

Parham Najafi
Hoshyar Mahmudi
Pedram Najafi

Konsept for kostnads- og materialeffektive treelementer for boliger

Bacheloroppgave i Ingeniørfag- bygg

Veileder: Tomas Haavi
Mai 2023

NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggingsteknikk





Konsept for kostnads- og materialeffektive treelementer for boliger

Skrevet av:

Pedram Najafi,

Hoshyar Mahmudi,

Parham Najafi

Bachelor i ingeniørfag - bygg

Innlevert: Mai 2023

Veileder: Thomas Haavi

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for vareproduksjon og byggingteknikk

Oppgavens tittel:	Dato: 21.5.23		
Konsept for kostnads- og materialeffektive treelementer for boliger	Antall sider: 83		
	Masteroppgave	Bacheloroppgave	x
Navn: Pedram Najafi, Hoshyar Mahmudi, Parham Najafi			
Veileder: Tomas Haavi			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere: Per Knut Mølstad			

Sammendrag:

I denne studien har vi gjennomgått klimagassberegninger for å vurdere om produktet CC 600 er mer miljøvennlig enn en standard byggkonstruksjon. Basert på dataene fra Hunton har vi funnet at total GWP-verdien ifølge tek 17 for CC 600-vegg er $-13.2 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$, noe som tilsvarer rundt 800 % bedre CO₂-utslipp enn en vanlig vegg med samme varmegjennomgangskoeffisient. Vi har også undersøkt U-verdiene til CC 600, og det viser seg at de oppfyller minimumskravene i TEK17. Videre har vi sammenlignet CC 600 med en vegg med samme dimensjon, og har funnet at CC 600 er både mer kostnadseffektiv og mer miljøvennlig i det lange løp.

Disse verdiene er regnet på programmer som er egnet for dem og for hånd. Programmer som er brukt er, Revit, Solidorks, og Simien. Der Revit er brukt for å modellere bygget i 3D digitalt. I Solidworks tegnes en nøyaktig kopi av elementene, og programmet finner da U-verdi til produktet som er lagt inn. For å teste forskjellige produkter må det lages flere modeller for de forskjellige elementene vi bruker. Dermed en standard vegg og tak, og element CC 600 av InnlandsHus brukt som vegg og tak. Til slutt i bruken av Simien legger vi inn dimensjoner, og diverse beregninger og verdier for at programmet skal vurdere dem opp mot TEK17. Noen av disse verdiene er dimensjoner på gulv, tak, vegger, vinduer og dører. Vi legger også til U-verdiene for de forskjellige delene av bygningen, men bruker lik U-verdi for elementet fra Innlandshus, og for standard veggene.

Studiene fra Simien har presentert en rekke forskjellige tabeller og grafer, inkludert varmegjennomgangskoeffisient og energibudsjett for CC 600-elementet. Våre funn viser at ved bruk av elementet er det mulig å konstruere og gjennomføre bygninger på en mer miljøvennlig måte. Med en U-verdi på 0,18, som er den samme som en vanlig vegg med samme tykkelse på 283 mm. Fra våre studier ser det ut at CC 600 oppfyller kravene i byggeforskriftene når det gjelder isolasjonsytelse. På grunn av de miljøvennlige egenskapene til trefiberisoleringen og den effektive ytelsen til vindtettplaten, kan CC 600 også være et mer bærekraftig alternativ sammenlignet med tradisjonelle isolasjonsmaterialer som mineralull.

Stikkord:

U-verdi beregninger
Vanlig vegg / CC 600
Fotavtrykk analyse (LCA og EDP)
Energi effektivitet
FN-bærekraftsmål

*Hoshyar
Mahmudi*

Hoshyar Mahmudi

*Parham
Najafi*

Parham Najafi

*Pedram
Najafi*

Pedram Najafi

Forord

Vår gruppe valgte å presentere et nytt utviklet element fra Innlandshus AS, element skal bidra til lavere energiforbruk og lavere kostnader både før, under og etter bygingsarbeidet.

Elementet egner seg til de fleste boliger, hytter, påbygg og garasjer. Bakgrunnen for prosjektet er å utvikle et produkt og en ny bygningsmetode som gjør det enklere å tilby markedet en rimeligere bolig.

Produktet blir produsert fra Mjøsutvikling og selges av Innlandshus AS med en hovedeier ‘Per Knut Møstad’. Det viktigste motivet for valg av bolig Ifølge Per Knut Møstad er prisen, og konseptet er derfor fokusert på kostandeffektive løsninger, balansert mellom tekniske løsninger og bærekraftige konstruksjoner.

Det er lagt stor vekt på at elementet er konstruert med få like komponenter. Prosjektet retter seg derfor mot rasjonell og effektiv produksjon med hovedvekt på skogen som ressurskilde. Mjøsutvikling AS har lykket med å produsere en slik element som kan brukes både i gulv, vegg og tak. Dette bidrar vesentlig til kostnadseffektiv produksjon og logostikk.

Mjøsutvikling AS har helt fra begynnelsen konsentrert seg om null-utslipphus og vurdert alle energisparende tiltak. I et fallende bolig marked er det også spesielt viktig å treffe riktig på pris. Dermed er det viktig med null-utslipp element.

Abstract

Introduction

There is a lot of research on how we can become more environmentally friendly on a lot of different subjects, these studies can be based on a simple lifestyle change to a massive change in production system companies.

The building and construction industries face ever-increasing demands for energy efficiency and environmental friendliness. Housing construction forms a large part of this section, and there is a great need for cost-effective and sustainable solutions that can adapt to different types of housing and buildings. In this bachelor's thesis, we will take a closer look at the building physics aspect of an innovative building element (CC 600) produced by a Norwegian company (Mjøsutvikling).

The purpose of this bachelor thesis is to compare and analyze the product (CC 600) and evaluate if it maintains the requirements in the building regulations in Norway, and then compare the values with an already made prescribed element also known as a normal wall/roof. This study answers the following questions:

- How does the building element CC 600 affect heat loss and energy efficiency compared to standard buildings?
- Will the product CC 600 be a cost-effective and sustainable solution to offer more affordable housing and reduce construction time? Furthermore, can the product solve today's challenges related to sustainable development?
- What is the environmental impact for a normal wall compared to element “CC 600”?

Method

The methods used for this thesis are literature search and analysis from digital programs such as Solidworks, Revit and Simien. We also compare life cycle assessments (LCA) based on environmental product declarations (EDP).

Results

From the studies and analytics done to the element we concluded that it is more environmentally friendly compared to a regular wall or roof solution.

During the analysis, we aimed for the same heat transfer coefficient for the outer walls, in this way we could compare insulation thicknesses and get a better picture of the differences between the CC 600 wall and the usual standard wall in relation to thermal properties. Using the calculated thickness of 283 mm, we were able to achieve a similar heat transfer coefficient to CC 600 and standard wall. This means that we can select CC 600 instead of the standard wall of approximately the same thickness, which is much more affordable and environmentally friendly.

Our studies present that the heat transfer coefficient for the elements are all within the acceptable range according to the Norwegian technical regulations (TEK17), and therefore the element is eligible to be used and compared to a standard wall.

We also found that the GWP value for the standard wall ranges from 0.221 to 3.33 kg CO₂/m². Similarly, the GWP value for CC 600 ranges from 0.219 to 3.33 kg CO₂/m². If we sum up these numbers according to TEK 17 for the standard wall, we get 1.87kg CO₂/m², and for CC 600, we get -13.2 Kg CO₂/m².

When considering the total GWP emissions (from the product stage to the end-of-life stage), the total emission amount for the CC 600 wall is approximately 13.3 kg CO₂/m², compared to the standard wall which is around 14.2 kg CO₂/m². The reason for the proximity of these numbers is that the standard wall has a slightly higher GWP when taking into account the end-of-life stage, which involves demolition, transportation of demolition waste, and waste management. Additionally, we have used a windproof asphalt plate in the standard wall

instead of gypsum board, resulting in an equivalent GWP value compared to CC 600. This was done to achieve the same U-value as CC 600.

When we calculate how much CO₂ is released into the environment to create a student residence which is a demonstrational building. Based on Table 2 in the appendix provided by InnlandHus, we can observe that a 30 m² student housing unit requires 80 elements, with 42 elements for the roof and floor, and 38 elements for the walls. This corresponds to approximately 399 kg CO₂ for CC 600 compared to 426 kg CO₂ for the standard wall, with the total GWP method. However, it is important to note that the CC 600 element has significantly lower CO₂ emissions during the installation process than the standard wall.

Regarding the findings presented, CC 600 can be considered a sustainable alternative to traditional insulation materials and timber-frame methods in the building and construction industry. With better CO₂ emissions, satisfactory insulation properties and low energy requirements, the CC 600 can help reduce the climate impact and promote energy efficiency in buildings.

Innholdsfortegnelse

Forord	v
Abstract	vi
Innholdsfortegnelse	ix
Tabell liste	xii
Begrep:	xiii
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Formål	2
1.3 Forsknings spørsmål	3
1.4 Avgrensning	3
1.5 FNs Bærekrafts mål	3
1.6 Oppbygning	5
2 Teori	5
2.1 Kostnad	6
2.2 Byggningsfysiske grunnprinsipper	6
2.3 Material Egenskaper	9
2.4 Energibruk	10
2.5 Energimerkeforskrift	12
2.6 Varmeisolering	13
2.7 Vegginformasjon	15
2.8 Varmetransport	18
2.9 Klimagassutslipp	20
3 Klimagassutslipp/Materialer	22
4 Metode	25
4.1 Problemstilling	25
4.2 Varmegjennomgangskoeffisient (U-verdi)	25
4.3 Solidwork	33
4.4 REVIT	39
5 Resultater	42
5.1 Resultat U-verdier	42

5.2	GWP beregning:	45
5.3	Resultat Solidwork CC 600	46
6	1Diskusjon og analyse.....	54
7	Konklusjon	62
	Litteraturliste	64
	Vedlegg	68

Figur Liste

FIGUR 1: ANDEL AV BEFOLKNINGEN I LAND SOM BOR I BYER	4
FIGUR 2: UTVIKLING I GLOBAL TEMPERATUR	5
FIGUR 3: VARMEOVERFORINGSMETODER	14
FIGUR 4 : ILLUSTRASJON FRA UNGENERGI SOM VISER VANLIG VEGG I ET HUS	15
FIGUR 5: ILLUSTRASJON FRA INNLANDHUS SIN SIDE AV PRODUKTET CC 600	16
FIGUR 6: KONVEKSJON I HORIZONTALT OG VERTIKALT SKILLE	18
FIGUR 7: KONVEKTIV VARMEOVERGANGSKOEFISIENT	19
FIGUR 8: FASER I PLANLEGGING, BYGNING OG DRIFT	22
FIGUR 9: CC 600 I SOLIDWORK MED HUNTONFIBER, OG TO VINDTETTPLATER	34
FIGUR 10: STANDARDVEGG.....	35
FIGUR 11: YTTERVEGG CC 600 - SOLIDWORKS.....	36
FIGUR 12: VANLIG FLATTAK – SOLIDWORKS	37
FIGUR 13: TAK MED CC 600	38
FIGUR 14 : DEMOBOLIG	40
FIGUR 15 : DEMOBOLIG - 3D-BILDE AV HVORDAN STUDENTBOLIGEN KAN SE UT:	40
FIGUR 16 : DEMOBOLIG- PLANTEGNING	40
FIGUR 17 : DEMOBOLIG - DETALJERT TEGNING	41
FIGUR 18 : DEMOBOLIG – AREALPLAN	41
FIGUR 19: GWP RESULTATER	45
FIGUR 20:RESULTAT- STANDARDVEGG INKLUDERT MESH	46
FIGUR 21: RESULTAT – CC 600 BRUKT I VEGG	47
FIGUR 22: RESULTAT FRA SIMIEN – ÅRLIG ENERGIBRUK	49
FIGUR 23 : RESULTAT FRA SIMIEN – LEVERT ENERGI TIL BYGNINGEN.....	50
FIGUR 24 : RESULTAT FRA SIMIEN – VARMETAPSBUDSJETT	50
FIGUR 25 : RESULTAT FRA SIMIEN – MÅNEDLIG NETTO ENERGIBEHOV	51
FIGUR 26 : RESULTAT FRA SIMIEN – MÅNEDLIG VARMEBALANSE.....	51
FIGUR 27: RESULTAT FRA SIMIEN – ÅRLIG TEMPERATURVARIGHET	52
FIGUR 28: RESULTAT FRA SIMIEN – ÅRLIG TEMPERATURVARIGHET I ARBEIDSTIDEN.....	52
FIGUR 29: RESULTAT FRA SIMIEN – VARIGHET EFFEKT KJØLING OG OPPVARMING	53
FIGUR 30: RESULTAT FRA SIMIEN – ENERGIKARAKTE.....	53

Tabell liste

TABELL 1: VEDLEGG FRA INNLANDSHUS, ENKELT PRISEKSEMPEL.....	6
TABELL 2: VEDLEGG FRA INNLANDSHUS, DETALJERT PRISEKSEMPEL	6
TABELL 3: MINSTE KRAV TIL <i>U-VERDIER FOR SMÅHUS (TEK17, 2023)</i>	7
TABELL 4 : VARMEOVERGANGSMOTSTAND I HENHOLD TIL NS-EN ISO 6946	8
TABELL 5: ENERGIBRUK FRA 1995-2012.....	11
TABELL 6: ENERGIBRUK IFØLGE SSB, 2001	11
TABELL 7: BYGNINGSKATEGORIER (ENERGIMERKING , 2009)	13
TABELL 8: TEK17 § 17-1. KLIMAGASSREGNSKAP FRA MATERIALER	20
TABELL 9: MATERIAL-OG PRODUKTLISTE	22
TABELL 10: FOTAVTRYKKSANALYSE TOTAL GWP FOR HVERT PRODUKT.....	24
TABELL 11: MATERIAL BRUKT FOR HVERT ELEMENT	24
TABELL 12: VARMEOVERGANGSMOTSTAND I HENHOLD TIL NS-EN ISO 6946	25
TABELL 13: TREANDEL PER M ² VEGG FOR BINDINGSVERK AV TRE	26
TABELL 14: RESULTAT U-VERDIER	42
TABELL 15: GWP RESULTATER.....	45
TABELL 16: U-VERDI MED SOLIDWORK.....	47
TABELL 17: U-VERDIER TIL ELEMENTET	48
TABELL 18: ENERGIRAMME	48
TABELL 19: MINSTEKRAV	48
TABELL 20: ENERGIFORSYNING	49

Begrep:

GWP	Global warming potensial, er et mål på hvor mye en gitt mengde av en klimagass bidrar til global oppvarming over en bestemt tidsperiode sammenlignet med karbondioksid (CO ₂)
TEK17	Norsk byggt teknisk forskrift. Regulerer tekniske krav for byggeprosjekter.
varmegjennomgangskoeffisient (U-verdi)	Mengden varme som passerer gjennom en kvadratmeter av en konstruksjon pr. tidsenhet. Målt i (W/m ² K).
Varmeledning (λ)	Prosessen der varme energi overføres fra et område med høy temperatur et område med lavere temperatur gjennom direkte kontakt.
Konveksjon	Strømmer som transporterer energi. I vårt tilfelle varmestrøm. Denne transportereringen skjer i luft eller væskestrøm.
Konduksjon	En mekanisme hvor varmeenergien overføres fra et materiale til et annet gjennom direkte kontakt
Varmeovergangsmotstand(R)	Beskriver motstanden til varmeoverføring mellom to forskjellige materialer.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Som vi allerede vet, blir klimavennlige produkter mer viktig med økende teknologi og tid. Dermed er bakgrunnen til denne bacheloroppgaven å fokusere og presentere klimavennlige løsninger for produkter som kan bli forbedret. For å kunne nå målene til FN, om begrensning av global oppvarming til 1,5 C, må verden redusere CO2 utslippene med 45 % fra 2010 til 2030 og innen 2050 må netto utslipp være null. I Norge brukes omtrent 40% av netto sluttforbruk av energi i bygningsmassen (UngEnergi, 2022), og det finnes flere enkle tiltak for energisparing som kan gjøres i boliger og yrkesbygg. Derfor har den eksisterende norske bygningsmassen et stort potensial for energieffektivisering, og en av de mest effektive tiltakene er å etterisolere.

Bygg- og anleggsbransjer står overfor stadig økende krav til energieffektiviteten og miljøvennlighet. Boligbygging utgjør en stor del av denne delen, og det er et stort behov for kostnadseffektive og bærekraftige løsninger som kan tilpasse ulike type boliger og bygg. I denne bacheloroppgaven vil vi se nærmere på bygningsfysikk aspektet ved et innovative bygningselement som er produsert av et norsk firma.

CC 600 av InnlandsHus er et element som er basert på rene treprodukter. Dermed består det av planker som holder elementet sammen, og flis som “foring” på elementet. Fra InnlandsHus har vi fått i oppgave å finne bygningsfysikken til dette elementet. Vi skal se nærmere på forholdet produktet har til fuktighet, varmetap, og lydgjennomtrengning. Slik vil vi kunne vurdere om elementet tilfredsstillende kravene i TEK 17.

Vi vil sammenligne bygningsfysikke aspekter ved produkt CC 600 med standardbygg, og se på hvordan produktet bidrar til mer miljøvennlig bygging. På denne måten får vi se sterke og svake sider mellom standardbygg og CC 600. Dette gir oss en dypere forståelse av hva som gjør CC 600 mer kostnadseffektivt, miljøvennlig og energieffektivt enn et standardbygg. Vi undersøker også hvordan CC 600 kan tilpasses forskjellige bygningssituasjoner, for eksempel forskjellen mellom CC 600 og standardbygg når det gjelder plassering og klima. Dessuten vil

vi kunne presentere hvordan denne byggemetoden kan bidra til å bedre dagens utfordringer knyttet til bærekraftig utvikling.

1.2 Formål

På grunn av økende boligpriser over tid og en stadig mer begrenset tilgang på materialer, er formålet til InnlandsHus AS å utvikle, produsere og markedsføre boliger til en lavere pris. Som har en mer klimavennlig løsning enn det som finnes i dag. I tillegg vil installasjon og reparasjon bli billigere ved bruk av ferdigkonstruerte vegger, tak eller gulv. Bygging av boliger kan gjøres raskere, samtidig som risikoen for skader hos de som bygger eller reparerer boligen reduseres.

Dette elementet fokuserer på enkel bygging og miljøvennlig produksjon, som nevnt tidligere. Bygging av hus ved bruk av dette elementet vil være enklere enn den mest utbredte metoden i dag. Et firma som skal bygge en vegg i dag, må først bygge et skjelett(bindingsverk) for vegg, deretter isolere, legge på en vindsperring og til slutt montere ytterkledning, for eksempel gips eller tre. Med InnlandsHus' produkt kan veggene bygges som legoklosser. Det er allerede ferdige elementer på 600x224x2400 millimeter som festes sammen for å danne en hel vegg. Dette vil gjøre arbeidsprosessen enklere og mer miljøvennlig med tanke på energibruk. Samtidig vil det kreve mindre arbeidskraft, da kun to personer trengs for å bygge en vegg med dette elementet. Elementets isolasjon og ytterkledning er allerede montert før det kommer til byggeplassen. Målet for dette prosjektet er å gjøre nokk beregninger og utvikle nokk informasjon om elementet CC 600 av InnlandsHus, til å selge det i bygge bransjen.

Samlet sett er formålet med denne bacheloroppgaven å undersøke og evaluere bygningsfysikken til det innovative bygningselementet CC 600, produsert av InnlandsHus, og sammenligne det med standardbygg. Videre vil oppgaven presentere hvordan CC 600 kan bidra til å oppfylle dagens krav til bærekraftig utvikling, og undersøke hvordan produktet kan tilpasses ulike bygningssituasjoner og klimatiske forhold. Målet er å få en dypere forståelse av hva som gjør CC 600 mer kostnadseffektivt, miljøvennlig og energieffektivt enn et standardbygg, samt å utvikle et produkt som gjør det enklere å tilby markedet rimeligere boliger samtidig som byggetiden reduseres og bærekraften økes. Vil vi også ta for oss en livsløpsanalyse for elementet, hvor vi beregner CO2 utslipp for hvert enkelt material.

1.3 Forsknings spørsmål

På bakgrunn av formålet med oppgaven har følgende forsknings spørsmål blitt formulert:

- I. Hvordan påvirker bygnings elementet CC 600 varmetap, energieffektivitet sammenlignet med standardbygg?
- II. Vil produktet CC 600 være en kostnadseffektiv og bærekraftig løsning for å tilby rimeligere boliger og redusere byggetiden? Videre kan produktet løse dagens utfordringer knyttet til bærekraftig utvikling?
- III. Hva er miljøpåvirkningen for en vanlig vegg sammenlignet med element "CC 600"?

