gruppen var ambisiøs i starten og hadde flere forskjellige hovedmoduler og enda flere tilleggsmoduler. Etter hvert ble det tydelig at det hadde blitt for komplisert å lage så mange forskjellige variasjoner av samme hytte.

### 7.2.3 Byggteknikk

I starten hadde veggene kun utvendig bæring og derfor ble skruefundamentet plassert direkte under det utvendige stenderverket. I ettertid ble det byttet til todelt bæring i veggen for at hemsens skulle hvile på det innerste stenderverket for å ikke skape kuldebroer i ytterveggen. Dermed vil ikke detaljen som viser overgang fundament/gulv/yttervegg være helt korrekt. For å forbedre denne detaljen kunne man for eksempel ha plassert hytta på en stålramme, eller lagt inn en stålplate for å fordele lastene videre nedover til fundamentet. Eventuelt kunne man beholdt den utvendige bæringen og løst problemet med kuldebroen ved å kle inn bærebjelkene til etasjeskilleren med isolasjon.

Takstolene til modulene har ikke blitt dimensjonert, og heller ikke skilleveggen mellom modulene. Skilleveggen fikk samme tykkelse som det utvendige bindingsverket, men ved nøyere ettertanke burde dette stenderverket muligens hatt større dimensjon. Dybden til stenderne er satt av tykkelsen på veggen, men bredden kan fortsatt endres.

Modulene fikk annerledes tak enn resten av hytta for å minimere volum som skal oppvarmes. Plassen over himlingen blir dermed ikke benyttet. Ved å sette inn en luke fra hemsens kunne man ha benyttet denne loftsplassen til oppbevaring.

Lettveggen mellom soverommet og stuen er utformet slik at skapet på soverommet er skilleveggen, og klærne i skapet fungerer som isolasjon. Denne løsningen er ikke preakseptert, og gruppen kan ikke si med sikkerhet at dette er en god løsning.

I stedet for å bygge opp ytterveggen med en todelt løsning, kunne det blitt benyttet isostendere. Slik kunne man redusert veggtykkelsen, og samtidig bevart det kontinuerlige isolasjonssjiktet.

### **7.3 Innovativt gulv mot det fri**

Ved utvikling av gulvdetaljen har gruppen hatt løpende kontakt med intern veileder, Bozena Dorota Hrynyszyn. Hun foreslo blant annet at det burde vurderes å benytte en OSB-plate som smart dampspærre, og et damptett undertak som vindsperre. De alternative materialene, smart dampspærre av typen AirGuard og vindsperre av plastfiberduk, har gruppen selv valgt å undersøke. Disse komponentene ble valgt da gruppen, ut ifra beregningene, så at det var nødvendig med en mer damptett dampspærre og en dampåpen vindsperre.

Gruppen gjorde først fuktberegningene for hånd, men siden det ble nødvendig å teste ut flere ulike materialkombinasjoner ble dette fort tungvint. Det var derfor mer hensiktsmessig å utarbeide et Excel-ark til å gjennomføre de samme beregningene mer effektivt. For å optimalisere oppbygningen av gulvet, burde det blitt testet ut flere materialer i beregningene. Dette lot seg derimot ikke gjøre på grunn av tidsbegrensninger.

### **7.4 Veien videre**

Da oppgaven kun er et forslag er det flere aspekter som må tas stilling til før endelig ferdigstilling av prosjektet. Ved videreføring må prosjektets økonomi vurderes. Det må tas stilling til hvordan man kan bygge hytter etter såpass høy energistandard på en økonomisk lønnsom måte, og en kostnadsberegning av hytta må gjennomføres. Å foreta en livsløpsanalyse av bygget er også aktuelt.

Gulvdetaljen som er utviklet til prosjektet må forskes mer på dersom den skal kunne benyttes. Den bør testes i ulike værforhold og med ulike komponenter slik at den kan optimaliseres. I tillegg må all dimensjonering kontrolleres av konstruksjonsingeniører, og det må foretas dimensjoneringer av tilleggsmodulene.

De tekniske løsningene i hytta må dimensjoneres. Dette innebærer at ventilasjonssystemet, oppvarmings- og energibehov, samt vann- og avløpsføringer må planlegges i detalj. Det bør også gjøres vurderinger på hvordan energi fra

høsehuset på Rønningslia Gard kan utnytted. Her er det snakk om å utnytte takareal til solceller, samt utnytte varmen hønene produserer til fjernvarming.

Antall hytter, og plassering av dem i hyttefeltet, må planlegges. Hvordan hyttene arrangeres i forhold til hverandre og adkomstvei, er ikke nøye vurdert i denne oppgaven. Det er derimot laget en skisse av planområdet der hyttene er arrangert i tun med fem til sju hytter.

Det er tenkt at hyttefeltet skal inkludere et fellesbygg. Dette bygget er imidlertid ikke prosjektert i denne oppgaven, så størrelse og behov må vurderes. I tillegg må dimensjonering gjennomføres ved videreføring av prosjektet.

