

Ingeborg Olstad
Karianne Røste Omdahl

En studie om varmetap gjennom laftevegger

Båndlagt til 20.05.2020

Bacheloroppgave i ingeniørfag - bygg

Veileder: Thomas Haavi

Mai 2019

Ingeborg Olstad
Karianne Røste Omdahl

En studie om varmetap gjennom laftevegger

Båndlagt til 20.05.2020

Bacheloroppgave i ingeniørfag - bygg
Veileder: Thomas Haavi
Mai 2019

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggteknikk

Sammendrag

Tittel:	<u>En studie om varmetap gjennom laftevegger</u>	Dato: 19.05.2019
Deltaker(e)/	<u>Ingeborg Olstad</u> <u>Karianne Røste Omdahl</u>	
Veileder(e):	<u>Thomas Haavi</u>	
Evt. oppdragsgiver:	<u>Norsk Treteknisk Institutt</u>	
Stikkord/nøkkelord:	<u>Laftevegger, varmetap, ytelse</u>	
Antall ord: 20 040	Antall vedlegg: 11	Publiseringsavtale inngått: Båndlagt til 20.05.2020
<i>Kort beskrivelse av bacheloroppgaven:</i>		
<p>Norsk Laft ønsker å danne grunnlag for fremtidige endringer av TEK ved å demonstrere at laftevegger har bedre ytelse enn det som er dokumentert i dag, hvis det tas hensyn til egenskapene i eksponerte laftevegger. Bakgrunnen for dette er å gjøre laftebygninger mer aktuelle og videre forenkle den fremtidige byggeprosessen for laftede bygg. De ønsker også å se om ulike lafteteknikker har innvirkning på veggens ytelse, noe det finnes lite dokumentasjon på per dags dato. Denne bacheloroppgaven er utført i samarbeid med Norsk Laft via Norsk Treteknisk Institutt, og har som hensikt å se på varmetap gjennom laftevegger for å danne et bilde av lafteveggers ytelse.</p> <p>Denne oppgaven tar utgangspunkt i to laftede testhus, bygget opp med ulike lafteteknikker, men ellers likt konstruert. Det er gjennomført simuleringer, i blant annet Simien og Wufi Pro, for å se forventet energiforbruk og fukttransport gjennom lafteveggene. Resultatene fra simuleringene er sett opp mot laftebygningenes faktiske varmetap og krav stilt gjennom dagens byggetekniske forskrift og byggforsk. Varmetapet er blant annet studert gjennom målinger på energiforbruk, varmefluks gjennom veggene, trykktesting, termografering og målt inneklima i form av temperatur, relativ fuktighet og trefuktighet.</p> <p>Resultatene viser at simulert forventet energiforbruk er en god del høyere enn faktisk energiforbruk. I tillegg er målt energi inn i stakk, målt ved varmefluks og konvertert, en del lavere enn teoretisk energi gjennom stakk. Dette er noe som tyder på laftevegger har noe bedre ytelser, spesielt i form av lavere U-verdi, enn det som er lagt til grunn i byggforsk datablad 471.431. Ved sammenligning av de to lafteteknikkene, maskinlaft med lamelltømmer og håndlaft, viser resultatene tendenser til at det foregår mindre varmetap gjennom lafteveggene i maskinlaft. På grunn av store usikkerhetsfaktorer i målte innetemperaturer vil det likevel være vanskelig å konkludere med at den ene lafteteknikken er bedre enn den andre. Det anbefales å gjennomføre videre forskning på dette området i fremtiden.</p>		

Abstract

Title:	<u>A study about heat loss through log walls</u>	Date:	19.05.2019
<hr/> <hr/>			
Participants:	<u>Ingeborg Olstad</u> <u>Karianne Røste Omdahl</u>		
<hr/>			
Supervisor:	<u>Thomas Haavi</u>		
<hr/>			
Employer:	<u>Norsk Treteknisk Institutt</u>		
<hr/>			
Keywords	<u>Log walls, heat loss, thermal performance</u>		
(3-5)			
Number of words: 20 040	Number of appendix: 11	Availability: Restricted until 20.05.2020	
<i>Short description of the bachelor thesis:</i>			
<p>Norsk Laft wants to form the basis for future changes of the Norwegian building regulations, TEK, by demonstrating that log walls have better thermal performance than what is documented today if the properties of exposed log walls are taken into consideration. The purpose of this is to make log buildings more relevant and further simplify the future construction process for these types of buildings. They also want to see if different constructional techniques will have an impact on the walls' performance, something that is not well-documented today. This bachelor thesis has been carried out in collaboration with Norsk Laft through the Norwegian Wood Technology Institute (Norsk Treteknisk Institutt), and its purpose is to look at heat loss through log walls to evaluate of the walls performance.</p>			
<p>This paper is based on two log buildings with different building techniques, but otherwise equally constructed. Simulations have been carried out in, among others, Simien and Wufi Pro to find expected energy use and moisture transport through the log walls. The results of the simulations are compared to the actual measured heat loss through the log buildings, as well as the requirements listed in the Norwegian building regulations. The heat loss has been studied through measurements of energy use, heat flux through the walls, pressure testing, thermography and measured indoor climate in terms of temperature, relative humidity and wood humidity.</p>			
<p>The results show that simulated expected energy consumption is higher than actual energy consumption. In addition, the energy that was measured through the log wall turned out somewhat lower than the theoretical energy, which indicates that log walls have somewhat better performance, especially in the form of lower heat loss. When comparing the two building techniques, machine-profiled logs with glue-laminated timber and sawn logs, the results show that there is less heat loss through the log walls in machine-profiled logs. Due to large uncertainties in measured indoor temperatures, it will be difficult to conclude that one building technique is better than the other. It is recommended to carry out further research in this area in the future.</p>			

Forord

Denne bacheloroppgaven er en del av vårt avsluttende arbeid for å oppnå en bachelor i ingeniørfag bygg ved NTNU i Gjøvik. Laftede bygninger og deres egenskaper er noe vi begge syntes er interessant og da vi fikk muligheten til være med på et forskningsprosjekt omhandlende dette temaet, og som muligens kan påvirke fremtidige endringer av TEK, så vi på dette som en spennende utfordring. Vi håper at denne forskningen vil være til nytte for Norsk Treteknisk Institutt og Norsk Laft, samt at den vil danne grunnlag for videre forskning på området, noe som forhåpentligvis kan føre til fremtidige endringer i TEK.

Vi ønsker å takke vår kontaktperson i Norsk Treteknisk Institutt, Javad Darvishi, samt vår veileder Thomas Haavi for råd og tilbakemeldinger på vår oppgave. Vi ønsker også å rette en stor takk til Jonny Nersveen, Pål Erik Endrerud og Tor Kristoffer Klethagen for god hjelp og veiledning ved gjennomføring og analyse av målinger. Uten deres hjelp hadde det ikke vært mulig å gjennomføre alle målinger denne oppgaven baserer seg på.



Ingeborg Olstad



Karianne Røste Omdahl

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	1
Abstract	2
Forord.....	3
Figurliste	5
Tabelliste.....	6
1. Innledning	7
1.2 Valg av problemstilling og sentrale begreper	7
1.3 Om Norsk laft	7
1.4 Beskrivelse av laftehyttene	8
2. Metode	10
2.1 Energisimulering.....	10
2.1.1 Simien	10
2.1.2 Flixo	11
2.1.3 Wufi Pro	12
2.2 Målinger av energiforbruk og fuktighet.....	13
2.3 Varmefluksmålinger	18
2.4 Luftgjennomstrømning	18
2.5 Trykktest	19
2.6 Termografi	20
3. Teoretisk grunnlag	21
3.1 Laft og lafteteknikker	21
3.2 Dagens krav og preaksepterte ytelser	27
3.5 Kuldebroer	29
3.4 Hygrotermisk masse og fuktbufring i tre	32
4. Resultater	35
4.1 Simuleringer	35
4.1.1 Simien	35
4.1.2 Flixo	40
4.1.3 Wufi Pro	41
4.2 Målinger av energiforbruk og fuktighet.....	47
4.3 Varmefluksmålinger	51
4.4 Luftgjennomstrømning	52
4.5 Trykktest	54
4.6 Termografi	55
5. Diskusjon	58
5.1 Simuleringer	58
5.1.1 Simien	58
5.1.2 Flixo	59
5.1.3 Wufi Pro	61
5.2 Målinger av energiforbruk og fuktighet.....	64
5.3 Varmefluksmålinger	66
5.4 Luftgjennomstrømning	67
5.5 Trykktest	68
5.6 Termografi	71
5.7 Sammenligning av alle målinger	75
6. Konklusjon	80
Referanseliste	81
Vedlegg	83

Figurliste

Figur 1: Plantegning.....	8
Figur 2: Gulvets oppbygning.....	9
Figur 3: Takets oppbygning.....	9
Figur 4: Plassering varmeovn.....	14
Figur 5: Plassering fuktmaskin.....	15
Figur 6: Plassering innluftventil og avtrekksvifte.....	17
Figur 7: Plassering måleinstrumenter.....	18
Figur 8: Plassering av måleinstrument for varmefluks og luftgjennomstrømning.....	19
Figur 9: Nov (Laftet hjørnesammenføyning) (Kristensen, 2006).....	19
Figur 10: Laftet konstruksjon (Kristensen, 2006).....	21
Figur 11: Kvarkenov med kinninger (Edvardsen, 2017).....	21
Figur 12: Kvarkenov med kinninger (Alve, Uus, Teder, Miljan og Kalamees, 2014).....	26
Figur 13: Minimumskrav til energieffektivitet. (TEK17 §14-3 (1)b), 2017).....	27
Figur 14: Energiltak for boligbygning og fritidsbolig med laftede yttervegger. (TEK17 § 14-5 (4), 2017).....	28
Figur 15: Eksempel på kuldebro forårsaket av hel eller delvis gjennomtrengning av den omsluttende konstruksjonen av materialer med høyere varmekonduktivitet. (Gustavsen et al., 2008, s. 9).....	30
Figur 16: Eksempel på kuldebro forårsaket av en endring av konstruksjonens tykkelse. (Gustavsen et al., 2008, s. 9).....	30
Figur 17: Eksempel på kuldebro forårsaket av en forskjell mellom innvendig og utvendig areal, som ved overganger mellom vegg/gulv/tak?. (Gustavsen et al., 2008, s. 9).....	30
Figur 18: Utregning av normalisert kuldebroverdi for maskinlaft og håndlaft.....	41
Figur 19: Simulert vanninnhold i vegg.....	42
Figur 20: Simulert temperatur og RF på utvendig overflate av vegg.....	43
Figur 21: Simulert temperatur og RF midt i vegg.....	43
Figur 22: Simulert temperatur og RF på innvendig overflate av vegg.....	44
Figur 23: Simulert duggpunkttemperatur for vegg på utvendig overflate.....	45
Figur 24: Simulert duggpunkttemperatur for vegg på innvendig overflate.....	45
Figur 25: Simulert endring av temperatur, RF og vanninnhold gjennom sjikt.....	46
Figur 26: Graf som viser luftfuktighet og temperatur inne i maskinlaft.....	49
Figur 27: Graf som viser trefuktighet i maskinlaft.....	49
Figur 28: Graf som viser luftfuktighet og temperatur inne i håndlaft.....	50
Figur 29: Graf som viser trefuktighet i håndlaft.....	50
Figur 30: Graf som viser trefuktighet i maskinlaft og håndlaft.....	51
Figur 31: Graf som viser luftgjennomstrømning i maskinlaft og håndlaft.....	53
Figur 32: Termografering maskinlaft, hjørne.....	55
Figur 33: Termografering håndlaft, hjørne.....	55
Figur 34: Termografering maskinlaft, vinduskarm.....	56
Figur 35: Termografering håndlaft, vinduskarm.....	56
Figur 36: Termografering maskinlaft, hjørne mot gulv.....	56
Figur 37: Termografering håndlaft, hjørne mot gulv.....	56
Figur 38: Termografering maskinlaft vegg/tak.....	57
Figur 39: Termografering håndlaft, vegg/tak.....	57
Figur 40: Termografering maskinlaft, utvendig.....	57
Figur 41: Termografering håndlaft, utvendig.....	57

Tabelliste

Tabell 1: Oversikt over måleinstrumenter samt funksjoner.....	17
Tabell 2: Krav til lafteveggers tykkelse etter TEK 17 §14 og tilsvarende U-verdier etter byggforsk datablad 471.431.....	29
Tabell 3: Testhusenes oppbygning sett opp mot krav i TEK17 §14-3.....	35
Tabell 4: Simulert årlig energibudsjett.....	36
Tabell 5: Simulert varmetapsbudsjett.....	37
Tabell 6: Simulert månedlig netto energibehov.....	38
Tabell 7: Månedlig temperaturdata benyttet i simuleringer gjennomført i Simien.....	39
Tabell 8: Kuldebroverdier beregnet i Flixo.....	40
Tabell 9: Oversikt over energiforbruk samt gjennomsnittlig temperaturer i hyttene gjennom fire perioder.....	47
Tabell 10: Oversikt over energiforbruk i februar, mars og april samt midlere ute og innetemperatur målt i maskinlaftbygningen.....	48
Tabell 11: Oversikt over energiforbruk i februar, mars og april samt midlere ute og innetemperatur målt i håndlaftbygningen.....	48
Tabell 12: Oversikt over målt energi, teoretisk energi og midlere trefukt i stokkens overflate.....	52
Tabell 13: Viser målt luftgjennomstrømning i innluftventil og avtrekksvifte for både maskinlaft og håndlaft....	53
Tabell 14: Resultater fra trykktesting.....	54
Tabell 15: Viser differansen mellom volum benyttet i trykktest 1 og 2.....	70

1. Innledning

1.2 Valg av problemstilling og sentrale begreper

Norsk Laft ønsker å danne grunnlag for fremtidige endringer av byggt teknisk forskrift (TEK) ved å demonstrere at laftevegger har bedre ytelse enn det som er dokumentert i dag. De mener at dette er tilfelle dersom man tar hensyn til egenskaper i eksponerte laftevegger. Norsk laft har derfor satt opp to laftebygninger hvor det er ønskelig å se på faktisk energiforbruk i forhold til forventet energiforbruk. Vår problemstilling er derfor utviklet for å gi et dypere innblikk i lafteveggers ytelse og på faktisk energiforbruk i laftebygninger.

Har laftevegger bedre ytelse enn det som er lagt til grunn i dagens byggt tekniske forskrift og byggforsk, og kan dette bevises ved målinger av faktisk varmetap i laftebygninger.

De to laftebygningene er satt opp ved hjelp av ulike lafteteknikker. Vi har derfor utviklet en delproblemstilling som vil basere seg på funnene i hovedproblemstillingen, men som vil se mer detaljert på eventuelle ulikheter mellom de to laftebygningene. Denne vil bli vektlagt i mindre grad for å begrense oppgavens størrelse.

Vil det være forskjeller i lafteveggenes ytelse ved sammenligning av lafteteknikkene maskinlaft med lamelltømmer og håndlaft.

1.3 Om Norsk laft

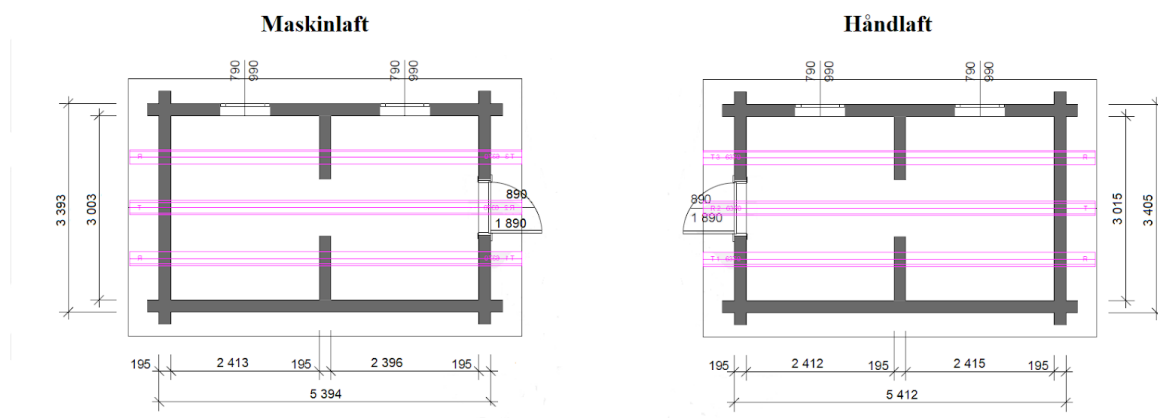
Norsk laft er en bransjeforening i Norge og består av 16 medlemsbedrifter som jobber aktivt for å sikre at laftede produkter tilfredsstiller dagens krav og kvalitetsnivå. Testhusene av laft som denne oppgaven baserer seg på er satt opp av to av Norsk laft sine medlemsbedrifter. Maskinlaftbygningen er bygget av Øverbygg Norge AS, mens håndlaftbygningen er bygget av G.Thue Håndlafting og Sagbruk.

Norsk laft har i samarbeid med Norsk Treteknisk Institutt utarbeidet en bransjenorm for laftebygninger, som omhandler alt fra krav til utførelse av både håndlaft og maskinlaft. Denne normen er en sammenslåing av kunnskap og erfaring fra de forskjellige medlemsbedriftene, og skal sikre at de forskjellige løsningene ved bygging av laft ivaretas da lafteteknikken rundt

om i landet varierer. Ved oppføring av nybygg og restaurering av laftebygninger vil denne bransjenormen være til stor nytte for å sikre god kvalitet.

1.4 Beskrivelse av laftehyttene

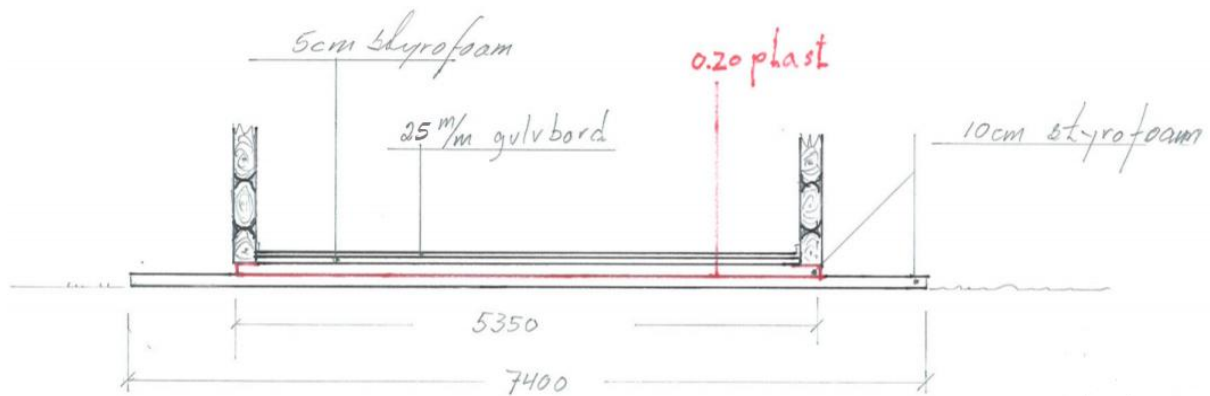
Denne oppgaven baserer seg på simuleringer og målinger av to laftebygninger. Disse er plassert på et åpent område ved NTNU i Gjøvik og ble satt opp høsten 2018. De to laftebygningene er bygget med ulike lafteteknikker, den ene er laget av maskinlaft, mens den andre er laget av håndlaft. I tillegg står de speilvendt mot hverandre som det kan ses på figur 1 under. Med unntak av dette er de to bygningene identisk konstruert.



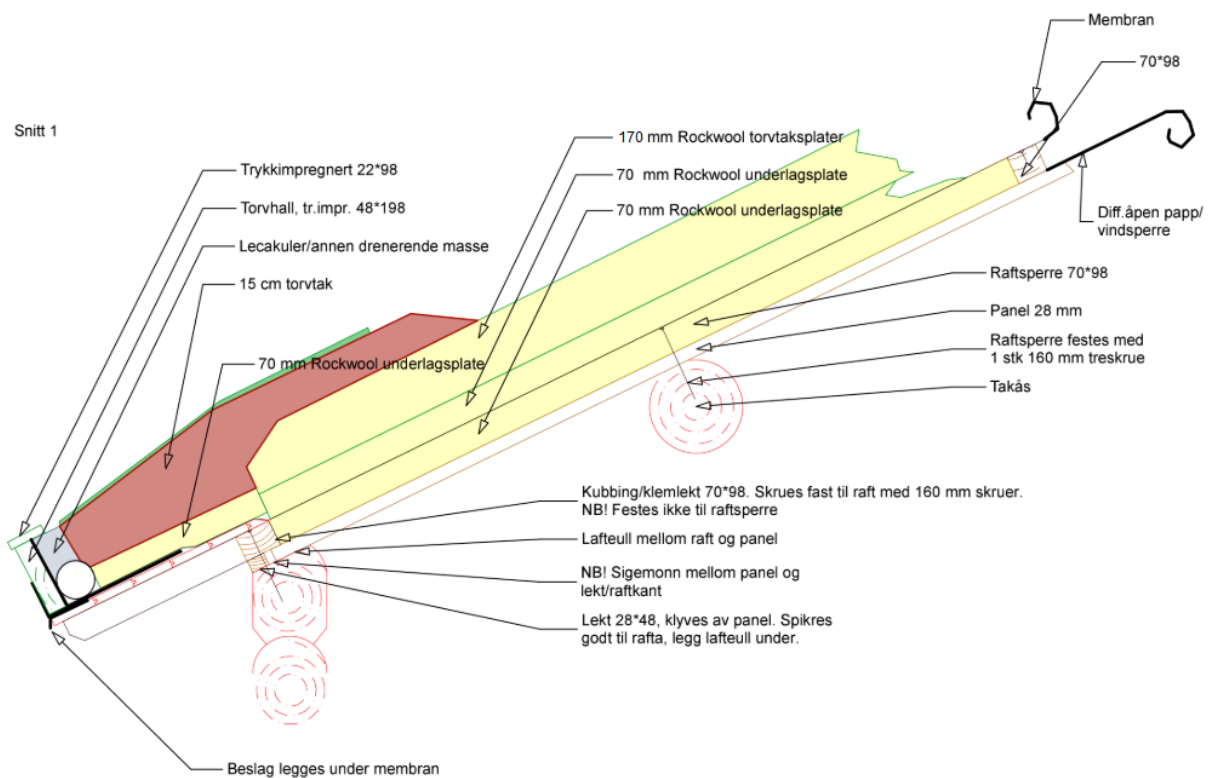
Figur 1: Plantegning.

Veggene i begge bygningene består av 195mm tykke tømmerstokker av furu som er laftet oppå hverandre. I maskinlaftbygningen er disse tømmerstokkene laget av lamelltømmer, mens det i håndlaftbygningen er benyttet naturlige tømmerstokker. Mellom hver tømmerstokk er det lagt isolasjonsmateriale av typen lafteull.

Det er i hver av laftebygningene satt inn en dør av typen Swedoor Clever-Line P710, i tillegg til to vinduene laget av trelags energiglass levert av Natre Vinduer. Dørene og vinduenes plassering kan ses på plantegningen over. Gulvet og taket i begge bygningene er konstruert som vist på tegningene under. I vedlegg 1 finnes en nøyaktig beskrivelse av hvilke materialer som er benyttet i oppbyggingen av disse.



Figur 2: Gulvets oppbygning.



Figur 3: Takets oppbygning.

2. Metode

2.1 Energisimulering

Energisimuleringer i dag gjøres stort sett med programvare som følger standardiserte metoder i forhold til hvordan beregningene skal settes opp og gjennomføres. I Norge er det standarden SN/TS 3031:2016, et supplement til NS 3031:2014, som gir veiledning for hvordan disse simuleringene skal gjennomføres. Energisimuleringer basert på denne standarden viser til at bygningens energiytelse er avhengig av samspillet mellom bygningens tekniske systemer og bygningskroppen. (SN/TN3031:2016). Det er i denne oppgaven valgt å gjennomføre simuleringer i både Simien og Wufi Pro for å kunne sammenligne forventet energitap og fukttransport gjennom veggene opp mot faktiske målinger på dette. I tillegg er det benyttet Flixo for å se på noen kuldebroverdier.