1.4 Avgrensning

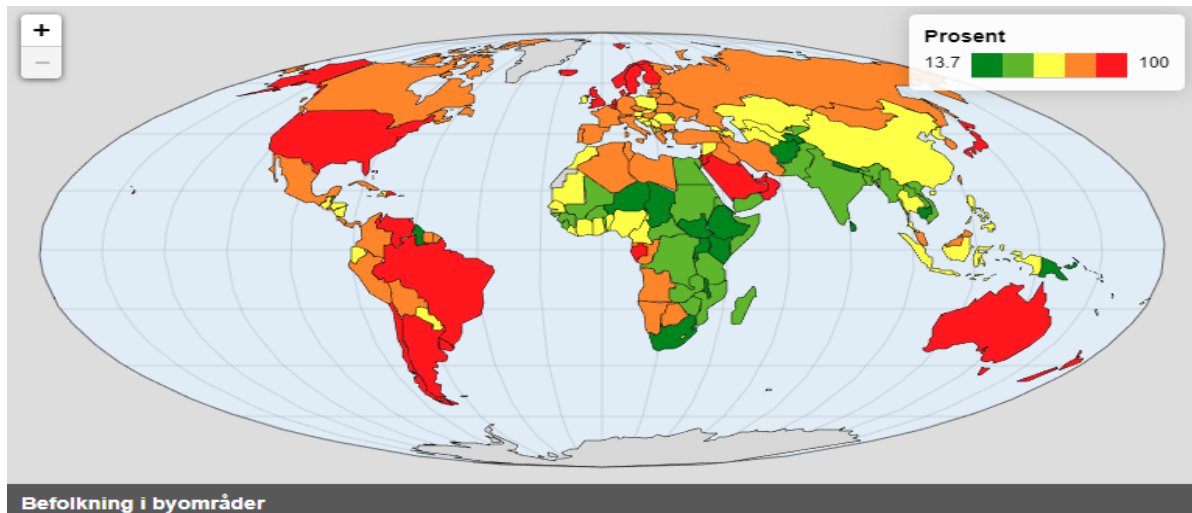
Vi kommer til å se nærmere på varme motstand, energieffektivitet, U-verdi og GWP for elementet. Vi kommer til å overse konstruksjons evnen og holdekraft, våre tester for bygningsfysikkaspektet vil fokusere på en årlig periode i Norge, og vi kommer til å bruke programvarer "Simien 6, Revit, Excel og Solid Works".

1.5 FNs Bærekrafts mål

De siste årene har bærekraft fått økende oppmerksomhet, ettersom bekymringene for ressursutarming, miljø og sosial ulikhet har vokst. Bærekraft kan sees fra ulike synsvinkler og kan bety ulike ting for ulike mennesker, men i kjernen handler bærekraft om å sikre ressursbruken. Det er viktig at vår nåværende miljøpåvirkning ikke begrenser mulighetene for fremtidige generasjoner til å dekke sine egne behov. Vi må ta ansvar for å verne og ta vare på miljøet, slik at også fremtidige generasjoner kan dra nytte av det og oppfylle egne behov og ønsker. Etter vår mening mener vi at disse tre (SDG) FN-målene er de viktigste når det gjelder nettopp Norge som land.

Et viktig bærekraftsmål er (mål 11) «Bærekraftige byer og lokalsamfunn». Ifølge FNs bærekraftsmål "I 2030 vil 60,4 prosent av mennesker bo i byer". Norge må lage nokk infrastruktur for de nye byene som vokser, i tillegg må Norge jobbe for å bedre luftkvaliteten

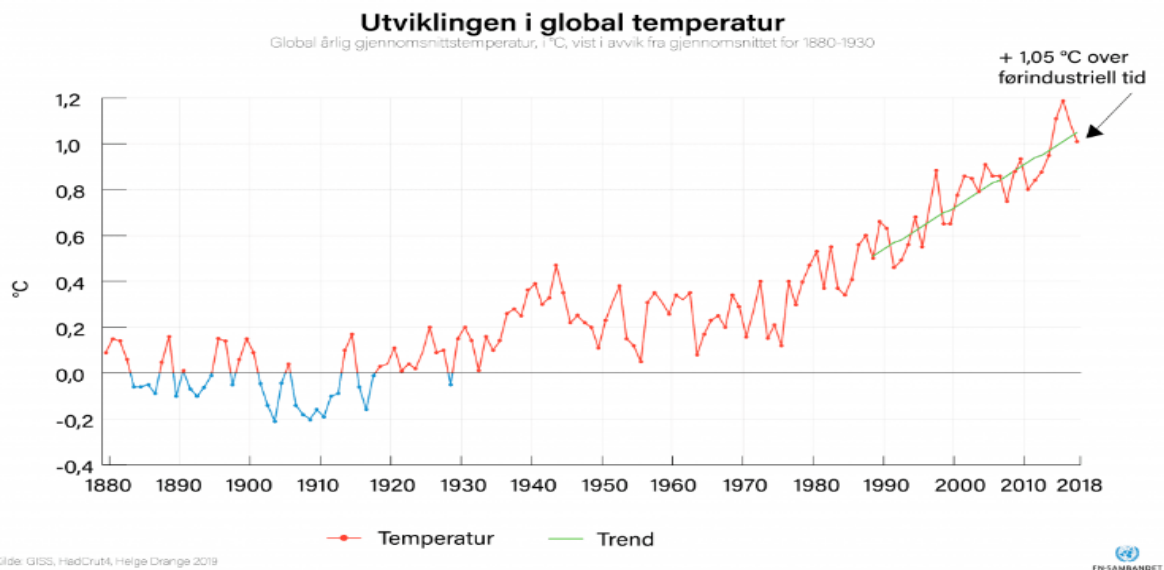
og ta bedre vare på naturen. Ifølge private organisasjoner mangler Norge en helhetlig strategi for å nå mål 11, hvor kommunene har fått mange ulike oppgaver uten finansiering eller klare veiledning (FNs bærekraftsmål, 2023). Der dette ofte har ført til miljøødeleggelse.



Figur 1: Andel av befolkningen i land som bor i byer

Industri, innovasjon og infrastruktur er det andre viktige aspektet ved bærekraft (mål 9), da det er den underliggende strukturen som må være på plass for at samfunnet skal opprettholdes. Ifølge FNs bærekraftsmål er "En utfordring Norge har å gjøre industrien mer bærekraftig og klimavennlig, Samtidig er byene ansvarlige for utslipp på 75 % av alle klimagassutslipp. (FNs bærekraftsmål, 2023)". Dette kan Norge oppnå ved å investere mer i forskning og teknologi for å få grønt lys. Det andre er å redusere CO₂-utslipp fra transport. Dette kan oppnås ved å bruke flere EL-biler, -busser og -lastebiler.

Det mest viktige bærekraftige utviklingsmålet (SDG 13) er «Stoppe klimaendringene». Som handler om å bekjempe klimaendringene og konsekvensene av den. Ifølge FN bærekraftsmål "Klimaendringer er et globalt spørsmål og kjenner ingen landegrenser. Det er viktig å begrense økningen av gjennomsnittstemperaturen til 1,5 °C dersom verden ønsker å slippe katastrofale konsekvenser i fremtiden" (FNs bærekraftsmål, 2023). Under kan vi se en figur som beskriver dette på en bedre måte i forskjellige årstall.



Figur 2: Utvikling i global temperatur. Grafikk: Ida Jørgensen Thinn/FN-sambandet

1.6 Oppbygning

Oppgaven består av tre hoveddeler. I den første delen skal vi se nærmere på teorien og generelle fakta for å gi et tilstrekkelig teorigrunnlag om temaet og utfordringer knyttet til produktet. Videre presenterer et forsøk med metode og en resultatdel. I den tredje hoveddelen presenteres alle tallene fra den andre hoveddelen og diskuteres rundt dem for å svare på de forskningsspørsmålene.

2 Teori

elementet CC 600 er et element som er laget for å gi en effektiv og kostnadseffektiv løsning for bygg. Produktet har en bredde på 600mm, lengde på 2400mm og tykkelse på 224 mm. I tillegg er produktet laget av miljøvennlige materialer som kommer rett fra skogen.

Bindingsverket er av tre, og isolasjonen er trefiber som gir en effektiv isolasjon og et godt inneklima. Elementet er lett å jobbe med og enkelt å montere uten behov for kran, noe som gir et raskt undertak og reduserer mengden avfall på byggeplassen.

2.1 Kostnad

En av fordelene med CC 600 er at den er kostnadseffektiv byggemetode, elementene kan enkelt kalkuleres og tilpasses til prosjekter av ulik størrelse og form. Nedenfor kan vi se en tabell som beskriver dette på en bedre måte. Man kan bruke den enkelte tabellen for å estimere hvor mye elementene kommer til å koste. (Dokumenter fra InnlandsHus AS finnes i vedlegg D)

Tabell 1: Vedlegg fra innlandsHus, Enkelt priseksempel

Areal (m ²)	30 m ²	70 m ²	115 m ²
Pris	Ca.98 000 kr	Ca. 196 000 kr	Ca. 298 000 kr

Under kan vi se en mer detaljert versjon av antall elementer som ble brukt, og prisene for disse:

Tabell 2: Vedlegg fra innlandsHus, Detaljert priseksempel

Areal (m ²)	Bredde Gavel	Ant. Element	Lengde side	Ant.Ele ment	Gulv og tak	Ant. seksjoner	Sum element	Sum kr.
30.24	4.2	14	7.2	24	42	3	80	96 000
40.32	4.2	14	9.6	32	32	4	102	122 400
50.40	4.2	14	12	40	40	5	124	148 500
60.48	4.2	14	14.4	48	48	6	144	172 800
69.12	4.8	16	14.4	48	96	6	160	192 000
77.76	5.4	12	14.4	48	108	6	174	208 500
90.72	5.4	16.8	16.8	56	126	7	200	240 000

2.2 Byggningsfysiske grunnprinsipper

Varme

I denne delen skal vi se på varmeovergangsmotstand og varmegjennomtrengning koeffisient (U-verdi) til veggen og fastslå om CC 600 har en god varmeisolering. Minste krav til U-verdi for småhus er som følge:

Tabell 3: Minste krav til U-verdier for småhus (TEK17, 2023)

Bygningsdel	U-verdi (W/m ² K)
Yttervegg	< 0.22
Tak	< 0.18
Gulv på grunn og mot det fri	< 0.18
Vindu og dør inkludert karm/rammer	< 1.2

For å finne U-verdien i vår element trenger vi varmemotstanden(R) for hvert enkelt element fra innervegg til det utvendige delen av veggen, dermed blir U-verdien lik:

Total varmemotstand for bygningsdeler med bare homogene materialsjikt

$$U = \frac{1}{R_{total}}$$

$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{\text{Tykkelse}}{\text{Varmeledningsevne}}$$

$$R_{total} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n + R_{si} + R_{se}$$

- R_{si} og R_{es} kan finnes i tabell 4

Total varmemotstand for bygningsdeler med sammensatte sjikt

$$R_{tot} = \frac{R_{tot; \text{øvere}} + R_{tot; \text{nedre}}}{2} \left(\frac{M^2K}{W} \right)$$

$$R_{tot; \text{nedre}} = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

$$R_{tot; \text{\textit{øvere}}} = \frac{1}{\frac{f(a)}{R_{tot;a}} + \frac{f(b)}{R_{tot;b}} + \dots + \frac{f(q)}{R_{tot;q}}} \left(\frac{m^2K}{W} \right)$$

$$f(a) = \frac{\sum A(a)}{A(t)}$$

- Hvor A(a) er samlet areal (m²) for alle felter av type a
- Og A(t) er det totale arealet (m²) for bygningsdelen

U-verdi for alle, vindu/dørkarmen

$$U(\text{\textit{alle_vindu}}) = \frac{\sum n * A(i) * U(i)}{\sum n * A(i)}$$

- U er U-verdi for hele vinduet (isolerrute, karm/rammekonstruksjon og rutens kantområde)
- A er arealet av vinduet
- i er vindu/dør type 1, 2, ..., k
- n er antall stk av hver type vindu/dør

Tabell 4 : Varmeovergangsmotstand i henhold til NS-EN ISO 6946

Overflate	Enhet	Oppover	Horisontalt	Nedover
Innvendig (R _{si})	m ² K/W	0.10	0.13	0.17
Utvendig (R _{es})	m ² K/W	0.04	0.04	0.04
Utvendig, inkludert	m ² K/W	0.10	0.13	0.17

ventilert kledning				
-----------------------	--	--	--	--

Tabellen over viser standardverdier for varmeovergangsmotstander. R_s . Det er viktig å merke seg at horisontalsnittet er kritisk for beregning av U-verdier på en vegg.

Valg av vindu

Det er valgt standard tre lags glass vinduer med en gjennomsnittlig U-verdi på 0.8. Typen glass er 3-lags energiglass med argon og varmkant. Alle glass felt som har mindre enn 0.8 m avstand fra underkant vindu til gulv skal ha typen sikkerhetsglass.

2.3 Material Egenskaper

InnlandsHus CC 600 er bygningselement som består av en tre basert konstruksjon, med en trefiberisolasjon. Trefiberisolasjon er en isolasjons material som består av flis, disse er bundet sammen med lim som gir høy isolasjonsevne. Dette vil samtidig gjør materialet mer miljøvennlig og bærekraftig.

Ifølge NDLA er tre lett å skaffe, lett å frakte, lett å bearbeide og sammenføre. Trevirket har dessuten stor styrke og stivhet i forhold til vekten, sammenlignet med andre materialer. Tre har liten varmeledningsevne og lav elektrisk ledningsevne og fungerer på grunn av dette delvis som en god isolator.

Egenskapene til tre kan deles i fem forskjellige deler:

Styrke: Tre er et sterkt material som kan bære store belastninger og tåler mye vekt. Den relative styrken til tre varierer avhengig trearten og hvordan den er vokst. Tre som vokser i kalde klima kan være tettere og dermed sterkere enn tre som vokser i varmere klima. Generelt sett er treet sterkest langs fibrene, men er svakest på tvers av fibrene.

Elastisitet: Tre har en viss grad elastisitet som gjør det i stand til å bøye seg og tåle stor last og slag uten å sprekke eller deformere. Treets elastisitet er avhengig av dens fuktighet. Tørr

tre kan være mer sprøtt og mindre elastisk enn fuktigere tre. Treet er også mer elastisk langs fibrene, noe som gjør det mer motstandsdyktig mot sprekker langs fibrene.

Holdbarhet: Tre kan være veldig holdbar spesielt hvis det blir behandlet og vedlikeholdt riktig. Holdbarhet til tre er avhengig av hvor den brukes. Tre som brukes i utendørs konstruksjon må behandles med impregneringsmiddel eller maling for å beskytte det mot vær og sol.

Estetisk appell: Tre har en naturlig skjønnhet og varierende kornmønstre som gjør det til et populært materialvalg for både funksjonelle og dekorative formål. Tre kan være fint å se på og føles varmt og innbydende. Treet kan også være bearbeidet på forskjellige måter, for eksempel ved å skjære det til ønsket form eller ved å legge til en lakk eller maling for å forbedre utseendet og beskytte mot skade.

Fuktighetshåndtering: Tre har evnen til å absorbere og slippe ut fuktighet, noe som gjør det egnet til bruk i fuktige omgivelser. Treet kan imidlertid også deformeres og sprekke hvis det blir utsatt for mye fuktighet eller tørke. Det er derfor viktig å behandle og vedlikeholde tre riktig for å forlenge levetiden.

2.4 Energibruk

I tilfelle med eneboliger i Norge, vil energibruk referere til den totale mengden energi som brukes til å varme opp boligen, produsere lys, varmt vann og eventuelt drift av elektriske apparater. Ifølge Elvia er "Gjennomsnittlig strømforbruk for enebolig: 25 776 kWh per år." (Elvia, u.å). Under kan vi merke noen verdier fra SSB som forklarer endring i energibruk fra 1995 til 2012, hvor vi da kan se en klar nedgang av energibruk i hjem gjennom årene.

Tabell 5: Energibruk fra 1995-2012

	Totalt energiforbruk (kWh)						Spesifikt energiforbruk (kWh per m2 boligareal)					
	1995	2001	2004	2006	2009	2012	1995	2001	2004	2006	2009	2012
Alle bygningstyper	23 633	22 399	21 143	21 644	20 415	20 230	211	203	186	190	181	185
Våningshus	31 911	31 315	31 136	32 900	30 599	30 997	238	256	216	220	219	229
Enebolig	28 912	27 327	26 414	26 680	25 705	25 776	223	214	192	199	182	198
Rekkehus, kjedehus, andre småhus	18 818	18 731	16 850	17 033	17 726	17 090	205	194	179	181	186	180
Boligblokk	12 817	11 941	11 367	12 589	10 541	10 899	178	174	173	172	166	156

Tabell 6 viser energibruk basert på bostedsområde. Vi kan observere at Akershus, Hedmark og Oppland, Trøndelag og Nord-Norge har det høyeste totale energiforbruket per husholdning, mens Oslo har det laveste. Dette kan tilskrives det faktum at Oslo har en større andel av befolkningen som bor i blokker og mindre boliger. Disse har vanligvis lavere energiforbruk sammenlignet med større hus som våningshus og eneboliger. Som et resultat gir grafen oss innsikt i hvor mye mer energi som brukes til oppvarming av boliger, basert på den individuelle situasjonen.

Tabell 6: Energibruk ifølge SSb, 2001

	Total energi	Elektrisitet	Olje og parafin	Ved, kull og koks	Gjennomsnittlig spesifikt energiforbruk (kWh per m2)
Akershus	22 169	20 028	978	1 151	187
Oslo	14 484	12 888	1 093	201	172
Hedmark og Oppland	22 646	17 314	1 387	3 913	211
Sørøst-landet	21 858	17 842	1 281	2 734	187
Agder og Rogaland	21 889	19 995	291	1 571	172
Vestlandet	20 117	17 601	433	2 066	183
Trøndelag	23 932	17 742	1 093	4 975	205
Nord-Norge	24 360	20 894	862	2 589	224

2.5 Energimerkeforskrift

Formålet med dette beskrives i §1 ‘ ‘ *Forskriften skal bidra til å sikre informasjon til markedet om boliger, bygningers og tekniske anleggs energitilstand og mulighetene for forbedring, for derigjennom å skape større interesse for konkrete energieffektiviseringstiltak, konkrete tiltak for omlegging til fornybare energikilder, og gi en riktigere verdsetting av boliger og bygninger når disse selges eller leies ut* (Energimerkeforskriften for bygninger, 2010, §1).

Det tilsettes krav til energimerking av alle bygninger som bygges, selges eller leies ut, men disse pliktene kan ignoreres hvis bygninger har følgende punkter (Energimerkeforskriften for bygninger, 2010):

- Frittstående bygninger med mindre enn 50m² bruksareal,
- Selvstendig enhet i yrkesbygg hvor flere enheter har felles varmeanlegg,
- Eldre bygninger som benyttes til gudstjenester eller andre religiøse formål,
- Boliger og bygninger som er vedtatt vernet på grunn av miljøet, arkitektur eller historikk, der gjennomføring av energisparetiltak ikke er gjennomførbare på grunn av vernekrav,
- Driftsbygninger i landbruket med lavt energibehov til oppvarming og drift av bygningens tekniske anlegg,
- Industrianlegg og verksteder med lavt energibehov til oppvarming og drift av bygningens tekniske anlegg,
- Bolig eller bygning som etter avtale selges for nedrivning.

Energikarakterer gitt fra en karakterskala som går fra A til G, hvor A er høyest karakter og gir en indikasjon om bygningen har høyt eller lavt energibehov (lovdata, 2009). Denne karakteren er en samlet begrunnelse av energieffektiviteten til bygningsmassen og beregnes etter energibehov per kvadratmeter etter NS 3031. Energiberegninger legges til grunne for energikarakteren. En bygningskropp som er godt isolert og bruker fjernvarme eller varmepumper reduserer bygget behov for levert energi og bygget oppnår en god

energikarakter. (Enova b, 2009). Dette kan enda forbedres med en dynamisk ventilasjon system hvor varmluften bidrar sin energi til å enten varme opp kald luft eller til å varme opp vann.

Tabell 7: Bygningskategorier (Energimerking , 2009)

Bygningskategorier	Levert energi pr m ² oppvarmet BRA (kWh/m ²)						
	A	B	C	D	E	F	G
	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Ingen grense
Småhus	95	120	145	175	205	250	>F
Arealkorreksjon	+800/A	+1600/A	+2500/A	+4100/A	+5800/A	+8000/A	
Leiligheter (boligblokk)	85	95	110	135	160	200	>F
Arealkorreksjon	+600/A	+1000/A	+1500/A	+2200/A	+3000/A	+4000/A	
Barnehage	85,00	115,00	145,00	180,00	220,00	275,00	>F
Kontorbygning	90,00	115,00	145,00	180,00	220,00	275,00	>F
Skolebygning	75,00	105,00	135,00	175,00	220,00	280,00	>F
Universitets- og høyskolebygning	90,00	125,00	160,00	200,00	240,00	300,00	>F
Sykehus	175,00	240,00	305,00	360,00	415,00	505,00	>F
Sykehjem	145,00	195,00	240,00	295,00	355,00	440,00	>F
Hotellbygning	140,00	190,00	240,00	290,00	340,00	415,00	>F
Idrettsbygning	125,00	165,00	205,00	275,00	345,00	440,00	>F
Forretningsbygning	115,00	160,00	210,00	255,00	300,00	375,00	>F
Kulturbygning	95,00	135,00	175,00	215,00	255,00	320,00	>F
Lett industribygning, verksted	105,00	145,00	185,00	250,00	315,00	405,00	>F

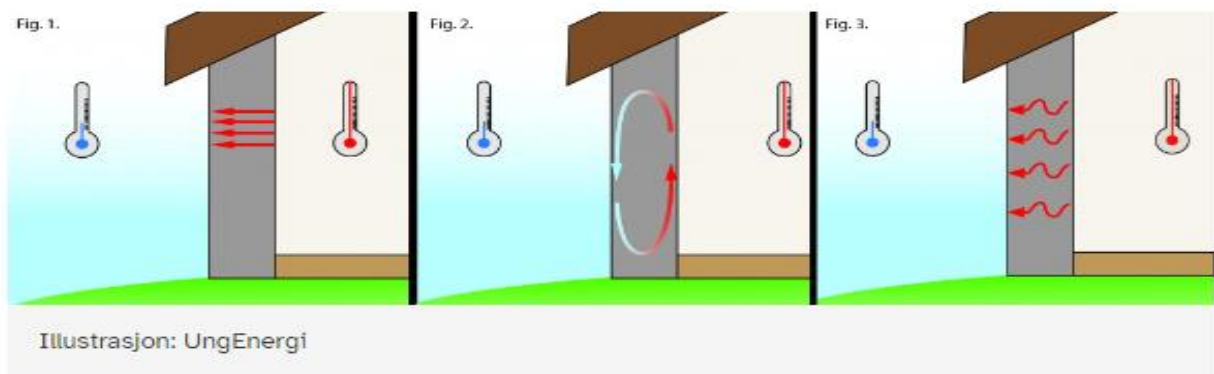
A = oppvarmet del av BRA [m²]

Øvre grense for karakter C er basert på nivå for TEK 2010.