## 8 Konklusjon

På bakgrunn av problemstillingen «*Utvikling av et bærekraftig og fleksibelt hyttekonsept*» som ble presentert i 1.2.2 har følgende spørsmål blitt stilt og besvart:

*Hvordan kan hytter bygges arealeffektive, og samtidig fleksible slik at de kan tilpasses etter kundens behov?*

For å skape en hytte som er arealeffektiv og fleksibel er resultatet en modulløsning med én hovedmodul og flere tilleggsmoduler. Med denne løsningen kan kundene velge størrelse etter behov, og det gir en hytte som kan vokse med familien.

Planløsningen er arealeffektiv uten at det har gått på bekostning av hyttas inventar. Hytta har fullt utstyrt kjøkken og bad, samtidig som det unngås overflødig gulvareal. Flerfunksjonelle møbler skaper en fleksibel anvendelsesmulighet, i tillegg til at det reduserer plassbehovet. For eksempel fungerer sofaen også som et oppbevaringsmøbel og seng.

*Hvorfor og hvordan skal hytter prosjekteres med tanke på energieffektivitet?*

Hyttas energieffektivitet har en direkte innvirkning på bærekraftperspektivet knyttet opp mot energibehov. Den kompakte formen, sammen med de kontinuerlige isolasjonssjiktene i både vegg, tak og gulv, fører til minimalt varmetap og dermed et redusert energibehov. Når dette kombineres med fornybare energikilder som solenergi, vil hytta ikke bare skåne miljøet, men også redusere energikostnadene. En energieffektiv hytte har en høyere termisk komfort, og følgelig bedre bostandard, enn tradisjonelle hytter.

*Hvordan kan naturinngrep minimeres ved utbygging av et nytt hyttefelt?*

For å minimere naturinngrepet står hytta på skruefundament. Ved eventuell riving eller flytting av hytta vil det etterlates tilnærmet ingen fotavtrykk. Åpen fundamentering gjør også at hytta er tilpasset terrenget slik at det ikke er behov for planering eller massivt grunnarbeid. Små hytter, beskjeden adkomstvei og uteplasser som benytter de naturlige omgivelsene bidrar til å bevare det biologiske mangfoldet og den eksisterende vegetasjonen.

### *Hvordan vil fokus på bærekraft påvirke materialvalg?*

Med hensyn til hyttas bærekraft har det primært blitt benyttet tre i konstruksjonen, da materialet har gode miljøegenskaper og er en fornybar ressurs. Det er bevisst ikke benyttet betong i dette prosjektet. Samtlige materialer som er benyttet er lokale så lenge det har latt seg gjøre. Det har også vært viktig å velge produkter som er produsert av resirkulerte materialer, og som etter sin levetid kan gjenvinnes. Produkter med lang levetid og som krever lite vedlikehold var ønskelig da det bidrar til mindre utskifting av materialer, samt at det reduserer kostnadene og utslippene som kommer med vedlikehold.

### *Hvordan skape felleskap og samspill i et hyttefelt ved hjelp av delingsfunksjoner?*

Ved å arrangere hyttene i tun vil det dannes naturlige samlingspunkt mellom bygningene. Ved å bevare de naturlige lysningene i den ellers tette skogen vil dette fungere som naturgitte møtepunkt for sosial lek og hygge. Fellesbygget med delingsfasiliteter vil kreve et godt samarbeid mellom hytteeierne for at det skal fungere, og samlingslokalet innbyr til sosiale sammenkomster. Grønn fjellhageby skal fungere i samspill med Rønningslia Gard da den blant annet bidrar med dyrkingsmuligheter på jordet. Hyttefolket må sammen danne et fellesskap og engasjement for å bevare og vedlikeholde delingsfunksjonene og uteområdene.

Prosjektoppgaven er et forslag til et bærekraftig og fleksibelt hyttekonsept til Grønn fjellhageby i Oppdal. Konseptet er et bidrag til fremtidens hytteutvikling der bærekraftperspektivet stadig blir viktigere. Med sin arealeffektive og modulbaserte løsning, samt delingsaspekt, utfordrer hytta den tradisjonelle hytteutbyggingen i Norge. Konseptet er et godt eksempel på hvordan man kan eliminere overforbruk og store klimagassutslipp ved hytteutbygging.