2.1.1 Simien

Simien er et simuleringsprogram for beregning og vurdering av både energibruk og inneklimate i bygninger. Dette programmet har mange bruksområdet, blant annet evaluering mot bygningsforskrifter og beregning av årlig energibehov. Programmet bygger på beregningsmetoden som er beskrevet i NS 3031:2014, altså en eldre versjon av dagens standard SN/TS 3031:2016. Årsaken til dette er at selv om NS 3031:2014 formelt sett er trukket tilbake skal den enda benyttes ved kontroll opp mot dagens byggt teknisk forskrift, TEK17, og andre energimerkeordninger. SN/TS 3031:2016 er ifølge produktinformasjonen til standarden kun “et supplement for helhetlig energiberegninger for bygg og energiforsyningssystemer”, den erstatter altså ikke NS 3031:2014 selv om denne formelt sett er trukket tilbake. (Produktinformasjon SN/TS 3031:2016; Simien Wiki, 2019)

Ved gjennomføring av simuleringene ble det benyttet Simien versjon 6.012. Vi har valgt å kjøre to simuleringer, en for hver av laftebygningene, da det er noen forskjeller i utførelse, noe som kan være et utgangspunkt for noe ulike resultater. I tillegg er en del av vår oppgave å se på eventuelle forskjeller mellom de to laftehyttene og det vil derfor være vesentlig å gjennomføre to ulike simuleringer selv om resultatet ikke vil være vesentlig forskjellig.

Det er i Simien mulig å kjøre flere simuleringstyper. Vi har valgt å se på årssimulering for hver av hyttene for å få et mest mulig helhetlig bilde av energiforbruk og varmetap og hvordan dette fordeler seg. Disse resultatene kan blant annet benyttes i en sammenligning opp mot faktiske målinger av energiforbruk og varmetap. De viktigste inndata til simuleringene er gjengitt under, mens en full oversikt over alle inndata i hver av hyttene, samt utregninger av disse finnes i vedlegg 1 og 2. Alle inndata er lik for begge hyttene med unntak av størrelser, luftlekkasje og normalisert kuldebroverdi. Utregning av normalisert kuldebroverdi kan finnes under kapittel 4.1.2 som viser resultatene for beregninger gjennomført i Flixo.

- Klimasted: Gjøvik
- Gulvareal:
 - Maskinlaft: 15,03 m²
 - Håndlaft: 15,14 m²
- U-verdi tak: 0,12
- U-verdi gulv: 0,13
- U-verdi vegger: 0,669, teoretisk U-verdi hentet fra byggforsk datablad 471.431
- U-verdi dør: 0,94
- U-verdi vindu: 0,93
- SFP-faktor ventilasjon: 0,36 kW/m³/s

2.1.2 Flixo

Flixo er et todimensjonalt beregningsprogram som kan brukes til beregning og analyse av kuldebroer. Programmet er validert etter EN ISO 10211 og EN ISO 10077-2 for beregning av kuldebroer.

Det ble valgt å benytte Flixo versjon 8.1.990.1 i denne oppgaven for å beregne kuldebroer og se på varmefluksen gjennom overgangen mellom bygningsdelene vegg/tak, vegg/gulv og hjørnesammenføyningen i hyttene. Vi valgte å gjøre dette for disse bygningsdelene for å få en mer korrekt verdi på tilhørende kuldebro enn hva standardverdier fra byggforsk sine tabeller kunne gi oss. En annen årsak til dette er at det ikke finnes noen standardverdier for kuldebroer på bygningsdeler som går mot laftede vegger, og eventuelle tabellverdier ville derfor ikke vært 100% representative for faktisk kuldebro i dette tilfellet. Resultatene fra beregningene i Flixo har også blitt brukt for å kunne regne ut normalisert kuldebroverdi til bruk i simuleringene gjennomført i Simien.

2.1.3 Wufi Pro

Wufi® består av flere datasimuleringsprogrammer som gjør det mulig å beregne varme- og fukttransport gjennom vegger og andre bygningskomponenter både endimensjonalt og flerdimensjonalt. Programmene bruker de nyeste funnene rundt fukttransport og dampdiffusjon til å danne grunnlaget for simuleringsresultatene. Alle Wufi® programmene er validert ved hjelp av detaljerte sammenligninger med laboratorieforsøk og forsøk gjort på IBPs utendørs testfelt. (Wufi Home, 2018)

Det er i denne oppgaven valgt å benytte simuleringsprogrammet Wufi Pro versjon 6.3.2 for å se på lafteveggene. Dette er den enkleste versjonen av Wufi som gjør det mulig å simulere fukttransport gjennom bygningskomponenter i endimensjonal tilstand. Det er valgt å simulere i 1D og ikke flerdimensjonalt for å begrense oppgavens omfang, og for å få gode og enkle sammenligninger med faktiske målinger på varmefluks gjennom lafteveggene.

Vi har foretatt to simuleringer, på to ulike vegger, hvor vi i begge simuleringene legger til grunn at lafteveggene i begge testhusene er like. Vi har tatt utgangspunkt i den tykkeste delen på laftestokken med tykkelse 0,195 m. Vi har valgt materialet “Southern Yellow Pine” med densitet på 500 kg/m^3 , lik tørrdensiteten til tømmeret benyttet i lafteveggene, og U-verdi på 0,549. Vi har valgt å se på de to langveggene, altså nordvestlig og sørøstlig vegg gjennom perioden 01.09.2018-30.04.2019, altså fra like etter laftebygningene var ferdig montert og til vi var ferdig med alle andre målinger i dem. Andre inndatabetingelser vi har satt er:

- Varmemotstand ytre overflate lik $0,0588 \text{ (m}^2\text{K)/W}$.
- Sd-verdi utvendig overflate lik “ingen overflatebehandling”.
- Kortbølget strålingsabsorpsjonstall lik 0,3.
- Terreng kortbølget refleksjonsgrad lik “grønn gressmark”.
- Regnvannsabsorpsjonstall lik 0,5.
- Varmemotstand indre overflate lik $0,125 \text{ (m}^2\text{K)/W}$.
- Sd-verdi innvendig overflate lik 0,8 m.
- Relativ fuktighet ved start, midlere over konstruksjonen, lik 0,8454. Dette tilsvarer et fuktinnhold på ca 70 kg/m^3 og 14% trefukt. Dette er antatt trefuktighet fra produsentenes side da det ikke ble gjennomført målinger av trefuktighet når laftebygningene ble satt opp.

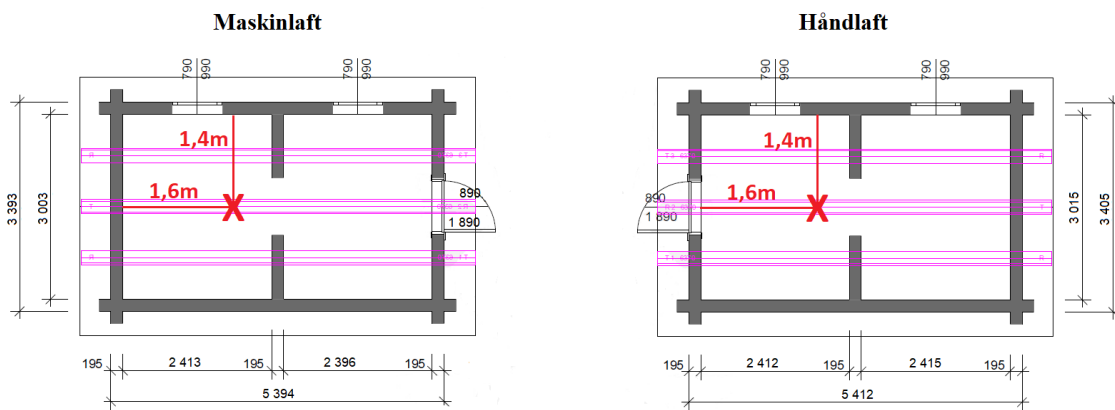
- Starttemperatur i konstruksjonen, midlere over konstruksjonen, lik 10 °C. Denne temperaturen er antatt av produsenten av laftebygningene.
- Uteklima og inneklima fra værstasjonen på Kise på Hedmark, den som befinner seg tettest ved Gjøvik og laftehyttene.

2.2 Målinger av energiforbruk og fuktighet

For å kunne få en oversikt over energitap i laftebygningene har vi valgt å foreta målinger på grunnlag av energiforbruket. Det er viktig å se på energiforbruket da dette kan kobles opp mot hyttenes varmetap, det vil også si noe om hvor energieffektive hyttene er. Vi har logget energiforbruket en gang daglig med en strømmåler av typen Famatel EM30-C fra februar til april hvor energiforbruket i hver laftebygning kun har vært tilknyttet en varmeovn, avtrekksvifte og i perioder en fuktmaskin. I tillegg har vi over 4 perioder, på 5 dager, i løpet av mars og april gjennomført mer detaljerte målinger på energiforbruket hvor vi i har tilsatt fukt i bygningene ved hjelp av fuktmaskiner for å kunne se hvordan dette påvirker forholdene i testhusene. Energiforbruket har gjennom disse periodene blitt målt både morgen og kveld. For å kunne foreta så presise målinger som mulig måtte vi bestemme innstillingene som skulle brukes på både varmeovnene, avtrekksviftene og fuktmaskinene. Disse ble satt likt i begge testhusene. Under finnes en forklaring på valg av innstillinger gjort for varmeovn, avtrekksvifte og fuktmaskin.

Varmeovn

Som nevnt ovenfor er varmeovnene en del av energiregnskapet til laftebygningene. Varmeovnene er nødvendig for å beholde ønsket temperatur inne i testhusene og vi har i denne oppgaven valgt å benytte varmeovner av typen Mill Oil Premium oljeovn med WiFi. Ovnene er stilt inn slik at de står på døgnet rundt, men varierer i temperatur ut i fra tid på døgnet. Fra 08:00 til 23:00 har ovnene stått på 21 °C og etter kl 23:00 har vi valgt å sette ovnen på nattsinking, slik at de går jevnt på 19 °C frem til kl 08:00. Disse temperaturene er valgt i henhold til settpunkttemperaturer beskrevet i NS 3031:2014. Varmeovnene er plassert som vist på plantegningen under.



Figur 4: Plassering varmeovn.

Fuktmaskiner

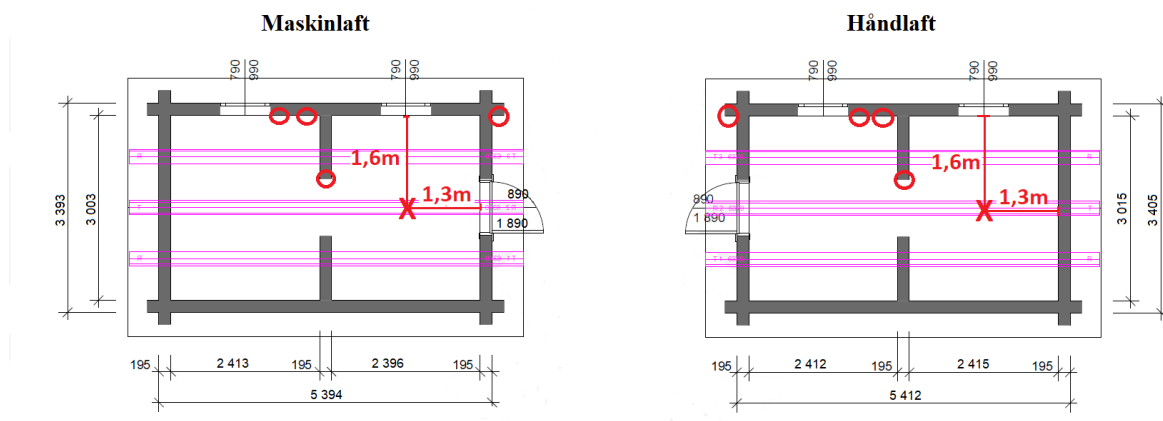
Det finnes mange kilder til fukt i en bygning, og en av disse kildene er mennesker. Mennesker gir fra seg fukt til omgivelsene når de puster og svetter. Mengden fukt som stammer fra mennesker oppgis i liter per dag og varierer ut fra en rekke faktorer, blant annet personens størrelse. Andre faktorer som påvirker mengden fukt et menneske avgir er aktivitetsnivå og temperatur i rommet. Desto høyere aktivitetsnivå og romtemperatur, desto mer fukt avgir et menneske. Ser vi på et gjennomsnittlig voksent menneske så avgir dette en fuktmengde på 0,75 l/dag til 5 l/dag avhengig av aktivitetsnivå og lufttemperatur. Dette er relativt store variasjoner, men det regnes med at ved gjennomsnittlig aktivitetsnivå og lufttemperatur avgir et voksent menneske en fuktmengde på omtrent 1,2 L/dag. (Walker, 2001; Straube, 2002)

Andre kilder som tilfører fuktighet i en bolig er blant annet dusjing, matlaging, planter og dyr. I vårt valg av tilført mengde fukt har vi valgt å se bort fra alle disse kildene og kun valgt å se på gjennomsnittlig mengde fukt avgitt av mennesker. Årsaken til dette er blant annet laftebygningenes begrensende areal på ca 15 m², noe som tilsier at det er lite rom for et kjøkken og baderom. Vi har også tatt et valg om å tilføre fuktighet tilsvarende det som avgis av to voksne mennesker. Dette sett opp mot testhusenes begrensede areal er årsaken til at vi har valgt å se bort fra andre fuktilder i valget av tilført mengde fukt. Når vi ser på fuktighet tilført fra mennesker har vi gått ut fra et gjennomsnittlig aktivitetsnivå og innetemperatur, noe som tilsvarer en fuktmengde på ca 1,2 l/dag eller 50 ml/t per person, altså 100 ml/t totalt for to personer, da vi regner med at man har et gjennomsnittlig rolig aktivitetsnivå, med mye “stillesitting”, snakking og noe bevegelse rundt i både hus og hytter.

Fuktmaskinene vi har benyttet ved gjennomføring av målinger er modellen DF-HU28015 fra Go/TECH. Fuktmaskinen ble stilt inn på “lav dampmengde” og “kontinuerlig drift”. Ved disse innstillingene avga fuktmaskinene +/- 100 g/t, noe som tilsvarer ønsket mengde tilført fukt. Vi gjennomførte tre kontrollmålinger for å kontrollere at den avgitte fuktmengden var innenfor ønsket mengde, se vedlegg 6.

Under måleperiodene valgte vi å la fuktmaskinene avgi fukt kontinuerlig i 12 timer, fra klokken 09.00-21.00. Årsaken til dette er at 12 timer vil ligge innenfor sannsynlig oppholdslengde for personer i hus eller en hytte i løpet av et døgn. I tillegg må treverket få tid til å tørke ut, altså ha perioder uten tilført fuktighet, for å kunne ta nytte av sine egenskaper i forhold til fuktbufring.

Fuktmaskinene er plassert likt i testhusene. Valg av plassering er basert på veiledning i brukermanual, samt avstand fra sensorene som er installert i laftebygningene, da det er ønskelig å unngå at sensorene får direkte kontakt med fukten som avgis. Dette er fordi det vil påvirke målingene og vil derfor være en potensiell feilkilde. Bildet under illustrerer plassering av fuktmaskiner og sensorer, hvor fuktmaskinene er markert med “X”, og sensorene er markert med “O”.



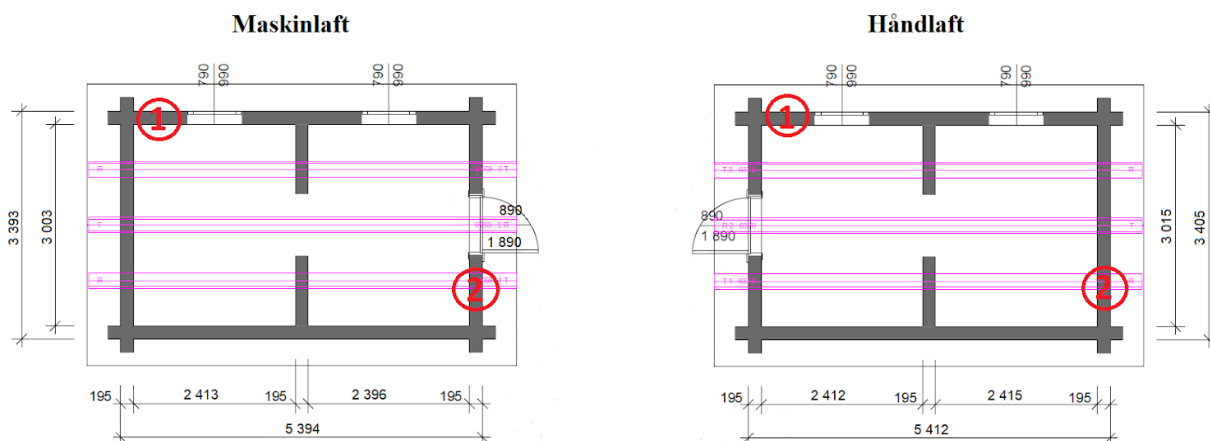
Figur 5: Plassering fuktmaskin.

Ventilasjon

Det er i hver av laftebygningene plassert en avtrekksvifte av typen Pax Calima helautomatisk baderomsvifte m/Blåtann. Vi har stilt inn avtrekksviftene på kontinuerlig avtrekk lik 11 l/s for å ha mest mulig stabil ventilasjon i hyttene. Årsaken til at vi har valgt kjøre viftene på 11 l/s, noe som er et relativt lavt nivå, er fordi vi anser testhusene som små, og at behovet for ventilasjon derfor er lite. Ved for mye ventilasjon i små bygninger vil det være vanskelig å opprettholde ønsket innetemperatur på henholdsvis 19 og 21 °C, da oppvarmingsbehovet vil overskride kapasiteten til varmeovnene. Avtrekksviftene er plassert som anvist, merket med “2”, på figuren under.

På utsiden av avtrekksviften er det også montert en ventil som skal forhindre infiltrasjon av kald luft gjennom denne. Ventilen er av typen Flexit Lamellventil MW125. Lamellventilens funksjon gjør at den fungerer som et spjeld. Den åpner seg når viften er i bruk, samt lukker seg dersom viften slås av.

Det er også plassert en innluftventil i hver av hyttene. Disse er plassert slik som anvist med “1” på bildet nedenfor. Innluftventilen er av typen klaffventil, hvor klaffen kan settes i tre forskjellige posisjoner, ut fra ønsket luftmengde som skal komme inn. På grunn av at testhusenes areal kun er ca. 15 m² har vi valgt å sette klaffen på det innerste hakket. Dette er også sett i sammenheng med de valgte innstillinger på avtrekksviftene, som tilsvarer lav ventilasjon. Plassering av innluftventilen er basert på hvor vindutsatt fasaden er. Ifølge vindrose for nærliggende området er normal vindretning nord og nordøst, noe som gjør at fasaden mot sør-øst, med vinduer, blir minst utsatt for vind. Det er viktig å ta hensyn til vind ved plassering av innluft, da det er lite gunstig at det blåser vind rett på innluftluken. Både plassering av avtrekksvifte og innluftventil er påvirket av vindretning. Se vedlegg 7 for mer detaljert oversikt over vindrose.



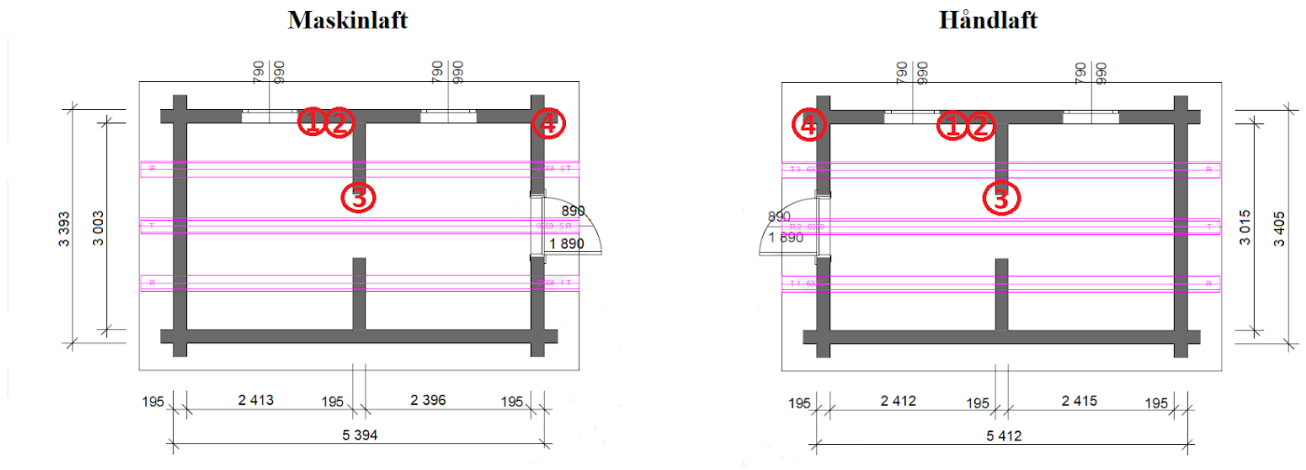
Figur 6: Plassering innluftventil og avtrekksvifte.

Måleinstrumenter

For å kunne få en bedre oversikt over medvirkende årsaker til energitap, er det blitt installert fire ulike sensorer i laftebygningene. Sensorene gir oss et innblikk på de ulike kvalitetene og egenskapene treverket har. Resultatene fra disse sensorene vil bli brukt sammen med målingene av energitap, varmekraft og luftgjennomstrømning. Under finnes en komplett liste over måleinstrumentene og deres funksjoner samt plassering i hyttene.

Anvisning tegning	Merke	Modell	Produktbeskrivelse	Plassering
1	Celsicom	MC501	- Måler fukt i tre - Måler lufttemperatur	Inne, midt på vegg
2	Celsicom	T501C	- Måler tretemperatur	Inne, høyt på vegg
3	Celsicom	TH500	- Måler luftfuktighet - Måler lufttemperatur - Måler duggpunkt - Måler absolutt fuktighet	Inne, midt på vegg.
4	Celsicom	T500	- Måler luftfuktighet - Måler duggpunkt - Måler absolutt luftfuktighet	Ute, høyt på vegg

Tabell 1: Oversikt over måleinstrumenter samt deres funksjoner.



Figur 7: Plassering måleinstrumenter.

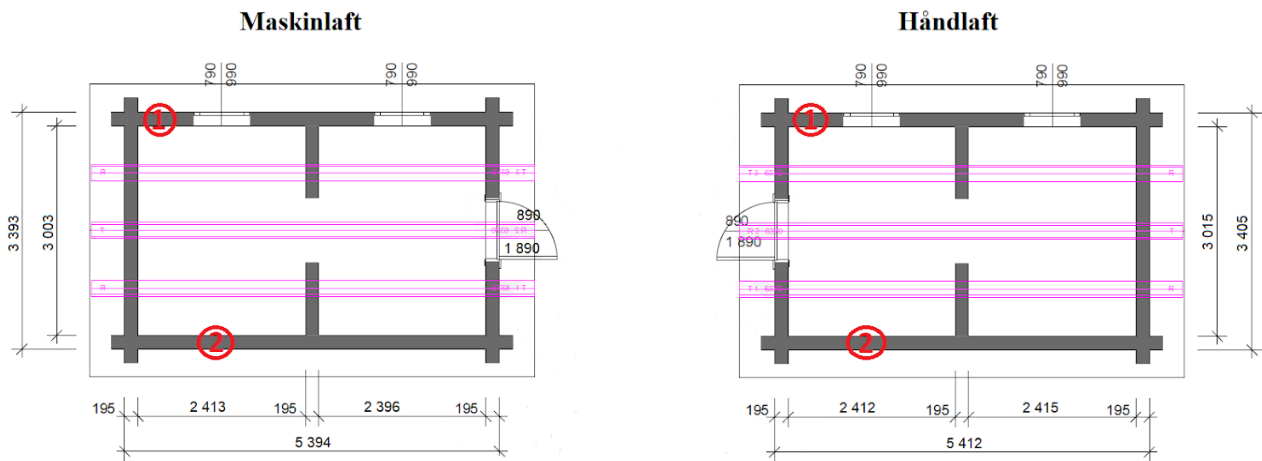
2.3 Varmefluksmålinger

For å gjennomføre målingene av varmekraft har vi brukt et måleinstrument av typen ALMEMO Heat Flow Plates FQAx. Måleinstrumentet inneholder to platesensorer som er plassert identisk på veggene, både utvendig og innvendig. Vi har valgt å plassere sensorene slik at den ikke står nær innluft og utluft, se figur 8 under ”2.4 Luftgjennomstrømning”. Plasseringen er markert med ”2”. Vi har også valgt å plassere sensorene midt på vegg, sentralt på laftestokken og skjermet for sollys fra vinduet. For å være sikker på at sensorene unngår kontakt med sollys er det montert en plathette over sensorene, både den på innvendigoverflate og utvendig overflate. Målingene har foregått gjennom perioden 01.04.19-29.04.19 og ved hjelp av en PC ble målingene logget hvert minutt.