Tabellen over er hentet fra Energimerking og viser til hvilke krav det stilles til levert energi for å oppfylle energikarakter A-G for de ulike bygningskategoriene.

2.6 Varmeisolering

Målet med isolering er å redusere varmetapet som er en av de mest effektive og lønnsomme tiltakene for å redusere byggets energiforbruk. Varme er en energi som bidrar til å øke molekylets bevegelsesenergi, hvor energien overføres fra en gjenstand med høy temperatur til en gjenstand med lav temperatur (Ungenergi, 2021). Siden Norge er et kaldt land sammenlignet med andre land er det svært sjelden at utetemperatur er høyere enn innendørstemperatur. Dette betyr vi har en konstant varmetransport ut av byggene i store deler av året. Ifølge Ungenergi varme kan overføres på tre måter:



Illustrasjon fra Ungenergi som viser hvordan varme kan overføres, Første figur til høyre viser til Varmegjennomledning. Figuren til midten viser til Konveksjon strøm og i det siste kan vi se varmestråling.

Figur 3: Varmeoverføringsmetoder

Den første figuren viser varmeledning. Dette skjer ved overføring av bevegelsesenergi mellom molekylene i ulike stoffer. Noen materialer har bedre varmeledning enn andre og vil si at de har bedre/høyere varmeledningsevne. Et eksempel på dette kan være metall som er en god varmeleder, noe som vil si at varme vil ledes hurtig.

Den andre figuren beskriver varmekonveksjon (Fig.2). *“Dette er når varmen i form av luft lekker ut av huset, og vi sier gjerne at det trekker. Slike lekkasjer oppstår ofte i overgangen mellom bygningskomponenter, for eksempel rundt vinduer, etasjeskiller eller hjørner.*

Varmestrøm kan også forekomme når luften beveger seg inne i veggen. Det finnes to typer konveksjon i denne sammenhengen: tvungen og fri konveksjon. Tvungen konveksjon oppstår når lufta settes i bevegelse på grunn av en påtrykt kraft. Når det gjelder isolasjon, skjer dette når det blåser og vinden presser seg gjennom utettheter i konstruksjonen. Fri konveksjon derimot oppstår når temperaturforskjeller og ulik tetthet i kald og varm luft får luften til å bevege seg.” (UngEnergi, 2021). Vi kan redusere denne type varmeoverføring ved å sikre at boligen eller huset er tett isolert, slik at varme ikke finner en vei ut. Etter at ytterveggen i et nytt hus har blitt såpass tykt, får vi et nytt problem når luft besverger seg inne i selve veggen på grunn av temperaturforskjell og vi får en sirkulasjon av luft inne i veggen.

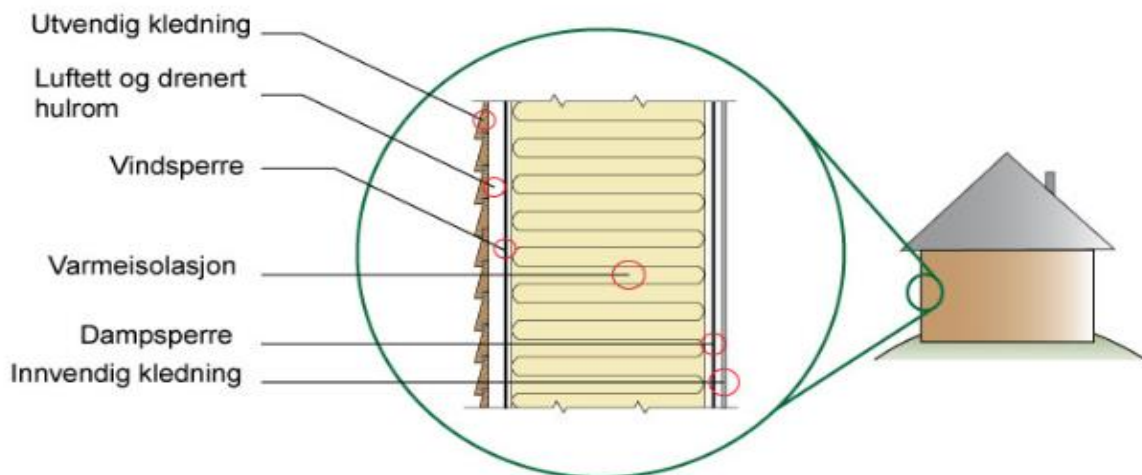
Tredje figur viser til stråling. En bedre definisjon på det kan være *“Varmeoverføring ved at varme stråler ut fra en varm overflate og treffer andre overflater og varmer dem opp”*. Det vil si så lenge noe er varm, har den egenskap til å stråle varmen til andre overflater som ligger nært objektet. Dermed kan varmestråling bidra til å redusere varmetap i et hus.

2.7 Vegginformasjon

Isolasjon er en viktig del av veggen. Her kan forskjellen mellom en normal konstruksjon og elementet (CC 600) vises. I tillegg skal vi sammenligne og hvilken byggemetode i teorien som gir oss det beste resultatet med tanke på bærekraft og energi.

Standardvegg

Slik ser en vanlig vegg i et hus ut:



Figur 4 : Illustrasjon fra Ungenergi som viser vanlig vegg i et hus

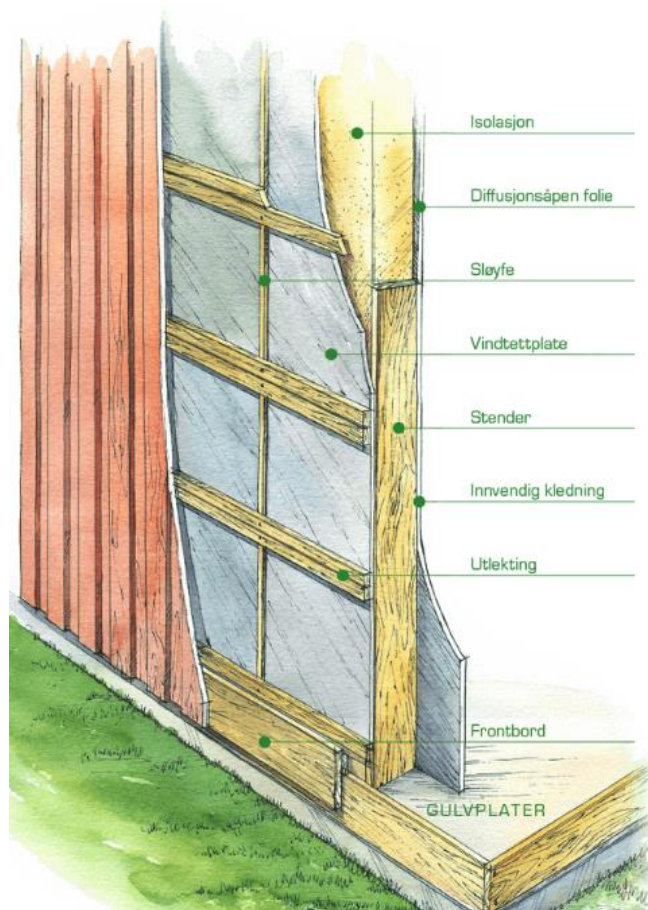
1. **Utvendig kledning**: Dette er vanligvis et lag med tre, murstein, sement eller annet materiale som gir en beskyttet overflate mot vær og vind. Denne kledningen kan også ha en estetisk funksjon, og kan påvirke utseendet til bygningen.
2. **Lufttett og drenert hulrom**: Dette er et hulrom mellom ytterveggen og innerveggen som gir luftsirkulasjon og ventilasjon, og hjelper til å unngå fuktighetsskader og kondensproblemer.
3. **Vindsperre**: Dette er et materiale som er montert over ytterveggen for å hindre at luft og fuktighet trenger inn.

4. Varmeisolering: Dette er et stoff som brukes for å redusere varmetap gjennom veggene, gulvene og taket, og dermed redusere energiforbruket i bygningen.

5. Dampsperre: Dampsperran hindrer at fuktighet trenger inn i bygningen og forårsaker fuktskader.

6. Innvendig kledning: Dette er et lag med materiale som brukes for å gi et ferdig utseende inne i bygningen, og kan være av gips, panel eller annet materiale.

InnlandHus CC 600



Figur 5: Illustrasjon fra InnlandHus sin side av produktet CC 600

Isolasjon: Isolasjonen i InnlandHus CC 600 er laget av trefiber, som er et miljøvennlig alternativ til tradisjonelle isolasjonsmaterialer som glassull og mineralull. Når det gjelder egenskaper, er tre-fiber vanligvis sterkere og mer holdbar enn andre miljøvennlige valg som

cellulose-fiber, noe som gjør det til et godt valg for produkter som krever høy styrke og holdbarhet, som konstruksjonsmaterialer, papir og emballasje.

Difusjonsåpen folie: Dette er en folie som brukes på innsiden av ytterveggen for å hindre kondens og fuktighet i å bygge seg opp i veggen. Denne folien kan også bidra til å redusere energitap gjennom veggen.

Sløyfe: Sløyfer er en del av konstruksjonen som brukes til å feste isolasjonen og gi struktur til veggen. Sløyfer i InnlandHus CC 600 er laget av tre og er utformet for å gi ekstra styrke og stabilitet til veggen.

Vindtettplate: Dette er en plate som brukes på utsiden av sløyfene for å hindre at vind trenger inn i veggen og redusere energitapet, i tillegg til det er produktet veldig effektivt mot fukt og kan hold damp unna.

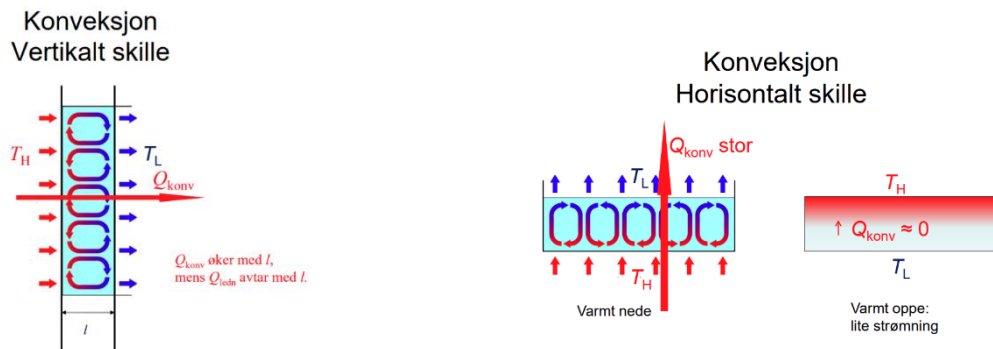
Stender: Stendere er vertikale trestykker som brukes til å bygge veggene i bygningen. Stendere i InnlandHus CC 600.

Innvendig kledning: Dette er et lag med materiale som brukes for å gi et ferdig utseende inne i bygningen, noen eksempler til dette kan være av gips, panel eller annet materiale (samme som vanlig bygg).

Utkledning: Tre lekter som monteres på konstruksjonen for å skape mellomrom mellom sjikt for utlufting av fuktighet.

2.8 Varmetransport

Varmetransport refererer til overføring av varmeenergi fra et område med høyere temperatur til et område med lavere temperatur. Dette kan skje gjennom tre hovedmekanismer: konduksjon, konveksjon og stråling.



Figur 6: Konveksjon i horisontalt og vertikalt skille (NTNU, u.å)

Konduksjon er en mekanisme hvor varmeenergien overføres fra et materiale til et annet gjennom direkte kontakt. Når det gjelder tre, kan varme overføres gjennom konduksjon når varm luft eller vann kommer i direkte kontakt med treoverflaten. Tre har en moderat varmekonduktivitet, noe som betyr at det kan overføre varme, men ikke like effektivt som materialer med høyere varmekonduktivitet som for eksempel metall.

Konveksjon skjer når varmeenergien overføres gjennom en strøm av fluid, som for eksempel luft eller vann. I forhold til tre kan konveksjon skje når varm luft beveger seg rundt en treoverflate, eller når varmt vann strømmer gjennom trebjelker. Konveksjon kan ha en større påvirkning på varmetransporten i bygninger enn konduksjon

Stråling er en mekanisme hvor varmeenergien overføres gjennom elektromagnetiske bølger. Stråling kan forekomme når sollys treffer treoverflaten, og overfører varmeenergi til trestrukturen, som deretter kan overføre varmen videre gjennom konduksjon eller konveksjon.

I sum har tre en moderat varmekonduktivitet, men dens isolerende egenskaper kan forbedres ved å bruke tre som et isolasjonsmateriale, eller ved å legge til en isolerende barriere rundt trestrukturen. Tres isolerende egenskaper kan også variere avhengig av treet art og tetthet.

Lavtetthetstre som gran og furu har generelt en lavere varmekonduktivitet enn høyere tetthetstre som eik og bjørk.

Under kan vi se på de typiske verdier for konvektiv varmeovergangskoeffisient i henhold til boken «Bygningsfysikk av Jan Vincent Thue»

Konveksjonssituasjon	h_c (W/(m ² K))
Naturlig konveksjon	5–25
Tvungen konveksjon	
Gasser, luft	25–250
Væsker, vann	50–15 000

Figur 7: Konvektiv varmeovergangskoeffisient (Jan Vincent Thue, Bygningsfysikk. S.61)

2.9 Klimagassutslipp

Fra 1.Juli.2022 stiller Tek17 om et regnskap for klimautslipp fra materialer for boligblokker og yrkesbygninger. Regnskapet skal være basert på standarden NS 3720:2018, og bør ikke være en fullt livsløpsregnskap. Regnskapet er begrenset til utklipp knyttet til materialer. Forskriften beskriver hvilke livsløpsfaser og bygningsdeler som minimum skal medtas. Selv om produktet vårt ikke blir brukt som en boligblokk i vårt eksempel, kan vi fortsatt regne klimagassutslippet og sammenligne det med en vanlig bygg med samme størrelse.

Tabell 8: TEK17 § 17-1. Klimagassregnskap fra materialer

Ved oppføring og hovedombygging av boligblokk og yrkesbygning skal det utarbeides et klimagassregnskap basert på metoden i Norsk Standard NS 3720:2018 Metode for klimagassberegninger for bygninger. Klimagassregnskapet skal som minimum inkludere modulene A1-A4, B2 og B4 for bygningselementene angitt i tabell Bygningsdeler. I tillegg skal avfallet fra byggeplassen inngå i klimagassregnskapet.

Tabell: Bygningsdeler

Bygningsdel *)	Bygningselement
215 216	Pelefundamentering Direkte fundamentering
22	Bæresystemer
23	Yttervegger
24	Innervegger
25	Dekker
26	Yttertak

* Tallene refererer til Norsk Standard NS 3451:2022 Bygningsdelstabell og systemkodetabell for bygninger og tilhørende uteområder.

Vi kommer til å regne klimautslippet til elementet som en livsløpsmodul regnskap:

Først kommer vi til å identifisere hvilke livsløpsfaser elementet kommer gjennom i sin bruks tid. Informasjon under er hentet fra vedlegg TEK 17 klimagassregnskap (TEK 17, 2022)

Utslipp i Produktstadiet: A1-A3

I produktstadiet A1-A3 analyserer vi klimagassutslippene som oppstår fra det tidspunktet råvarene hentes ut, til de når fabrikken. Dette inkluderer ikke bare selve råvareuttaket (A1), men også transporten av råvarene til fabrikken (A2) og selve produksjonsprosessen (A3).

Gjennomføring stadiet: A4-A5

I gjennomføringsstadiet fokuserer vi på transporten av byggevarene med emballasje fra fabrikken til byggeplassen (A4). Videre inkluderer modul A5 alle aktivitetene på byggeplassen, som forberedelse av tomten og oppføringen av selve bygningen. Dette innebærer også utslipp knyttet til kapping og materialsvinn, inkludert produksjon, transport til byggeplassen og håndtering av avfall. Modul A5 tar også hensyn til håndteringen av utslipp fra arbeidsmaskiner og energibruk til oppvarming, ventilasjon og tørking.

Utslipp i Bruksstadiet: B1-B8

Bruksstadiet B1-B8 omfatter klimagassutslippene som oppstår mens bygningen er i bruk. Dette inkluderer forskjellige aspekter som energiforbruk, vedlikehold, reparasjon, utskifting, ombygging, energibruk i drift, vannforbruk i drift og transport i drift.

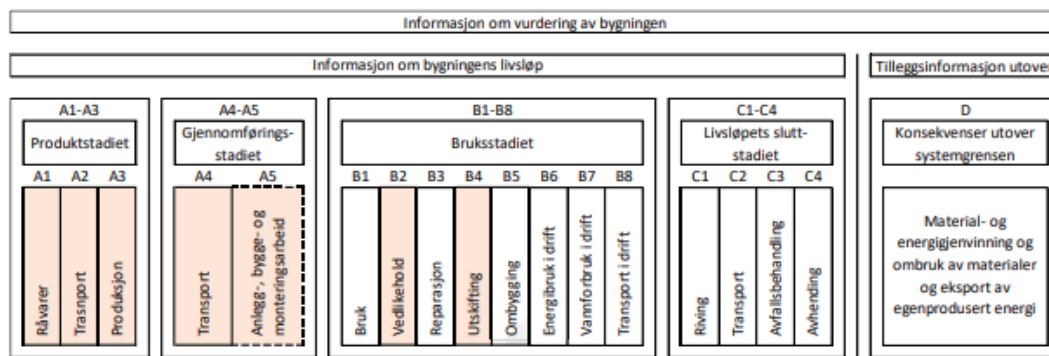
Utslipp i Livsløpsslutt stadiet: C1-C4

I livsløpets sluttstadium fokuserer modulene C1-C4 på klimagassutslippene knyttet til riving av bygningen, transport av riveavfall, avfallsbehandling og avhending.

Utslipp utover systemgrensen: D

Modul D tar for seg de positive effektene som oppstår når materialstrømmer og energi krysser systemgrensen ved livsløpets slutt. Dette kan inkludere klimagassreduksjoner som oppnås gjennom gjenbruk og materialgjenvinning. (modul D ikke inkluderes i klimagassregnskapet i henhold til NS 3720:2018, da det anses som en tilleggsmodul.)

Dermed vil disse utslippene summeres for å sammenligne med en vanlig vegg.



Figuren over henviser til NS 3720:2018 og viser til forskjellige livsløpsstadier for et element

Figur 8: Faser i planlegging, bygning og drift (Standard Norge, 2018)

3 Klimagassutslipp/Materialer

Tabell 9: MATERIAL-OG PRODUKTLISTE

Materiale (Produktnavn)	Leverandør (produsent)	λ - verdi (W/(mK))	Tykelse (m)
CC 600 Tak:			
Takblegg-asfalt	Mataki	-	2.8x10 ⁻³
Vindtett asfaltplate	Hunton	0.049	0.012
Trefiberisolasjon	Hunton	0.038	0.2
Vindtett asfaltplate	Hunton	0.049	0.012
Trefiberisolasjon	Hunton	0.038	0.15
Innvendig sponplate	Byggmarker	0.13	0.012
CC 600 Yttervegg:			
Utvendig kledning	Obs-bygg	-	0.012
Vindtett asfaltplate	Hunton	0.049	0.012
Trefiberisolasjon	Hunton	0.038	0.2
Bindingsverk 36x198			
Vindtett asfaltplate	Hunton	0.049	0.012
Malt gipsplate	Hunton	0.316	0.012
Tak:			

Takblegg-asfalt	Mataki		2.8×10^{-3}
Vindtett asfaltplate	Hunton	0.049	0.012
Extrem Glava 32	Hunton	0.032	0.2
Gipsplate	Hunton	0.316	0.012
Glava 34		0.034	0.15
Innvendig sponplate	Byggmarker	0.13	0.012
Yttervegg:			
Utvendig kledning	Obs-bygg	-	0.012
Vindtett asfaltplate	Hunton	0.049	0.023
Glava 34	Glava	0,034	0.2
Bindingsverk 36 x198 mm	-	0.12	-
Malt gipsplate	Hunton	0.316	0.012
Dampsperre	Baca	2×10^{-3}	-
Vindsperre	Isola	2.1×10^{-3}	-

Tabellen under viser til materialer brukt i hvert enkelt element med varmeledningsevne og tykkelse.