## Figurliste

Figur 1: Kartutsnitt fra Kartverket. Området for tomte er markert i rødt.....	4
Figur 2: Området for hyttefeltet. Utklipp fra «Oppsummering: Workshop landskap, Nasjonalparken Næringshage».....	4
Figur 3: Åpent område, stor stein og tett skog i det aktuelle området. Foto: Helga Margaretha Hognestad.....	5
Figur 4: Terrengprofil og referanseområde. Hentet fra: kommunekart.com.....	5
Figur 5: Området ligger i tilknytning til Rønningslia Gard, fjell og andre hytteområder. Jordet kan leies og dyrkes. Foto: Helga Margareta Hognestad.....	6
Figur 6: Minimumskrav til energieffektivitet i TEK17 §14-3 (1) a.....	14
Figur 7: Typiske U-verdier for yttervegg, tak og gulv for passivhus og lavenergibygninger fra NS 3700:2013.....	15
Figur 8: Karbonkretsløp i skog (20, Figur 3.2.1). (20).....	16
Figur 9: Bindingsverk av tre (7).....	17
Figur 10: Stendertyper i bindingsverk (7).....	18
Figur 11: Massivtreelement (88).....	18
Figur 12: Laftet bygning med åstak og raftesperre (30).....	20
Figur 13: Gulv på grunnen med med ringmur av betong (83).....	21
Figur 14: Ventilert kryperom med ringmur (84).....	22
Figur 15: Pilarer av betong illustrert under grunnen (85).....	22
Figur 16: Pilar av betong illustrert over grunnen (85).....	22
Figur 17: Skruefundament festet i bjelkelag (86).....	23
Figur 18: Skruefundament (59).....	24
Figur 19: Gulv på grunnen med støpt betongplate (83).....	24
Figur 20: Gulv på grunnen med lett flytende gulv (83).....	24
Figur 21: Etasjeskiller med trebjelkelag mot det fri (32).....	25
Figur 22: Gjennomgående yttervegg med stendere av I-profil (38).....	27

Figur 23: Gjennomgående yttervegg med massivtreelement (38). .....	27
Figur 24: Todelt yttervegg med stendere i heltre (38). .....	27
Figur 25: Plassering av vindu (40). .....	29
Figur 26: Skrått saltak av tre. Oppvarmet loft og uoppvarmet loft (41). .....	30
Figur 27: Solinnstråling i Norge (47). Illustrasjon: Endre Barstad. ....	36
Figur 28: 3D-konstruksjon (rendret i ArchiCAD). .....	42
Figur 29: Berggrunn. Utklipp fra ngu (80). .....	43
Figur 30: Løsmasser. Utklipp fra ngu (80). .....	43
Figur 31: Fra toppen; gulvbord, undergulv, trinnlydplate, smart dampsperre, isolert bjelkelag, nedforing, vindsperre og stubbeloft. ....	44
Figur 32: Fra venstre; kryssfinér, isolert stenderverk, dampsperre, isolasjon, konveksjonssperre, isolert stenderverk, vindsperre, krysslekt, bordkledning. ....	46
Figur 33: Fra toppen; stålplate, undertak, OSB-plate, lekt, vindsperre, taksperrer isolert, dampsperre, nedforing med isostender, himling. ....	48
Figur 34: Inspirasjonsbilde (90). .....	49
Figur 35: Termisk sjikt. Rød: damp tett sjikt. Blå: vind tett sjikt. Gul: varmeisolerende sjikt. ....	50
Figur 36: Ulike kombinasjoner av modulene. ....	54
Figur 37: Det ytre stenderverket til hovedmodulens østside, med losholt som kan benyttes til vindu eller dør. ....	54
Figur 38: Fabrikkmåstilt takstol der pilene representerer bærevegger (89). ....	56
Figur 39: Hytta utvendig fra sør-øst på vinteren (rendret i Twinmotion). ....	60
Figur 40: Kjøkkeninnredning i hovedmodul. Mørke kontraster til den lyse kledningen og benkeplate i lys skifer (rendret i ArchiCAD). ....	60
Figur 41: Planløsning i hovedmodulen (rendret i ArchiCAD). ....	61
Figur 42: Det er hentet inspirasjon fra hytta Woody 35 (82). ....	62
Figur 43: Snitt fra vest. Soverom med plassbygd seng og skap som lettvegg (rendret i ArchiCAD). ....	63



Figur 44: Hyllesystem i stenderverk. Forslag til innredning på soverom i tilleggsmodul D (rendret i ArchiCAD). .....	63
Figur 45: Iso3 - skumisolert trestender fra Moelven. Dimensjoner og egenskaper (74).....	69
Figur 46: Ydalir skole i Elverum. Massivtrebygg isolert med Iso3 fra Moelven. Foto: Svein Egil Holmsen (77).....	70
Figur 47: Forslag til situasjonsplan. ....	76
Figur 48: Utklipp fra energimerkeevaluering i SIMIEN. ....	77

## Tabelliste

Tabell 1: Modulene .....	53
Tabell 2: U-verdier .....	74
Tabell 3: Oversikt over konstruksjonselementene.....	75
Tabell 4: Kombinasjoner av damp- og vindtette sjikt.....	76