2.4 Luftgjennomstrømning

For å kunne få en oversikt over hvor stor luftutskiftningen som oppstår i hyttene på grunn av ventilasjon, har vi valgt å installere et instrument som måler luftgjennomstrømning. Måleinstrumentene vi brukte for å måle luftgjennomstrømning er likt i begge hyttene og er av typen KIMO Omnidirectionnel probe SVO. Se bilde under for illustrasjon av plassering, måleinstrumentet for luftgjennomstrømning er markert med ”1”. Utfordringer med utformingen av apparatet gjorde at vi måtte plassere den i innluftventilen i stedet for avtrekksviften som først planlagt. Sensorene i begge laftehyttene er koblet opp mot en felles

loggstasjon, og målingene for luftgjennomstrømming er i likhet med varmefluks målt i perioden 01.04.19-29.04.19, samt logget hvert minutt. Plantegningene under viser plassering av måleinstrumentene for varmefluks og luftgjennomstrømming.



Figur 8: Plassering av måleinstrument for varmefluks og luftgjennomstrømming.

2.5 Trykktest

Like etter at laftehyttene ble bygd gjennomførte Haukeli Hytter og Hus AS en trykktest på laftehyttene for Norsk Laft. Resultatene fra disse trykktestene viste at maskinlaft hadde lekkasjetall på 2,36 mens håndlaft hadde lekkasjetall på 2,1 ved 50 Pa, se vedlegg 10. Siden tre er et levende materiale vil laftebygninger krympe og få setninger i tiden etter oppføring, noe som kan påvirke luftlekkasjen i laftehyttene. I tillegg har det i etterkant av disse trykktestene blitt montert både avtrekksvifte og innluftventil, noe som har ført til endringer i hyttens tilstand. På bakgrunn av dette er det valgt å gjennomføre nye trykktester. Under gjennomføring av testene ble det brukt databasert måleutstyr og Blower Door-vifte av typen Retrotec Fan 1000.

Det er svært viktig at alle åpninger tettes før trykktestingen, noe som vil si at vi måtte lukke både dører og vinduer, i tillegg måtte avtrekk og luker for naturlig ventilasjon teipes igjen. Areal og volum må beregnes for området som skal måles, i vårt tilfelle har målingene foregått i hele hytten. Volumet av personene som deltok på testingen ble trukket fra i beregningen av hyttens totale volum, da alle som var tilstede under målingene befant seg inne i hyttene. Lengder som ble brukt til beregning av volum ble målt med lasermåler av typen Leica DISTO

X310. Det ble så monterte en duk i inngangspartiet, her ble også viften som skaper ønsket trykkforskjell på 50 Pa plassert. For å forhindre luftlekkasjer i inngangspartiet valgte vi å teipe rundt stålrammen i døra. Viften har flere hull som kan tettes ved behov, disse hullene bidrar til at trykkforskjellen inne i forhold til ute blir riktig. Her vil antall hull som er tettet være avhengig av volumet som skal måles. Vi har valgt å tette syv av åtte hull da testhusene er nokså små. Da målingene ble satt i gang ble det først målt overtrykk, deretter undertrykk. Lekkasjetallet beregnes automatisk ut fra gjennomsnittsverdien til overtrykk- og undertrykkmålingene. (Relander 2014; Hercigonja 2015)

2.6 Termografi

For å få et bedre innblikk i eventuelle kuldebroer er det valgt å bruke infrarød termografi for å kartlegge varmetapet i begge laftehyttene. Dette gjøres for å få en oversikt over hvor i konstruksjonen det oppstår størst varmetap. Vi har valgt å termografere i form av bilder, og ikke video, da vi mener et øyeblikksbilde vil gi et godt nok innblikk i varmetap og kuldebroer i forhold til oppgavens formål. Det er valgt å termografere begge hyttene både innvendig og utvendig for å kartlegge varmetapet på best mulig måte.

Vi har i denne oppgaven benyttet et termografikamera av typen FLIR Western B200 med reg. n 04823. Dette kameraet tar varmebilder og bruker palett av typen jern for å identifisere ulike temperaturområder.

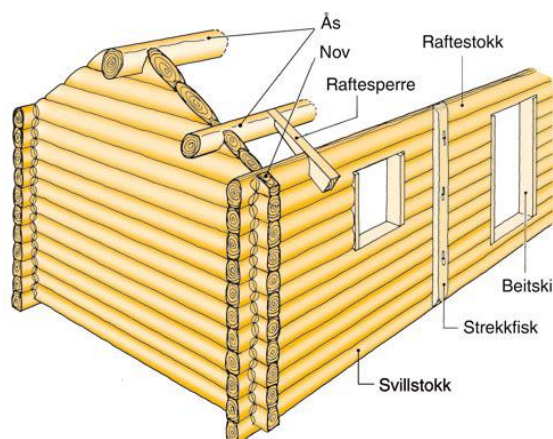
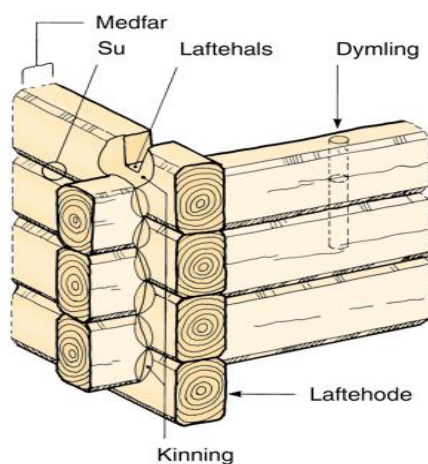
Før termograferingen startet måtte kameraet stilles inn etter omgivelsene det skulle termograferes i. Emisjonsfaktor, ϵ , ble satt til 0,9 som er standard for overflater av ubehandlet tre. Relativ luftfuktighet, RF, ble satt til 34% fordi dette var i området av faktisk målt luftfuktighet inne i laftehyttene de siste dagene. Temperaturen ble satt til 21 °C da dette var målt temperatur midt i hyttene rett før termograferingen startet. I tillegg ble måleavstand satt til 2 meter fordi dette ble antatt som ca. avstand fra kameraet og til det termograferte området inne i laftebygningene pga deres minimale areal og begrensede muligheter for å termografere fra større avstand.

3. Teoretisk grunnlag

3.1 Laft og lafteteknikker

En laftet vegg består av liggende tømmerstokker som er føyd sammen i et krysningpunkt, som kalles nov (også kalt laft). Tømmerstokkene er hugget på en måte som gjør det mulig å legge dem horisontalt oppå hverandre for så å føye sammen to stokker i et krysningpunkt. Hver stokk kan være føyd sammen med flere andre stokker hvor det da vil være et krysningpunkt for hver sammenføring. (TEK17 §14-5 (4), 2017; Kristensen, 2006)

Hvis vi går litt dypere inn på krysningpunktet mellom laftede tømmerstokker så består det av flere utskjæringer og tilpasninger i tømmerstokkene for å gjøre det mulig å føye, altså bygge dem sammen. Et krysningpunkt som består av et helt hushjørne kalles nov, dette er ifølge Byggforsk datablad 523.291 (2006) en “laftet hjørnesammenføring av stokker eller planker”. Dette inkluderer da laftehode, som er den delen av tømmerstokken som stikker utenfor veggen ved noven, se figur 9. Hvis vi ser på laftehogget, altså det punktet på tømmerstokkene som har utskjæringer for sammenføring i et krysningpunkt, så kalles dette også knuten. For enkelhets skyld vil vi heretter referere til knutepunkter når vi snakker om krysningpunkter og sammenføringer av laftede tømmerstokker. Dette knutepunktet består av to deler, nemlig laftehals og kinning. En laftehals er den delen av tømmerstokken som er igjen i knutepunktet når stokken er ferdig tilhogd, mens kinning er en hogd flate på hver side av stokken ved knutepunktet, se figur 9. (Steen, 2003; Kristensen, 2006)



Figur 9: Nov (Laftet hjørnesammenføring) (Kristensen, 2006) Figur 10: Laftet konstruksjon (Kristensen, 2006)

Andre viktige komponenter og terminologi i forhold til sammenføyning, altså lafting av tømmerstokker, er ramset opp under. Se figur 9 og 10 for en illustrasjon over hvor og hva de forskjellige komponentene er:

- *Beitski*: Innfelt vertikal avstivning i stokkende mot veggåpning. Dette benyttes blant annet der man setter inn vinduer og dører.
- *Dymling*: En løs plugg mellom to eller flere stokker. Dette brukes blant annet for å avstive lengre vegger.
- *Medfar*: Dette er fugen mellom to laftestokker.
- *Omfar*: En omgang med laftestokker, altså en runde rundt bygget, f.eks. alle de nederste stukkene, svillstukkene.
- *Raftsperre*: En sperre som går over raftestokken fra nederste takås. Denne bærer takskjegget.
- *Raftestokk*: Øverste stokken på langveggen.
- *Svillstokk*: Den nederste stokken på veggen.
- *Su*: Er kanten på medfaret, altså det innsøkket mellom tømmerstukkene vi ser i ferdig laftede hus.
- *Ås*: Bærende langsgående stokker i takkonstruksjonen. Den øverste av disse stukkene, den som ligger opp mot mønet, toppen av taket, kalles *mønsås*.

(Kristensen, 2006; Steen, 2010)

Når en bygning skal laftes er det viktig å benytte tømmer av tresorter med god holdbarhet, altså at de er bestandige for vær og vind. Det er derfor i stor grad furu og gran som blir brukt til laft i Norge, da disse har både god holdbarhet og de er relativt lett tilgjengelige. Av disse to tresortene er det furu som har best holdbarhet på grunn av den store andelen kjerneved og tyri. Men selv om man benytter treslag med god holdbarhet har laftede tømmervegger begrenset varighet hvis det utsettes for store mengder slagregn. Det er derfor viktig å ta hensyn til værforholdene på det stedet man vurderer å bygge et laftehus. I Norge vil det derfor være mindre aktuelt å sette opp laftehus langs kystområdet på Vestlandet og i Nord-Norge på grunn av det fuktige klima- og værforholdene med mye slagregn. I området hvor slagregnmengden er begrenset vil det være mer aktuelt å sette opp laftehus, da forutsetningene for økt varighet er bedre. Dette omfatter indre strøk i Midt-Norge, Sørlandet og Østlandet. (Kristensen, 2006)

Setninger og krymping

Tre er et levende materiale og et laftebygg vil derfor alltid være i bevegelse. Etter oppføring vil et laftebygg derfor krympe og få setninger, altså sammensynkninger og forskyvninger, uavhengig av hvor tørt materialet var ved oppføring. Grunnen til dette er at ved uttørking krymper stakkene og veden trykkes sammen. Når treverket senere tar opp igjen fuktighet vil laftebygget heve seg. Med bakgrunnen i treets evne til å krympe og utvide seg avhengig av fuktighetsnivå vil et laftebygg få ulike setninger i innvendig og utvendige vegger i bygninger som er oppvarmet. På grunn av setninger må laftebygninger ifølge byggforsk datablad 523.291 (2006) alltid utformes slik at det tillates setninger på inntil 3%, altså ca. 30 mm/m eller 60-70 mm på en vanlig vegg høyde. Om trefuktigheten er høy ved oppsetting av laftebygningen, over 20%, må dette rommet for setninger økes ca. 1% per 3% økning i fuktigheten. (Kristensen, 2006)

Det er også viktig ved oppføring av laftebygninger at det tillates noe lengdekrymping, ca. 0,1-0,3%, eller at det konstrueres på en måte som gjør at lengdekrymping ikke konsentreres på uheldige steder, blant annet ved skjøter og nover. Årsaken til dette er at selv en liten krymping i veggens lengderetning kan føre til problemer i form av svært dårlige skjøter, noe som blant annet kan føre til store kuldebroer og et større oppvarmingsbehov. (Kristensen, 2006)

Ved setninger må det også tas hensyn til at vinkelen i gavlveggene endrer seg ettersom bygget synker. Dette er hovedårsaken til at det i all hovedsak benyttes åser i stedet for takstoler ved bygging av laftebygninger hvor tømmeret går helt opp til gavlen. Det er også viktig at det bygges et tungt tak på laftebygninger. Årsaken til dette er at veggene bør utsettes for en viss vertikal belastning for å oppnå tilstrekkelig lufttetthet. Desto kraftigere konstruksjonen er, desto større er kravet til belastning. For laftevegger med tykkelse 150-200 mm bør belastningen være ca. 5 kN/m langs veggens topp eller ca. 2,5 kN/m² takflate. Den beste måten å oppnå denne belastningen på er å bygge et tungt tak med tekning av torv eller tykk skifer. (Kristensen, 2006)

Luftlekkasje i laftebygninger

Lufttettheten i en laftet bygning er påvirket av flere faktorer, blant annet volumendringer i treverket forårsaket av svelling og krymping på grunn av fuktbufring, effekten av eventuelle isolasjonsmaterialer og utformingen og tettheten i hjørnesammenføyningene og sammenføyningen mellom stakkene. Denne tettheten påvirkes også av vekten på taket og

eventuelle snølaster på tak. Ettersom en laftebygning får setninger vil dette kunne påvirke tettheten i bygningen i positiv retning. (Alve, Uus, Teder, Miljan og Kalamees, 2014)

Snølaster på taket vil også ha innvirkning på luftlekkasjene i en laftet bygning. Hvis det er snø på taket kan dette føre til en relativt stor vektøkning av taket, noe som igjen fører til at bygningen, og spesielt skjøtene mellom tømmerstokkene og knutepunktene vil bli pakket tettere sammen og dermed reduseres luftlekkasjene. Dette er noe man tydelig kan se på målinger av luftlekkasje i laftehus utført av Alve, Uus, Teder, Miljan og Kalamees (2014), at luftlekkasjen ble redusert om vinteren mens den økte igjen på våren. En annen årsak til at luftlekkasjen ofte kan øke om våren er tørkeprosessen av tømmerstokkene forårsaket av solstråling. Denne tørkeprosessen er ofte størst nær enden av tømmerstokkene, noe som fører til at tømmerstokkene ofte krymper noe mer her. Dette kan igjen, spesielt for håndlaft, føre til større sprekker i tømmeret og dermed større luftlekkasje både i hele bygningen og i hjørnesammenføyningene.

Lafteteknikker

Når det kommer til lafteteknikker er det i hovedsak to teknikker som benyttes, maskinlaft og håndlaft. Disse to lafteteknikkene er relativt forskjellige når det kommer til utseende og produksjon, men kravene som stilles til de ulike lafteteknikkene og detaljløsningene er stort sett det samme. Det er generelt vanskelig å skille mellom teknisk kvalitet på maskinlaft og håndlaft da det er mange eksempler på gode og dårlige hus i begge kategoriene. Det er også, blant fagfolk, stor variasjon i hvilke lafteteknikk som er foretrukket, så det er derfor vanskelig å si hvilke av lafteteknikkene som har best egenskaper. (Kristensen, 2006)

En vesentlig forskjell mellom håndlaft og maskinlaft er at ved håndlaft benyttes det hele tømmerstokker som kun er formet med skjæring, høvling e.l. på to eller flere sider. Det vil derfor kunne være noe variasjon i utseende og dimensjoner fra stokk til stokk. Muligheten for sprekkdannelse i tømmerstokkene etter at laftebygningen er ferdig bygget er dermed svært stor. I maskinlaft derimot kuttet stokkene så pent og likt som mulig, slik at alle stokkene får tilnærmet likt utseende og samme dimensjoner. (Kristensen, 2006)

Måten knutene i laftet er utført på er også en vesentlig forskjell mellom maskinlaft og håndlaft. I maskinlaft er knutene utført og skåret ut med maskiner, noe navnet også tilsier. For håndlaft derimot så gjøres denne utskjæringen av knutene manuelt med kjedesag og laftebile

eller øks, noe som tilsier at det vil forekomme ulikheter i knutene da det er veldig vanskelig å få til helt identiske knuter for hånd. Med maskin derimot vil alle knutene bli identiske om dette er ønsket. En annen forskjell mellom håndlaft og maskinlaft er at medfaret mellom stokkene langsmed er gjort manuelt med meddragskniv i håndlaft, noe som vil tilsi at det kan forekomme ulikheter i utførsel fra tømmerstokk til tømmerstokk. I maskinlaft derimot går stokkene gjennom en høvel, noe som gjør at alle medfarene blir like. (Vårt lafte system, 2019)

En ting som er viktig å passe på ved håndlaft er at omfarene, hver runde med laftede stokker, blir tilnærmet like høye slik at man unngår ujevn vegghøyde. For maskinlaft derimot trenger man ikke å vie dette så mye oppmerksomhet fordi alle stokkene blir skjært til av maskiner og er derfor like i størrelse og høyde. I håndlaft er det også viktig å passe på at høyden på over- og underliggende stokk ikke avviker mer enn 35%, dette for å unngå dårlige knuter og nover. Det er altså flere ting å ta hensyn til når det kommer til selve monteringen/laftingen av et laftehus når man benytter håndlaft i forhold til maskinlaft. (Kristensen, 2006)

Når man lafter bygninger ved bruk av maskinlaft er det også en mulighet å benytte lamelltømmer i stedet for hele tømmerstokker. Dette foregår ved at man kutter og høvler tømmerstokker av gran eller furu før de sendes til tørking. Tømmeret skal tørkes ned og ha et fuktighetsnivå på rundt 12% før det benyttes i produksjonen av lameller. Årsaken til dette er at man ønsker at tømmeret skal ha et fuktighetsnivå som er tilnærmet den likevektsfuktigheten konstruksjonen vil ha under bruk før det limes sammen. (Larsen, 2012)

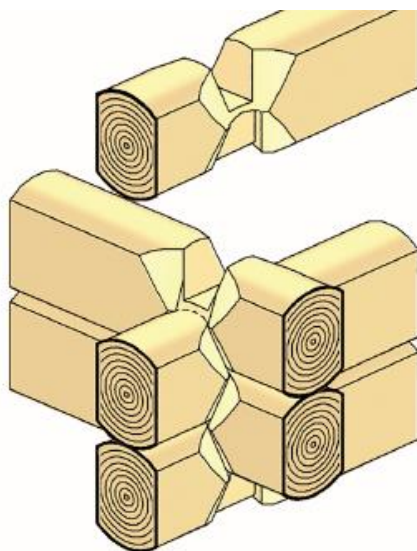
Etter at ønsket fuktighetsnivå er oppnådd i tømmeret styrkesorteres det, noe som ofte gjøres automatisk. Det brukes ofte to eller flere styrkeklasser samtidig i produksjonen, og de svakeste lamellene benyttes i senter av stokken fordi belastningen er minst her, mens de sterkeste lamellene benyttes i ytterkanten av stokkene fordi påkjenningen er størst her. Lamelltømmer limes så på samme måte som limtre, men med mindre lameller og annet type lim. Limet har egenskaper som gjør det mulig å stå i vær og vind i flere hundre år, ifølge tester gjennomført av leverandøren. (Fonselius og Rautiainen, 2019; Larsen, 2012)

Når lamellene skal limes blir det først smurt inn med lim før de stables for så å bli påført et trykk. Dette gjøres for å eliminere eventuelle luftrom i stakkene og det er derfor viktig at det gjøres før limet har herdet. Etter at limet har herdet ferdig kan trykket lastes av og lamellstakkene er klare for planhøvling og utskjæring av knuter og andre tilpasninger.

(Larsen, 2012)

Knutepunkt

Det finnes mange ulike måter å føye sammen tømmerstokker i et knutepunkt på, og valg av knutepunkt vil ha innvirkning på hvor stor luftlekkasje og kuldebro som vil oppstå i dette punktet. I Norge brukes nesten uten unntak et knutepunkt som kalles kvarkenov med kinninger. Dette knutepunktet er utformet, som tidligere forklart under ”3.1 Laft og lafteteknikker” med laftehals og kinninger. Laftehalsen befinner seg omtrent midt i stokken og er formet som en T. Videre er kinningene og utformingen tilpasset på en måte som gjør at underhogget passer godt inn i overhogget, dvs. at laftehogget i stakkene er utformet på en måte som gjør at de passer godt inn i hverandre når de skal føyes sammen. Dette gjør at vi får en tett, god og solid sammenføyning. (Alve, Uus, Teder, Miljan og Kalamees, 2014; Edvardsen, 2017)



Kvarkenov med kinninger



Figur 11: Kvarkenov med kinninger (Edvardsen, 2017) Figur 12: Kvarkenov med kinninger (Alve, Uus, Teder, Miljan og Kalamees, 2014)

I 2014 utførte Alve, Uus, Teder, Miljan og Kalamees en studie på luftlekkasjer i laftehus hvor de blant annet målte luftlekkasjen i hjørnene på laftehus, altså i knutepunktene. De utførte testene på fire ulike knutepunkter og det var knutepunktet kvarkenov med kinninger som kom

best ut av testen og dermed hadde lavest luftlekkasje. Lav luftlekkasje gjennom hjørnesammenføyninger er svært viktig for å unngå store kuldebroer, spesielt i kalde land som Norge, tettheten i denne typen knutepunkt er derfor en av årsakene til at dette er det mest utbredte knutepunktet benyttet i Norge. (Alve, Uus, Teder, Miljan og Kalamees, 2014)

3.2 Dagens krav og preaksepterte ytelser

TEK17

Det er i dagens tekniske forskrift, TEK17 § 14-3, stilt spesifikke minimumskrav til boligbygninger og fritidsboliger med laftede yttervegger i forhold til energieffektivitet. Man kan se et utdrag av disse kravene under.

Dimensjon yttervegg	U-verdi tak [W/(m ² K)]	U-verdi gulv på grunn og mot det fri [W/(m ² K)]	U-verdi vindu og dør, inkludert karm/ramme [W/(m ² K)]	Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell (luftveksling per time)
≥ 6" laft	≤ 0,18	≤ 0,18	≤ 1,2	≤ 6

Figur 13: Minimumskrav til energieffektivitet. (TEK17 §14-3 (1)b, 2017)

Disse kravene skiller seg noe fra de kravene som er stilt til alle andre bygninger, altså bygninger uten laftede vegger. Blant annet er det for alle andre bygninger stilt krav om U-verdi gjennom yttervegg på mindre eller lik 0,22 W/(m²K). Det er da ikke stilt noen krav til dimensjoner på ytterveggene slik det er for laftede bygninger. Kravene til lekkasjetall er også strengere for alle bygninger uten laftede vegger. Kravet for disse er ≤ 1,5 luftutskiftninger per time ved en trykkforskjell på 50 Pa i motsetning til ≤ 6 for boliger og fritidsboliger med laftede yttervegger. U-verdi kravet til tak, gulv, vinduer og dører er det samme både for bygninger med og uten laftede yttervegger. Det er også for alle bygninger, både med og uten laftede vegger, rom for fleksibilitet ved at det gis mulighet for omfordeling. Ifølge veiledningen til TEK17 §14-3 (1) er det slik at “minimumskravene skal sikre en minste akseptabel kvalitet på utvalgte bygningsdeler (gjennomsnitt) og på bygningskroppen ved omfordeling.” (TEK17 §14-3 (1), 2017)

TEK17 §14-5 stiller også krav til særskilte tiltak og unntak. Blant annet sier andre ledd at for “fritidsbolig til og med 70 m² oppvarmet BRA gjelder ikke kravene i kapittel 14.” Dette gjelder fritidsboliger både med og uten laftede yttervegger. Det vil altså si at det ikke stilles

noen krav til energieffektivitet eller energiltak for disse bygningene. Videre stiller ledd fire krav til energieffektivitet for bygninger med laftede yttervegger som har BRA over 70 m². Disse kravene kan du se i tabellen under hvor det blant annet er verdt å merke seg at kravene blir strengere dersom BRA overstiger 150 m². Altså blir kravene til energiltak i bygninger med laftede yttervegger strengere desto større BRA bygningen har. Disse energiltakene kan fravikes så lenge bygningens varmetapstall ikke øker og kravene i § 14-3, som beskrevet over, er oppfylt. (TEK17 §14-5, 2017)

	Energiltak	Boligbygning og fritidsbolig over 150 m² oppvarmet BRA	Fritidsbolig over 70 m² til og med 150 m² oppvarmet BRA
1.	Dimensjon yttervegg	≥ 8" laft	≥ 8" laft
2.	U-verdi tak [W/(m ² K)]	≤ 0,13	≤ 0,13
3.	U-verdi gulv på grunn og mot det fri [W/(m ² K)]	≤ 0,10	≤ 0,15
4.	U-verdi vindu og dør, inkludert karm/ramme [W/(m ² K)]	≤ 0,80	≤ 1,2
5.	Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell (luftveksling per time)	≤ 4,0	≤ 4,5

Figur 14: Energiltak for boligbygning og fritidsbolig med laftede yttervegger. (TEK17 § 14-5 (4), 2017)

Byggforsk

Siden det i dagens tekniske forskrift, TEK17, kun stilles krav til lafteveggers tykkelse i sammenheng med energieffektivitet og energiltak må vi se nærmere på byggforsk datablad 471.431 "U-verdi, vegger over terreng - laftet tre" for å få tall som beskriver U-verdien til laftede vegger med bestemte tykkelser. Det forutsettes her at medfaret i laftestokken er 50% av tømmerstykkelsen, noe som vil si at andre bredder på medfaret kan føre til andre u-verdier enn det som er gjengitt her. Under ser du en tabell som viser U-verdier for laftede yttervegger uten isolasjon inkludert U-verdikrav for bygninger uten laftede vegger iht. TEK17.