Material fotavtrykk:

Total GPW for hver produkt del

NB: Alle materialer i Tabell 10 er hentet fra vedlegget.

$$Total\ utslipp(TEK17) = \sum (Utslipp_{A1-A3} + Utslipp_{A4} + Utslipp_{materialer_{A5}} + Utslipp_{B2} + Utslipp_{B4})$$

$$= Utslipp_{produksjonstadiet} + Utslipp_{gjennomf\u00f8ringstadiet}$$

$$Total\ GWP = \sum (Utslipp_{produktstadiet-Livsl\u00f8pssluttstadiet})$$

Tabell 10: Fotavtryksanalyse Total GWP for hvert produkt

Indikator - cc 600	Enhet	Produktstadiet	Gjennomføring stadiet	Bruksstadiet	Livsløpsslutt stadiet	Systemgrense	Total GWP	Til m ²	Total Utslipp(TEK 17)/m ²
GWP- Hunton Vindtett	Kg CO2 / m ² .	-1.34E+00	7.06E-02	0.00E+00	1.76E+00	-2.71E-01	4.31E-01	-	-1.27E+00
GWP - Hunton Trefiberisolasjon Plate	Kg CO2 / m ² .	-2.38E+00	4.63E-01	0.00E+00	2.95E+00	-2.02E-01	5.44E+00	-	-1.01E+01
GWP - Fiber Gipsplate	Kg CO2 / m ²	-4.58E-01	1.88E-01	0.00E+00	3.69E+00	-8.57E-02	3.42E+00	-	-2.70E-01
GWP - Sponplate (tak)	Kg CO2 / m ²	-7.56E+02	9.81E+01	0.00E+00	1.12E+03	-5.23E+01	4.62E+02	5.55E+00	-7.89E+00
GWP - Glava ekstrem 32 plate (tak)	Kg CO2 / m ²	4.30E-01	6.36E-02	0.00E+00	4.57E-03	-1.68E-02	3.11E+00	-	3.09E+00
Indikator - vanlig vegg	Enhet	Produktstadiet	Gjennomføring stadiet	Bruksstadiet	Livsløpsslutt stadiet	Systemgrense	Sum	Til m ²	Total Utslipp /m ²
GWP- Glava proff 34 plate	Kg CO2 / m ²	4.30E-01	6.36E-02	0.00E+00	4.57E-03	-1.68E-02	2.90E+00	-	2.90E+00
GWP - Vindsperre	Kg CO2 / m ² .	3.35E-01	1.25E-02	0.00E+00	0.00E+00	-1.32E-01	3.48E-01	-	3.48E-01
GWP - Dampsperre	Kg CO2 eq.	4.24E-01	7.95E-03	0.00E+00	1.17E-02	-	4.44E-01	-	4.32E-01

Som vi kan se fra tabellene over vil total GWP for elementet være summen av hver indikator som beskriver CO2 utslipp gjennom livsløpet av elementet i forskjellige faser. Ved hjelp av material listen kan vi estimere hvor mye CO2 utslipp elementet vårt har sammenlignet med en vanlig vegg i samme U-verdi-kategori.

Fra material listen kan vi observere materialer brukt i elementet og de er som følge:

Tabell 11: Material brukt for hvert element

Element	Hunton Vindtett	Gipsplate	Trefiber isolasjon (15 cm)	Trefiber isolasjon (20 cm)	Glava 34 proff (15 cm)	Glava 34 proff (20 cm)	Dampsperre	Vindsperre	Glava 32 ekstrem (20 cm)	Sponplatt
CC-600 vegg	2	2		1		-	-	-	-	-
Vanlig Vegg	1	2		-		1	1	1	-	-
CC 600 tak	2	-	1	1		-	-	-	-	1
Vanligtak	1	1		-	1		1	-	1	1

Tabellen over viser til materialer brukt i elementene

4 Metode

4.1 Problemstilling

Problemstillingen er å vurdere om elementet CC 600 opprettholder kravene inn i byggeforskriften, dette gjøres ved å analysere resultater fra produktet og sammenligne verdiene med en standardvegg.

4.2 Varmegjennomgangskoeffisient (U-verdi)

For beregning av varmemotstanden gjennom vegger og tak bruker vi formler henvist i teori delen av oppgaven. En av disse formlene er øvre grenseverdi for total varmemotstand også kalt $R_{tot,Øvre}$. Bruker varmeledningsevne (λ) til hvert material i veggen og finner varmemotstanden (R) for hvert enkelt material i to forskjellige felt (felt a og felt b), ved bruk av disse feltene tar vi hensyn til bindingsverket og materialer inn i vegger når vi beregner varmegjennomgangskoeffisient eller (U-verdi).

For beregning av varmegjennomgangskoeffisient for vegger og tak med utvendig luftet kledning skal man se bort fra varmemotstanden i luftespalten og kledningen/tekningen. I stedet kan man benytte samme motstand som innvendig varmeovergangsmotstand, $R_{si} = 0,13\text{m}^2\text{K/W}$ for vegger og $R_{si} = 0,10\text{m}^2\text{K/W}$ for tak.

Tabell 12: Varmeovergangsmotstand i henhold til NS-EN ISO 6946

Overflate	Enhet	Oppover	Horisontalt	Nedover
Innvendig (R_{si})	$\text{m}^2\text{K/W}$	0.10	0.13	0.17
Utvendig (R_{es})	$\text{m}^2\text{K/W}$	0.04	0.04	0.04
Utvendig, inkludert	$\text{m}^2\text{K/W}$	0.10	0.13	0.17

ventilert kledning				
--------------------	--	--	--	--

Tabellen over viser standardverdier for varmeovergangsmotstander, R_s . Det er viktig å merke seg at horisontalsnittet er kritisk for beregning av U -verdier på en vegg.

Vi bestemte å bruke en vegg uten vinduer og dører for å ha lavest treandel på grunn av 3D-modellen i Solidworks. Fra tabellen under kan vi finne verdien av «felt b» basert på tykkelsen av stenderen, og verdien til arealandel bindingsverk viser seg til å være 9% for vår vegg. Fra disse opplysningene kan vi regne arealandel til isolasjon «felt a» = 100% - 9% = 0.91%

Tabell 13: Treandel per m² vegg for bindingsverk av tre

Typiske verdier for L'' og treandel i forhold til L'' for stendertykkelser på 36 og 48 mm

L'' m/m ²	Eksempel på vegg/bygning ¹⁾	Treandel per m ² vegg for bindingsverk av tre ²⁾	
		Stender 36 mm %	Stender 48 mm %
2,45	Vegg med høyde 2,4 m uten vinduer og dører	9	12
3,5	Enebolig, romhøyde 2,4 m	13	17
4,5	Boligblokk, rekkehus, barnehage, romhøyde 2,4 m	16	22
5,5	Stort næringsbygg, romhøyde 3,5 m	20	26
7,5	Stort næringsbygg, romhøyde 2,6 m	27	36

Deretter ved bruk av opplysningene fra materialene i hver enkelt felt og bruker formelen

$$R_{\text{tot},\text{Øvre}} = 1 / ((f_a / r_{\text{tot a}}) + (f_b / r_{\text{tot b}}))$$

Vi bruker samme material varmemotstand verdier for “ $R_{\text{tot medre}}$ ” men vi erstatter isolasjon og bindingsverkets varmemotstand med å bruke samme formel som “ $R_{\text{tot Øvre}}$ ” men erstatter “ $R_{\text{tot a}}$ ” med varmemotstand for isolasjonens og “ $R_{\text{tot b}}$ ” med varmemotstand for bindingsverk. Vi

kan referere til den som $R_{\text{Ekvivalent}}$. Deretter finner vi " R_{totnedre} " ved å addere alle varmemotstander verdiene.

$R_{\text{Ekvivalent}}$ = Ekvivalent varmemotstand for sjikt med isolasjon og bindingsverk =

$$\frac{1}{\frac{f_a}{R_{\text{Isolasjon}}} + \frac{f_b}{R_{\text{bindingsverk}}}} \Rightarrow R_{\text{tot nedre}} = R_{\text{Ekvivalent}} + \text{alle andre varmemotstand unntatt for Isolasjon}$$

og bindingsverk.

For å finne R_{tot} tar vi gjennomsnittet av " R_{totnedre} " og " $R_{\text{totøvere}}$ " og deretter setter svaret under brøkstrøket $1/R_{\text{tot}}$ for å finne varmegjennomgangskoeffisienten.

Beregning av GWP

Det er brukt EDP studier gitt fra leverandører fra hvert produkt for beregning av total CO₂ utslipp for hvert material, og basert på dem lager vi tabeller som viser CO₂ utslipp for hvert enkelt material. Vi summerer CO₂-utslippet for hvert trinn i LCA-studien for hvert materiale, og basert på det kan vi beregne CO₂-utslippet for hvert materiale som en enhet. For beregning av totalt GWP har vi brukt trinnene fra A1-C4, og for beregning av det totale utslippet bruker vi TEK17-formler som inneholder summen av fase A1-A5 + B2 + B4. De fleste EDP-verdiene for B2 og B4 er null. Vi har tatt hensyn til de forskjellige varmeovergangsmotstand for hvert isolasjonsmateriale ved å multiplisere det med totale utslippet CO₂ verdi for å få riktig mengde CO₂-utslipp. Vi tok hensyn til enheten kg CO₂/m² for hvert enkelt material i studiet vårt.

Deretter bruker vi total GWP for hvert enkelt material og ganger det med antall material vi har for hvert enkelt element for å finne ut hvor mye CO₂ som er utsluppet eller vil utslippes ved potensiell reparasjon og riving.

Bruk av Simien

Simien er et program som evaluerer bygningsfysikken til et bygg, og bruker standardiserte verdier i henhold til TEK 17 og NS 3700. I dette programmet kan vi løse inn data av et bygg i planleggingsfasen, og få ut evalueringer basert på disse dataene. Den første versjonen av Simien ble skapt i 2008. Videre har de utviklet Simien gjennom årene slik at programmet samsvarer med de nye forskriftene for bygg. I 2021 ble Skanska en del av eierne for

programmet, og med deres samarbeid og kompetanse innen bygningsfysikk og energi, vil Simien videre virke som et godt egnet produkt for å designe, evaluere, og verifisere klimaeffektive bygg i framtiden. Derfor har vi valgt å bruke Simien som en del av evalueringen og verifiseringen av element CC 600 av InnlandsHus.

For å bruke Simien gjør vi først klart et plan for bygget vi vil prosjektere, og deretter legger vi disse verdiene inn i Simien. Da velger vi først området bygget skal befinne seg i. I vårt tilfelle valgte vi Gjøvik. Ved Evaluering for byggeforskrifter og energimerking vil programmet alltid bruke klimadata for Oslo, men for andre evalueringer brukes området vi har valgt.

Bolig informasjon og energiforsyning:

Videre begynner vi å “bygge” bygget vårt i Simien. Først legger vi inn prosjektdata og bygningskategori. For en liten bolig som vi tenker å evaluere velger vi alternativet for småhus. Deretter legger vi inn data for energiforsyningen vi velger i boligen. Vi har bestemt at for vårt prosjekt skal denne boligen benytte kun elektrisitet og varmepumpe. Vi benytter standardiserte verdier for systemvirkningsgrader, og velger at varmepumpen skal utnyttes for 80% av romoppvarmingen og varmebatterier for ventilasjon, og elektrisitet skal brukes for kun 20% av disse. Dette er grunnet til at vi får bedre utbytte av energi fra en varmepumpe enn elektrisiteten i bygget. Oppvarmingen for tappevann er ikke like energikrevende. Derfor velger vi 50% bruk av elektrisitet, og 50% bruk av varmepumpe for tappevannet.

Konstruksjon:

Sone:

For å legge inn konstruksjons delen inn i Simien må vi først legge inn en sone. Størrelsen av denne sonen i areal og volum skal være innenfor ytterveggene og etasjene. Det vil si luftrommet i konstruksjonen. Vi regner fra til et oppvarmet bruksareal på $25,8\text{m}^2$, og et oppvarmet luftvolum på $62,4\text{m}^3$. Vi må videre bestemme forskjellige alternativer for sonen. Disse innebærer Luftskifte ved 50Pa, skjermingsklasse, og fasadesituasjon. Vi velger et luftskifte med lekkasjetall 0,6 (1/h) og infiltrasjon på (0,04 oms/h). Videre bestemmer vi en høy skjermingsklasse siden vi tenker at det skal være en studentbolig med middels til lav høyde, som er bygget i et bysenter. Til slutt for infiltrasjonsdelen skal vi velge hvor mange fasader som er vind utsatte, og her velger vi “flere vindutsatte fasader”. Vi utnytter et middels

møblert rom, og velger at bygget skal være i drift i alle dager. Til slutt for sonen velger vi en normalisert kuldebroverdi på $0,05\text{W/m}^2\text{K}$.

Gulv:

For gulvtype velger vi gulv på grunn. For størrelser bruker vi et totalt gulvareal på $25,8\text{m}^2$, en utvendig omkrets på $21,20\text{m}$, og en tykkelse på grunnmuren som er lik $0,3\text{m}$. Vi velger en egendefinert konstruksjon med U-verdi på $0,11\text{W/m}^2\text{K}$, og for varmelagringen i innvendig sjikt velger vi tungt gulv som har en effektiv varmekapasitet på $63\text{Wh/m}^2\text{K}$. Til sammen får vi en ekvivalent U-verdi på $0,10\text{W/m}^2\text{K}$. Vi bruker et grunnforhold med sand/grus. Disse har egen varmeledningsevne på 2W/mK , og en varmekapasitet på $556\text{Wh/m}^3\text{K}$. Til slutt velger vi kantisolasjon, og merker av for ekstra isolering langs gulvets ytterkant, og for type kantisolasjon velger vi vertikal kantisolasjon. Isolasjonsdybde/bredde er $0,6\text{m}$. Vi velger isolasjonstype 50mm XPS , med varmelednings evne $0,034\text{W/mK}$, og isolasjonstykkelse 5cm .

Vegg:

For alle veggene bruker vi samme inndata, men vi må ha forskjellig himmelretninger på dem. En himmelretning på 0° viser til at veggen er på nordlig side av bygget, 90° viser til øst siden, 180° viser til sør-siden, og 240° viser til vestlig side av bygget. Vi velger en egendefinert konstruksjon med U-verdien på $0,18\text{W/m}^2\text{K}$, og den utvendige absorpsjonskoeffisienten har en verdi på $0,8$. For varmelagring i innvendig sjikt velger vi alternativet «lett vegg». Den effektive varmekapasiteten hær er på $3,0\text{Wh/m}^2\text{K}$. Videre er det ikke mange ulikheter i disse verdiene på veggene, utenom øst og vest sidene som har annen bredde, og at alle veggene har forskjellige himmelretninger.

Vegg-Nord:

Den nordre veggen i bygget har ingen dører, og ingen vinduer. Den vanligste brukte etasjehøyden i Norge er $2,4\text{m}$, og vi har en bredde lik $7,2\text{m}$ på både nordre vegg og den sørlige veggen. Da får vi et totalareal inkludert vinduer, lik $17,3\text{m}^2$.

Vegg-Øst:

Vi må fjerne den delen av veggen som vi har brukt som en del av Vegg-Nord, og den delen vi bruker for Vegg-Sør. Dermed får vi en bredde på 3,8m, og en høyde på 2,4m. Arealet på Vegg-Øst blir da 9,1m. Denne veggen inneholder et vindu.

Vindu Øst (vindusvegg):

Dette vinduet har en bredde på 2,6m og en høyde på 2,1m. Arealandelen for karm og ramme ligger på omtrent 0,2m, og vi bruker en standard for bredde/høyde karm+ramme (m) på 0,08m. For varmetapsegenskaper velger vi en egendefinert total U-verdi for hele vinduskonstruksjonen, og bruker 0,8W/m²K. For varmetilskuddsegenskaper velger vi fast (konstant) solskjerming, og velger to lags glass, hvorav det indre er energispareglass. Dette er det som vanligvis er brukt, og har en total solfaktor (glass+solskjerming) lik 0,55. Det er ikke noe bygningsutspring på dette bygget, og vi krysser derfor ikke av noe på denne seksjonen i Simien. De fleste verdiene bruker vi for alle vinduene i konstruksjonen, men høyden og bredden deres varierer.

Vegg-Sør:

Denne veggen er lik som Vegg-Nord i bredde og høyde, og inneholder ingen vinduer. Den eneste forskjellen her er at denne ytterveggen har en dør. Vi regner med et døreareal på 2m², og velger en standard ytterdør. Denne døren vil ha en U-verdi på 1,9W/m²K.

Vegg-Vest:

Denne veggen har en lik bredde på 3,8m og høyde på 2,4 som Vegg-Øst, men inneholder ikke et like stort vindu.

Vindu-Vest

Her bruker vi to vindu, begge med en bredde på 0,5m og høyde på 1m. Alle verdiene for disse vinduene er like som den andre (total U-verdi), men sluttverdiene på evalueringene for bygget vil ha en forskjell.

Tak:

Blant de forskjellige alternativene for typer tak som vi kan bruke, velger vi å krysse av for egendefinert U-verdi som vi har regnet på. Vi har et flatt tak med et takareal på $30,2\text{m}^2$. Vi har og en U-verdi på $0,11\text{W}/\text{m}^2\text{K}$, en utvendig absorpsjonskoeffisient på 0,8. På alternativene for varmelagring i innvendig sjikt bruker vi en tung himling med en effektiv varmekapasitet på $63\text{Wh}/\text{m}^2\text{K}$. Horisonter og himmelretninger trenger vi ikke å fokusere på siden vi utnytter et flatt tak uten stor vinkel.

Ventilasjon:

Ventilasjonstypen vi utnytter er en balansert ventilasjon, og luftmengden i både tilluft og avtrekk er $1,8\text{m}^3/\text{hm}^2$ for denne konstruksjonen. Luftmengden ved alle disse gulvarealene vil være på $31\text{mA}^3/\text{h}$. Vi utnytter en konstant tilluftstemperatur på 19°C , og bruker en standard driftstid som virker fra 00:00-24:00. Videre legger vi til en varmekomponent, hvor vi velger et varmebatteri som har en makskapasitet på $30\text{W}/\text{m}^2$, og en effekt med gitt gulvareal på $0,8\text{kW}$. I tillegg til dette bruker vi et vannbårent varmebatteri med Delta-T vannside på 30K , og en Sp. Pumpeeffekt på $0,5\text{kW}/(\text{l}/\text{s})$. Viftene har en SFP faktor på $1,5\text{kW}/\text{m}^3/\text{s}$ både innenfor og utenfor driftstiden. Til slutt på vår ventilasjon velger vi å bruke en varmegjenvinner som har en temperaturvirkningsgrad på 0,8, og en frostsikringstemperatur på -10°C .

Internlaster:

For internlaster må vi velge alle alternativene, dermed velger vi at det skal være belysning, tappevann, teknisk utstyr, og personer. Vi velger like verdier for hver enkelt måned siden vi ser for oss at det er en leilighet som brukes jevnt gjennom året.

Belysning:

Vi velger en driftstid fra klokken 07:00 til klokken 23:00, og her brukes en midlere effekt på 3 (w/m^2) med et varmetilskudd på 60%. Dermed får vi et varmetilskudd med gitt sonestørrelse på 46W . utenfor driftstid ser vi for oss at det ikke brukes noe belysning, men ved helger og fridager vil bygget brukes på samme måte som i driftstiden. Den årlige energibruken for belysning blir $17,5\text{kWh}/\text{mA}^2$.

Teknisk utstyr:

Det tekniske utstyret har samme effekt som belysningen, og likt varmetilskudd. Vi tenker oss også at det tekniske utstyret brukes i helger og fridager, men ikke utenfor driftstiden. Dette er fordi at med teknisk utstyr menes det primært brunevarer (lyd og fjernsyn, og datautstyr), hvitevarer (kjøkkenutstyr). Det årlige energibruket for teknisk utstyr blir da også 17,5 kWh/m².

Tappevann:

Tappevannet har en midlere effekt på 3,4W/m² både på driftsdagene, og helg/fridagene. Det årlige forbruket for oppvarming av vann blir da 29.8kWh/m².

Varmetilskudd personer:

Vi tenker at det brukes et gjennomsnittlig varmetilskudd for personer i arbeidstid på 1,5W/m², og dermed får vi 39W. Dette er verdier for et aktivitetsnivå som er sittende eller avslappet.

Oppvarmingssystem:

Kapasitet og oppvarmingssystem:

Den maksimale avgitte effekten legger vi på 50W/m², som ved gitt gulvareal blir 1290W. For den konvektive andelen for avgitt effekt benytter vi 0,5 som er fra. Dette avhenger av hvilken type varmegivere som utnyttes i sonen. Den konvektive andelen betyr andelen av varmen som går over til romluften direkte. Oppvarming for vannbårent distribusjonsanlegg har to verdier som man må bestemme, og disse kan brukes til å beregne en vannmengde som videre kan brukes til å beregne energibruket til pumpene. Vi bruker NS 3031:2014 for verdier for spesifikk pumpeeffekt. Disse er, turtemperatur som skal ligge på et område som spenner fra 25°C til 45°C, og returtemperatur som ligger på en differanse på 6 grader. Ut ifra dette velger vi en turtemperatur på 38°C, og en returtemperatur på 32°C. Den siste verdien vi velger her er spesifikk pumpeeffekt (SPP) som skal ligge på samme effekt som brukt tidligere, 0,5kW/(l/s).