## Referanseliste

1. Thue JV. Store norske leksikon - U-verdi. [Online].; 2019 [cited 2021 05 05. Available from: <https://snl.no/U-verdi>.
2. SINTEF Byggforskserien. 471.010 Varmekonduktivitet og varmemotstand for bygningsmaterialer. [Online].; 2020 [cited 2021 03 09. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/209/varmekonduktivitet\\_og\\_varmemotstand\\_for\\_bygningsmaterialer](https://www.byggforsk.no/dokument/209/varmekonduktivitet_og_varmemotstand_for_bygningsmaterialer).
3. Rosvold KA. Store norske leksikon - energieffektivitet. [Online].; 2019 [cited 2021 05 05. Available from: <https://snl.no/energieffektivitet>.
4. Thue JV. Store norske leksikon - Kuldebro. [Online].; 2019 [cited 2020 05 05. Available from: [https://snl.no/kuldebro\\_-\\_bygningsteknikk](https://snl.no/kuldebro_-_bygningsteknikk).
5. Tekna. Trykktesting. [Online].; 2021 [cited 2021 05 05. Available from: <https://www.tekna.no/fag-og-nettverk/bygg-og-anlegg/byggbloggen/trykktesting/>.
6. Fossen H. Store norske leksikon - Setninger. [Online].; 2020 [cited 2021 05 05. Available from: [https://snl.no/setning\\_-\\_geologi](https://snl.no/setning_-_geologi).
7. SINTEF Byggforskserien. 523.251 Bindingsverk av tre i småhus. Dimensjonering og utførelse. [Online].; 2014 [cited 2021 03 15. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/358/bindingsverk\\_av\\_tre\\_i\\_smaahus\\_dimensjonering\\_og\\_utfoerelse#i0](https://www.byggforsk.no/dokument/358/bindingsverk_av_tre_i_smaahus_dimensjonering_og_utfoerelse#i0).
8. Bryhni I. Store norske leksikon - Klimagasser. [Online].; 2019 [cited 2021 05 05. Available from: <https://snl.no/klimagasser>.
9. Olstad L. Bakgrunn: Finnes den autentiske hytta? [Online].; 2009 [cited 2021 03 10. Available from: <https://forskning.no/ntnu-historie-fritid/bakgrunn-finnes-den-autentiske-hytta/931354>.
10. Busterud K. Slik er norsk hyttekultur blitt til. [Online].; 2016 [cited 2021 03 10. Available from: <https://www.an.no/nyheter/slik-er-norsk-hyttekultur-blitt-til/s/5-4-238272>.
11. Statistisk sentralbyrå. Fakta om Hytter og fritidsboliger. [Online].; 2021 [cited 2021 03 10. Available from: <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/faktaside/hytter-og-ferieboliger>.
12. Helgerud M. Store norske leksikon - Hytte. [Online].; 2021 [cited 2021 03 10. Available from: <https://snl.no/hytte>.
13. Nasjonalparken Næringshage AS. Næringshagen. [Online]. [cited 2021 03 09. Available from: <https://www.nasjonalparkhagen.no/om-naeligringshagen.html>.
14. Nasjonalparken Næringshage AS. Kompetanseløft for bærekraftig fritidsnærings. [Online]. [cited 2021 03 09. Available from: <https://www.nasjonalparkhagen.no/kompetanseloslashft-for-baeligrekraftig-fritidsnaeligring.html>.
15. SINTEF Byggforskserien. Hva er Byggforskserien. [Online]. [cited 2021 03 10. Available from: [https://www.byggforsk.no/side/198/hva\\_er\\_byggforskserien](https://www.byggforsk.no/side/198/hva_er_byggforskserien).