	Laft (mm)	U-verdi (w/(m ² K))	Tilsvarende u-verdikrav for bygninger uten laftede vegger iht TEK17 (w/(m ² K))
Minimumskrav, må overholdes	150 (6")	0,84	0,22
Krav til energieffektivitet, kan fravikes	200 (8")	0,65	0,18

Tabell 2: Krav til lafteveggers tykkelse etter TEK17 §14 og tilsvarende U-verdier etter byggforsk datablad 471.431

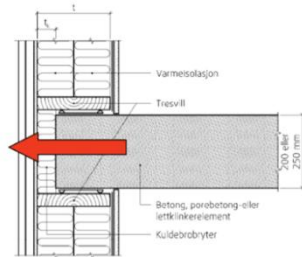
Vi kan her se at en laftet yttervegg på 6" har en U-verdi tilsvarende 0,84, mens en vegg med tykkelse 8" har U-verdi tilsvarende 0,65. Hvis disse tallene ses opp mot kravene i TEK17 §14-3 og § 14-5 for bygninger uten laftede vegger ser vi at U-verdi kravet for disse bygningene er en del strengere både når det kommer til energieffektivitet og energiltak, henholdsvis 0,22 og 0,18. Hvis vi derimot isolerer de laftede veggene enten innvendig eller utvendig vil dette gi utslag i bedre U-verdier, men dette vil ikke bli nærmere forklart her. (Byggforsk og Enova, 2013; TEK17 § 14-2(2) og § 14-3(1), 2017)

3.5 Kuldebroer

En kuldebro kan defineres på flere måter, men i denne oppgaven vil vi legge til grunn definisjonen som er gitt i SINTEFF byggforsk prosjektrapport 25:

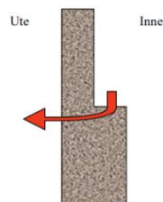
“En kuldebro er en del av omsluttende konstruksjon der den ellers ensartede varmemotstanden endres betydelig av en eller flere av punktene nedenfor:

- a) hel eller delvis gjennomtrengning av den omsluttende konstruksjonen av materialer med høyere varmekonduktivitet*
- b) en endring av konstruksjonens tykkelse*
- c) en forskjell mellom innvendig og utvendig areal, som ved overganger mellom vegg/gulv/tak”* (Gustavsen et al., 2008, s. 9)



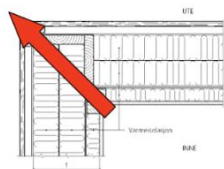
Figur 1. Eksempel på kuldebro ved en etasjeskiller. Etasjeskilleren, som kan være av forskjellige materialer, trenger delvis igjennom isolasjonen i veggens foravrig.

Figur 15: Eksempel på kuldebro forårsaket av hel eller delvis gjennomtrengning av den omsluttende konstruksjonen av materialer med høyere varmekonduktivitet. (Gustavsen et al., 2008, s. 9)



Figur 2. Illustrasjon av kuldebro ved endring i materialtykkelsen.

Figur 16: Eksempel på kuldebro forårsaket av en endring av konstruksjonens tykkelse. (Gustavsen et al., 2008, s. 9)



Figur 3. Eksempel på en hjørnekuldebro, som skyldes forskjell i utvendige og innvendige arealer.

Figur 17: Eksempel på kuldebro forårsaket av en forskjell mellom innvendig og utvendig areal, som ved overganger mellom vegg/gulv/tak". (Gustavsen et al., 2008, s. 9)

Dette betyr at kuldebroer oppstår der varmegjennomgangen i konstruksjonen endres, altså der en begrenset del av en bygningsdel, eller en bygning, har en U-verdi som er vesentlig høyere enn konstruksjonen omkring. Kuldebroer kan føre til økt varmetap i bygningen i tillegg til en redusert brukskomfort. I ekstreme tilfeller kan kuldebroer også føre til fuktproblemer, svekkelse av materialer og ujevnheter i tekstur og farge forårsaket av de store temperaturforskjellene. Når det kommer til U-verdi for en yttervegg er det også viktig å merke seg at kuldebroer som fremkommer på grunn av konstruksjonsmåte, f.eks. stendere i en stendervegg, skal være inkludert i U-verdien for denne veggen. Det samme gjelder også for tak og andre konstruksjonsdeler. (Gustavsen et al., 2008; Thue, 2016)

I de fleste bygninger vil det som regel være kuldebroer av en eller annen type, dette gjelder også for laftede bygninger hvor det gjerne er en stor andel kuldebroer av varierende grad. Men vi har også bygninger vi kan definere som “kuldebrofrie konstruksjoner”. Dette er, ifølge SINTEF Byggforsk Prosjektrapport 25, en sannhet med modifikasjoner. Det vil som regel være noe varmetap i de fleste tilslutningsdetaljer, men da det mangler en klar definisjon på hvor stor endringen i varmeledningsevnen må være, for at en detalj skal kunne kalles en kuldebro, får vi disse kuldebrofrie konstruksjonene. (Gustavsen et al., 2008)

En måte å lokalisere kuldebroer på er ved termografering som kan foretas av både innvendige og utvendige bygningskonstruksjoner. De mest nøyaktige temperaturene får man ved å termograferer innvendig. Når det kommer til termografering vil en kuldebro, vise seg som kaldere overflatetemperaturer innendørs og høyere overflatetemperaturer utendørs, mens en luftlekkasje vil vise seg som “kalde/mørke flammer” som strekker seg fra det stedet lekkasjen befinner seg. Det er også viktig å merke seg at vi stedvis kan få innvendige overflatetemperaturer som er lavere enn områdene rundt, selv om det ikke skyldes en kuldebro eller andre årsaker til varmetap. Dette kan spesielt forekomme i innvendige hjørner eller andre steder med liten bevegelse i luften fordi ulik lufthastighet langs flater vil endre overgangsmotstanden mellom luft og materialer. I innvendige hjørner vil vi også finne mindre refleksjonsstråling fra omgivelsene, og et termograferingskamera kan på bakgrunn av disse årsakene vise lavere temperaturer, selv om dette ikke er et tegn på lavere temperaturer. Dette fenomenet kalles ”hjørne-effekten”. (Holøs, S. og Aurlien, T., 2014)

Når det kommer til kuldebroer finnes det også noe som kalles normalisert kuldebroverdi. Dette er det totale varmetapet fra alle kuldebroene som befinner seg i en bygning dividert med oppvarmet bruksareal. Ifølge TEK17 § 14-2 (2) stilles det krav til størrelsen på denne for småhus og boligblokker. For småhus skal normalisert kuldebroverdi ikke overstige 0,05 W/m²K og for boligblokker skal den ikke overstige 0,07 W/m²K. (Gustavsen et al., 2008; TEK17 §14-2 (2), 2017)

3.4 Hygrotermisk masse og fuktbufring i tre

Hygrotermisk masse er et begrep som brukes om den sammensatte virkningen av termisk masse og hygroskopisk masse. Termisk masse sier noe om hvilken varmekapasitet et materiale har, det vil si hvor mye et materiale øker i temperatur i forhold til mengde varme som blir tilført. Hygroskopisk masse definerer hvor mye fuktkapasitet et materiale har. Begrepet fuktkapasitet brukes om et materiales evne til å ta opp eller avgi fuktighet når den relative fuktigheten rundt materialet øker eller synker. Det er ikke uvanlig for materialer at begge disse fenomenene opptrer samtidig, og dersom dette skulle være tilfellet kaller vi det hygrotermisk masse. (Lundstadsveen 2016)

Varmekapasiteten i materialet vil forandre seg med tiden ettersom fuktinnholdet i materialet varierer ut fra den relative fuktigheten, dette er fordi varmekapasiteten til vann er forskjellig fra materialet. Temperaturen i lufta er også en faktor som påvirker den hygrotermiske massen, dette er fordi den relative fuktigheten påvirkes av temperatur. Det vil altså si at både den termiske masse og den hygroskopiske massen avhenger av temperaturnivå og fuktinnhold, og dersom det skulle oppstå konstante forhold i romlufta vil det forekomme en likevekt mellom lufta i rommet og materialene. I dette tilfellet vil den hygrotermiske massen være uten betydning. (ZEB Project report 2015; Lundstadsveen 2016)

Ifølge Rode og Grau (2008) og ZEB Project report (2015) er fuktbufring et begrep som brukes om et hygroskopisk materiales evne til å absorbere og avgi fuktighet som en funksjon av luftas fuktinnhold med tiden. Tre er et eksempel på et hygroskopisk materiale da det har evnen til å trekke til seg fukt fra omgivelsene. Begrepet fuktbufring blir også ofte brukt for å vise til de forskjellige materialers evne til å utjevne svingninger i inneluftens relative fuktighet. Det er mange faktorer som avgjør hvilke effekt fuktbufring utgjør i et rom, og relativ fuktighet er en av dem. Den relative fuktigheten, gjerne kalt RF, oppgis i prosent og er et begrep som brukes til å beskrive fuktnivået i et gitt rom. For at fuktbufring skal ha noen form for effekt forutsetter det at den relative fuktigheten i innelufta har en døgnvariasjon. Døgnvariasjonen angir i dette tilfellet hvor mye den relative fuktigheten varierer i løpet av 24 timer. Ut i fra dette kan man se at desto mindre døgnvariasjon det er, desto mindre effekt har fuktbufringen. Disse egenskapene gjør at fuktbufring potensielt kan brukes for å både spare energi og forbedre luftkvaliteten inne. I praksis er det flere komponenter som bidrar til

fuktbufring i et rom, eksempler på dette er innvendige overflater, møbler, tekstiler og kledning. (Rode og Grau, 2008; ZEB Project report, 2015; Lundstadsveen 2016)

Det hevdes at fuktbufring kan være en potensiell kilde for energisparing, denne energisparingen går ut på at man benytter sorpsjonsvarme. I denne sammenhengen er sorpsjonsvarme noe som oppstår når vanndamp adsorberer i overflaten på et gitt materiale, som for eksempel tre, da skjer det en form for faseendring og energien som frigjøres i denne endringen kalles sorpsjonsvarme. Adsorpsjon er en type bindingsform som oppstår når vann- eller dampmolekyler legger seg som en tynn hinne på materialoverflaten. Det oppstår tiltrekningskrefter mellom overflatemolekylene og vanndampmolekylene som gjør at det kreves en viss mengde energitilførsel for at de kan frigjøres, denne energien kalles latent sorpsjonsvarme. Selv om interessen rundt fuktbufring og potensiell praktisk utnyttelse av den er stor, så finnes det svært få studier som kan dokumentere at utnytting av sorpsjonsvarme bidrar til energisparing på et nivå som gjør at det bør tas med i energiregnskapet til en bygning. (ZEB Project report, 2015)

Materialets varmeledningsevne og materialets varmekapasitet er faktorer som påvirker varmekraften gjennom materialoverflaten da den blir utsatt for varierende lufttemperatur. Varmeledningsevnen til et materiale sier noe om hvor stor varmekraften gjennom et materiale er. Både varmeledningsevnen og varmekapasiteten til et materiale avhenger av temperatur og vanninnhold. Dersom et gitt materiale har høy varmeledningsevne vil det føre til at det gir god varmeinntrengning. Det motsatte skjer dersom materialet har høy varmekapasitet, da dempes varmeinntrengningen. Det er viktig å forstå at buffervirkningen i materialet påvirkes av disse faktorene, samtidig kan man se at et materiale med lav varmekapasitet og høy varmeledningsevne kan ha like gode bufferegenskaper som det motsatte. Ved tørr tilstand har tre, sammenlignet med andre materialer, lav varmeledningsevne. Dette fører til at det har gode varmeisolerende evner. Det er også viktig å bemerke seg at treets varmeledningsevne stiger proporsjonalt med treets fuktinnhold. (Katavic, 2014; Sandaker, Sandvik og Vik, 2014; ZEB Project report, 2015)

Det er også flere materialegenskaper som varierer med fuktinnholdet i romlufta rundt. Ved varierende luftfuktighet vil det forekomme vanndampdiffusjon gjennom materialoverflaten. Dette fenomenet oppstår når et tørt materiale kommer i kontakt med fuktig luft. I disse tilfellene vil vannmolekylene diffundere inn i materialets porer, det vil altså spre seg. Denne

prosessen pågår inntil det oppstår likevekt mellom fuktinnhold i materialet og fuktinnhold i omsluttende luft. Dersom et materiale inneholder mer fukt enn lufta rundt vil diffusjonen foregå motsatt vei, og vanndampmolekylene vil trenge ut av materialet. Vanndampdiffusjon er altså en form for fukttransport. Fukttransport kan foregå i både væske- og dampform, hvorav begge tilfellene av transport kan forekomme på samme tid. I tilfeller der det oppstår vanndampdiffusjon vil det være to faktorer som avgjør hvor stor fukttransport det blir, dette er materialets vanndamppermeabilitet og fuktkapasitet. Høy permeabilitet bidrar til at fuktinntrengingen i materialet øker, mens høy fuktkapasitet demper fuktinntrengingen. (Katavic, 2014; ZEB Project report, 2015)

4. Resultater

Før vi presenterer resultatene for alle simuleringene og målingene som er gjennomført i denne oppgaven ønsker vi å vise hvordan oppbygningen av testhusene stiller seg mot minimumskravene for energieffektivitet for boligbygning og fritidsbolig av laftede yttervegger i TEK17 § 14-3 (1) b). Utrekninger av U-verdier og dokumentasjon på benyttede materialer finnes i vedlegg 1 og 2. Lekkasjetallene er målt, og mer detaljer om disse finnes under ”4.5 Trykktest”

	Minimumskrav etter TEK17 § 14-3 b)	Maskinlaft og håndlaft
Dimensjon yttervegg (mm)	$\geq 152,4$ (6")	195
U-verdi tak (W/m^2K)	$\leq 0,18$	0,12
U-verdi gulv på grunn og mot det fri (W/m^2K)	$\leq 0,18$	0,13
U-verdi vindu og dør, inkludert karm/ramme (W/m^2K)	$\leq 1,2$	Vindu: 0,93 Dør: 0,94
Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell	≤ 6	Maskinlaft: 3,95 Håndlaft: 3,77

Tabell 3: Testhusenes oppbygning sett opp mot krav i TEK17 §14-3

Som tabell 3 viser, er alle minimumskravene for energieffektivitet etter TEK17 §14-3 godkjent med god margin.

Sammenlignes tykkelsen (195 mm) på lafteveggene benyttet i de to testhusene opp mot byggforsk datablad 471,431 sin beregning av U-verdi for laftede trevegger uten isolasjon, får disse en teoretisk U-verdi på $0,669 W/m^2K$. Se vedlegg 2 for utregning.

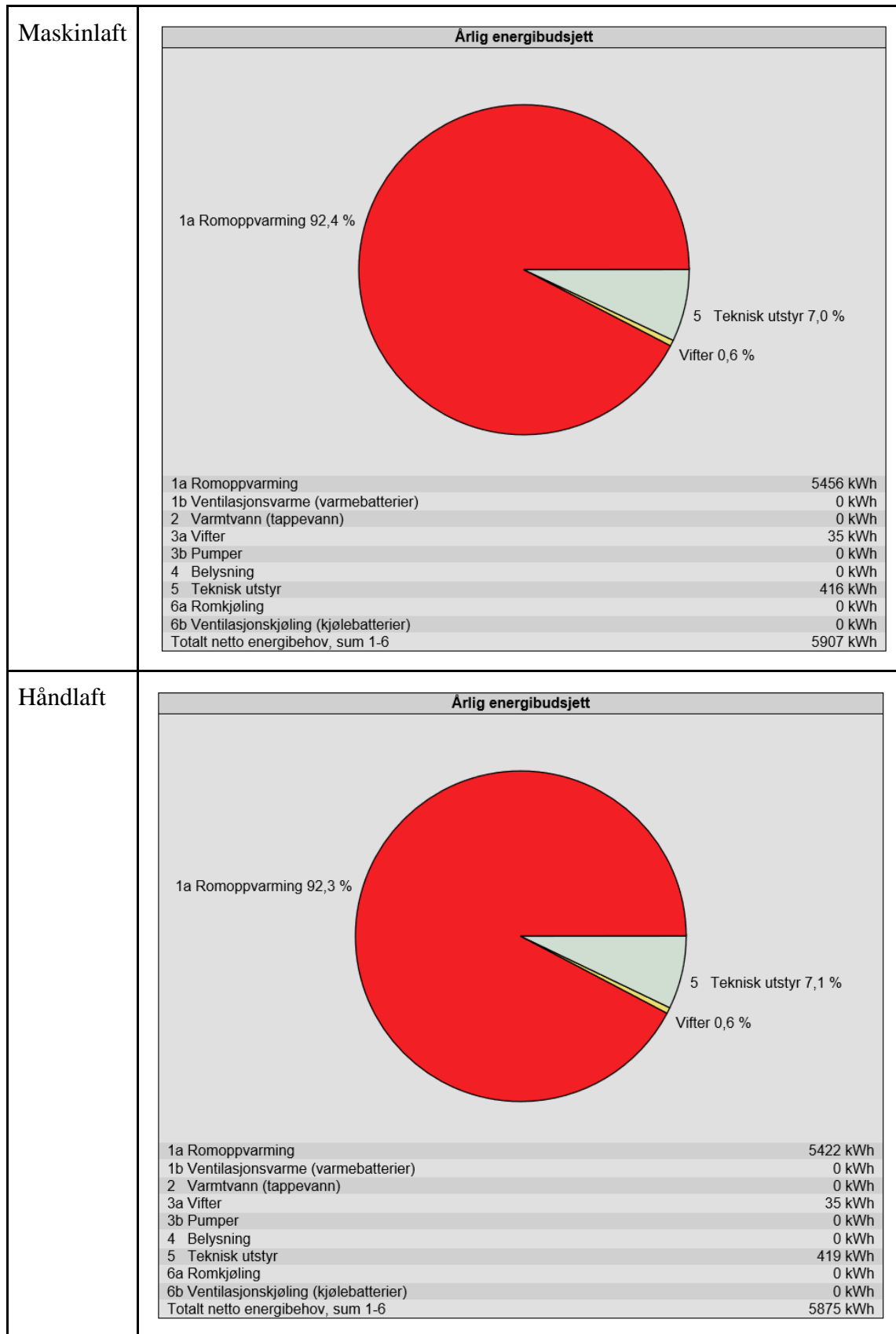
4.1 Simuleringer

4.1.1 Simien

Årlig energibudsjett

Figurene i grafen under viser en oversikt over det årlige energibudsjettet og hvordan dette fordeler seg mellom de ulike komponentene som står for energiforbruket. Man kan tydelig se

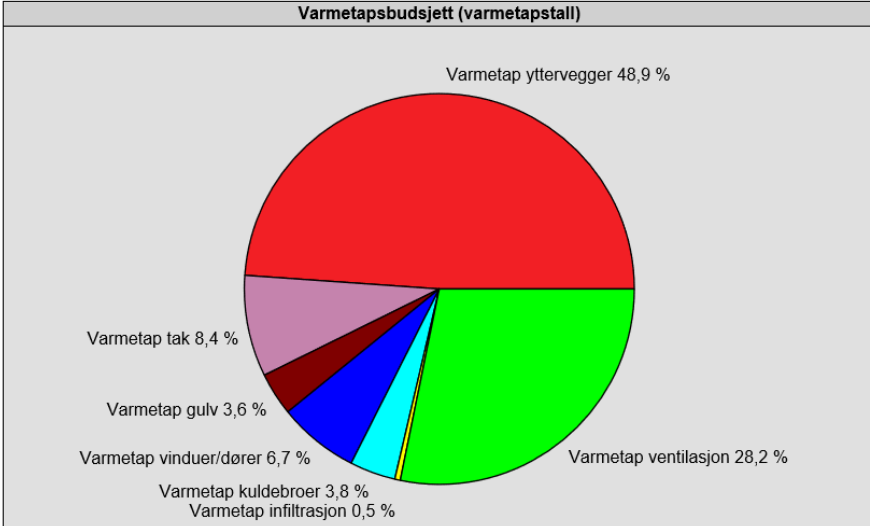
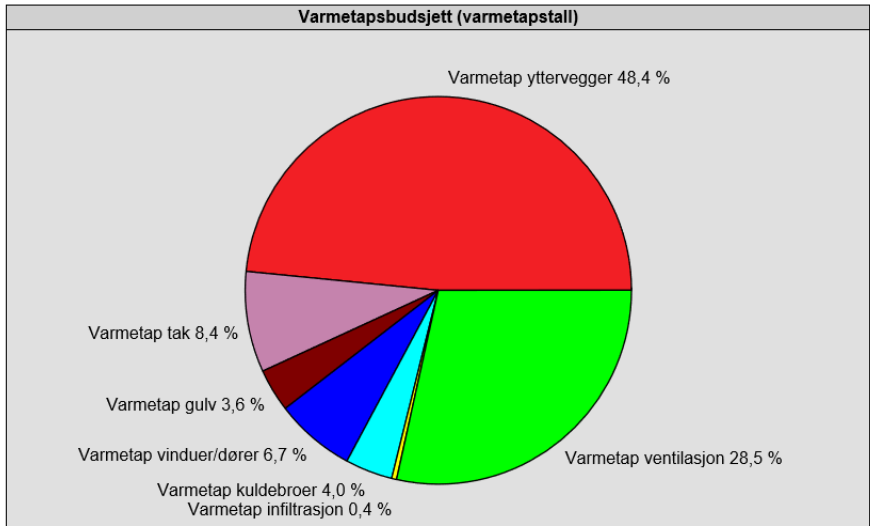
at det er romoppvarming som står for det største energiforbruket etterfulgt av tekniske komponenter og vifter. Tekniske komponenter er her fuktmaskinene.



Tabell 4: Simulert årlig energibudsjett.