Driftsstrategi:

Driftstiden for oppvarmingssystemet er fra 07:00 til 23:00, og vi velger en settpunkttemperatur i driftstiden på 21°C og en settpunkttemperatur utenfor driftstiden på 19°C. Disse verdiene er tatt fra Sintef og er standarder.

Evalueringer:

Ut fra verdiene vi har brukt i dette prosjektet vil Simien selv evaluere bygget, og gi oss et energimerke. Videre kan vi også se på årssimulering som viser energibehov, varighetskurver og mer. Da kan vi også velge evalueringer sammenlignet med passivhus, og evalueringer for minstekrav for bygget. Til slutt benytter vi Simien til å evaluere et energimerke for bygget.

4.3 Solidwork

Hva er Solidworks

Solidwork er en tredimensjonal og todimensjonal modellering programvare som brukes til å designe og modellere komponenter og produkter. Dette kan brukes i en rekke bransjer blant annet maskinteknikk, produktutvikling, arkitektur og elektronikk. Solidwork inkluderer også funksjoner for simulering, analyse og visualisering av designene, noe som gjør det til et kraftig verktøy for produktutvikling og optimalisering..

Hensikt

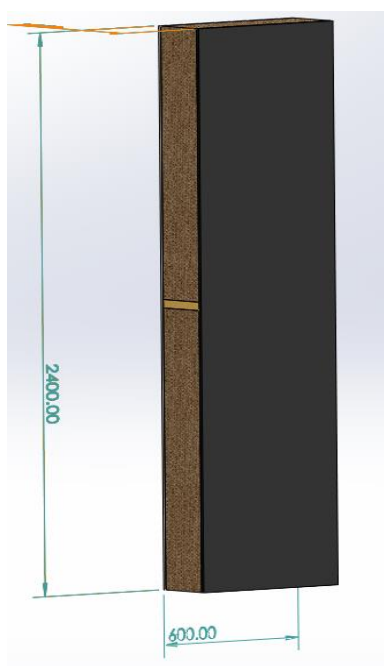
I denne delen av oppgaven skal vi undersøke produktet litt nærmere ved hjelp av Solidwork, vi vil utføre en termisk analyse og regne U-verdien av CC 600- vegg/tak og en standardvegg/tak.

Metode

Ved å ha en grundig forståelse av utseendet til CC 600 og produkter som ble brukt i den, kan vi lage en 3D-SolidWorks modell. Først oppretter vi et rektangel med en høyde på 2400 mm og en bredde på 600 mm. Deretter bruker vi funksjonen "Excluded boss/base" for å lage et prisme med en høyde på 224 mm. Videre bruker vi "Split"-funksjonen for å dele prismet inn i tre separate elementer. Dette gir oss muligheten til å velge ulike materialer for hvert enkelt element. Disse verdiene kan variere avhengig av hvilken type vegg eller situasjon bygningen bli bygget på. Nedenfor kan du se et ferdig bilde av CC 600.

For å importere statistikken om materialene som ble brukt i CC 600 til SolidWorks, oppretter vi et nytt material liste og fyller inn alle tallene som ble oppgitt av Hunton AS. Når vi har riktig materialplassering, bruker vi "Mesh kontroll" på skarpe kanter for å sikre en nøyaktig representasjon og analyse av modellen. Dette bidrar til å sikre at modellen oppfører seg som forventet og gir nøyaktige resultater. All mesh figurer finnes i resultat delen/vedlegg

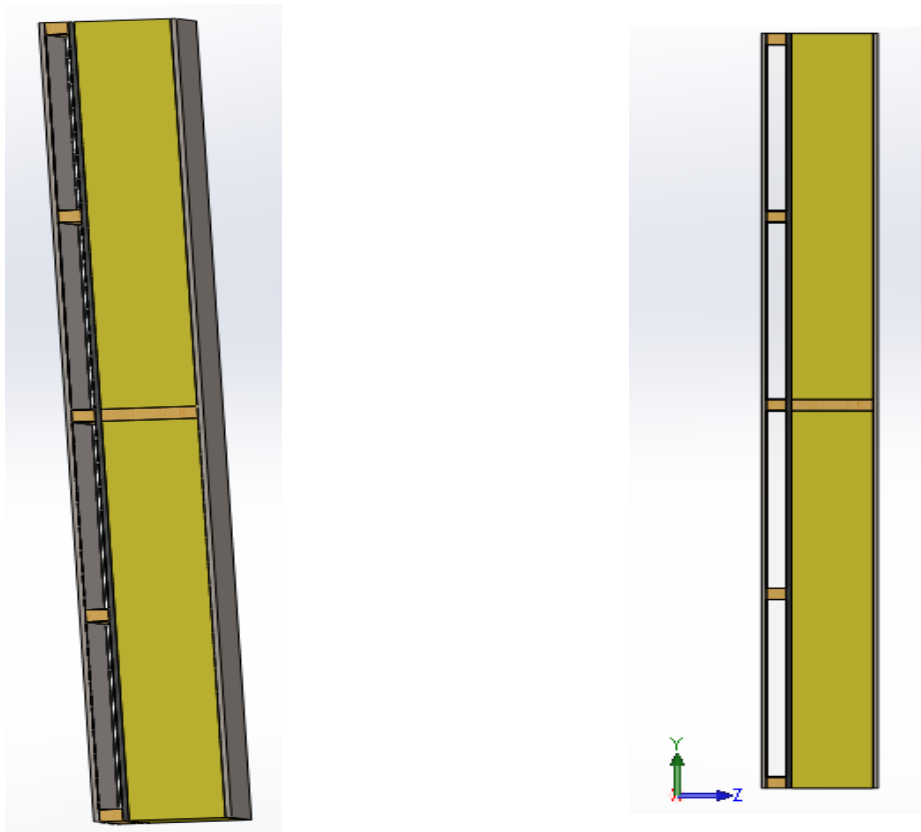
CC 600 (bare elementet)



Figur 9: CC 600 i Solidwork med huntonfiber, og to vindtettplater

Standardvegg

Vi gjør det samme i punkt 4.3.3 for å lage en modell av et element med Glava. I denne modellen bruker vi ikke dampsperre, da den ikke påvirker U-verdien. I stedet bruker vi Glava Proff 34 som isolasjon, gipsplate som innvendig plate og erstatter vindsperren med vindtettplater for å få et mer lignende produkt. I tillegg bruker vi utkledning for å oppnå et mer realistisk resultat. Vi har valgt å bruke gipsplate på lektene og ha et hulrom på 48 mm. Under finnes det illustrasjoner fra ulike vinkler av standardveggen. Tykkelsen på hele veggen er 282 mm.

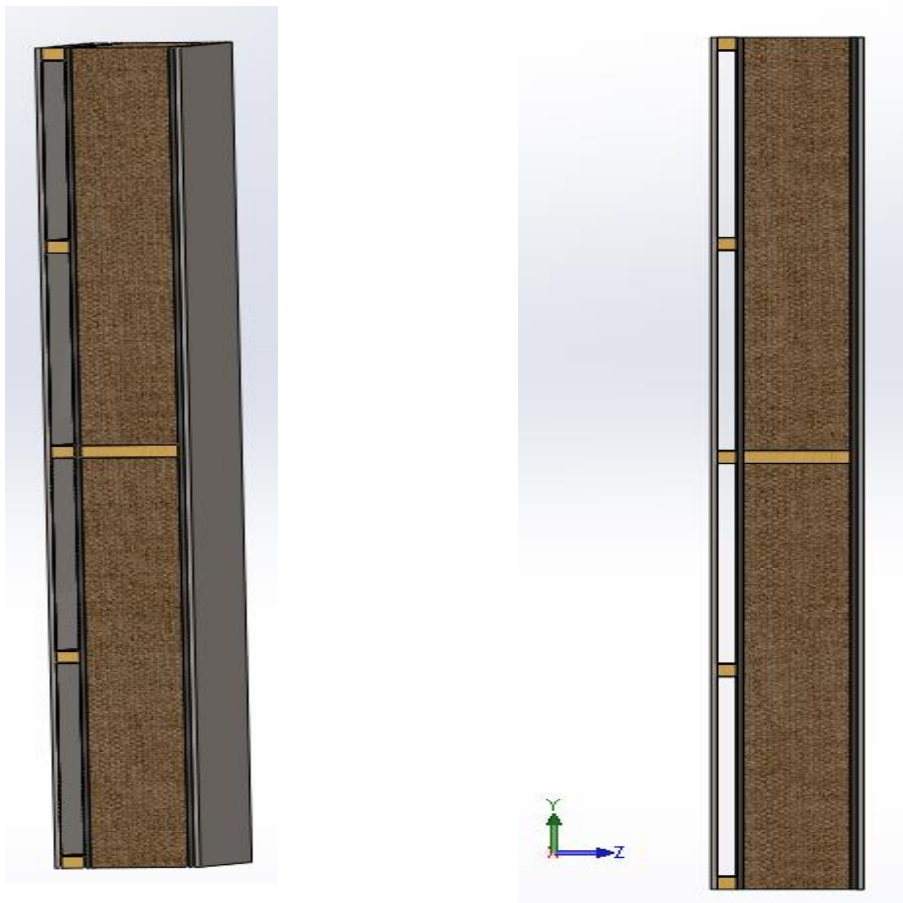


Figuren over viser til en Standardvegg med glava, gipsplate og vindtett + utledning tegnet i Solidworks

Figur 10: Standardvegg

CC 600 - Vegg

Nedenfor presenteres en veggkonstruksjonsløsning ved bruk av CC 600-elementet. Tykkelsen på denne løsningen er 282 mm. En betydelig forskjell mellom denne og en standardvegg er størrelsen på hulrommet som er 36 mm istedenfor 48 mm, samt bruken av en gipsplate bak vindtettplaten. Under kan vi se noen bilder av vegg med CC 600.



Figuren over viser til en yttervegg med trefiberplater, gipsplate og vindtett + utledning tegnet i Solidworks

Figur 11: Yttervegg CC 600 - Solidworks

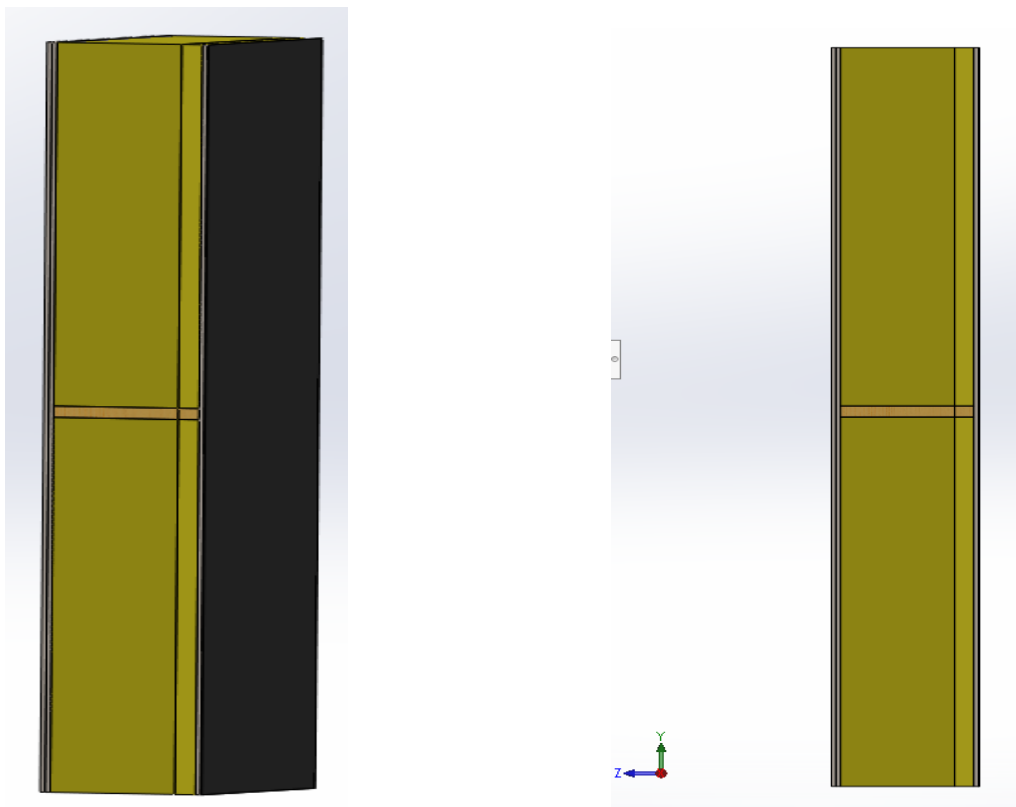
Analyse av vegg

For å gjøre disse øvelsene må vi velge to forskjellige temperaturer. Vi velger å se nærmere på en temperaturforskjell på 20 grader for alle tester. Hvor da inneklime er 20°C eller 293.15K og uteklime er 0 grader eller 273.15K. Vi velger å bruke en naturlig konveksjon koeffisient på

25W/m²/K eller 0.03m²K/W på utvendigoverflate og 7.7W/m²/K eller 0.13m²K/W på innvendigoverflate (NS-EN ISO 6946). Vi kan se på resultatene i punkt 5.1.1.

Vanlig flattak

Nedenfor ser vi at vi har valgt å benytte to forskjellige isolasjonstyper i denne flate takkonstruksjonen. Den ene isolasjonen er Glava Proff 32 Extreme, mens den andre er Glava Proff 34. På grunn av konstruksjonens karakter som et flattak, er det ingen hulrom i denne løsningen. Videre velger vi å inkludere vindtettplater fra Hunton i denne konfigurasjonen, ettersom de har samme effekt som en tradisjonell vindsperre. Tykkelsen på denne takkonstruksjonen er 383 mm

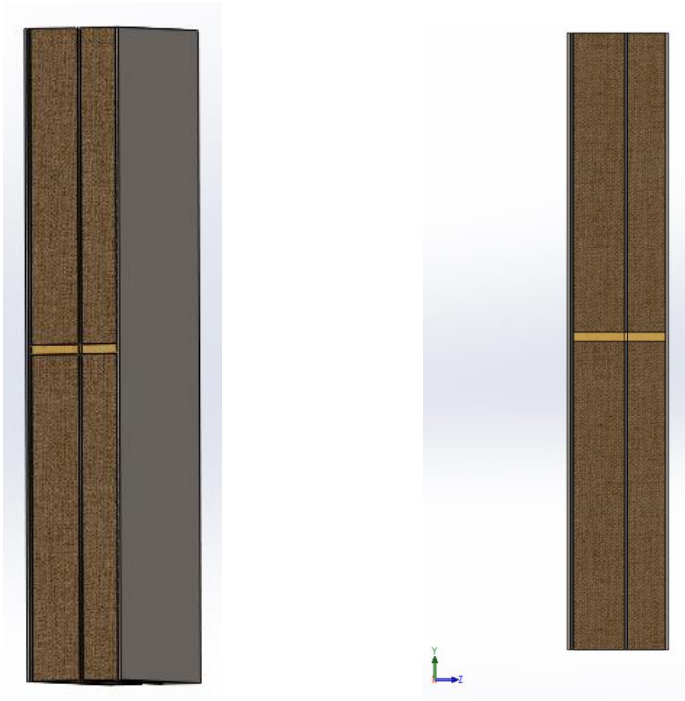


Figuren over viser til en vanlig flattak med vindtettplater tegnet i Solidworks

Figur 12: Vanlig Flattak – Solidworks

CC 600 -Tak

InnlandHus har presentert en takkonstruksjonsløsning ved bruk av CC 600-elementet. I denne løsningen bruker vi trefiberisolasjon av samme type to ganger, med en tykkelse på 198 mm og 148 mm. Videre benytter vi to vindtettplater og en gipsplate fra Hunton. For den innvendige delen av konstruksjonen bruker vi sponplate. Som et resultat oppnår vi en total tykkelse på 384 mm, som er betydelig tykkere enn den vanlige taktykkelsen.



Figuren over viser til en flattak med trefiberplater, gipsplate og vindtett tegnet i Solidworks

Figur 13: Tak med CC 600

Analyse av tak

Vi ser på det samme temperatur forskjellen for det innvendige og utvendige klima på 20°C for alle tester på tak. Hvor da inneklima er 20°C eller 293.15K og uteklima er 0°C eller 273.15K.

Vi velger å bruke en naturlig konveksjon koeffisient på 25W/m²/K eller 0.03m²K/W på utvendigoverflate og 10 W/m²/K eller 0.10 m²K/W på innvendigoverflate (NS-EN ISO 6946).

Vi ser på resultatene i punkt 5.1.1.

Material (CC 600)

Alt material av elementet, tak og vegg kan finnes i tabell 9. De fleste dataene er hentet fra Hunton for å definere produktet, inkludert gipsplate, fiberisolasjon og vindtett treflis. Vi kjører deretter en termisk studie for å studere produktet videre og sammenligne resultatet av programvaren med hverandre og den vi regnet ut tidligere.

4.4 REVIT

Om Revit

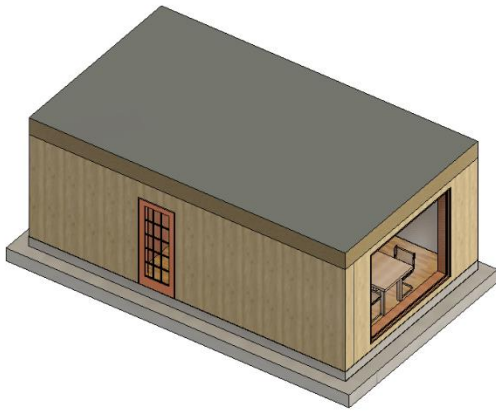
Revit er et program for bygningsinformasjonsmodellering (BIM) utviklet av Autodesk. Programmet er en del av en familie av Autodesk-programmer for bygningsdesign og konstruksjon, og er spesielt designet for å hjelpe arkitekter, ingeniører og entreprenører med å samarbeide om prosjekter på en mer effektiv måte, programvaren lar brukerne opprette, visualisere, analysere og dokumentere bygningsprosjekter i 3D. Dette gir en helhetlig tilnærming til designprosessen, som gjør det mulig for brukere å jobbe i et felles datamiljø og dele informasjon i sanntid.

Med Revit kan brukere lage og manipulere et bredt utvalg av designelementer, inkludert vegger, tak, gulv, vinduer, dører og trapper, samt tekniske systemer som VVS og elektrisitet. Her fokuserer vi mest på konstruksjonens designelement. Programmet gir også avanserte analysefunksjoner som gjør det mulig å evaluere bygningsytelse og energiforbruk, samt visualisere lysforhold og strømningsdynamikk.

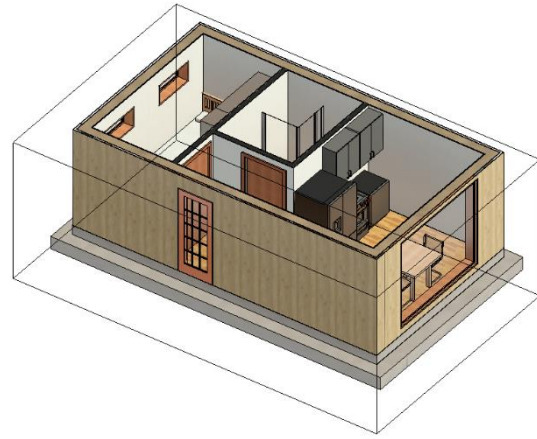
Modellering

Vår gruppe har fått et eksempel av en demo-studentbolig, og vi har valgt å bruke dette som et eksempel på hvordan elementet kan bli brukt i virkelige verden og har en veldig god estetisk appell, her er noen eksempler på hvordan bygget kan se ut hvis vi bruke elementet CC 600: (Modellene og tegningene kan finnes i Vedlegg F)

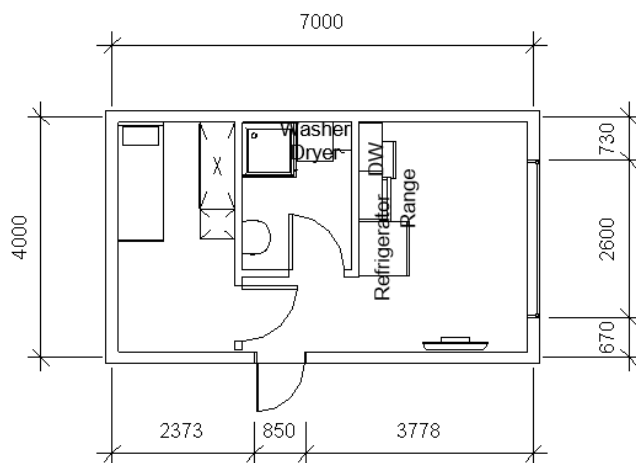
Vi har valgt å lage en demo student bolig på 30.24m² boligen er en treroms leilighet med soverom, toalett og kjøkken. Det trengs bar 80 CC 600 elementer for å bygge denne boligen.