16. Olerud K, Tjernshaugen A, Andersen G. Store Norske Leksikon. [Online].; 2021 [cited 2021 03 08. Available from: [https://snl.no/bærekraftig\\_utvikling](https://snl.no/bærekraftig_utvikling).
17. Keilman T. Bygger bedre kunnskap for en mer bærekraftig byggebransje. [Online].; 2020 [cited 2021 03 15. Available from: <https://www.forskningsradet.no/sok-om-finansiering/hvem-kan-soke-om-finansiering/naringsliv/prosjekter-naringslivet/bygger-bedre-kunnskap-for-en-mer-barekraftig-byggebransje/>.
18. Grønmo S, Nestaas I. Store Norske Leksikon - Livsløpsanalyse. [Online].; 2020 [cited 2021 03 08. Available from: <https://snl.no/livsløpsanalyse>.
19. SINTEF Byggforskserien. 473.003 Energieffektive bygninger. Begreper og definisjoner.. [Online].; 2015 [cited 2021 09 02. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/4153/energieffektive\\_bygninger\\_begreper\\_og\\_definisjoner](https://www.byggforsk.no/dokument/4153/energieffektive_bygninger_begreper_og_definisjoner).
20. Ramstad TØ, Edvardsen KI. Håndbok 5 Trehus Haug T, editor. 0314: SINTEF akademisk forlag; 2017.
21. Tekna. 7 gode grunner til å bruke tre som byggemateriale. [Online].; 2019 [cited 2021 03 15. Available from: <https://www.tekna.no/kurs/innhold/7-gode-grunner-til-a-bruke-tre-som-byggemateriale/>.
22. SINTEF Byggforskserien. 523.255 Yttervegger av bindingsverk. varmeisolering og tetting. [Online].; 2020 [cited 2021 05 09. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/361/yttervegger\\_av\\_bindingsverk\\_varmeisolering\\_og\\_tetting](https://www.byggforsk.no/dokument/361/yttervegger_av_bindingsverk_varmeisolering_og_tetting).
23. ByggeBolig. Hva er massivtre? [Online]. [cited 2021 03 08. Available from: <https://inspirasjon.byggebolig.no/hva-er-massivtre>.
24. Glosli C. Så miljøvennlige er trebygg. [Online].; 2018 [cited 2021 03 08. Available from: <https://forskning.no/nmbu-norges-miljo-og-biovitenskapelige-universitet-miljo-jord-og-skog/sa-miljovennlige-er-trebygg/266554>.
25. Aasheim , Lier L. Markedsanalyse massivtre markedet i Norge 2017-2024. [Online].; 2017 [cited 2021 03 08. Available from: <http://byggitre.no/Markedsanalyse%20280217-1.pdf>.
26. Glasø R, Husby E. Massivtre - et fullverdig alternativ til tradisjonell byggemetode? Bachelor. Trondheim: NTNU, Institutt for bygg- og miljøteknikk ; 2019.
27. Aarstad J, Glasø G, Bunkholt A. Fokus på tre, massivtre. [Online].; 2011 [cited 2021 03 08. Available from: <http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/20-Massivtre.pdf>.
28. Nordisk massivtre. Massivtre. [Online]. [cited 2021 03 08. Available from: <http://www.treteknisk.no/resources/filer/aktuelt/brd-foredrag/Massivtre.pdf>.
29. Habibi A, Joar S. Sammenligning av massivtre- og bindingsverkmoduler – egenskaper og knutepunkter. Bachelor. NTNU, Institutt for bygg- og miljøteknikk; 2020.
30. SINTEF Byggforskserien. 523.291 Bygninger med laftede vegger. [Online].; 2019 [cited 2021 03 08. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/365/bygninger\\_med\\_laftede\\_vegger](https://www.byggforsk.no/dokument/365/bygninger_med_laftede_vegger).

31. Fremtidens fundament. Skru fundament. [Online]. [cited 2021 03 09. Available from: <https://fremtidensfundament.no/skruefundament/>.
32. SINTEF Byggforskserien. 522.355 Etasjeskiller med trebjelkelag. Varmeisolering og tetting. [Online].; 2008 [cited 2021 03 15. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/335/etasjeskiller\\_med\\_trebjelkelag\\_varmeisolering\\_og\\_tetting#i4](https://www.byggforsk.no/dokument/335/etasjeskiller_med_trebjelkelag_varmeisolering_og_tetting#i4).
33. Jørvik A, Jegatheeswaran A, Jenssen RR. Grønn fritid - utvikling av et bærekraftig hyttefelt. Bachelor. Trondheim: NTNU, Institutt for bygg- og miljøteknikk; 2020.
34. SINTEF Byggforskserien. 523.002 Yttervegger over terreng. [Online].; 2008 [cited 2021 03 09. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/348/yttervegger\\_over\\_terreng\\_egenskaper\\_og\\_konstruksjonsprinsipper\\_krav\\_og\\_anbefalinger#i31](https://www.byggforsk.no/dokument/348/yttervegger_over_terreng_egenskaper_og_konstruksjonsprinsipper_krav_og_anbefalinger#i31).
35. SINTEF Byggforskserien. 471.421 U-verdier. Vegger over terreng – massivtre. [Online].; 2013 [cited 2021 05 01. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/4100/u-verdier\\_vegger\\_over\\_terreng\\_massivtre?gclid=Cj0KCQjws-OEBhCkARIsAPhOkIZJDM522FXAnG4eDeFaGXh24LJVfvfDPU25VAmuL7EN\\_Wt\\_ArsMcMAaAvmbEALw\\_wcB](https://www.byggforsk.no/dokument/4100/u-verdier_vegger_over_terreng_massivtre?gclid=Cj0KCQjws-OEBhCkARIsAPhOkIZJDM522FXAnG4eDeFaGXh24LJVfvfDPU25VAmuL7EN_Wt_ArsMcMAaAvmbEALw_wcB).
36. Norsk Treteknisk Institutt. ENTRÉ - energieffektive trekonstruksjoner, Delrapport 2 - yttervegger i tre som kan tilfredsstille passivhuskrav. Rapport nr.84. Forskningsrapport. Norsk Treteknisk Institutt ; 2011.
37. SINTEF Byggforskserien. 520.110 Modulbygninger av tre. Vurdering av egnethet. [Online].; 2020 [cited 2021 03 09. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/5215/modulbygninger\\_av\\_tre\\_vurdering\\_av\\_egnethet](https://www.byggforsk.no/dokument/5215/modulbygninger_av_tre_vurdering_av_egnethet).
38. Norsk Treteknisk institutt. ENTRE - Energieffektive trekonstruksjoner, yttervegger i tre som kan tilfredsstille passivhuskrav. [Online].; 2012 [cited 2021 03 15. Available from: <http://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/rapporter/Rapport-84.pdf>.
39. SINTEF Byggforskserien. 533.102 Vinduer. Typer og funksjoner. [Online].; 2018 [cited 2021 03 10. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/437/vinduer\\_typer\\_og\\_funksjoner](https://www.byggforsk.no/dokument/437/vinduer_typer_og_funksjoner).
40. SINTEF Byggforskserien. 523.701 Innsetting av vindu i vegger av bindingsverk. [Online].; 2018 [cited 2021 03 10. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/369/innsetting\\_av\\_vindu\\_i\\_vegger\\_av\\_bindingsverk#i2](https://www.byggforsk.no/dokument/369/innsetting_av_vindu_i_vegger_av_bindingsverk#i2).
41. SINTEF Byggforskserien. 525.002 Takformer, taktyper og oppbygging. [Online].; 2018 [cited 2021 03 10. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/381/takformer\\_taktyper\\_og\\_oppbygging](https://www.byggforsk.no/dokument/381/takformer_taktyper_og_oppbygging).
42. SINTEF Byggforskserien. 525.106 Skrå tretak med kaldt loft. [Online].; 2020 [cited 2021 4 3. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/385/skraa\\_tretak\\_med\\_kaldt\\_loft](https://www.byggforsk.no/dokument/385/skraa_tretak_med_kaldt_loft).
43. SINTEF Byggforskserien. 544.221 Taktekking med tynnplater av metall. Båndtekking og skivetekking. [Online].; 2018 [cited 2021 03 30. Available from:

- [https://www.byggforsk.no/dokument/507/taktekking\\_med\\_tynnplater\\_av\\_metall\\_baan\\_dtekking\\_og\\_skivetekking#i11](https://www.byggforsk.no/dokument/507/taktekking_med_tynnplater_av_metall_baan_dtekking_og_skivetekking#i11).
44. SINTEF Byggforskserien. 472.001 Kuldebroer. Typer, konsekvenser og bruk av normalisert kuldebroverdi. [Online].; 2019 [cited 2021 03 15. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/5206/kuldebroer\\_typer\\_konsekvenser\\_og\\_bruk\\_av\\_normalisert\\_kuldebroverdi](https://www.byggforsk.no/dokument/5206/kuldebroer_typer_konsekvenser_og_bruk_av_normalisert_kuldebroverdi).
  45. STØREN treindustri. Elementbygg. [Online]. [cited 2021 03. Available from: <https://storen-treindustri.no/produkter/elementbygg/>.
  46. Almås AJ, Gåsbygg, Bøhlerengen T, Klinski M. SINTEF: Modulbygg - like godt som plassbygde løsninger? [Online].; 2014 [cited 2021 03 09. Available from: <http://biblioteket.husbanken.no/arkiv/dok/Komp/Modulbygg%20like%20godt%20som%20plassbygde%20losninger.pdf>.
  47. Akershus Fylkeskommune. Bruk av solenergi i Norge. [Online].; 2015 [cited 2021 03 29. Available from: <https://static1.squarespace.com/static/597512eb579fb3d3de0207aa/t/59806508be65948aa727a108/1501586729727/Bruk+av+solenergi+i+Norge.pdf>.
  48. Mæhlum L. Store norske leksikon - Solceller. [Online].; 2020 [cited 2021 03 17. Available from: <https://snl.no/solceller>.
  49. SINTEF Byggforskserien. 552.455 Vannbaserte solfangere. Funksjon og energiutbytte. [Online].; 2011 [cited 2021 03 19. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/542/vannbaserte\\_solfangere\\_funksjon\\_og\\_energi\\_utbytte#i21](https://www.byggforsk.no/dokument/542/vannbaserte_solfangere_funksjon_og_energi_utbytte#i21).
  50. Direktoratet for byggkvalitet. TEK17. [Online].; 2017 [cited 2021 03 19. Available from: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>.
  51. SINTEF Byggforskserien. 552.301 Ventilasjon av boliger. Prinsipper. [Online].; 2017 [cited 2021 04 7. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/527/ventilasjon\\_av\\_boliger\\_prinsipper](https://www.byggforsk.no/dokument/527/ventilasjon_av_boliger_prinsipper).
  52. SINTEF Byggforskserien. 552.102 Romoppvarming av boliger. Prinsipper og systemer. [Online].; 2010 [cited 2021 03 29. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/518/romoppvarming\\_av\\_boliger\\_prinsipper\\_og\\_systemer#i6](https://www.byggforsk.no/dokument/518/romoppvarming_av_boliger_prinsipper_og_systemer#i6).
  53. SINTEF Byggforskserien. 554.105 Elinstallasjoner i boliger. [Online].; 2011 [cited 2021 03 29. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/3046/elinstallasjoner\\_i\\_boliger](https://www.byggforsk.no/dokument/3046/elinstallasjoner_i_boliger).
  54. Plankontoret. Oppdal kommune. Kommenepanens arealdel 2019-2030, bestemmelser og retningslinjer. [Online].; 2019 [cited 2021 04 28. Available from: [https://www.oppdal.kommune.no/globalassets/pdfdokumenter/kommuneplan/arealdel-bestemmelserkpaoppdal\\_21.11.19.pdf](https://www.oppdal.kommune.no/globalassets/pdfdokumenter/kommuneplan/arealdel-bestemmelserkpaoppdal_21.11.19.pdf).
  55. Brekke S, Halleraker JH. Store Norske Leksikon - Delingsøkonomi. [Online].; 2021 [cited 2021 03 10. Available from: <https://snl.no/delingsøkonomi>.
  56. Selbekk RS. Store norske leksikon - Basalt. [Online].; 2020 [cited 2021 03 29. Available from: <https://snl.no/basalt>.