Varmetapsbudsjett

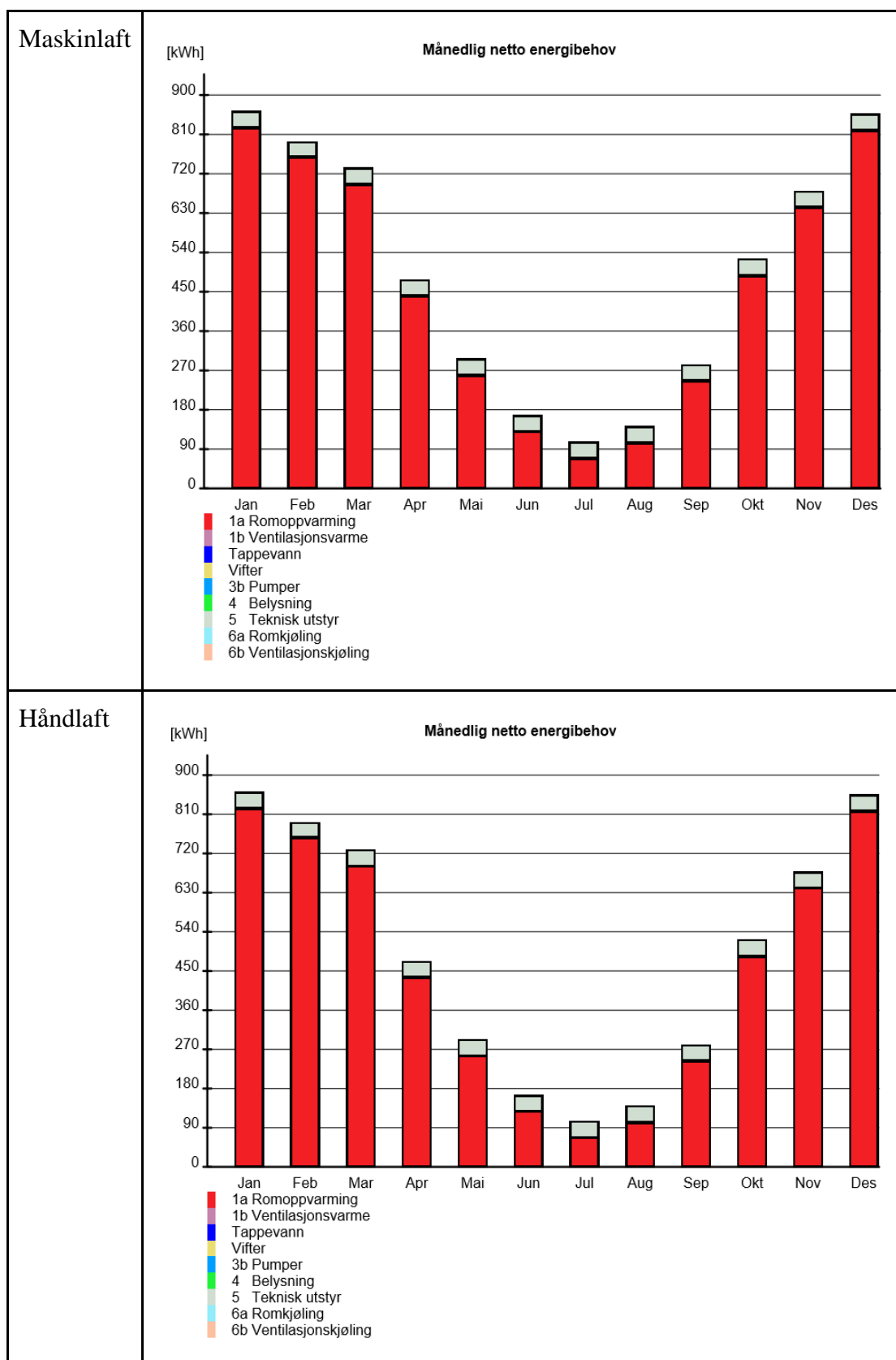
Varmetapsbudsjettet, som viser hvor i konstruksjonen det største varmetapet foregår, viser at det helt klart er gjennom ytterveggene det foregår størst varmetap. Nesten 49% av varmetapet skjer gjennom disse. Videre viser varmetapsbudsjettet at ventilasjon står for den nest største andelen av varmetapet etterfulgt av tak, vinduer/dører, kuldebroer, gulv og infiltrasjon. Man kan også se at det kun er små forskjeller mellom de to laftebygningene.

Maskinlaft	<p style="text-align: center;">Varmetapsbudsjett (varmetapstall)</p>  <table border="1" data-bbox="368 1070 1241 1245"> <tbody> <tr> <td>Varmetapstall yttervegger</td> <td>1,51 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Varmetapstall tak</td> <td>0,26 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri</td> <td>0,11 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Varmetapstall glass/vinduer/dører</td> <td>0,21 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Varmetapstall kuldebroer</td> <td>0,12 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Varmetapstall infiltrasjon</td> <td>0,01 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Varmetapstall ventilasjon</td> <td>0,87 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Totalt varmetapstall</td> <td>3,09 W/m²K</td> </tr> </tbody> </table>	Varmetapstall yttervegger	1,51 W/m²K	Varmetapstall tak	0,26 W/m²K	Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,11 W/m²K	Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,21 W/m²K	Varmetapstall kuldebroer	0,12 W/m²K	Varmetapstall infiltrasjon	0,01 W/m²K	Varmetapstall ventilasjon	0,87 W/m²K	Totalt varmetapstall	3,09 W/m²K
Varmetapstall yttervegger	1,51 W/m²K																
Varmetapstall tak	0,26 W/m²K																
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,11 W/m²K																
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,21 W/m²K																
Varmetapstall kuldebroer	0,12 W/m²K																
Varmetapstall infiltrasjon	0,01 W/m²K																
Varmetapstall ventilasjon	0,87 W/m²K																
Totalt varmetapstall	3,09 W/m²K																
Håndlaft	<p style="text-align: center;">Varmetapsbudsjett (varmetapstall)</p>  <table border="1" data-bbox="368 1814 1241 1989"> <tbody> <tr> <td>Varmetapstall yttervegger</td> <td>1,48 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Varmetapstall tak</td> <td>0,26 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri</td> <td>0,11 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Varmetapstall glass/vinduer/dører</td> <td>0,21 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Varmetapstall kuldebroer</td> <td>0,12 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Varmetapstall infiltrasjon</td> <td>0,01 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Varmetapstall ventilasjon</td> <td>0,87 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Totalt varmetapstall</td> <td>3,06 W/m²K</td> </tr> </tbody> </table>	Varmetapstall yttervegger	1,48 W/m²K	Varmetapstall tak	0,26 W/m²K	Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,11 W/m²K	Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,21 W/m²K	Varmetapstall kuldebroer	0,12 W/m²K	Varmetapstall infiltrasjon	0,01 W/m²K	Varmetapstall ventilasjon	0,87 W/m²K	Totalt varmetapstall	3,06 W/m²K
Varmetapstall yttervegger	1,48 W/m²K																
Varmetapstall tak	0,26 W/m²K																
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,11 W/m²K																
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,21 W/m²K																
Varmetapstall kuldebroer	0,12 W/m²K																
Varmetapstall infiltrasjon	0,01 W/m²K																
Varmetapstall ventilasjon	0,87 W/m²K																
Totalt varmetapstall	3,06 W/m²K																

Tabell 5: Simulert varmetapsbudsjett

Månedlig netto energibehov

I tabellen under vises grafene for hvordan energibehovet fordeler seg utover årets måneder i begge laftebygningene. Som det kan ses er dette tilnærmet likt i begge.



Tabell 6: Simulert månedlig netto energibehov.

Månedlig temperaturdata: Lufttemperatur eller operativ temperatur?

Under vises månedlig temperaturdata som er brukt i energisimuleringen samt oppnådd maksimal, minimal og gjennomsnittlig innetemperatur per måned. Man kan se at utetemperatur er lik for begge testhusene da dette er gjennomsnittlig temperatur og klimadata for Gjøvik, den valgte parameteren for klimasted. Innvendige temperaturer er også relativt like for begge laftebygningene, men de er litt lavere, 0,1-0,3 °C, i maskinlaft for både maks, min og midlere sone en del måneder av året.

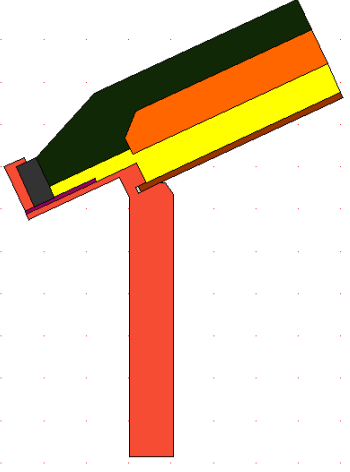
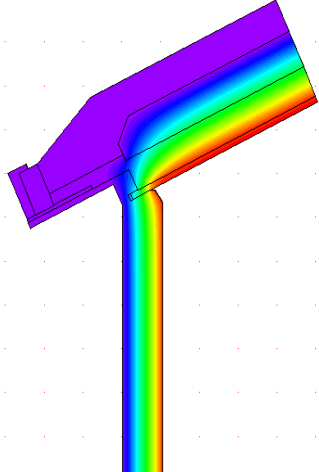
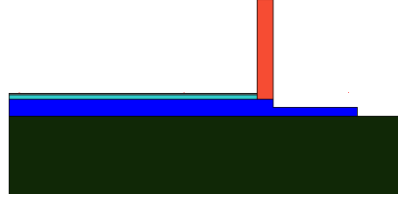
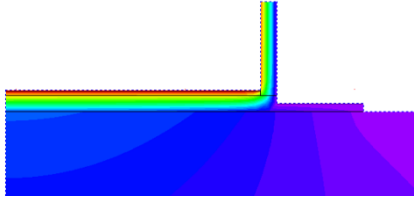
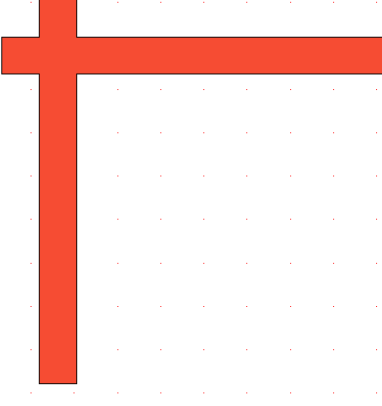
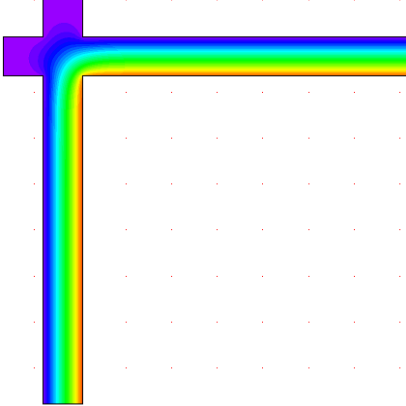
Maskinlaft	Månedlige temperaturdata (lufttemperatur)						
	Måned	Midlere ute	Maks. ute	Min. ute	Midlere sone	Maks. sone	Min. sone
	Januar	-3,7 °C	7,9 °C	-18,7 °C	19,7 °C	21,0 °C	14,4 °C
	Februar	-4,2 °C	8,9 °C	-20,1 °C	19,9 °C	21,0 °C	14,4 °C
	Mars	-0,8 °C	12,6 °C	-16,2 °C	20,2 °C	21,0 °C	17,1 °C
	April	5,1 °C	16,1 °C	-6,1 °C	20,3 °C	21,7 °C	19,0 °C
	Mai	10,6 °C	21,9 °C	-1,3 °C	20,4 °C	23,2 °C	19,0 °C
	Juni	14,2 °C	24,7 °C	2,1 °C	21,0 °C	25,9 °C	19,0 °C
	Juli	16,8 °C	29,5 °C	5,8 °C	21,4 °C	29,7 °C	19,0 °C
	August	15,8 °C	24,9 °C	4,8 °C	20,8 °C	25,0 °C	19,0 °C
	September	11,1 °C	22,3 °C	1,1 °C	20,4 °C	24,4 °C	19,0 °C
	Oktober	5,3 °C	15,3 °C	-5,0 °C	20,3 °C	21,5 °C	19,0 °C
	November	1,1 °C	11,2 °C	-10,4 °C	20,2 °C	21,0 °C	19,0 °C
	Desember	-3,4 °C	8,1 °C	-18,4 °C	20,0 °C	21,0 °C	14,3 °C

Håndlaft	Månedlige temperaturdata (lufttemperatur)						
	Måned	Midlere ute	Maks. ute	Min. ute	Midlere sone	Maks. sone	Min. sone
	Januar	-3,7 °C	7,9 °C	-18,7 °C	19,7 °C	21,0 °C	14,5 °C
	Februar	-4,2 °C	8,9 °C	-20,1 °C	20,0 °C	21,0 °C	14,5 °C
	Mars	-0,8 °C	12,6 °C	-16,2 °C	20,2 °C	21,0 °C	17,1 °C
	April	5,1 °C	16,1 °C	-6,1 °C	20,3 °C	21,8 °C	19,0 °C
	Mai	10,6 °C	21,9 °C	-1,3 °C	20,4 °C	23,3 °C	19,0 °C
	Juni	14,2 °C	24,7 °C	2,1 °C	21,0 °C	26,0 °C	19,0 °C
	Juli	16,8 °C	29,5 °C	5,8 °C	21,5 °C	30,0 °C	19,0 °C
	August	15,8 °C	24,9 °C	4,8 °C	20,8 °C	25,2 °C	19,0 °C
	September	11,1 °C	22,3 °C	1,1 °C	20,4 °C	24,7 °C	19,0 °C
	Oktober	5,3 °C	15,3 °C	-5,0 °C	20,3 °C	21,6 °C	19,0 °C
	November	1,1 °C	11,2 °C	-10,4 °C	20,2 °C	21,0 °C	19,0 °C
	Desember	-3,4 °C	8,1 °C	-18,4 °C	20,0 °C	21,0 °C	14,4 °C

Tabell 7: Månedlig temperaturdata benyttet i simuleringer gjennomført i Simien

4.1.2 Flixo

I tabellen under presenteres oppbyggingen av konstruksjonen, temperaturfordeling gjennom konstruksjonen samt tilhørende kuldebroverdi. For mer detaljerte beskrivelser av inndata og utregning av kuldebroverdiene gjennomført i Flixo, se vedlegg 4. Det er benyttet en temperaturdifferanse på 30 grader mellom innvendig og utvendig temperatur ved utregning av kuldebroverdiene.

	Oppbygging	Temperaturfordeling gjennom konstruksjonen	Kuldebroverdi (W/mK)
Vegg/ tak			0,034
Vegg/ gulv			0,03
Hjørne			0,053

Tabell 8: Kuldebroverdier beregnet i Flixo

Utregning av normalisert kuldebroverdi

Verdiene for vindu/vegg og dør/vegg er hentet fra SINTEF byggforsk forskningsrapport 25, mens de resterende er beregnet ut fra faktisk konstruksjon ved hjelp av Flixo. Det er ikke tatt hensyn til kuldebroer rundt takåser da disse anses som små. Dette er blant annet basert på resultater fra termograferingen som det kan leses om lenger ned i oppgaven.

Maskinlaft						BRA: 15,03
Overgangsdetalj	Lengde (m)	Antall	Total lengde(m)	Kuldebroverdi (W/mK)	Varmetap fra kuldebro (W/K)	
Tak/langvegg	5,00	2	10,01	0,034	0,340	
Tak/gavlvegg	3,03	2	6,06	0,034	0,206	
Hjørner	2,26	4	9,03	0,053	0,478	
Vegg/gulv langvegg	5,00	2	10,01	0,03	0,300	
Vegg/gulv kortvegg	1,50	2	3,00	0,03	0,090	
Vindu/vegg	3,55	2	7,10	0,02	0,142	
Dør/vegg	4,85	1	4,85	0,04	0,194	
Totalt varmetap					1,751	
Normalisert kuldebroverdi					0,117	

Håndlaft						BRA: 15,14
Overgangsdetalj	Lengde (m)	Antall	Total lengde(m)	Kuldebroverdi (W/mK)	Varmetap fra kuldebro (W/K)	
Tak/langvegg	5,02	2	10,04	0,034	0,341	
Tak/gavlvegg	3,04	2	6,08	0,034	0,207	
Hjørner	2,20	4	8,81	0,053	0,467	
Vegg/gulv langvegg	5,02	2	10,04	0,03	0,301	
Vegg/gulv kortvegg	3,02	2	6,03	0,03	0,181	
Vindu/vegg	3,55	2	7,10	0,02	0,142	
Dør/vegg	4,85	1	4,85	0,04	0,194	
Totalt varmetap					1,833	
Normalisert kuldebroverdi					0,121	

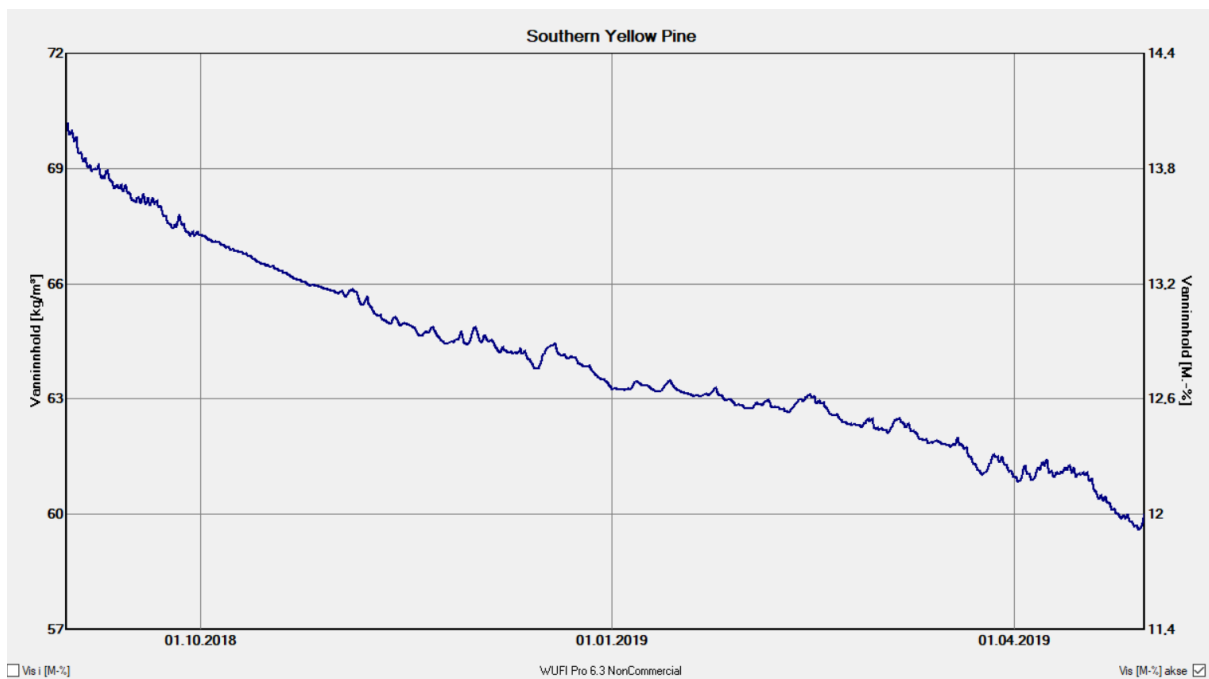
Figur 18: Utregning av normalisert kuldebroverdi for maskinlaft og håndlaft.

4.1.3 Wufi Pro

Et utdrag av de mest relevante resultatene fra simuleringen i Wufi Pro, foretatt på nordvestlige vegg, for perioden 01.09.2018-30.04.2019 kan ses under. Det er også foretatt simuleringer på sørøstlige vegg, men disse viser ikke store forskjeller fra nordvestlige vegg, det er derfor valgt å kun presentere resultatene fra nordvestlige vegg. I vedlegg 5 finner flere resultater.

Endringer i trefuktighet

Grafen under viser endringen i vanninnhold til lafteveggene i løpet av disse 8 månedene. Man kan i løpet av denne tiden tydelig se at vanninnholdet synker fra antatt og oppgitt midlere trefuktighet ved start på 14% til rett under 12%. Dette viser at treet tørker ut.

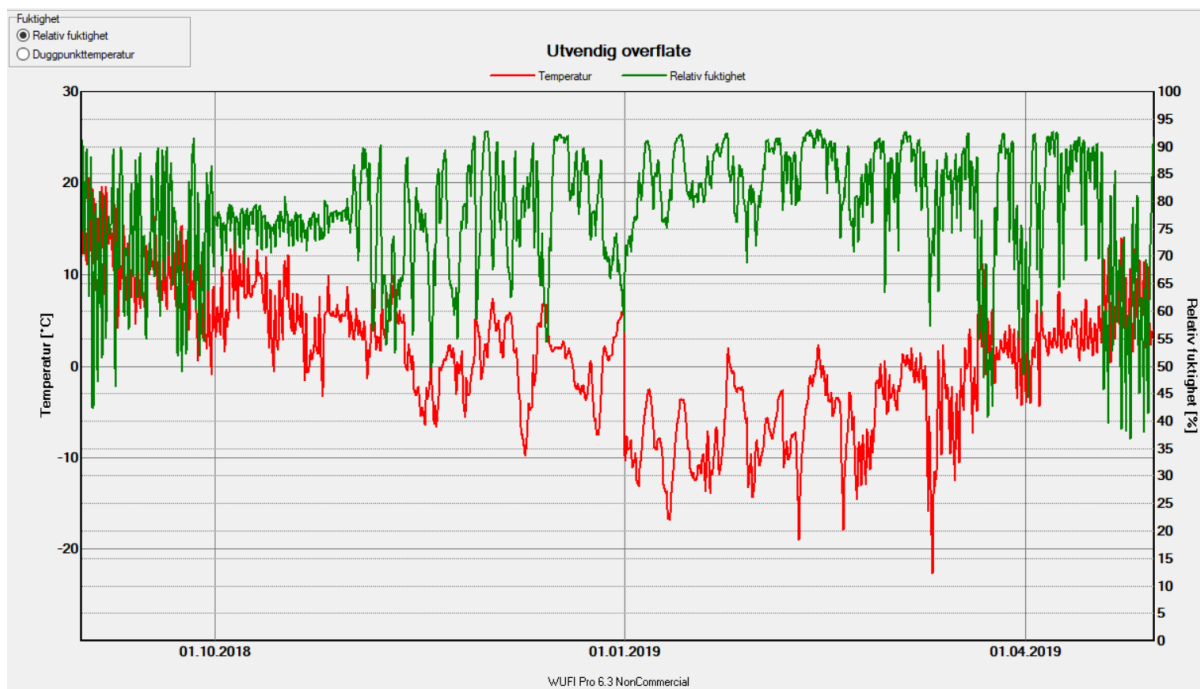


Figur 19: Simulert vanninnhold i vegg.

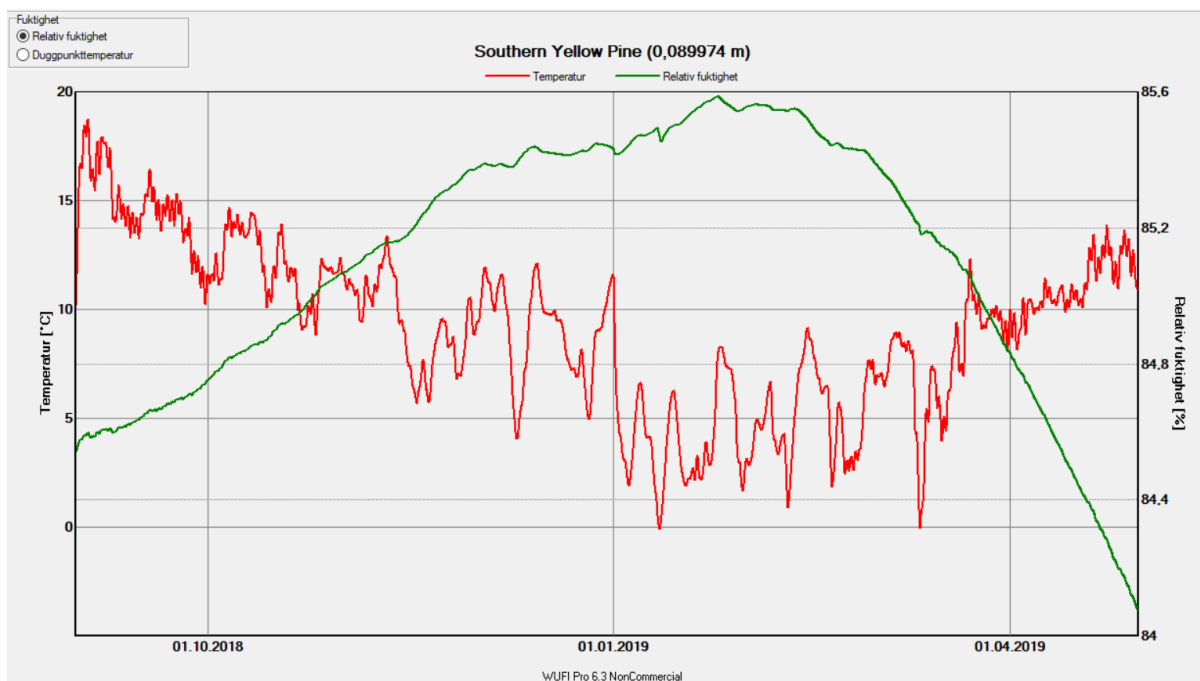
Overflatetemperatur og relativ fuktighet

Under kan man se en grafisk oversikt over simulert relativ fuktighet og temperatur på utvendig overflate, midt i sjiktet og på innvendig overflate. For utvendig overflate kan man se at temperaturen synker fra september og utover vintermånedene før den begynner å stige igjen mot slutten av mars. De samme tendensene kan man også se både midt i sjiktet og på innvendig overflate, dog mye tydeligere midt i sjiktet enn på innvendig overflate.