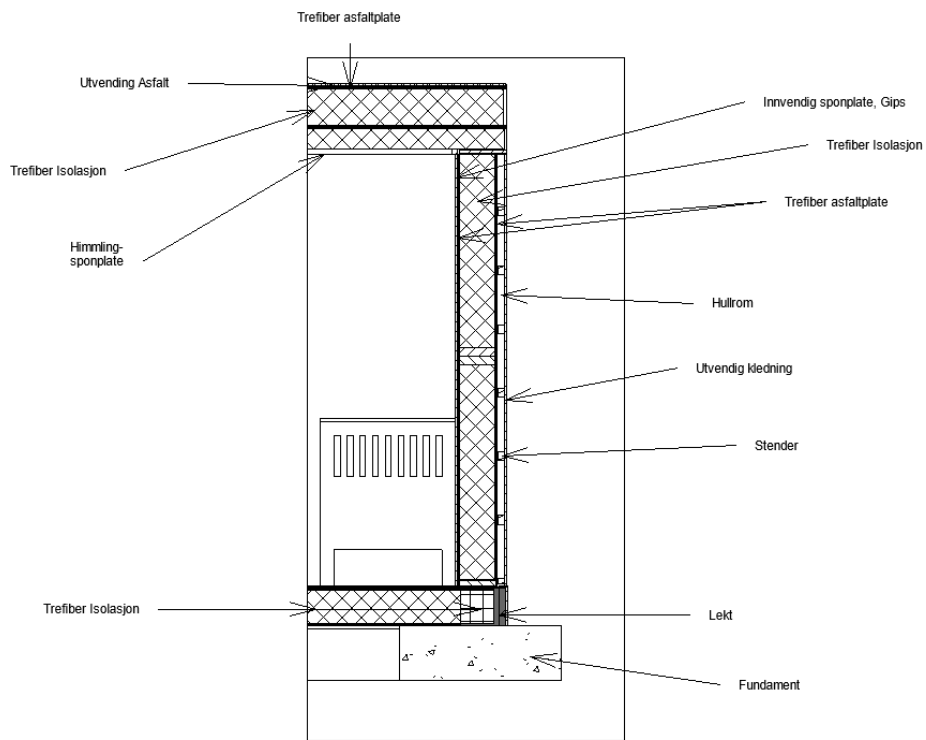
Figur 14 : Demobolig



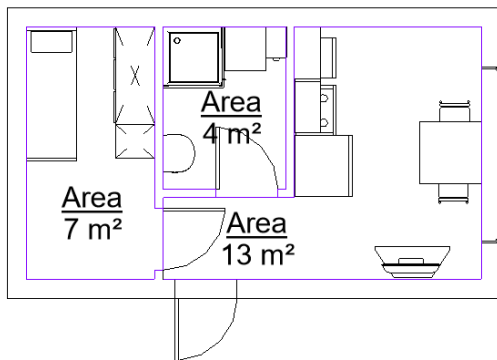
Figur 15 : Demobolig - 3D-bilde av hvordan studentboligen kan se ut:



Figur 16 : Demobolig- plantegning



Figur 17 : Demobolig - Detaljert tegning



Figur 18 : Demobolig – Arealplan

5 Resultater

5.1 Resultat U-verdier

Tabell 14: Resultat U-verdier

Materiale (Produktnavn)	Leverandør (produsent)	λ - verdi (W/(mK))	Tykelse (m)	R - verdi (m ² K/W) Felt A (0.91)	R - verdi (m ² K/W) Felt B (0.09)
CC 600 Tak:					
Utvendig kledning (Takbelegg-Asfalt)	Mataki	-	2.8×10^{-3}	0.1	0.1
Vindtett asfaltplate	Hunton	0.049	0.012	0.25	0.25
Trefiberisolasjon	Hunton	0.038	0.2	5.26	-
Bindingsverk 36x198	-	0.12	0.350	-	2.91
Vindtett asfaltplate	Hunton	0.049	0.012	0.25	-
Trefiberisolasjon	Hunton	0.038	0.15	3.94	-
Innvendig sponplate	Byggmarker	0.13	0.012	0.09	0.09
Innvendig overgangsmotstand	-	-	-	0.1	0.1
Sum R-verdi	-	-	-	9.99	3.45
R _{tot,Øvre}	-	-	-	-	$1/(0,91/9,99 + 0,09/3,45)$ = 8.53
R _{Ekvivalent}	-	-	-	-	$1/(0,91/9,2 + 0,09/2,91)$ = 7.7
R _{tot,Nedre}	-	-	-	-	8.24
R _{tot}	-	-	-	-	8.38
Omregning til U-verdi	-	-	-	-	0.119 (W/m ² K)
CC 600 Yttervegg:					
	Leverandør (produsent)	λ - verdi (W/(mK))	Tykelse (m)	R - verdi (m ² K/W) Felt A (0.91)	R - verdi (m ² K/W) Felt B (0.09)
Utvendig kledning	Obs-bygg	-	0.012	0.13	0.13

Vindtett asfaltplate	Hunton	0.049	0.012	0.25	0.25
Trefiberisolasjon	Hunton	0,038	0.2	5.26	-
Bindingsverk 36x198	-	0.12	0.198	-	1.65
Vindtett asfaltplate	Hunton	0.049	0.012	0.25	0.25
Malt gipsplate	Hunton	0.316	0.012	0.037	0.037
Innvendig overgangsmotstand	-	-	-	0.13	0.13
<i>Sum</i>	-	-	-	6.14	2.44
$R_{tot,Øvre}$	-	-	-	-	$1/(0,91/6,14 + 0,09/2,44) = 5.4$
$R_{Ekvivalent}$	-	-	-	-	$1/(0,91/5,26 + 0,09/1,65) = 4.39$
$R_{tot,Nedre}$	-	-	-	-	5.19
R_{tot}	-	-	-	-	5.3
<i>Omregning til U-verdi</i>	-	-	-	-	<i>0.188 (W/m²K)</i>
Tak:	Leverandør (produsent)	λ - verdi (W/(mK))	Tykelse (m)	R - verdi (m ² K/W) Felt A (0.91)	R - verdi (m ² K/W) Felt B (0.09)
Utvendig kledning (Takbelegg-Asfalt)	Mataki	-	2.8×10^{-3}	0.1	0.1
Vindtett asfaltplate	Hunton	0.049	0.012	0.25	0.25
Extrem Glava 32	Hunton	0.032	0.2	6.25	-
Gipsplate	Hunton	0.316	0.012	0.037	0.037
Bindingsverk 36 x198 mm	-	0.12	0.350	-	2.91
Glava 34	Glava	0.034	0.15	4.41	-
Innvendig sponplate	Byggmarker	0.13	0.012	0.092	0.092
Innvendig overgangsmotstand	-	-	-	0.1	0.1
Sum R-verdi	-	-	-	11.23	3.39
$R_{tot,Øvre}$	-	-	-	-	$1/(0,91/11,23 + 0,09/3,39) = 9.29$
$R_{Ekvivalent}$	-	-	-	-	$1/(0,91/10,66 + 0,09/2,91) = 8.59$
$R_{tot,Nedre}$	-	-	-	-	9.17

R _{tot}	-	-	-	-	9.21
<i>Omregning til U-verdi</i>	-	-	-	-	0.108 (W/m ² K)
Yttervegg:	Leverandør (produsent)	λ - verdi (W/(mK))	Tykelse (m)	R - verdi (m ² K/W) Felt A (0.91)	R - verdi (m ² K/W) Felt B (0.09)
Utvendig kledning	Obs-bygg	-	0.012	0.13	0.13
Vindtett asfaltplate	Hunton	0.049	0.012	0.25	0.25
Glava 34	Glava	0,034	0.2	5.88	-
Bindingsverk 36 x198 mm	-	0.12	0.198	-	1.65
Malt gipsplate	Hunton	0.316	0.012	0.037	0.037
Innvendig overgangsmotstand	-	-	-	0.13	0.13
<i>Sum</i>	-	-	-	6.3	2.07
(R _{tot,Øvre})	-	-	-	-	1/(0,91/6,43 + 0,09/2,2) = 5.48
R _{Ekvivalent}	-	-	-	-	1/(0,91/5.88 + 0,09/1.65) = 4.77
R _{tot nedre}	-	-	-	-	5.32
R _{tot}	-	-	-	-	(5.67 + 5.06)/2 = 5.36
<i>Omregning til U-verdi</i>	-	-	-	-	0.185 (W/m ² K)

Vindu/dør rammer

I den konstruerte boligen i Revit er det tre vinduer og en inngangsdør. De to første vinduene har dimensjonene 0.5m x 1m, mens det siste vinduet har dimensjonene 2.1m x 2.6m.

Inngangsdøren har dimensjonene 0.915m x 2.134m

$$U(\text{alle}_{\text{vindu}}) = \frac{\sum n * A(i) * U(i)}{\sum n * A(i)}$$

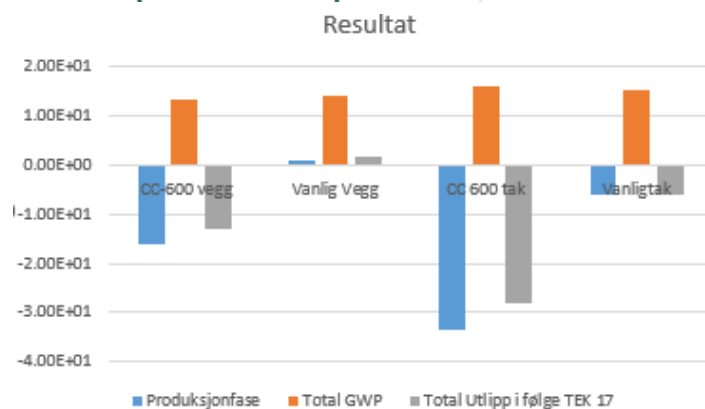
$$U(\text{alle}_{\text{vindu}}) = \frac{\sum n * U(i) * A}{\sum n * A} = \frac{0.8 * 2.6 * 2.1 + 2 * 0.5 * 1 * 0.8 + 0.915 * 2.134 * 1.9}{2 * 0.5 * 1 + 2.6 * 2.1 + 2.134 * 0.915} = 1.055 \text{ W/m}^2/\text{K}$$

5.2 GWP beregning:

Beregningene finnes i Excel-filen i vedlegg C.

Tabell 15: GWP resultater

Resultater				
	Produksjonfase	Total GWP	Total Utlipp i følge TEK 17	Enhet
CC-600 vegg	-1.61E+01	1.33E+01	-1.32E+01	Kg CO2 / m2.
Vanlig Vegg	1.03E+00	1.42E+01	1.87E+00	Kg CO2 / m2.
CC 600 tak	-3.37E+01	1.61E+01	-2.81E+01	Kg CO2 / m2.
Vanligtak	-5.86E+00	1.53E+01	-5.92E+00	Kg CO2 / m2.



Figur 19: GWP resultater

Prosent forskjell for total utlipp ifølge TEK 17 mellom CC 600 og vanlig vegg.

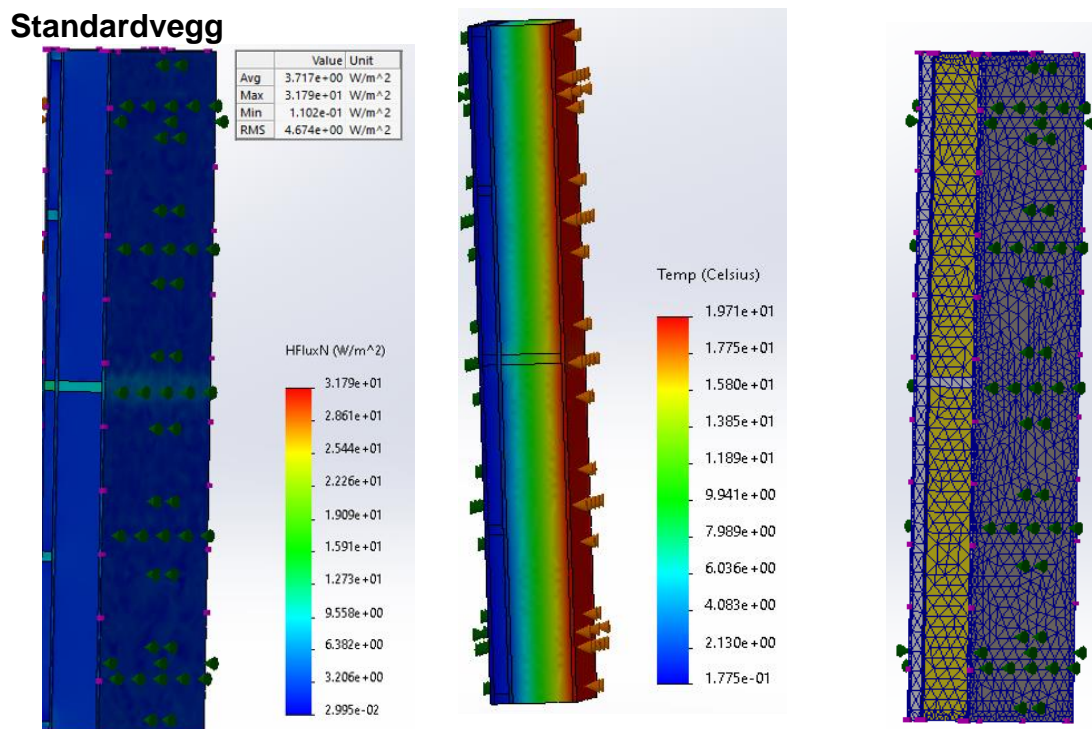
(ny verdi - gammel verdi) / gammel verdi * 100 → $\left| \frac{-13.2 - 1.87}{1.87} * 100 \right| = 803\%$ Redusert CO2 utslipp.

Prosent forskjell for total utlipp ifølge Total GWP mellom CC 600 og vanlig vegg.

(ny verdi - gammel verdi) / gammel verdi * 100 \rightarrow $\left(\frac{13.3-14}{14} * 100\right) = -5\%$ redusert CO2 utslipp.

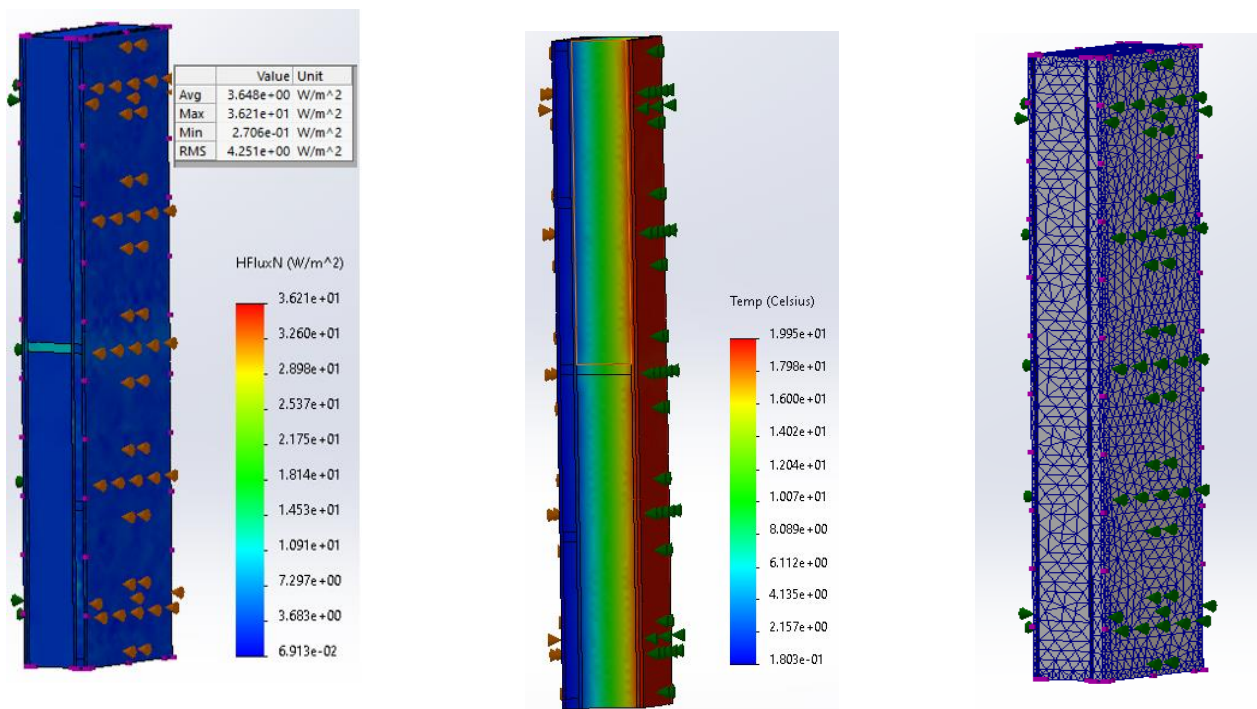
5.3 Resultat Solidwork CC 600

I denne delen kan vi se to bilder som viser temperatur og gjennomsnittlig temperaturfluks. For å finne den gjennomsnittlige varmefluksen bruker vi Probe-funksjonen i Solidworks. Vi klikker på "On Selected Entities", deretter holder vi nede Ctrl-tasten og trykker på A for å markere alle overflatene. Til slutt trykker vi på "Updates". Temperatur forskjellen for alle tester var lik 20 grader. I tabell 16 kan vi se alle forskjellige temperaturer fluksene for tak- og vegger. Deretter bruker vi temperatur fluksene til elementene og deler den på temperatur forskjellen til å finne U-verdiene. Resten av resultatene til elementet og tak konstruksjoner finnes i vedlegg A og B. (Det er viktig å merke seg at vi har valgt en varmeovergang på 0,15W/mK for alle bindingsverkskonstruksjoner i disse testene)



Figur 20:Resultat- Standardvegg inkludert mesh

CC 600- vegg



Figur 21: Resultat – CC 600 brukt i vegg

Tabell 16: U-verdi med Solidwork

3D Simulasjon	Gjennomsnitt resultat Heat Flux (W/m ²)	Temperaturforskjell (K)	U- Verdi (W/m ² /K)
CC 600 (bare elementet)	4.099	20	$U = \frac{4.099}{20} = 0.204$
Standardvegg	3.717	20	$U = \frac{3.717}{20} = 0.185$
CC 600- Vegg	3.648	20	$U = \frac{3.648}{20} = 0.182$
Vanlig flattak	2.118	20	$U = \frac{2.118}{20} = 0.105$
CC 600 - Tak	2.209	20	$U = \frac{2.29}{20} = 0.114$

Resultant Solidwork standardvegg

Tabell 17: U-verdier til elementet

Bygningsdel	U-verdi (W/m ² K)	TEK 17 U-verdi (W/m ² K)	
Yttervegg	0.182	< 0.22	ok
Tak	0.11	< 0.18	ok
Gulv på grunn og mot det fri	0.11	< 0.18	ok
Vindu og dør inkludert karm/rammer	1.055	< 1.2	ok

Resultater Simien

Alle Simien beregninger og bilder finnes i Vedlegg E:

Energiramme:

Tabell 18: Energiramme

Energiramme (Å§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	59,7 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	4,7 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	29,8 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter	4,7 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper	1,8 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning	11,4 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	17,5 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling	0,0 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0,0 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov	129,7 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov	162,0 kWh/m ²

Energiramme samlet energibehov for konstruksjonen. Samlet netto energibehov for diverse deler av bygningen

Minstekrav:

Tabell 19: Minstekrav

Minstekrav (Å§14-3)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,18	0,22
U-verdi tak [W/m ² K]	0,11	0,18
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0,10	0,18
U-verdi glass/vinduer/d�r [W/m ² K]	1,1	1,2
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,6	1,5

Minstekrav for U-verdier på ytterdeler av konstruksjonen og lekkasjetallet. Her vises v re verdier og kravet de stilles opp til.

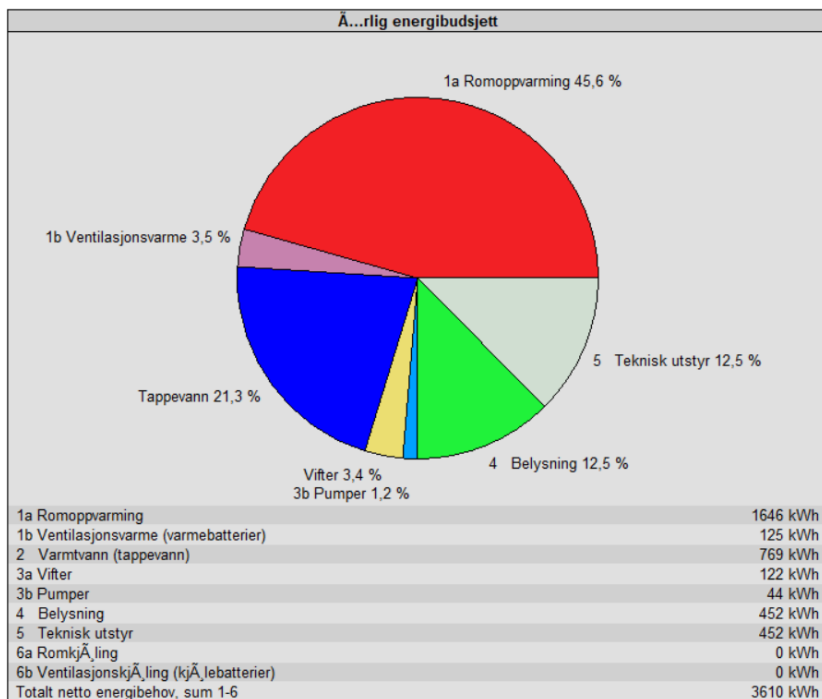
Energiforsyning:

Tabell 20: Energiforsyning

Energiforsyning (Å§14-4 (1))	
Beskrivelse	Verdi
Bruker fossilt brensel til oppvarming	Nei

Her vises det at vi ikke bruker fossilt brensel til oppvarming av bygningen.