57. Røthe TO. Store norske leksikon - morene (løsmateriale). [Online].; 2020 [cited 2021 03 29. Available from: <https://snl.no/morene - l%C3%B8smateriale>.
58. Statens Vegvesen. Håndbok 016 Geoteknikk i vegbygging. [Online].; 2010 [cited 2021 03 29. Available from: [https://www.vegvesen.no/s/bransjekontakt/Funksjonskontrakt%20dokumenter/Hb016\\_2010-06.pdf](https://www.vegvesen.no/s/bransjekontakt/Funksjonskontrakt%20dokumenter/Hb016_2010-06.pdf).
59. Fremtidens fundament. Moderne fundamentering. [Online]. [cited 2021 03 31. Available from: <https://fremtidensfundament.no/>.
60. SINTEF Byggforskserien. 472.801 Kuldebroverdier. Vindu i bindingsverksvegg av tre. [Online].; 2015 [cited 2021 03 29. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/4141/kuldebroverdier\\_vindu\\_i\\_bindingsverksvegg\\_av\\_tre](https://www.byggforsk.no/dokument/4141/kuldebroverdier_vindu_i_bindingsverksvegg_av_tre).
61. S. Veileder for prosjektering av passivhus - småhus. Veileder. Oslo: SINTEF Byggforsk; 2012.
62. B.E.A. Solenergi og solpaneler på tak. [Online].; 2019 [cited 2021 05 10. Available from: <https://www.b-e-a.no/aktuelt/solenergi-og-solpaneler-p%C3%A5-tak/>.
63. SINTEF Byggforskserien. 525.831 Fabrikkfremstilte takstoler. [Online].; 2015 [cited 2021 04 03. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/403/fabrikkframstilte\\_takstoler](https://www.byggforsk.no/dokument/403/fabrikkframstilte_takstoler).
64. Plannja. Fordelene med takplater. [Online]. [cited 2021 03 30. Available from: <https://www.plannja.no/konsument/hvorfor-takplater>.
65. SINTEF Byggforskserien. 544.221 Taktekking med tynnplater av metall. Båndtekkning og skivetekking. [Online].; 2018 [cited 2021 05 05. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/507/taktekking\\_med\\_tynnplater\\_av\\_metall\\_baan\\_dtekkning\\_og\\_skivetekking](https://www.byggforsk.no/dokument/507/taktekking_med_tynnplater_av_metall_baan_dtekkning_og_skivetekking).
66. Eriksen LH. Store norsk leksikon - varmepumpe. [Online].; 2020 [cited 2021 05 04. Available from: <https://snl.no/varmepumpe>.
67. SINTEF byggforskserien. 552.403 Varmepumper i bygninger. Funksjonsbeskrivelse. [Online].; 2009 [cited 2021 04 01. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/541/varmepumper\\_i\\_bygninger\\_funksjonsbeskrivelse](https://www.byggforsk.no/dokument/541/varmepumper_i_bygninger_funksjonsbeskrivelse).
68. Oppdal kommune. Forskrift for husholdningsavfall og avfallsgebyr. Forskrift. Oppdal kommune; 2016.
69. Oppdal Sten AS. Skiferens opprinnelse og egenskaper. [Online]. [cited 2021 04 28. Available from: <http://www.oppdalsten.no/om-oss-2/skiferens-historie>.
70. Enova. Hjelp til deg som skal kjøpe eller bygge passivhus. [Online].; 2011 [cited 2021 05 01. Available from: [https://www.enova.no/upload\\_images/085B53DE13A542D1809A93605BB8BC5A.pdf](https://www.enova.no/upload_images/085B53DE13A542D1809A93605BB8BC5A.pdf).
71. Fremtidens Fundament. CO2 beregner. [Online]. [cited 2021 05 10. Available from: <https://www.fremtidensfundament.dk/co2-beregner/>.