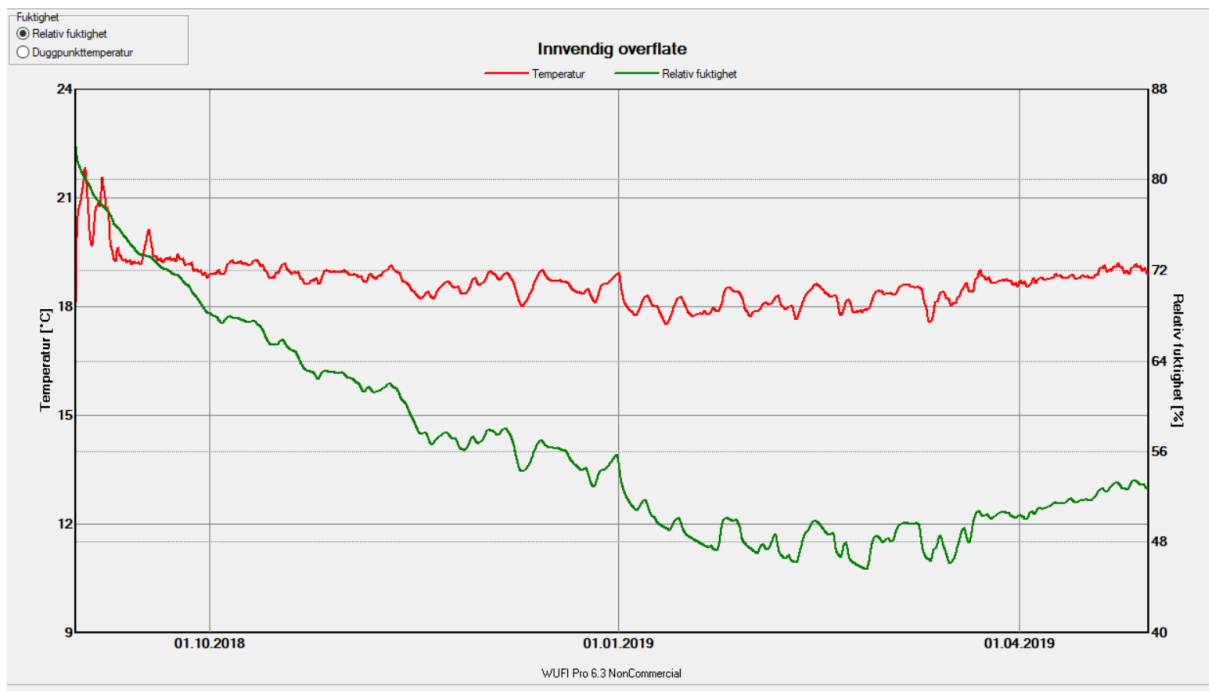
Relativ luftfuktighet derimot kan man se at svinger mye på utvendig overflate, hovedsakelig mellom 40-93%. Midt i sjiktet er det mindre svingninger og endringene er generelt små, fra RF på 84%-85,6%. Men man ser likevel en tydelig tendens med økning i RF utover vintermånedene før den igjen synker fra midten av mars og utover april. I innvendig sjikt kan man også se relativt store endringer i relativ fuktighet. RF synker kraftig til å begynne med før den begynner å øke litt fra midten av mars og utover, men da i mye mindre grad enn hva den sank i løpet av de første månedene.



Figur 20: Simulert temperatur og RF på utvendig overflate av vegg.



Figur 21: Simulert temperatur og RF midt i vegg.

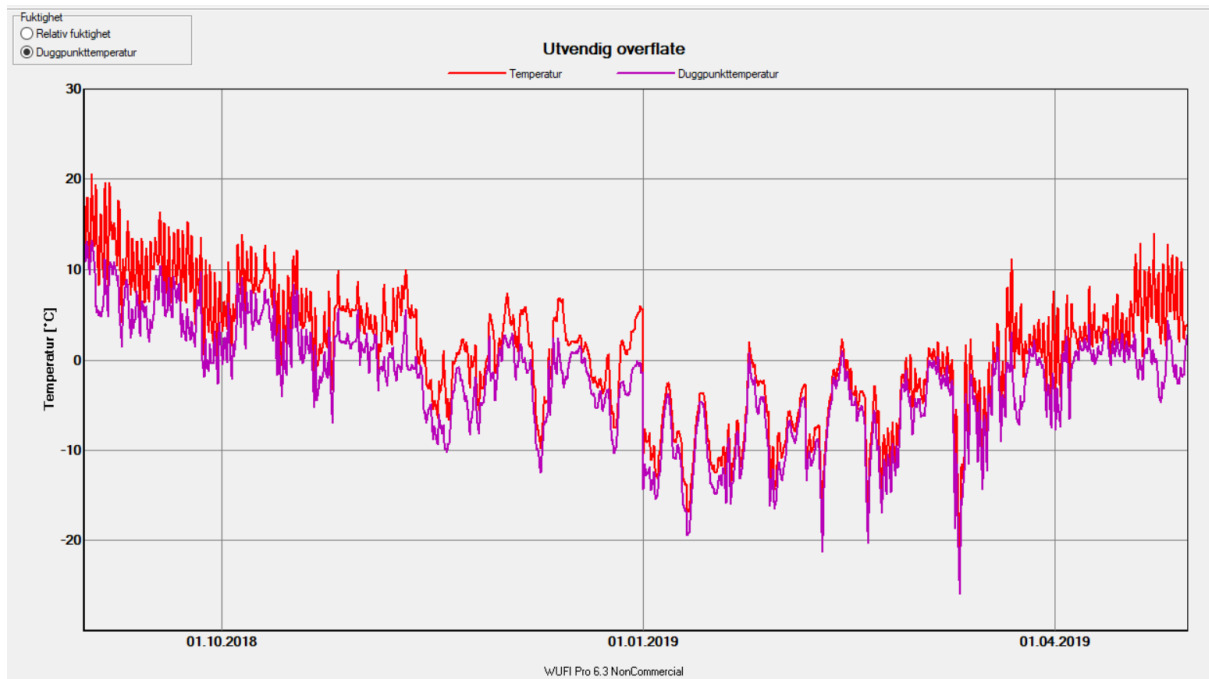


Figur 22: Simulert temperatur og RF på innvendig overflate av vegg.

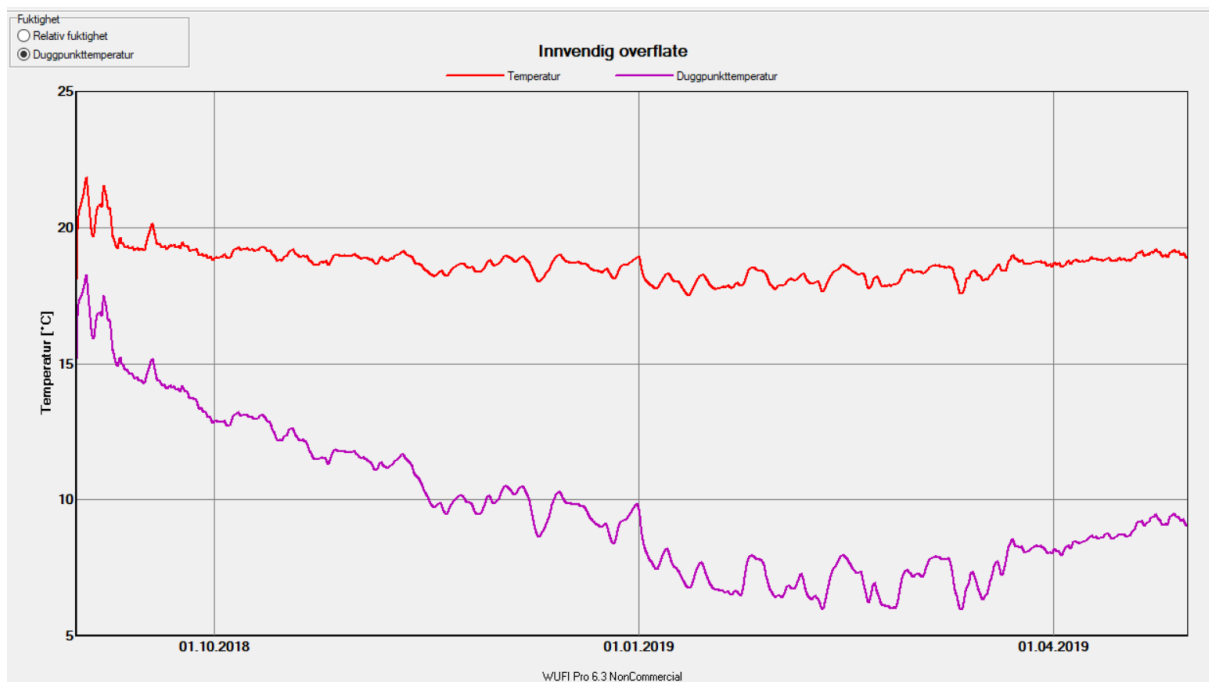
Duggpunkt

De to grafene under viser temperatur og duggpunkttemperatur på utvendig og innvendig overflate. Den lille grafen som viser duggpunkt sier noe om ved hvilke temperatur det vil oppstå kondens på overflaten. Hvis den overstiger den røde grafen som viser simulert temperatur på overflatene vil det oppstå kondens, noe som ikke er heldig for konstruksjonen da dette på sikt kan føre til mugg, sopp og råte.

For innvendig overflate kan vi tydelig se at det ikke er noe fare for kondens da duggpunkttemperatur ligger langt under temperaturgrafen. For utvendig overflate ligger også grafen for duggpunkttemperaturen under overflatetemperaturen, noe som er bra, da dette tilsier at det ikke er fare for kondens. Men her kan man se at det ikke er mye om å gjøre før duggpunkttemperaturen overstiger overflatetemperaturen, spesielt i vintermånedene, noe som kan tyde på at det er en minimal fare for at kondens kan oppstå på utvendig overflate.



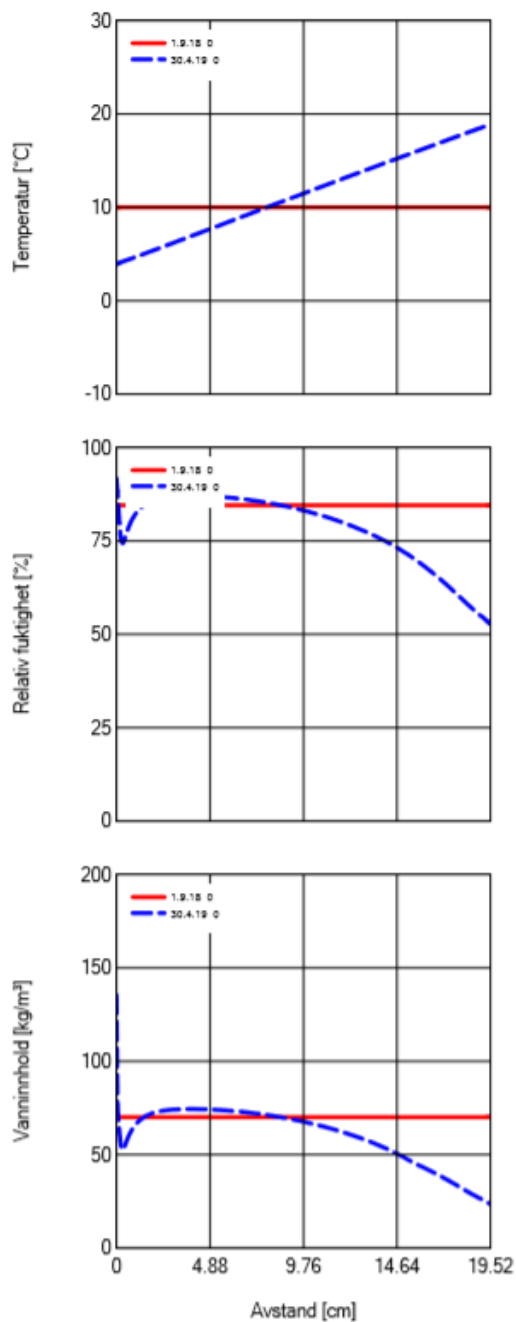
Figur 23: Simulert duggpunkttemperatur for vegg på utvendig overflate.



Figur 24: Simulert duggpunkttemperatur for vegg på innvendig overflate.

Endring av temperatur, RF og vanninnhold gjennom sjikt

Som grafene i figur 25 under viser er temperatur, RF og vanninnhold ved start, 01.09.2018 antatt likt gjennom hele stokken, mens det ved simuleringens slutt, den 30.04.2019, har endret seg og er ikke lenger stabilt gjennom stokken. Temperatur er lav lavere på utvendig overflate, mens det stiger jevnt innover mot innvendig overflate. RF derimot er klart høyest på utvendig overflate før det synker raskt for så å øke noe igjen mot ca. 3 cm inn i stokken. Deretter synker RF jevnt, men ikke lineært, mot innvendig overflate. Det samme kan ses for vanninnholdet.



Figur 25: Simulert endring av temperatur, RF og vanninnhold gjennom sjikt

4.2 Målinger av energiforbruk og fuktighet

Energiforbruk

I tabell 9 under finnes en oversikt over energiforbruket samt gjennomsnittlige temperaturer i hyttene gjennom fire gitte perioder. Ved målinger gjort i disse periodene har fuktmaskiner blitt anvendt for å simulere aktivitet fra to mennesker, som forklart i metodekapittelet. Det er tydelig at energiforbruket i håndlaft ligger godt over maskinlaft i alle periodene. Se vedlegg 8 for grafisk fremstilling og mer detaljert målinger av energiforbruk.

Måleperiode	Energiforbruk maskinlaft [kWh]	Energiforbruk håndlaft [kWh]	Midlere utetemperatur [°C]
Periode 1 (05.03-10.03)	72,1	77,3	-2,6
Periode 2 (25.03-30.03)	42,4	63,5	5,9
Periode 3 (01.04-06.04)	51,3	61,3	3,4
Periode 4 (08.04-13.04)	45,3	56,2	4,2
Samlet energiforbruk periode 1-4	211,1	258,3	

Tabell 9: Oversikt over energiforbruk samt gjennomsnittlig temperaturer i testhusene gjennom fire perioder.

Måling av energiforbruk har som nevnt i metode blitt foretatt kontinuerlig gjennom månedene februar-april, altså både i perioder hvor vi har tilført fukt, og i perioder hvor vi ikke har tilført fukt. I Tabell 10 og 11 finnes en oversikt over energiforbruket og midlere inne- og utetemperaturer i begge testhusene gjennom disse tre månedene. Man kan se at maskinlaft har lavest energiforbruk gjennom alle tre månedene. I tillegg viser grafen at midlere innetemperatur også har vært noe lavere i maskinlaft enn i håndlaft gjennom samtlige perioder.

MASKINLAFT			
Måned	Energiforbruk [kWh]	Midlere utetemperatur [°C]	Midlere innetemperatur [°C]
Februar	383,5	-1,7	18,5
Mars	343,2	1,4	18,7
April	189	8,2	18,7
Samlet energiforbruk	915,7		

Tabell 10: Oversikt over energiforbruk i februar, mars og april samt midlere ute og innetemperatur målt i maskinlftbygningen.

HÅNDLAFT			
Måned	Energiforbruk [kWh]	Midlere utetemperatur [°C]	Midlere innetemperatur [°C]
Februar	400,3	-1,7	18,8
Mars	406,5	1,4	19,9
April	238,8	8,2	19,8
Samlet energiforbruk	1045,6		

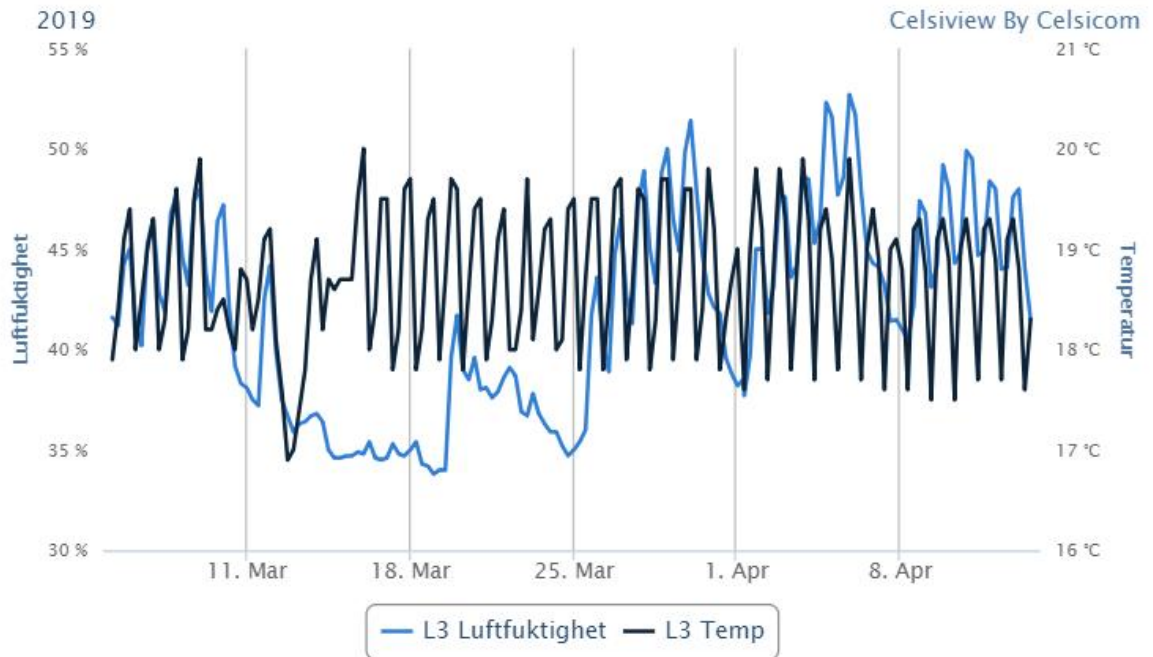
Tabell 11: Oversikt over energiforbruk i februar, mars og april samt midlere ute og innetemperatur målt i håndlftbygningen.

Luftfuktighet og trefuktighet

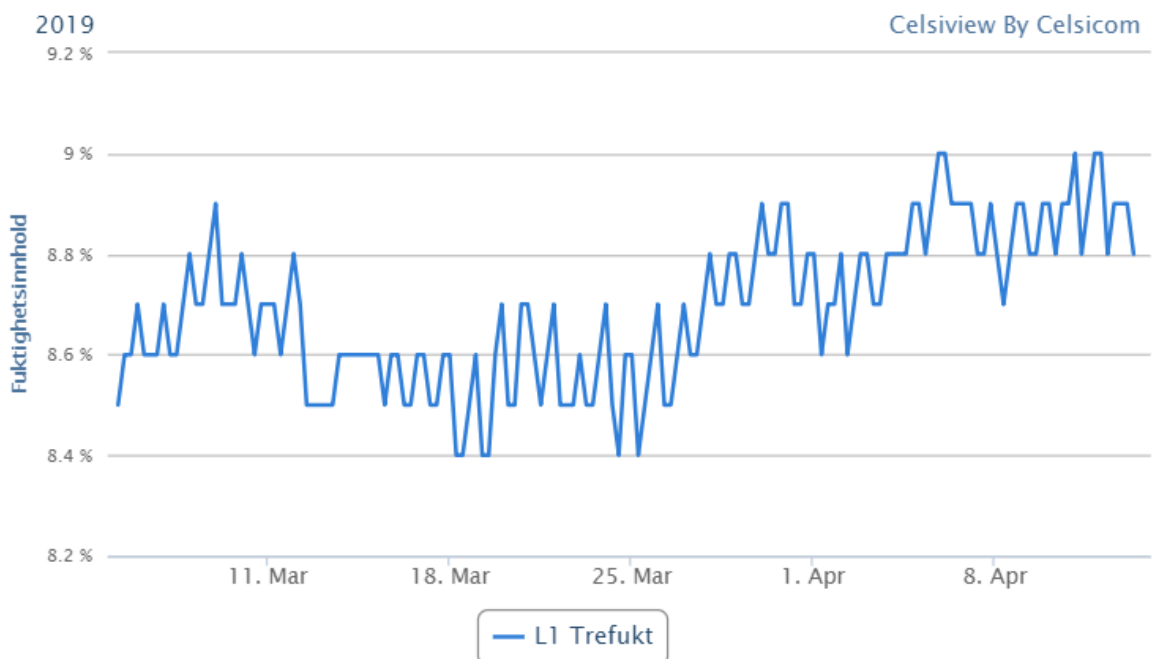
Grafene nedenfor viser lufttemperatur inne, relativ fuktighet innvendig og trefukt i innvendig sjikt til begge laftebygningene i tidsrommet 05.03.19-13.04.19, samme tidsrom som det er foretatt måleperioder med tilført fuktighet. Trefukten som presenteres i grafen under er målt 1 cm inn i stokkens innvendige overflate, og har benevningen %. Ut fra grafen kan vi blant annet se at trefuktigheten og luftfuktigheten i stor grad stiger og synker ved samme tidspunkt. Dette er tilfellet for begge hyttene. Grafene viser også tydelig at i perioder hvor det ikke har blitt tilført fukt i testhusene, blant annet mellom 11.03-24.03 så synker luftfuktigheten relativt mye, noe som videre fører til at trefuktigheten også synker i disse periodene. Man kan også

se, ved å sammenligne grafen for trefukt i de to testhusene, at trefuktigheten generelt ligger på et høyere nivå i håndlaft enn i maskinlaft. Grafene her er navngitt med L eller H etterfulgt av et tall som står for type sensor. Disse bokstavene har ingen betydning annet enn at L står for maskinlaft og H står for håndlaft.

Maskinlaft

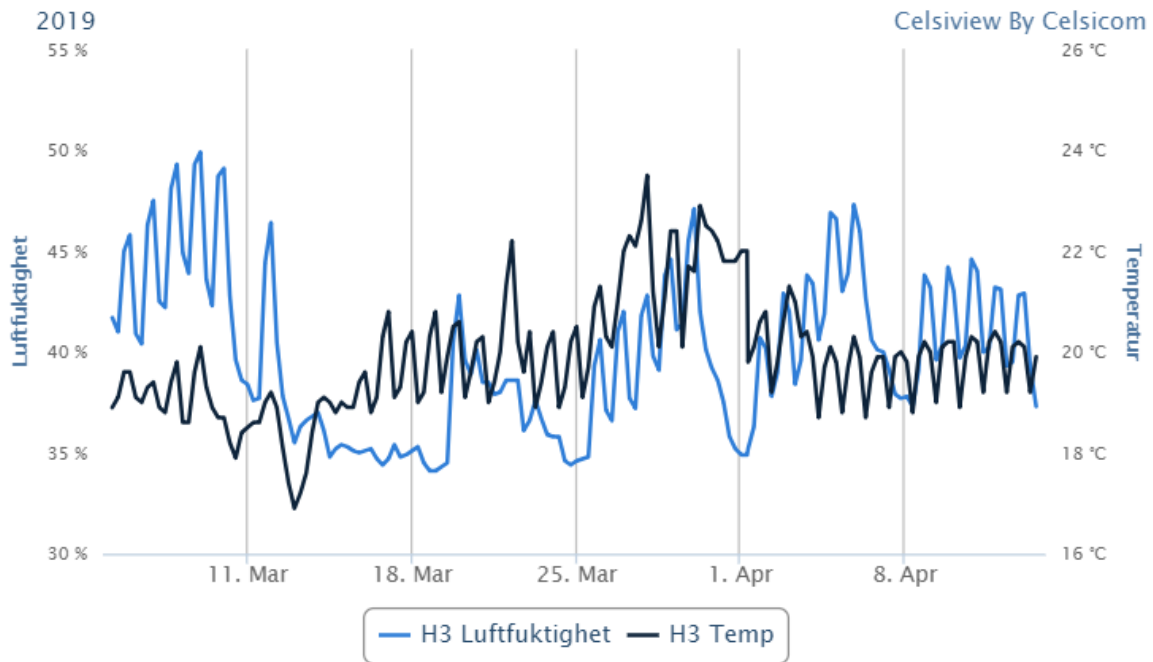


Figur 26: Graf som viser luftfuktighet og temperatur inne i maskinlaft.