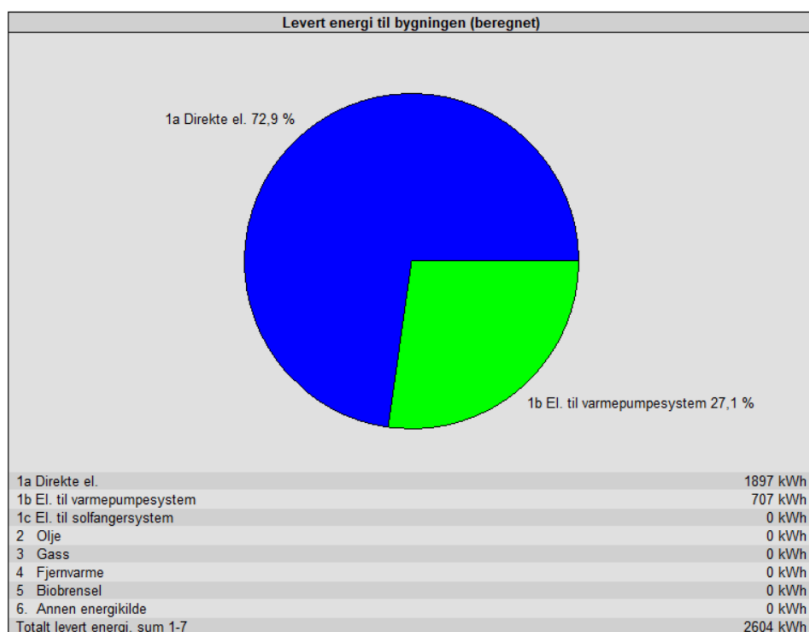
 rlig energibudsjett:



Det årlige energibudsjettet i Kilo Watt Timer, hvor romoppvarmingen er det som bruker mest.

Figur 22: Resultat fra Simien –  rlig energibruk

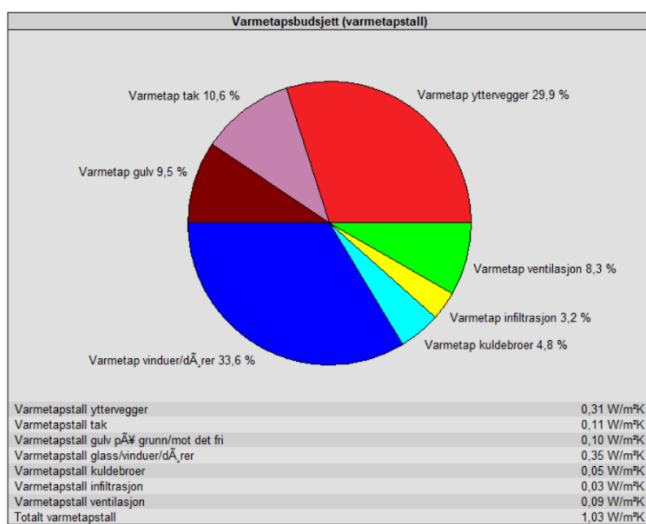
Levert energi til bygningen:



Andel av direkte elektrisk energi til bygningen, og varmepumpesystemets energi til bygningen. Her ser vi at den elektriske delen tilsvarer omtrent 71% av byggets energitilførsel.

Figur 23 : Resultat fra Simien – Levert energi til bygningen

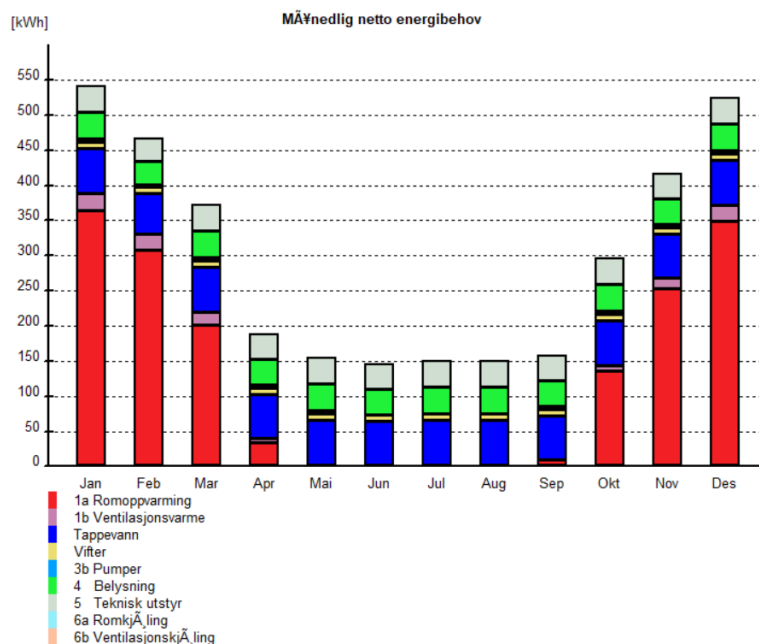
Varmetapsbudsjett (varmetapstall):



Figuren viser hvor i bygget, og hvilken andel i denne delen det skjer varmetap. Vi kan se at det er mest varmetap i vinduer, og deretter vegger, tak, og gulv.

Figur 24 : Resultat fra Simien – Varmetapsbudsjett

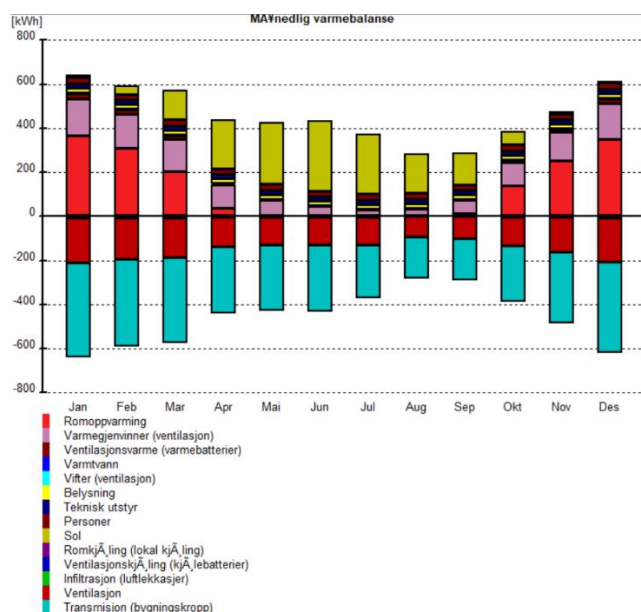
Månedlig netto energibehov:



Her ser vi størrelse av energibehov som kreves fra de forskjellige delene i løpet av året, for å opprettholde kravene som er nevnt i figuren.

Figur 25 : Resultat fra Simien – Månedlig netto energibehov

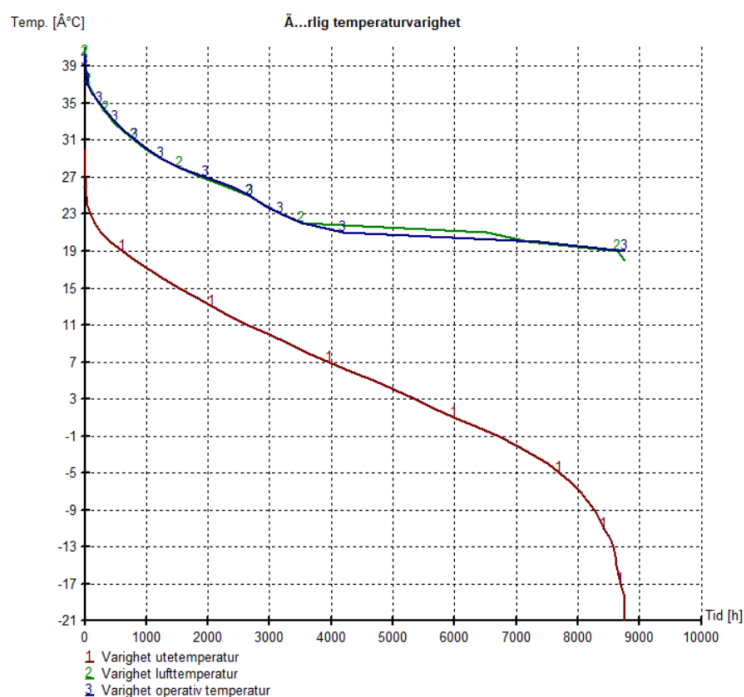
Månedlig varmebalanse:



Detaljer om balanse mellom oppvarming og varmetap. Her måles oppvarmingen opp imot varmetapet for å opprettholde et beboelig bygg.

Figur 26 : Resultat fra Simien – Månedlig varmebalanse

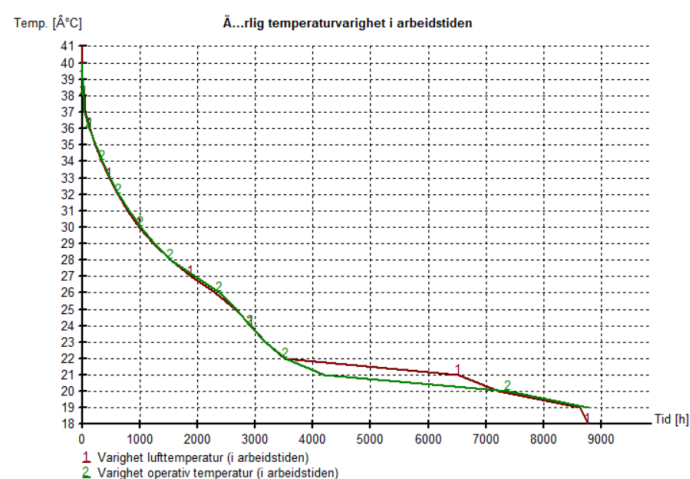
Årlig temperaturvarighet:



Detaljert graf om varigheten av utetemperatur, innetemperatur, og operativ temperatur i løpet av et år. Vi kan se at bygningen opprettholder en operativ temperatur på minst 19°C i løpet av året.

Figur 27: Resultat fra Simien – Årlig temperaturvarighet

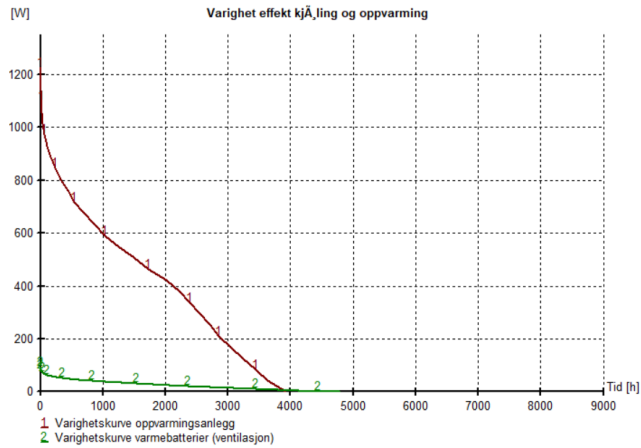
Årlig temperaturvarighet i arbeidstiden:



Her vises varighet av lufttemperatur i arbeidstiden, og varighet av operativ temperatur i arbeidstiden i løpet av et år.

Figur 28: Resultat fra Simien – Årlig temperaturvarighet i arbeidstiden

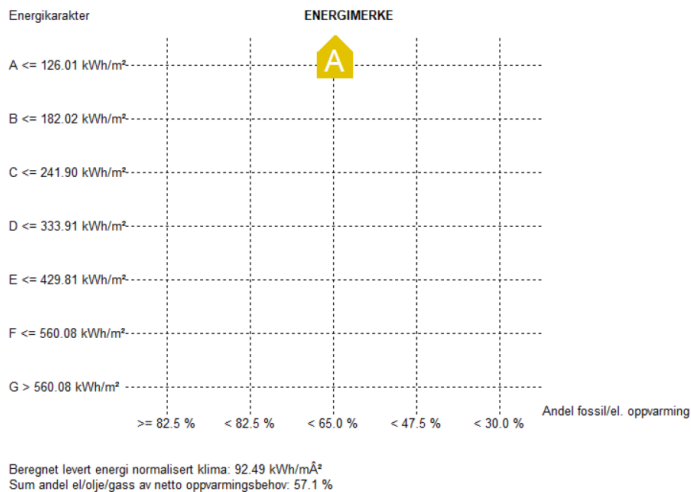
Varighet effekt kjøling og oppvarming:



Varigheten av effekt brukt til kjøling og oppvarming gjennom året. Her har vi en varighetskurve for både oppvarmingsanlegg, og varmebatterier (ventilasjon).

Figur 29: Resultat fra Simien – Varighet effekt kjøling og oppvarming

Energimerke:



Her kan vi se energimerke beregnet av Simien for vårt bygg. Her er det beregnet levert energi for et normalisert klima, og summen av andel netto el/olje/gass brukt for oppvarming.

Figur 30: Resultat fra Simien – Energikarakter

6 1Diskusjon og analyse

Gjennom denne delen av oppgaven kommer vil til å diskutere om CC 600 er et mer miljøvennlig/billig produkt som kan bytte ut den normale veggkonstruksjonsmetoden brukt i Norge? Deretter kommer vi til å svare på om produktet CC 600 opprettholder kravene inn i byggeforskriften og hvordan det kan gjør bolig produksjon billigere og mer miljøvennlig.

Oppsummering

Vi har gått gjennom klimagassberegninger for å kunne finne om produktet CC 600 er mer miljøvennlig enn en standard bygg. Ifølge klimagassutslipp etter TEK 17 blir total GWP verdier for CC 600-vegg, $-13.2 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$ - dette viser til rundt 800% bedre CO₂ utslipp enn en vanlig vegg med samme resultat. Vi har også funnet U-verdiene til elementet, og det viser seg at de er akseptable under minimums kravene fra TEK17. Dessuten har vi sammenlignet dette med en vegg med samme tykkelse og dimensjon og funnet at det er mer lønnsomt og miljøvennlig med elementet CC 600. Studiene fra Simien viser til flere forskjellige tabeller og grafer. Disse kan være fra varmeledningsevne tabeller til energibudsjett for elementet.

Det vi har funnet gjennom studiet viser til at det er mulighet for en mer miljøvennlig løsning for å konstruere og gjennomføre bygninger. Med en U-verdi på $0.18 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, som er den samme som en vanlig vegg med samme tykkelse på 283 mm, ser det ut til at CC 600 opprettholder kravene i byggeforskriftene for isolasjonsytelse. På grunn av de miljøvennlige egenskapene til trefiber isolasjon og den effektive ytelsen til vindtettplaten, kan CC 600 også være et mer bærekraftig alternativ sammenlignet med tradisjonelle isolasjonsmaterialer som mineralull.

Analyse av grafer

Ifølge TEK 17 § 14-2 "Krav til energieffektivitet" skal ikke det totale netto energibehovet for bygningen overstige energirammen $100 \text{ kWh}/\text{m}^2 + 1600 \text{ kWh}$ per år. Total energi behov for vår demo bolig hentet fra Figur 22: "Årlig energibudsjett" viser seg til å bli 3610 kWh . Ved hjelp av Revit fant vi ut at vår demobolig har en BRA på 24 m^2 . Fra utregningen under kan vi se at vår demobolig opprettholder TEK 17 kraven fra paragraf 14-2.

Totalt netto energibehov: $(100 \times 24) = 2400 + 1600 = 4000\text{kWh}$ per år. $\Rightarrow 3610\text{kWh} < 4000\text{kWh}$

Varmetapsbudsjett viser til varmetapet for begge typer konstruksjoner med omtrent lik U-verdi på $0.18\text{W/m}^2\text{K}$. Fra grafen kan vi se at varmetapet fra yttervegg, vinduer og dører er størst for og dermed dårligere for varmetapsbudsjettet. Dette kan bli forbedret ved hjelp av tykkere isolasjon og bedre ventilasjon som for eksempel dynamisk ventilasjon system gjennom bygget. Vi kan se fra figur 24 at 33.6% av varmetapet er mistet fra vinduene og døren. Dette er fordi vinduet brukt i demoboligen er for stort med en dimensjon på 2600×2100 . Demoboligens areal plan er gitt fra oppgavegiver, og vi anbefaler mindre vinduer for å få varmetapsbudsjettet ned.

Vi kan se at det er belysning, vifter, tappevann, og teknisk utstyr som er de verdiene som ikke endrer seg mye i løpet av året. Romoppvarmingen og ventilasjonsvarmen derimot endrer seg mye i løpet av et år. Her er det som forventet mye energi som brukes til å varme opp bygningen på vinteren, og meget lite energi som brukes for oppvarming på sommeren.

I Figur 23 gitt fra Simien resultater "Levert energi til demobolig" kan vi se gjennomsnittlig andel av direkte elektrisk og varmepumpesystemets energi levert til bygningen per år. Siden vi har et bruksareal på 24m^2 og vi har en total levert energi på 2604kWh . Kan vi basert på opplysningene gitt fra figuren 29 estimere hvor mye energi per bruks areal blir brukt ved bruk av elementet, og det viser seg til å være 108.5kWh per kvadrat meter. Det viser seg å være mye mindre enn gjennomsnittlig energibruk per kvadrat meter i oppland basert på tabell 6: fra ssb som viser seg til å være 211 kWh per kvadrat meter.

Den høyeste mengden energi som brukes til romoppvarming viser seg å være i januar ifølge figur 25, denne figuren viser til energibehovet per måned og som vi antok har sommer perioden det laveste netto energibehovet, og verdiene øker etter september, disse dataene er basert på plassering for bygget som er i Gjøvik.

Sammenligne GWP

I denne bacheloroppgaven har vi undersøkt GWP-en til en standardvegg og CC 600, med formål om å sammenligne miljøpåvirkningen av disse to byggematerialene. Resultatene viser at CC 600 har en lavere GWP enn standardvegg gjennom hele livssyklusen, med unntak av gjennomføringsstadiet der standardveggen har en lavere GWP.

I tabellene over ser vi at GWP-verdien for standardvegg varierer fra 0.221 til 3.33kg CO₂ /m². Samtidig varierer GWP-verdien for CC 600 fra 0.219 til 3.33kg CO₂ /m². Hvis vi summere disse nummerende ifølge klimagassutslipp etter TEK 17 for standardvegg, får vi -1.87 kg CO₂ /m² og CC 600 får vi -13.2kg CO₂ /m².

Når vi ser på det totale GWP-utslippet (fra produktstadiet til livsløpsstadiet), er den totale utslippsmengden for CC 600-veggen omtrent 13,3 kg CO₂/m², sammenlignet med standardveggen som ligger rundt 14 kg CO₂/m². Årsaken til denne nærheten mellom tallene er at standard vegg har et noe høyere GWP når vi tar hensyn til slutten av livsløpsstadiet, som omfatter riving, transport av riveavfall og avfallsbehandling. I tillegg har vi brukt en vindtett asfaltplate i standardveggen i stedet for gipsplate, noe som resulterer i en tilsvarende GWP-verdi sammenlignet med CC 600. Dette ble gjort for å oppnå samme U-verdi som CC 600.

For å finne kg CO₂ for 1 stk produkt må vi gange tallene med arealet av produktet, som er 0.6m x 2.4 m. Dette gir oss en verdi på 1.44 m² for 1 stk. Hvis vi gange total GWP verdiene fra standardvegg får vi 20.16 kg CO₂ per stk sammenlignet med CC 600 19.15 kg CO₂ per stk.

Nå kan vi beregne hvor mye CO₂ som slippes ut til miljøet for å lage en studentbolig, som er vist i avsnitt 4.4. Ut ifra tabell 2 vedlegg fra InnlandHus, kan vi merke at en 30 m² studentbolig trenger 80 elementer, hvor det er 42 elementer for tak og gulv og 38 elementer for vegger. Dette tilsvarer ca. 399 kg CO₂ for CC 600 sammenlignet med 426 kg CO₂ for standardvegg ved bruke av total GWP. Imidlertid er det viktig å påpeke at elementet CC 600 har mye mindre CO₂ utslipp gjennom installasjonsprosess enn standardvegg.

Sammenlign tykkelser og hvilken type som blir mest nyttig og billig

Videre har vi undersøkt produktet CC 600 nærmere ved hjelp av Solidwork, hvor vi har utført en termisk analyse og regnet ut U-verdien av CC 600 og en standardvegg. Solidwork viste seg å være et kraftig verktøy for produktutvikling og optimalisering, som tillot oss å lage en modell av CC 600 og standardvegg med ulike materialer og dimensjoner.

Ved å sammenligne resultatene av termisk analyse av CC 600 og standardvegg, kan vi se at begge har svært like U-verdier på henholdsvis 0.183 og 0.182. Dette indikerer at CC 600 vegg har like gode isolasjonsegenskaper som en standardvegg med tradisjonelle isolasjonsmaterialer. Vi kan også se på resultatene vi har fått ved å regne ut U-verdiene for hånd. Resultatet beregnet for hånd er veldig nære resultatene vi fikk i Solidworks, hvor CC 600 har en U-verdi på $0,189\text{W/m}^2\text{K}$ og en standard vegg er $0,185\text{W/m}^2\text{K}$. Det ser ut til at håndberegning for CC 600 har et avvik på ca. 0,06 og 0.03 for standardvegg. Det er viktig å merke seg at vi brukte vindtettplater i "standard vegg" istedenfor vindsperre, det på grunn av å kunne få så lik U-verdi som mulig. Hvis dette byttes med en tradisjonell vindsperre, vil U-verdien øke.

Under analysen hadde vi for hensikt det samme tykkelse for ytterveggene, på denne måten kunne vi sammenligne isolasjonstykkelser og få et bedre bilde av forskjellene mellom CC 600- vegg og den vanlige standardveggen i forhold til termiske egenskaper. Ved å bruke den beregnede tykkelsen på 283mm, kunne vi oppnå en tilsvarende U-verdi som CC 600 og standardvegg. Dette betyr at vi kan velge CC 600 i stedet for standardveggen med omtrent samme tykkelse, som er mye mer rimeligere og miljøvennlig.