72. Fremtidens Fundament. Bygg-selv-fundament. [Online].; 2021 [cited 2021 04 29]. Available from: <https://fremtidensfundament.no/bygg-selv-fundament/>.
73. KRINNER. Cubushome show house in Osterhofen. [Online]. [cited 2021 04 30]. Available from: <https://www.krinner.io/en/service/references/details/cubushome-show-house-in-osterhofen/>.
74. Moelven. Iso3 - Skumisolert trestender. [Online]. [cited 2021 04 29]. Available from: <https://www.moelven.com/no/produkter-og-tjenester/byggtre-og-konstruksjonsvirke/iso3-skumisolert-trestender/>.
75. Moelven. Produktoversikt og fordeler. [Online]. [cited 2021 04 29]. Available from: <https://www.moelven.com/no/produkter-og-tjenester/byggtre-og-konstruksjonsvirke/iso3-skumisolert-trestender/produktoversikt-og-fordeler/>.
76. Moelven. Iso3 i store bygg. [Online].; 2014 [cited 2021 04 29]. Available from: <https://www.moelven.com/globalassets/inriver/documents/iso3-for-store-bygg---lavopplost.pdf>.
77. Moelven. "Iso3 100" til rehabilitering. [Online]. [cited 2021 04 29]. Available from: <https://www.moelven.com/no/produkter-og-tjenester/byggtre-og-konstruksjonsvirke/iso3-skumisolert-trestender/iso3-100/>.
78. Moelven. Iso3 utenpå massivtre. [Online]. [cited 2021 04 29]. Available from: <https://www.moelven.com/no/produkter-og-tjenester/byggtre-og-konstruksjonsvirke/iso3-skumisolert-trestender/iso3-utenpa-massivtre/>.
79. Moelven. Miljøinformasjon. [Online]. [cited 2021 04 29]. Available from: <https://www.moelven.com/no/produkter-og-tjenester/byggtre-og-konstruksjonsvirke/iso3-skumisolert-trestender/Miljoinformasjon/>.
80. SINTEF. Teknisk Godkjenning Nr.20321. Isola AirGuard Smart2 fuktadaptiv dampsperre. SINTEF, SINTEF Certification; 2020.
81. Norges geologiske undersøkelse. Geologien i min kommune. [Online]. [cited 2021 03 19]. Available from: <http://geo.ngu.no/kart/minkommune/>.
82. SINTEF Byggforskserien. 744.202 Skader på profilerte takplater og båndtekning. Årsaker og utbedringsmåter. [Online].; 2009 [cited 2021 03 30]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/720/skader\\_paa\\_profilerte\\_takplater\\_og\\_baandtekning\\_aarsaker\\_og\\_utbedringsmaater#](https://www.byggforsk.no/dokument/720/skader_paa_profilerte_takplater_og_baandtekning_aarsaker_og_utbedringsmaater#).
83. Borge M. WOODY 35 bilder. [Online].; 2009 [cited 2021 04 29]. Available from: <https://www.woody35.no/bilder/>.
84. SINTEF Byggforskserien. 521.111 Golv på grunnen med ringmur. Utførelse. [Online].; 2012 [cited 2021 05 04]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/328/golv\\_paa\\_grunnen\\_med\\_ringmur\\_utfoerelse](https://www.byggforsk.no/dokument/328/golv_paa_grunnen_med_ringmur_utfoerelse).
85. SINTEF Byggforskserien. 722.506 Etterisolering av etasjeskillere over kjeller og kryperom. [Online].; 2004 [cited 2021 05 04]. Available from: <https://www.byggforsk.no/Document/Index/669/#fig26ab>.
86. SINTEF Byggforskserien. 521.304 Pilarer av betong i telefarlig grunn. [Online].; 1996 [cited 2021 05 04]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/330/pilarer\\_av\\_betong\\_i\\_telefarlig\\_grunn](https://www.byggforsk.no/dokument/330/pilarer_av_betong_i_telefarlig_grunn).



87. Fremtidens Fundament. Om oss. [Online]. [cited 2021 05 04. Available from: <https://fremtidensfundament.no/om-oss/>.
88. Thue JV. Store norske leksikon - fundament. [Online].; 2019 [cited 2021 03 31. Available from: <https://snl.no/fundament>.
89. Byggmesteren. Unngå skadekonstruksjoner i massivtre. [Online].; 2017 [cited 2021 05 05. Available from: <https://byggmesteren.as/2017/06/08/unnga-skadekonstruksjoner-i-massivtre/>.
90. SINTEF Byggforskserien. 525.831 Fabrikkframstilte takstoler. [Online].; 2015 [cited 2021 05 05. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/403/fabrikkframstilte\\_takstoler](https://www.byggforsk.no/dokument/403/fabrikkframstilte_takstoler).
91. Bergene Holm AS. Byggeblogg - tradisjonell byggekropp og et moderne uttrykk. [Online].; 2018 [cited 2021 05 10. Available from: <https://blogg.bergeneholm.no/2018/08/22/tradisjonell-bygningskropp-og-et-moderne-uttrykk/>.