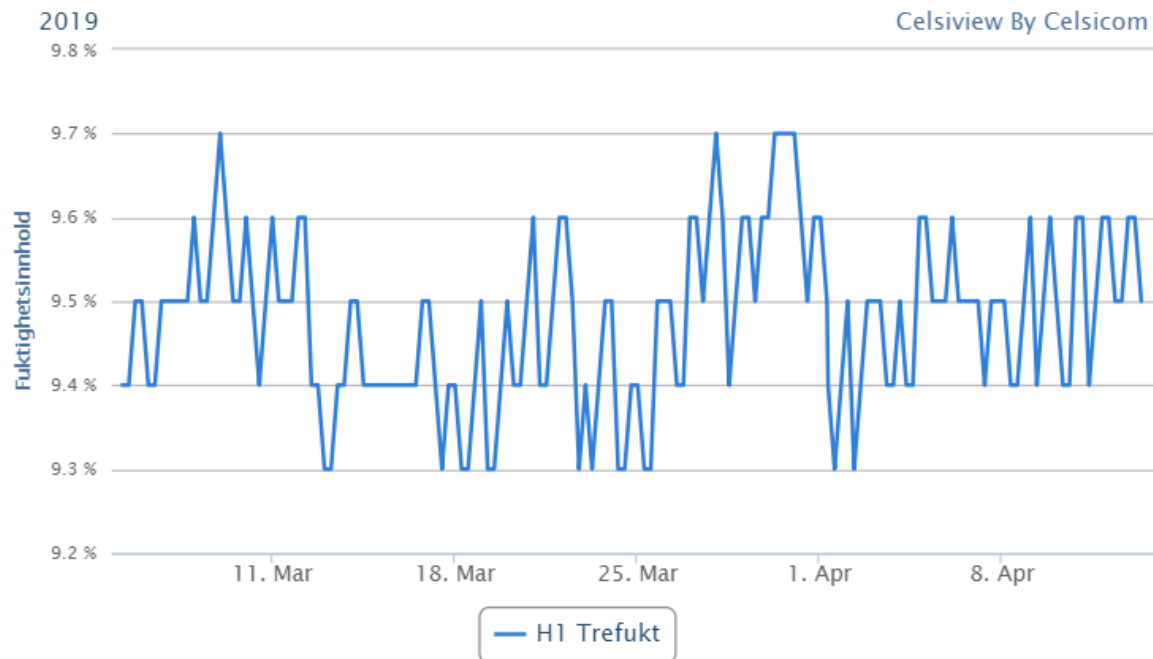


Figur 27: Graf som viser trefuktighet i maskinlaft.

Håndlaft:

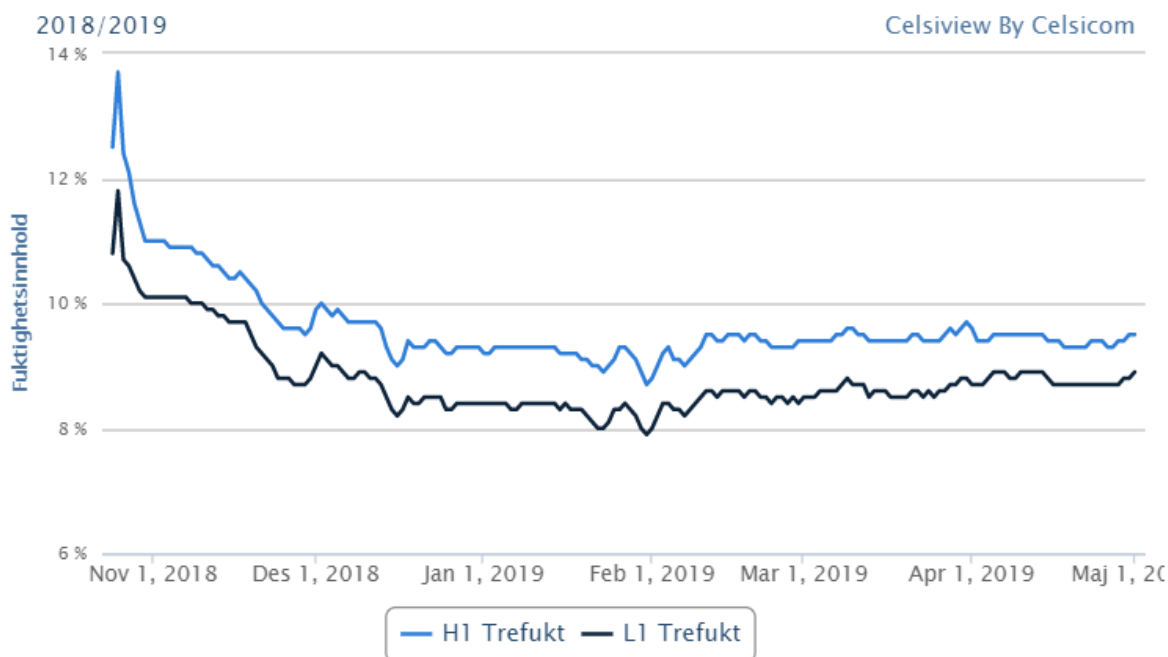


Figur 28: Graf som viser luftfuktighet og temperatur inne i håndlaft.



Figur 29: Graf som viser trefuktighet i håndlaft.

Grafen under viser en fullstendig oversikt over trefuktens svingninger, i tidsperioden fra sensorene ble montert i oktober 2019 til vi avsluttet målingene i slutten av april 2019. Denne grafen viser hvordan trefukten startet med relativt høye verdier, og deretter stagnerer og jevner seg ut fra begynnelsen av januar. Den viser også hvordan trefukten i maskinlaft ligger jevnt under handlaft gjennom hele perioden. I tillegg viser den at trefukten i både maskinlaft og håndlaft svinger relativt likt i hele perioden.



Figur 30: Graf som viser trefuktighet i maskinlaft og håndlaft.

4.3 Varmefluksmålinger

Målingene av varmekraft gjennom stikkene på laftebygningene har foregått i perioden 01.04.19-29.04.09. I presentasjon av resultatene er det valgt å begrense mengde data, ved at det kun er sett på varmekraften en gang per time, i stedet for hvert minutt. Dette er gjort for at fremstillingen av data skal bli mer oversiktlig. I tabellen under er “Energi inn i stikken” energi som går inn i stikken fra innsiden av testhusene, mens “Energi ut av stikken” er det som trenger ut på andre siden. Som vi ser i tabellen finnes det en mengde energi som går inn i stikken, men ikke kommer ut, denne mengden har vi kategorisert som “Resterende energi”.

Varmestrømstetthet, også kalt varmekraft, har benevnelsen W/m^2 . For å komme frem til energien presentert i tabellen under må W/m^2 konverteres til Wh/m^2 . Det antas at målingene

per time er konstante og disse ganges derfor med 1 time. Da vil man ende opp med et forbruk som baserer seg på Wh/m². Deretter summeres alle målepunkter og det er disse verdiene som vises i tabell 12.

	Energi inn i stakk [Wh/m ²]	Energi ut av stakk [Wh/m ²]	Resterende energi [Wh/m ²]	Teoretisk energi gjennom stakk [Wh/m ²]	Midlere trefukt i overflate [%]
Maskinlaft	3479,9	2590,3	889,6	4335,9	8,8
Håndlaft	3648,4	2972,2	676,2	4773,0	9,4

Tabell 12: Oversikt over målt energi, teoretisk energi og midlere trefukt i stakkens overflate.

Den “Teoretiske energien gjennom stakk” er regnet ut ved hjelp teoretisk U-verdi lik 0,599. Denne baserer seg på stakkens tykkelse og furus teoretiske varmekonduktivitet lik 0,13, inkludert innvendig og utvendig varmeovergangsmotstand. Det er viktig å presisere at teoretisk U-verdi i dette tilfellet ikke tar hensyn til kuldebroer, og baserer seg kun på stakkens tykkeste punkt. Grunnen til at vi bruker denne verdien er fordi målingene av varmekonduktivitet har foregått midt på stakken, slik som beskrevet i metodekapittelet. Følgende formel er benyttet for å beregne teoretisk varmekonduktivitet:

$$U = \frac{q}{\theta_i - \theta_e}$$

Som kan omformuleres til:

$$q = U \times (\theta_i - \theta_e)$$

* U = u-verdi [W/m²K]

* q = varmestrømtetthet, også kalt varmekonduktivitet [W/m²]

* θ_i = Temperatur inne [°C]

* θ_e = Temperatur ute [°C]

4.4 Luftgjennomstrømning

Målinger av luftgjennomstrømning i testhusene har foregått i tidsrommet 01.04.19-29.04.19.

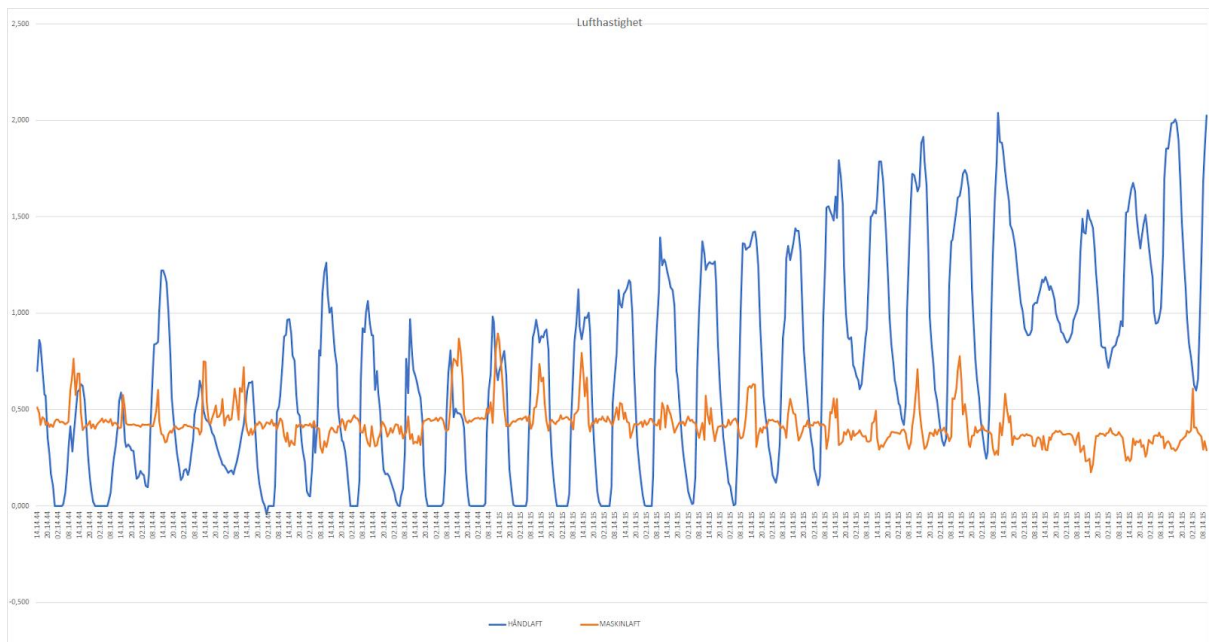
Under finnes en oversikt over resultatene på hvor mye luft som har kommet inn via innluftventil, samt hvor mye som har gått ut via avtrekksvifte. Avtrekksviftene er innstilt på 11 l/s noe som tilsvarer 39,6 m³/h, den er derfor den samme i begge laftebygningene.

Luftgjennomstrømmingene i innluftventilen, altså målepunktet, ga forskjellige resultater i testhusene. Luftgjennomstrømmingen i maskinlaft lå på 11,95 m³/h, mens håndlaft viste 20,2 m³/h. Verdiene er beregnet ut fra et gjennomsnitt gjennom måleperioden. Resultatene viser at det er store forskjeller i luft som kommer inn kontra luft som går ut, da spesielt i maskinlaft.

	Innluftventil, luft inn [m ³ /h]	Avtrekksvifte, luft ut [m ³ /h]
Maskinlaft	11,95	39,6
Håndlaft	20,2	39,6

Tabell 13: Viser målt luftgjennomstrømning i innluftventil og avtrekksvifte for både maskinlaft og håndlaft.

På grafen under fremstilles luftgjennomstrømmingene i hele perioden for begge testhusene, og har benevnningen [m/s]. Det er snittet av disse grafene som er konvertert til [m³/h] og fremstilt i tabellen over. Her kommer det tydelig frem hvor forskjellig grafene opptrer, da spesielt på slutten av måneden hvor håndlaft har veldig høye verdier. Grafen viser også at luftgjennomstrømmingen i håndlaft svinger mye mer enn i maskinlaft på generell basis.



Figur 31: Graf som viser luftgjennomstrømning i maskinlaft og håndlaft.

4.5 Trykktest

Trykktestingen av laftebygningene forgikk separat og ble foretatt 22.03.19 i tidsrommet 09:00-14:45. På grunn av at testingen tok i underkant av seks timer varierte vindstyrken i løpet av måleperioden. Ifølge Yr.no var det en vindstyrke på ca. 2-3 m/s ved måling av håndlaft, dette avtok utover dagen og stabiliserte seg på 1-2 m/s da vi skulle foreta målingene i maskinlaft. Til tross for informasjon hentet fra yr.no kan det oppstå lokale variasjoner i vindhastigheten ved testhusene. Når vinden treffer fasaden vil det oppstå trykk og sug, dette fører videre til at det blir lo- og leside på bygget. Innetemperatur i testhusene var 20 °C, mens utetemperaturen lå jevnt på 2 °C og det var overskyet under hele måleperioden. Tabellen nedenfor viser resultatene fra målingene gjort 22.03.19. I vedlegg 11 finnes en mer detaljert oversikt over målingene som ble foretatt i begge testhusene. Beregninger for innvendig volum finnes i vedlegg 9.

<u>Målested</u>	<u>Luftskifte ved 50 Pa, n_{50} [/h]</u>	<u>Nøyaktighet</u>
Maskinlaft		
Undertrykk	3,90	+/-5,1%
Overtrykk	3,99	+/-5,3%
Kombinert testdata	3,95	+/-5,2%
Håndlaft		
Undertrykk	3,51	+/-5,1%
Overtrykk	4,03	+/-5,9%
Kombinert testdata	3,77	+/-5,5%

Tabell 14: Resultater fra trykktesting.

Som nevnt i metodekapittelet er det nødvendig å måle både overtrykk og undertrykk i begge laftebygningene, da det er gjennomsnittet av disse målingene som vil gi oss det eksakte lekkasjetallet. Årsaken til at vi har valgt å ta med de forskjellige enkeltmålingene i tabellen er for å gi en indikasjon på hvor store forskjeller det kan være i de to målingene. Begge testene viser at overtrykket i maskinlaft og håndlaft gir høyere lekkasjetall enn hva målingene for undertrykket gir. Ut fra resultatene for over- og undertrykk kan vi se at den kombinerte testdataen angir et lekkasjetall på 3,95 for maskinlaft og 3,77 for håndlaft med usikkerhet på henholdsvis +/- 5,2 og 5,5.

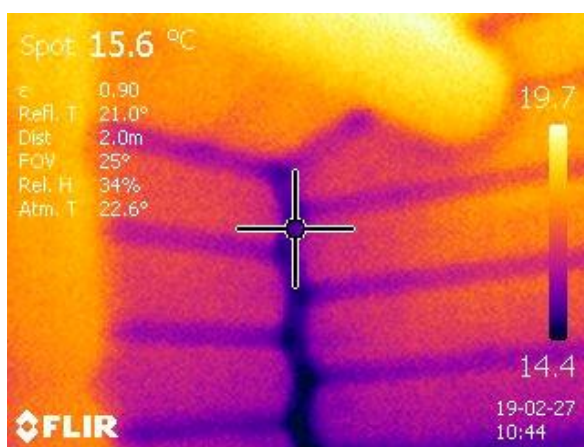
4.6 Termografi

Det er, som nevnt under metodekapitlet, valgt å termografere begge laftebygningene både utvendig og innvendig for å få et så helhetlig bilde som mulig av alle kuldebroer.

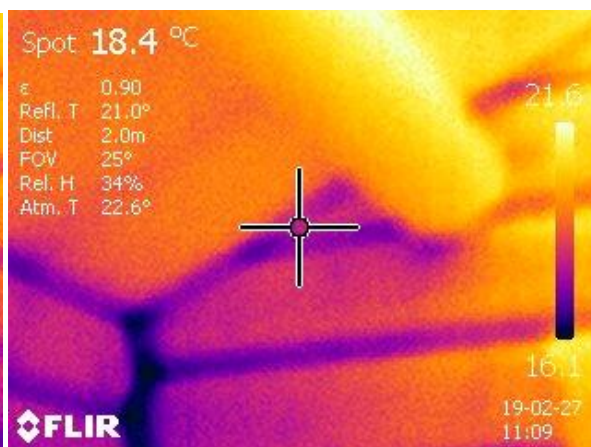
Termograferingen ble gjennomført den 27.02.2019 i tidsrommet 10:40-11:20. På tidspunktet for termograferingen var lufttemperaturen utvendig ca. to graders celsius, mens innvendig temperatur midt i rommet var på 20-21 °C. Det var lett overskyet og lett bris med vind på ca. 3-4 m/s ifølge yr.no.

Det er viktig å merke seg at temperaturskalaen i termogrammene ikke er eksakte, men kun en indikasjon på ca. temperatur og temperaturforskjeller.

På figurene 32 og 33 under ser man det innvendige hjørnet mot nord, samt overgangen mot taket i både maskinlaft og håndlaft. Man kan tydelig se at temperaturen er lavere i overgangen mellom tømmerstokkene i laftet enn midt på tømmerstokkene, noe som indikerer varmetap og kuldebroer mellom alle tømmerstokkene. Varmebildene viser også tydelige kuldebroer i hjørnesammenføyningen samt i overgangen mellom vegg og tak. Det mørkeste området i varmebilde finner man i hjørnesammenføyningen, noe som indikerer at dette er den største kilden til varmetap og dermed den største kuldebroen i begge testhusene. Man kan også se antydninger til varmetap og kuldebro rundt den bærende stokken i taket, men i mye mindre grad enn mellom tømmerstokkene og i hjørnesammenføyningen. Termografering av de tre andre hjørnene i begge laftebygningene viser de samme resultatene som nevnt over. Det er heller ingen vesentlig forskjell mellom resultatene for de to testhusene da temperaturforskjellen mellom de kaldeste punktene og de varmeste er tilnærmet lik.

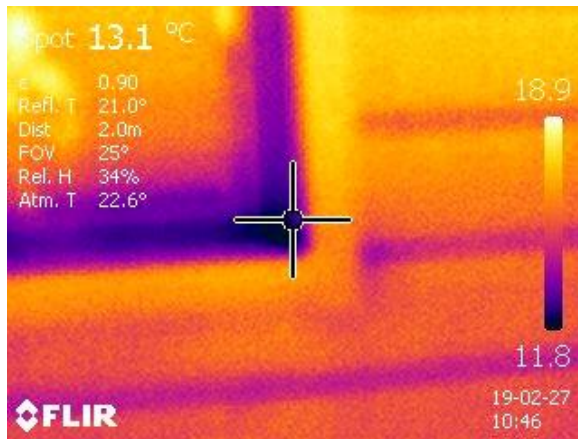


Figur 32: Termografering maskinlaft, hjørne.

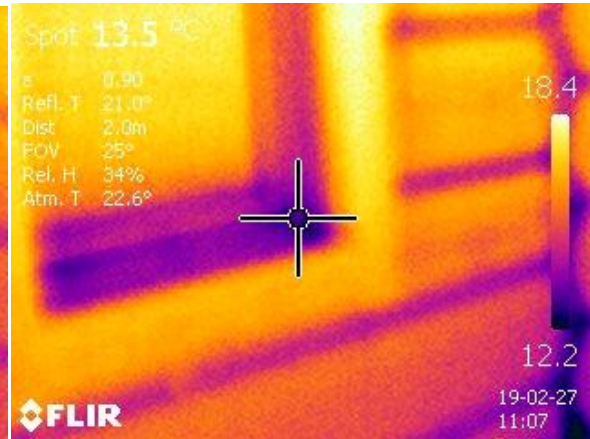


Figur 33: Termografering håndlaft, hjørne.

Termogrammene under viser nedre hjørnet av et vindu i hvert av testhusene. Man kan her se et økt varmetap rundt vinduene, med en ekstra økning i hjørnene. Det samme resultatet viste seg i alle hjørnene på alle vinduene og det var ingen tydelige forskjeller mellom de to laftebygningene.

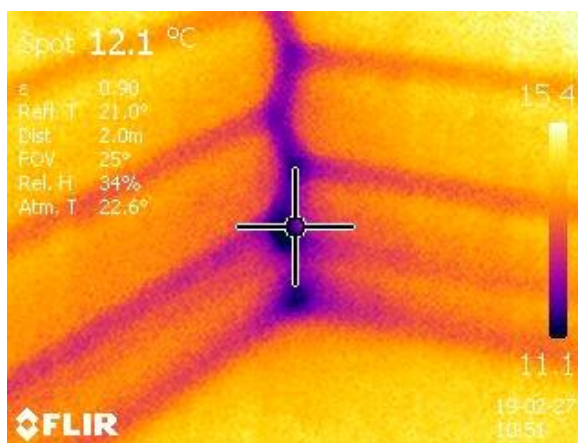


Figur 34: Termografering maskinlaft, vinduskarm.

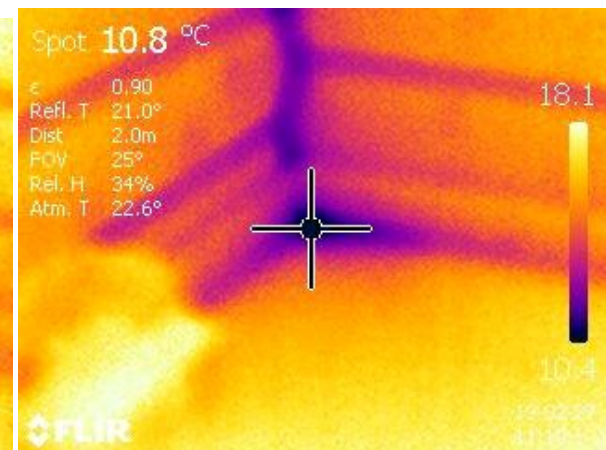


Figur 35: Termografering håndlaft, vinduskarm.

Termogrammene i figur 36 og 37 viser gulvhjørnet i maskinlafts sørlige hjørne og håndlafts nordlige hjørne. Også her ser man et stort varmetap i hele hjørnesammenføyningen, men en liten økning i hjørnet helt nederst mot gulvet. Dette kan skyldes kuldebroen, men det kan også være forårsaket av hjørneeffekten. Termogrammene viser også en liten kuldebro i overgangen mellom vegg og gulv.



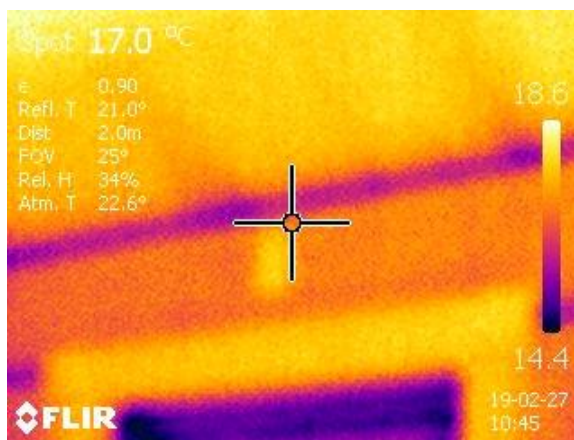
Figur 36: Termografering maskinlaft, hjørne mot gulv.