Begrensninger i forskningsdesignet og metodene

Solidworks

Det er noen potensielle begrensninger i forskningsdesignet og metoden som er brukt. En av de mulige begrensningene er forenklet modell. Modellen som ble brukt for å simulere CC 600 i Solidwork var en forenklet versjon av produktet og kan dermed ikke fullt ut representere kompleksiteten av variasjonen i virkelige bygg. Som med alle forskningsprosjekter, har også vårt prosjekt noen begrensninger som kan ha påvirket resultatene. Den første er en begrensning i tilgjengeligheten av informasjon, som kunne ha gjort det vanskeligere å få et

fullstendig bilde av CC 600 og standardveggen. Videre kan det ha vært noen antagelser og forenklinger i Solidworks-modellen, som kunne påvirket termisk analysen og dermed U-verdiene.

I studien ble kun en temperaturforskjell på 20°C brukt for å beregne U-verdien. I virkeligheten kan temperaturforskjellen variere avhengig av klimatiske forhold, årstid og tid på døgnet. Å inkludere flere temperaturforskjeller i modellen kan dermed gi et mer realistisk bilde av U-verdien til CC 600.

Men samtidig mener vi at det var viktig å være bevisst på disse begrensningene og usikkerhetene for å kunne trekke mer pålitelige og gyldige konklusjoner fra forskningsresultatene. Det er også viktig å huske at ingen metoder eller verktøy er perfekte, og dette gjelder også for Solidworks-programvaren og metoden vi brukte for å beregne U-verdiene.

Simien

Det er tydelig at vi minstekravene i TEK17 gjennom Simien når vi bruker en U-verdi på 18W/m²K for ytterveggene, 0,11 for tak, og 0,11 i konstruksjonen. I Simien vil evalueringen, simuleringen, og energimerket for de to forskjellige konstruksjonene være like. Hovedfokuset i Simien er å teste konstruksjonen opp mot kravene i TEK17 (som skjer i evalueringen), analysere og vurdere grafer og diagrammer (som skjer i simuleringen), og vurdere energimerket til bygget. Samme U-verdi vil ikke gi samme tykkelse på veggene siden de består av forskjellige materialer. Hvis varmeledningen i to av elementene ikke er like vil dette gjøre en forskjell i tykkelsen som trengs for å oppnå en U-verdi på 0,18W/m²K, men for disse produktene ser vi at de oppnår samme U-verdi ved tilnærmet lik tykkelse. Dermed vil tabellene, grafene, diagrammene, og energimerket gjelde for begge konstruksjonene.

Bygget tilfredsstillter ikke kravene som vurderes opp mot energiltak og varmetapsramme, men alle minstekrav for U-verdiene blir tilfredsstillt. Ved evaluering av bygget ser vi at dette er grunnet vinduet på øst-siden av bygget. Dette vinduet er for stort og vi taper mye energi gjennom her. Om vårt mål med oppgaven var å tilfredsstillte alle krav i Simien sin vurdering opp mot TEK17 hadde vi endret størrelsen på denne vindus-veggen til et mindre vindu. Dette gir da godkjente verdier for alt innenfor TEK17.

Revit

Potensielle begrensninger gjennom illustrering av demoboligen kan være begrensning i form av tilpasningsevne. Som vi har forklart før i oppgaven har Revit en rekke funksjoner og verktøy som kan brukes til å lage bygg- og infrastrukturprosjekter, men det kan være begrensninger når det gjelder tilpasningsevne for spesifikke forskningsbehov. Dette kan føre til at forskningsdesignet blir begrenset, og at forskere må ty til alternative verktøy og metoder for å utføre forskningen.

Videre kan vi også peke på en begrensning på manglende detaljer i Revit, Selv om programvaren gir mulighet for å lage detaljerte 3D-modeller av bygninger, kan det hende at noen aspekter av boligdesignet ikke kan bli representert nøyaktig eller tilstrekkelig detaljert i modellen. Dette kan føre til at forskningsresultatene blir mindre presise enn de ellers ville vært og dermed kan vi få ikke realistiske U-verdier gjennom programmet.

Livsløpsvurdering:

I denne delen av oppgaven skal vi vurdere miljøpåvirkningene av produktet gjennom hele dets livssyklus, fra produksjon til avhending. Vår gruppe synes at en omfattende LCA kan gi verdifull informasjon om potensielle miljøforbedringer og bidra til å identifisere områder der CC 600 fra InnlandsHus kan optimaliseres for å redusere sin totale miljøpåvirkning.

Produksjonsfase:

CC 600 fra InnlandsHus bruker ulike materialer som gipsplater, fiberisolasjon og vindtettpplate. I motsetning til dette bruker standardvegg Glava 34 proff, vindspærre, dampspærre, gipsplater og asfaltplater for sine grunnleggende materialer. Produksjonen av disse materialene involverer flere trinn, inkludert utvinning av råmaterialer, energiforbruk og utslipp av klimagasser. I 3.1.3 fotavtrykkanalyse kan vi se på samtlige GWP data for materialer, hvor da (A1 til A3) representerer produksjon stadiet. Fra denne tabellen kan vi merke at summen av produksjon stadiet for CC 600- vegg representerer $-16.1\text{Kg CO}_2/\text{m}^2$ som er en negativ GWP-verdi som indikerer dermed en lavere påvirkning på klimaet.

Produksjonsstadiet for standardveggen ligger på $1.03\text{Kg CO}_2/\text{m}^2$ som er en positiv verdi og

indikerer høyere påvirkning på klimaet. Det betyr at forskjellen fra en standardvegg og CC 600 ligger på omtrent 17.13 Kg CO₂/m²

Transport:

Materialene som brukes i CC 600 har ulike transportavstander til produksjonsstedet. For eksempel har gipsfiberplaten en transportavstand på 100 km, mens Isola Soft Xtra har en transportavstand på 2667 km. Denne betydelige forskjellen i avstand påvirker transportresultatene i transportfasen. I denne analysen fokuserte vi ikke på transport, og faktiske data om CO₂-utslipp fra transportfasen kan finnes på LCA-nettsiden som er referert i Tek 17.

Bruksfase:

Ut fra all regning vi har utført i Solidworks for Standardvegg og vegg med CC 600, kan vi konkludere med at U-verdien for begge veggene er lik, med samme tykkelse. Dette betyr at veggene har det samme termisk effektivitet, noe som gir det samme energiforbruk og dermed samme utslipp av varmetap forbundet med oppvarming og kjøling av bygningen. Som vi har funnet i fotavtrykksanalyse, er den totale Kg CO₂ per stk lik 19.15 for CC 600 vegg og 20.16 Kg CO₂ per stk for standardvegg. Hvor 1 stk har areal lik 2.4x0.6

Vedlikehold og levetid:

Når det gjelder levetid, har både CC 600-veggene og Standardvegg med Glava 34 Proff materialer som er kjent for å være holdbare og langvarige. Trefiberisolasjonen i CC 600-veggene er vanligvis behandlet for å være motstandsdyktig mot fuktighet og råte, og dette bidrar til å opprettholde isolasjonens ytelse over tid. Glava 34 isolasjon i Standardvegg er også konstruert for å være motstandsdyktig mot fuktighet og opprettholde sine termiske egenskaper over tid. Det er interessant å merke seg at ifølge Hunton har trefiberisolasjon en oppgitt levetid på 60 år, mens Glava 34 Proff har en oppgitt levetid på 50 år. Dette betyr at trefiberisolasjonen i CC 600-veggene kan ha en potensiell fordel når det gjelder levetid sammenlignet med Glava 34 Proff i Standardvegg-konstruksjonen.

Avhandling:

CC 600-veggene er konstruert med fokus på bærekraft og resirkulerbare materialer, som trefiberisolasjon og gipsfiberplater. Disse materialene kan gjenvinnes og brukes på nytt etter endt levetid. På den annen side består Standardvegg-konstruksjonen med Glava 34 Proff av mineralullisolasjon og gipsplater. Mineralullisolasjon kan også være resirkulerbar, avhengig av gjenvinningsfasiliteter og tilgjengelighet i området. Gipsplater kan også gjenvinnes, men det kan være begrensninger knyttet til muligheten for gjenvinning av gipsavfall på enkelte steder.

Tidligere funn eller forskning på området

De standard veggene vi bruker i vår oppgave har tidligere forskning for de forskjellige bygningsfysiske egenskapene til veggen. Vårt fullstendige element CC 600 har ikke tidligere forskning, men det er gjort forskning på trefiber isolasjonen av Hunton som er brukt i produktet. Vi har brukt U-verdi på ytterveggene for både en standardvegg og CC 600 på $0.18\text{W/m}^2\text{K}$. Siden vi vet hvilken U-verdi vi vil ha, og hvilke materialer som er brukt i de to forskjellige veggene har vi funnet hvilken tykkelse disse må ha for å videre vurdere produktene. Vi har funnet ut hvilken varmeledningsevne trefiber som er produsert av Hunton har. Materialene som blir brukt for den «ordinære» veggen er også fra Hunton. Dermed er det ikke gjort noe forskning på Element CC 600 fra InnlandsHus, og vi måtte regne fram til U-verdien for dette produktet ut fra komponentene brukt i den.

7 Konklusjon

Gjennom denne diskusjonsdelen har vi vurdert om CC 600 er et mer miljøvennlig og kostnadseffektivt alternativ til tradisjonelle veggkonstruksjoner i Norge. Vi har også undersøkt om CC 600 oppfyller kravene i byggeforskriftene og hvordan det kan bidra til å redusere kostnader og miljøpåvirkning i boligproduksjon. I tillegg til det viser det seg at demoboligens totale energibehov oppfyller kravene i TEK 17 § 14-2. Med et totalt netto energibehov på 3610kWh per år for en bolig med BRA på 24m², ligger energibehovet under energirammen på 4000kWh per år.

Basert på analyser vi har gjort viser elementet " CC 600" at den opprettholder kravene i Tek17 for isolasjonsytelse med en U-verdi på 0.18W/m²K, som er den samme som en vanlig vegg med samme tykkelse. Den miljøvennlige trefiberisolasjonen og effektiviteten til vindtettplaten gjør CC 600 til et mer lønnsomt og miljøvennlig valg sammenlignet med tradisjonelle isolasjonsmaterialer som mineralull.

Når det gjelder livsløpsvurdering, har vi identifisert at vegg og tak med elementet har en lavere GWP gjennom hele livssyklusen sammenlignet med standardvegg og tak, bortsett fra i gjennomføringsstadiet der standardvegg har en lavere GWP. Samlet sett viser resultatene av livsløpsvurderingen at CC 600 har potensial til å være mer miljøvennlig løsning sammenlignet med en standardvegg. På grunn av elementets høye isolasjonsegenskaper og tetthet, reduseres varmetapet gjennom vegger og tak. Dette fører til redusert behov for oppvarming og dermed lavere energiforbruk i bygningen. Den økte energieffektiviteten bidrar til lavere energikostnader og redusert klimapåvirkning.

Produktet CC 600 kan være en kostnadseffektiv og bærekraftig løsning for å tilby rimeligere boliger og redusere byggetiden. På grunn av elementets prefabrikerte og raske monteringsprosess, kan byggetiden reduseres betydelig sammenlignet med tradisjonelle byggemetoder. Dette bidrar til å redusere arbeidskostnader og andre byggekostnader. Samtidig kan den høye energieffektiviteten til CC 600-elementet føre til lavere energikostnader for beboerne over tid, noe som gjør boligene mer økonomisk overkommelige. Denne kombinasjonen av kostnadsbesparelser og bærekraftige egenskaper gjør produktet til en potensielt attraktiv løsning.

Når det gjelder dagens utfordringer knyttet til bærekraftig utvikling, kan CC 600 bidra til å løse noen av disse. Den reduserte byggetiden reduserer forstyrrelsen av miljøet og påvirker lokalsamfunn mindre. Videre gir den høye energieffektiviteten til elementet en betydelig reduksjon i energiforbruket i bygningen over tid. Dette bidrar til å redusere utslippene av klimagasser og støtter overgangen til en mer bærekraftig bygg.

I lys av de presenterte funnene kan CC 600 vurderes som et bærekraftig alternativ til tradisjonelle isolasjonsmaterialer og bindingsverkmetode i bygg og konstruksjonsbransjen. Med mindre CO₂-utslipp, tilfredsstillende isolasjonsegenskaper og lavt energibehov, kan CC 600 bidra til å redusere klimapåvirkningen og fremme energieffektivitet i bygninger.

Litteraturliste

- Vedlegg Fra InnlandsHus AS

FN bærekraftsmål (2023) *Industri, innovasjon og infrastruktur*, Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/industri-innovasjon-og-infrastruktur> (Hentet 3.04.23)

FN bærekraftsmål (2023) *Bærekraftige byer og lokalsamfunn*, Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/baerekraftige-byer-og-lokalsamfunn> (Hentet 3.04.23)

FN bærekraftsmål (2023) *Stoppe klimaendringene*, Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/stoppe-klimaendringene> (Hentet 3.04.23)

Hunton (u.å) *Hunton vindtett*, Tilgjengelig fra: <https://www.hunton.no/produkter/vegg/hunton-vindtett/> (Hentet: 4.03.23)

Ungenergi (2022) , *Energieffektivisering* ,tilgjengelig fra: <https://ungenergi.no/miljoteknologi/bygg/energieffektivisering/> (Hentet: 4.03.23)

Hunton (u.å) *Hunton Nativo Trefiberisolasjon Plater*, Tilgjengelig fra: https://www.hunton.no/produkter/vegg/hunton-nativo_trefiberisolasjon-plater/ (Hentet: 4.03.23)

Industriskolen (2019), *Egenskapene til trematerialer*, Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/subject:1:84d4651b-fc52-4876-a066-f8567ecf79a6/topic:7805f91e-0401-44c5-ab12-6eecd5d0288/topic:3d2d61cb-7c90-47e0-933c-4fee350f0587/resource:84754155-97f3-4a68-a0f9-76acddb62eeb> (Hentet: 4.03.23)

Elvia(u.å) *Normalt strømforbruk* Tilgjengelig fra: <https://www.elvia.no/smart-forbruk/forbruk-og-sparing/normalt-stromforbruk/> (Hentet: 5.03.23)

Statisk sentralbyrå (2012) *Gjennomsnittlig energiforbruk per husholdning, etter bygningstype, statistikkvariabel og år* , Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/10573/tableViewLayout1/> (Hentet: 5.03.23)

Statisk sentralbyrå (2001), *Gjennomsnittlig energiforbruk, etter hustype, byggeår og region. kWh nyttiggjort energi per husholdning* :Tilgjengelig fra

<https://www.ssb.no/a/kortnavn/husenergi/arkiv/tab-2004-06-08-05.html> (Hentet: 5.03.23)

Energimerking (2009) *Karakterskalaen*, Tilgjengelig fra:

<https://www.energimerking.no/no/energimerking-bygg/om-energimerkesystemet-og-regelverket/karakterskalaen/> (Hentet: 6.03.23)

Energimerkeforskriften for bygninger (2009)

Forskrift om energimerking av bygninger og energivurdering av tekniske anlegg,

Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-12-18-1665> (Hentet: 06.03.23)

Statisk sentralbyrå (2019), *luft*, Tilgjengelig fra: <https://snl.no/luft> (Hentet: 6.03.23)

Ungenergi (2021) , *Isolasjon*, tilgjengelig fra:

<https://ungenergi.no/miljoteknologi/bygg/isolasjon/> (Hentet: 7.03.23)

NTNU (u,å) *Varmetransport*, Tilgjengelig fra:

<https://home.phys.ntnu.no/brukdef/undervisning/tfy4115/diverse/kap39slides.pdf> (Hentet: 7.03.23)

SINTEF NOTAT.(2017). *Naturlig klimatiserte kontorbygg* . Tilgjengelig fra:

https://www.sintefbok.no/book/download/1170/iorganisasjonkunnskapsformidling130122_saf_utgivelsersintef_notat_notessnotat_22_klimatisering_av_kontorbyggpdfsnotat22pdf (Hentet: 7.03.23)

Hunton AS. (2018). Nepd-4384-3608 Fermacell Gypsum Fibre Board. Tilgjengelig fra:

<https://www.hunton.no/wp-content/uploads/2018/09/nepd-4384-3608-fermacell-gypsum-fibre-board.pdf> (Hentet: 8.03.23)

Hunton AS. (2020). Nepd-nativo-trefiberisolasjon-plate. Tilgjengelig fra;

<https://www.hunton.no/wp-content/uploads/2020/08/nepd-nativo-trefiberisolasjon-plate.pdf>
(Hentet: 15.03.23)

Hunton AS. (2018). Nepd-4037-3072 Hunton Vindtett. Tilgjengelig fra:<https://www.hunton.no/wp-content/uploads/2018/04/nepd-4037-3072-hunton-vindtett.pdf>
(Hentet: 25.03.23)

Glava AS. (2019). NEPD-1696-683-NO Glava glassull . Tilgjengelig fra:
<https://media.bluestonepim.com/5f8cb111-138a-4137-a4b3-cb659fe3b82e/a1b846ac-f83b-4ea1-b827-52c9623dbc0c/9DXZsuYUyDcSUQnF7NfamtLHn/gsNElHkjACrtuQqycUPdMJkgM.pdf>
(Hentet: 3.04.23)

Isola AS. (2016). NEPD-1472-492-EN Isola Soft Xtra . Tilgjengelig fra:
<https://cdn.byggjeneste.no/nobb/b5efc320-ef4f-4cd9-9d1f-341a0a38ac5b> (Hentet: 3.04.23)

Arbor AS. (2017).NEPD-1324-428-NO Arbor Sponplater Gulv, Vegg og Tak Standard .
Tilgjengelig fra : https://www.epd-norge.no/getfile.php/137415-1673608567/EPDer/Byggevarer/Bygningsplater/NEPD-1324-428_Arbor-Sponplater-Gulv--Vegg-og-Tak-Standard.pdf (Hentet: 6.04.23)

Glava AS. (2021). Glava Proff 34 Plate FDV- DOKUMENTASJON. Tilgjengelig fra
<https://media.bluestonepim.com/5f8cb111-138a-4137-a4b3-cb659fe3b82e/02391690-652c-4030-a2e4-ee14b45440a7/PCRCrn1FqKFAkq7qjS18YA8Sb/HEpQ9zIPw8rj7bLb94CnfJmPD.pdf>
(Hentet: 12.04.23)

Glava AS. (2023). NEPD-1696-683-NO Glassullisolasjon. Tilgjengelig fra
<https://media.bluestonepim.com/5f8cb111-138a-4137-a4b3-cb659fe3b82e/f441583d-d3f1-466b-ad1d-751c662f5e67/jgQQnQGrSd7TNZik3tdbMeF8N/hcwu2iAHrRsCMG5d8JUYdy9uo.pdf>
(Hentet: 18.04.23)

CBI Norge. (u.å). Betydningen av varmekapasiteten i isolasjonsmaterialet. Tilgjengelig fra
<https://www.cbinorge.no/celluloseisolasjon/hva-er-celluloseisolasjon-/betydningen-av-varmekapasiteten-i-isolasjonsmaterialet> (Hentet: 2.05.23)

Baca AS. (2014). Nedlastinger: EPD miljødeklarasjon for Baca dampsperre. Tilgjengelig fra: <https://baca.no/wp-content/uploads/2014/12/nedlastinger-EPD-milj%C3%B8deklarasjon-for-Baca-dampsperre.pdf> (Hentet: 5.05.23)

Energi Smart.(2023) forfatter: Lena Teigland. *Når er det på tide å fornye vinduene?*. Tilgjengelig fra: <https://www.energismart.no/nyheter/nar-er-det-pa-tide-a-fornye-vinduene-article1198-840.html> (Hentet: 6.05.23)

SINTEF.(u.å). skrevet av Heidi Arnesen. *Vindu og dokumentasjon av U-verdi*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/globalassets/upload/byggforsk/godkjenning-og-sertifisering/vindu-og-dokumentasjon-av-u-verdi.pdf> (Hentet: 7.05.23)

Jan Vincent Thue. (2016) BYGNINGSFYSIKK *GRUNNLAG*. Institutt for bygg anlegg og transport, Trondheim.Ebok: https://issuu.com/fagbokforlaget/docs/bygningsfysikk_utdrag/63 (Hentet: 20.05.23)

Sinat. (2018). *Vindgips 9 (GU utvendig gips)*. Tilgjengelig fra: https://bmc-norge.no/wp-content/uploads/2018/06/BMC_Siniat_NO_Vindgips_9_PDS.pdf (Hentet: 15.05.23)

TEK17(2022) ,*Veileder for utarbeidelse av klimagassregnskap* ,Tilgjengelig fra:https://dibk.no/globalassets/byggteknisk-forskrift-tek17/klimagassregnskap_veileder_01.07.2022.pdf (Hentet: 17.05.23)

Standard Norge (2018) *NS 3720:2018, Metode for klimagassberegninger for bygninger*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=992162> (Hentet:8.4.23).

Vedlegg

Vedlegg A: Bilder fra Solidworks resultater

Vedlegg B: Solidwork filer

Vedlegg C: Excel – GWP beregning

Vedlegg D: Vedlegg fra Innlandshus AS

Vedlegg E: Simien beregninger

Vedlegg F: Demobolig Revit