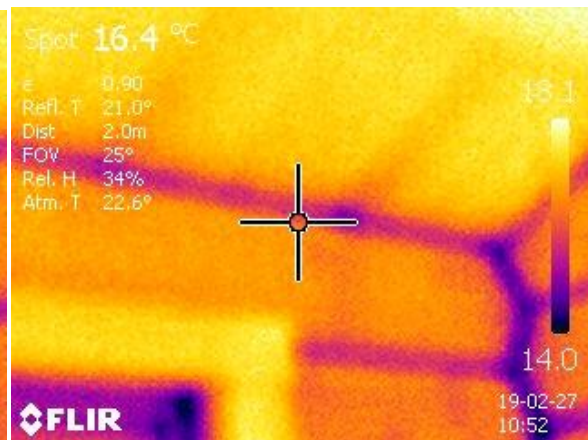
Figur 37: Termografering håndlaft, hjørne mot gulv.

I figur 38 og 39 ser man overgangen mellom vegg og tak i begge laftebygningene. Mellom vinduet og taket i maskinlaft sitter det en målesensor som man kan se at produserer varme, da denne ikke er en del av konstruksjonen og ikke ser ut til å påvirke områdene rundt i vesentlig

grad kan den ses bort i fra. Det som ellers kan ses ut fra disse termogrammene er at det i begge testhusene er antydninger til luftlekkasje i overgangen mellom vegg og tak. Dette vises ved de mørkere “flammene” som strekker seg utover taket.

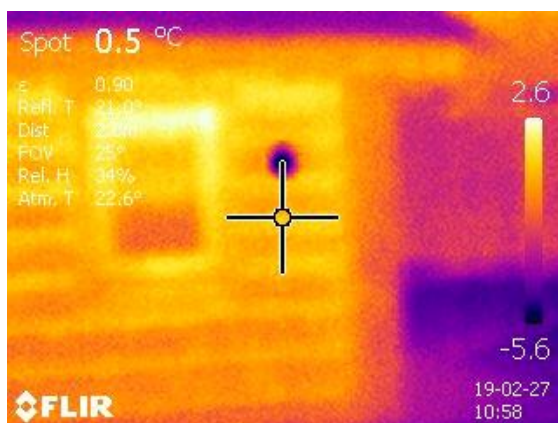


Figur 38: Termografering maskinlaft vegg/tak.

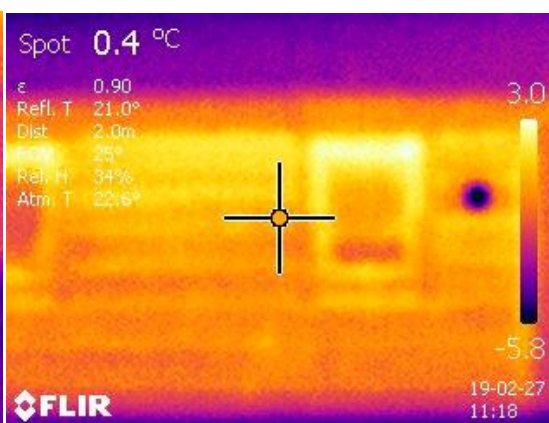


Figur 39: Termografering håndlaft, vegg/tak.

Termogrammene i figur 40 og 41 under viser begge testhusene utvendig fra sørøstlig side. Den mørke sirkelen til høyre på begge laftebygningene er innluftventilen. Denne er betraktelig kaldere enn resten av overflaten, noe som blant annet skyldes at ventilasjonsristen på ytterveggen er i metall, et materiale som i større grad påvirkes av temperaturer enn tre. Et eventuelt varmetap gjennom denne kommer ikke frem på termogrammene da ventilen var lukket på tidspunktet for termograferingen. Ellers kan man se, også utvendig, at det er et større varmetap mellom hver tømmerstokk i laftet enn ellers på tømmerstokken da temperaturen mellom stakkene er høyere enn temperaturen på stakkene. Dette indikerer at det er en kuldebro mellom hver tømmerstokk. Termogrammene viser også at det er kuldebroer rundt hele vinduet i begge hyttene. Alle resultatene er relativt like for både maskinlaft og håndlaft.



Figur 40: Termografering maskinlaft, utvendig.



Figur 41: Termografering håndlaft, utvendig.

5. Diskusjon

5.1 Simuleringer

5.1.1 Simien

Som man kan se i resultatene har begge laftebygningene et relativt stort energibehov på henholdsvis 5907 kWh for maskinlaft og 5875 kWh for håndlaft per år. Ved sammenligning av de to testhusene er det maskinlaft som benytter mest energi per m². Denne forskjellen er likevel så liten at det ut fra simuleringene ikke kan sies å være store forskjeller i energibruk mellom testhusene, i teorien. En grunn til dette er at de aller fleste inndataene til beregningen i Simien er relativt like for de to laftebygningene, noe som så klart fører til relativt like resultater. De inndataene som er forskjellig, og er med på å utgjøre forskjellen i simulert energiforbruk mellom testhusene, er i all hovedsak små ulikheter i areal, volum og normalisert kuldebroverdi. At mesteparten av energien går med til romoppvarming skyldes her at det er veldig få andre komponenter i laftebygningene som bruker energi. I vanlige hytter og hus ville nok denne fordelingen sett annerledes ut.

Resultatene viser at det for begge laftebygningene er varmetap gjennom yttervegger som er den største kilden til energiforbruk. Årsaken til dette er hovedsakelig den høye U-verdien til veggene. Dette viser videre at isolasjonsevnen til lafteveggene og hvilke U-verdi det er på disse har stor betydning for energiforbruket. Siden U-verdien på laftede vegger varierer noe, både med fuktinnhold og tretemperatur, samt geometri, er det ikke sikkert at den teoretiske U-verdien på 0,669 W/m²K, som er hentet fra byggforsk datablad 471.431 og benyttet i disse simuleringene, tilsvarer faktisk U-verdi. Dette vil kunne ha relativt stor innvirkning på varmetapet gjennom veggene og det totale energiforbruket. U-verdien hentet fra byggforsk tar ikke hensyn til forskjeller mellom lamelltømmer som er benyttet i maskinlaft og vanlig tømmer som er benyttet i håndlaft. Det kan antas at det er forskjeller i varmeledningsevnen til disse to typene tømmer og at de dermed kan ha noe ulik U-verdi i virkeligheten. Denne mulige forskjellen i U-verdi mellom de to testhusene kan i virkeligheten føre til større eller andre forskjeller i energiforbruk enn det som kommer frem i simuleringene her.

Ut fra årssimuleringen kan man videre se at det nest største varmetapet forekommer gjennom ventilasjonen. Dette viser at den enkle avtrekksventilasjonen som er benyttet i disse laftebygningene bringer med seg et relativt stort varmetap og dermed økt energiforbruk. Det

er dog naturlig at ventilasjon vil stå for en større del av varmetapet. Man kan også se at det foregår en del varmetap gjennom taket. I virkeligheten er nok dette varmetapet noe mindre da det i beregning av U-verdi for taket ikke er tatt hensyn til torva på taket. Årsaken til dette er at torv på tak vanligvis ikke skal tas med i U-verdiberegninger. Hadde man tatt hensyn til torvens bidrag i U-verdiberegningen ville dette gitt en noe lavere U-verdi og dermed mindre varmetap gjennom tak, enn hva som er beregnet her.

Ser man på oversikten over månedlig netto energibehov er dette så og si likt fordelt for begge testhusene og man kan tydelig se at energiforbruket påvirkes av årstid og påfølgende utetemperaturer som kan ses i oversikten over månedlig temperaturdata. Mye av årsaken til at energiforbruket er veldig mye større på vinteren enn på sommeren er fordi mesteparten av energiforbruket går med til oppvarming. Hadde det vært flere tekniske komponenter og f.eks. balansert ventilasjon ville det månedlige energiforbruket jevnet seg noe utover året. Det er også viktig å merke seg at valgt klimasted, på Gjøvik, vil være en mulig feilkilde da denne tar utgangspunkt i gjennomsnittsklima over flere år, mens faktisk klima kan variere mye fra år til år.

Andre faktorer som kan ha påvirket resultatene i simuleringene er tekniske komponenter i laftebygningene. I simuleringene er det kun lagt inn fuktmaskiner, avtrekksvifte og varmeovn som tekniske komponenter. I virkeligheten har det stått flere andre tekniske komponenter i testhusene, blant annet måleinstrumentene som er beskrevet under kapittel ”2.2 Målinger av energiforbruk og fuktighet”, samt et lite kamera og en ruter. Disse måleinstrumentene er ikke koblet til strømmåleren i laftebygningene og de er derfor ikke tatt med i simuleringene i Simien. Enkeltvis avgir disse så lite varme at det kan ses på som neglisjerbart. Men da det er mange komponenter kan dette totalt sett avgir noe varme som er av noe betydning på resultatene. Dette vil i så fall påvirke resultatene i den retning at simulert energiforbruk til oppvarming er litt høyere enn faktisk energiforbruk.

5.1.2 Flixo

Det er viktig å merke seg, som nevnt i metode og under resultatene for termografering, at det finnes flere kuldebroer i laftebygningene enn de som er simulert og beregnet i Flixo. Vi har valgt å ikke beregne kuldebroverdi for blant annet området rundt vinduer og dører da vi mener tabellverdiene oppgitt i SINTEFF byggforsk prosjektrapport 25 er representable nok for disse

kuldebroverdiene. Gulv og tak skal være likt konstruert i begge testhusene, men veggene er noe ulike, med forskjellig tømmer og lafteteknikk. Selv om veggene er noe ulike er de av furu med ca. samme densitet i begge laftebygningene og det er derfor ikke tatt hensyn til eventuelle forskjeller i veggens konstruksjon i beregning av kuldebroverdier.

Resultatene fra beregning av kuldebro gjort i Flixo viser at den største kuldebroen befinner seg i hjørnesammenføyningen med en kuldebroverdi på 0,53 W/mK, mens kuldebroen for overgangen mellom vegg/tak på 0,34 W/mK er noe mindre og tett etterfulgt av overgangen vegg/gulv på 0,3 W/mK som har lavest kuldebroverdi.

Ved beregning av kuldebroverdien for overgangen mellom vegg/tak og vegg/gulv ble det gjort en liten forenkling i konstruksjonen, ved at hele ytterveggen ble satt med samme tykkelse. Det ble altså ikke tatt hensyn til medfaret, altså innsøkket, mellom tømmerstokkene. På bakgrunn av dette er U-verdien på veggen benyttet i beregningen noe lavere enn teoretisk U-verdi for lafteveggene, samt at varmefluksen kan være noe annerledes i virkeligheten enn hva som er lagt til grunn i utregningene. Dette er noe som kan påvirke resultatene ved at utregnet kuldebroverdi er noe lavere enn virkelig kuldebroverdi. Det antas likevel at denne feilkilden er nokså liten og at utregnet kuldebroverdi er representabel for disse kuldebroene.

Når det kommer til kuldebroverdien for hjørnet er det også her gjort en forenkling ved utregning i Flixo. Det er antatt at begge stokkene er like tykke hele veien, altså ikke tatt hensyn til medfaret og at stokkene i langvegg og kortvegg ligger ulikt i høyde, at de er stablet med ca. en halv stokkhøydes forskjell. Det er også antatt at sammenføyningen i hjørnet er rettinklet, altså er det ikke tatt hensyn til utskjæringer i knutepunktet. Årsaken til dette er at det ville vært svært vanskelig og komplisert å regne ut en kuldebroverdi som tar hensyn til dette. Med bakgrunn i dette vil nok reell kuldebroverdi for hjørnet være noe større enn utregnet verdi på 0,053 W/mK, men denne verdien gir en pekepinn på hvor stor denne kuldebroverdien er, spesielt sammenlignet med de andre kuldebroverdiene.

Hvis det ses på utregningen av normalisert kuldebroverdi viser disse at håndlaft har noe høyere normalisert kuldebroverdi enn maskinlaft. Alle de enkelte kuldebroverdiene er lagt inn like for begge laftebygningene, og ulikhetene i normalisert kuldebroverdi er derfor kun basert på de små forskjellene i areal. Dette viser at areal har mye å si for normalisert kuldebroverdi. Som nevnt under teori ”3.5 kuldebroer” stiller TEK17 krav til at normalisert kuldebroverdi for

småhus ikke skal overstige $0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$. Det finnes altså ingen spesifikke krav til bygninger med laftede yttervegger, men hvis de normaliserte kuldebroverdiene for maskinlaft og håndlaft på henholdsvis $0,117 \text{ W/m}^2\text{K}$ og $0,121 \text{ W/m}^2\text{K}$ sammenlignes med kravet for småhus kan det ses at disse er en del høyere.

5.1.3 Wufi Pro

Resultatene fra simuleringen i Wufi Pro viser tydelig at vanninnholdet i materialet synker jevnt i løpet av perioden. Dette viser at materialet tørker ut, noe også teori støtter oppunder. Det er vanlig at laftebygninger tørker ut i løpet av tiden etter oppføring, avhengig av hvor tørt materialet var ved oppføring. Desto tørrere materiale, desto mindre uttørking og endringer i vanninnhold. Start fuktigheten i tømmerstokkene er i simuleringen satt til 14%, dette er en antatt verdi fra produsentene av laftebygningene sin side da det ikke ble gjennomført eksakte målinger ved oppføring av disse testhusene. Den eksakte trefuktigheten ved oppføring kan derfor ha vært både lavere og høyere. Siden testhusene ble oppført i august og ikke 01.09.2018, som er tidspunktet vi har simulert fra, er det også mulig at tømmeret har tørket ut noe før denne tid, spesielt da august 2018 var en spesielt varm måned. Dette vil i så fall ha ført til at trefuktigheten den 01.09.2018 var lavere enn antatte 14%.

Overflatetemperatur både innvendig og utvendig i tillegg til temperatur midt i sjiktet viser en tydelig lavere temperatur i vintermånedene kontra tidlig på høsten og våren. Denne endringen er størst på utvendig overflate og blir mindre innover i sjiktet mot innvendig overflate. Dette er forårsaket av kaldere utetemperaturer i løpet av vintermånedene som kjøler ned den utvendige delen av sjiktet og som trekker seg innover i stokken. Siden værdataene benyttet i denne simuleringen er hentet fra Kise på Hedmark, og ikke fra NTNU på Gjøvik, er det mulig at det har vært noe forskjeller i klimaforholdene som kan ha påvirket temperaturen og relativ fuktighet på overflaten og i lafteveggene i forhold til hva simuleringene viser. Disse ulikhetene i simulert vs. faktisk klima vil være av de største usikkerhetsfaktorene i simuleringen.

Ser man på den relative fuktigheten viser resultatene at denne svinger veldig på utvendig flate, noe som forårsakes av at RF i lufta utvendig svinger veldig i løpet av et år på grunn av store variasjoner i været med blant annet regn, snø og sol. Det er også viktig å merke seg at RF er avhengig av temperatur, slik at antall gram vann per kg luft kan være lik ved to tidspunkter,

men RF kan likevel være ulik hvis temperaturen er forskjellig. Altså om fuktinnholdet er konstant, men temperaturen synker så vil RF øke og motsatt. Det som uansett er en klar tendens er at relativ fuktighet på overflaten er generelt høyere i vintermånedene, noe som har sammenheng med lave utetemperaturer, dette kan også ses midt i sjiktet hvor den relative fuktigheten er klart høyere i denne perioden. Det er fordi fukten trekker seg innover i stokken fra utvendig overflate samtidig som temperaturen synker på utvendig overflate og innover i stokken. Og dette, både hver for seg og kombinert, fører til høyere RF.

Ser man på innvendig overflate derimot viser denne motsatte tendenser ved at relativ fuktighet synker fra starttidspunktet og utover vintermånedene før den stiger noe igjen fra midten av mars. Årsaken til at relativ fuktighet på innvendig overflate synker relativt mye til å begynne med er fordi testhusene blir varmet opp innvendig, noe som reduserer luftfuktigheten. At den stiger igjen mot våren kommer av at RF er avhengig av utetemperatur, og desto høyere utetemperatur desto høyere er som regel innetemperaturene og dette fører som regel til høyere RF på innvendig overflate, noe man kan se tendensen av her.

Disse tendensene, som er nevnt over, på hvordan fuktinnhold, temperatur og RF i løpet av perioden endrer seg gjennom sjiktet kan ses tydelig på figur XX. Denne viser hvordan differansen mellom utvendig og innvendig temperatur og RF har påvirket disse forholdene gjennom stokken. På grunn av oppvarming øker temperaturene innvendig, noe som videre fører til at RF synker og deretter til at forholdene gjennom stokken går fra å være tilnærmet og antatt like ved bygging til å inneholde store variasjoner. Det som er spesielt interessant å se er at RF og vanninnhold gjennom stokken er veldig høyt på utvendig overflate før det synker drastisk noen mm inn i stokken for deretter å øke noe igjen før det fra ca. 1/3 inn i stokken synker jevnt mot innvendig overflate. Dette viser at den største delen av fukten i trevirket vil befinne seg i ytre tredjedel av stokken. Dette til tross for at temperaturen gjennom stokken fordeler seg lineært fra utvendig til innvendig overflate.

Når det kommer til duggpunkt viser resultatene fra simuleringen at det ikke er noe fare for kondens på innvendig overflate så lenge temperaturen innvendig holdes på et normalt nivå. Grafen viser også at det er rom for senking av innvendig temperatur til under 10 °C når man ikke er hjemme på vinteren før det er fare for kondens. Utvendig derimot ligger grafene for duggpunktstemperatur og overflatetemperatur mye tettere, men det er heller ikke noe særlig

fare for kondens. Men dersom utvendige temperaturer endres drastisk fra normalen, spesielt hvis de er lavere kan det være en minimal fare for at kondens kan oppstå.

Det finnes også noen flere feilkilder til simuleringene som er gjort enn hva som er nevnt tidligere. Blant annet er det ikke helt sikkert at kvaliteten på materialet som er valgt i simuleringen er helt likt materialene som er benyttet i testhusene. Det er prøvd å finne et materiale som er så likt som mulig, men eventuelle små forskjeller kan slå ut på resultatene. Det kan også antas at det i virkeligheten er små forskjeller i kvaliteten og oppførselen til materialene i tømmerstokkene i håndlaft, i forhold til lamellstokkene i maskinlaft. Dette er noe simuleringen ikke tar hensyn til. Siden materialet valgt i simuleringen er av samme type og har samme tørr-densitet som materialene benyttet i laftehyttene vil vi si at denne feilkilden ikke er vesentlig stor.

Valg av andre inndata parametre kan også påvirke resultatene i simuleringen og gjøre at disse blir noe ulike fra virkelige forhold. Dette gjelder som nevnt, og spesielt, klimadataene som vil være en av de største feilkildene i simuleringen. Vi har egne målinger av temperatur og relativ luftfuktighet både innvendig og utvendig, men vi så det ikke som hensiktsmessig å benytte disse da de ikke er målt på like nøyaktige måter som værdata fra klimastasjonen på Kise og derfor ikke kan kvalitetssikres. De blir derfor kun referansemålinger som viser ca. temperaturer og mulige ulikheter i klima mellom Kise og Gjøvik. Vi har heller ingen målinger på solstråling og regn og dette sett under ett så vi det mest hensiktsmessig å bruke klimadata fra Kise.

Denne forskjellen i simulert klima og faktisk klima ved laftebygningene på Gjøvik gjennom simulert periode kan ha hatt innvirkning på resultatene da målt utetemperatur generelt har vært noe høyere enn simulert utetemperatur. Dette kan føre til at treverket har tørket ut fortere enn hva som er simulert slik at faktisk vanninnhold er noe lavere enn resultatene fra Wufi Pro antyder. I tillegg vil dette også føre til at temperaturen, spesielt på utvendig flate vil ha vært noe høyere enn hva simuleringen viser.

Valg av parametrene for kortbølget strålingsabsorpsjonstall, terreng kortbølget refleksjonsgrad, regnvannsabsorpsjonstall, Sd-verdi innvendig og starttemperatur i konstruksjonen vil også ha påvirket simulerte resultater. Disse er valgt så like antatt verdier som mulig, men da vi ikke har mål eller eksakte verdier for disse parametrene kan vi ikke

garantere at alle er 100% korrekte i forhold til virkelige forhold. Det antas likevel at forskjellen fra virkelige verdier er såpass liten at det ikke vil påvirke resultatene i stor grad.

5.2 Målinger av energiforbruk og fuktighet

Energiforbruk

I tabellene som viser oversikten over energiforbruket både overordnet per måned og mer detaljert gjennom periodene hvor det også har blitt tilført fukt ved hjelp av fuktmaskiner, kan man tydelig se at energiforbruket er lavere i maskinlaft enn håndlaft. Siden begge testhusene skal være konstruert likt med tanke på gulv, tak, vinduer, dører og generelt alle andre komponenter med unntak av vegger kan man ut fra disse resultatene anta at maskinlaft har noe mindre varmetap gjennom veggene enn håndlaft. Dette er noe som videre tyder på at veggens U-verdi er noe lavere i maskinlaft hvor tømmerstokkene er av lamelltømmer i motsetning til i håndlaft hvor det er benyttet vanlige tømmerstokker. Det er likevel viktig å merke seg at innnetemperaturen generelt har ligget litt lavere i maskinlaft enn i håndlaft til tross for like innstillinger på varmeovnene og andre tekniske komponenter. Dette kan være en medvirkende faktor til at det er brukt mindre energi i maskinlaft, men vi ser det fortsatt som noe sannsynlig at det foregår mindre varmetap gjennom lafteveggene i maskinlaft enn i håndlaft.

Energiforbruket i seg selv sier lite om hyttens tilstand da det er flere faktorer som påvirker dette, blant annet værforholdene ute. Disse vil påvirke energiforbruket i stor grad, og det er en tydelig sammenheng mellom høyere energiforbruk i perioder hvor utetemperaturene er lave. I periodene hvor det er anvendt fuktmaskiner kan man se at maskinlaft reduserer energiforbruket med 29,7 [kWh] når gjennomsnittlig utetemperatur stiger med 8,5 °C. De samme tendenser ser man i løpet av det overordnede energiforbruket per måned også. Grunnen til at energiforbruket øker er blant annet på grunn av høyere varmetap gjennom alle bygningsdeler, kald luft gjennom ventiler og infiltrasjon, noe som fører til at det kreves mer energi for å opprettholde ønsket innnetemperatur.

Luftfuktighet og trefuktighet

Når det kommer til lufttemperatur inne er det derimot vanskeligere å se om det har noen effekt på hvordan luftfuktigheten og trefukten opptrer i grafene som er presentert.

Trefuktigheten og luftfuktigheten følger hverandre ganske jevnt gjennom hele perioden, og

det er mulig å se at de synker og stiger på omtrent samme tidspunkt. Dette er tilfellet i begge laftebygningene. Man kan også se at grafen for trefuktighet i både maskinlaft og håndlaft beveger seg omtrent likt, noe som tyder på at veggene tar opp og avgir omtrent like mye fukt på generell basis til tross for at den ene er av lamelltømmer og den andre av vanlige tømmerstokker. Dette viser tendenser på at materialets, altså furus, fuktbufringsegenskaper ikke påvirkes i stor grad av type tømmer. Selv om resultatene fra disse målingene viser dette kan det ikke med sikkerhet sies at det er slik, da må det mer forskning til.

Grafene for innetemperatur svinger derimot ulikt i laftebygningene og vi ser ingen åpenbare sammenheng med de andre sensorene. Noe man kan merke seg ved sammenligning av innetemperaturen i de to laftebygningene er at i maskinlaft forekommer det større temperatursvingninger mellom dag og natt enn i håndlaft. En mulig årsak til dette kan være at tømmerstokkene i håndlaft i større grad klarer å utnytte treets egenskaper med tanke på latent varme i forhold til lamelltømmeret benyttet i maskinlaft, som forklart i teori kapittel ”3.4 Hygrotermisk masse og fuktbufring i tre”. En annen grunn til at grafen for innetemperatur er såpass forskjellig i de to laftebygningene kan være hvordan luften opptrer i rommet. Dette kan variere og temperaturen kan derfor bli målt forskjellig.

En mulig feilkilde for både energitap, luftfuktighet og trefuktighet vil være plassering av sensorene, da de kun representerer måledata for det punktet de er montert på. Temperatur inne, luftfuktighet og trefukt kan variere rundt i testhusene ettersom hvordan de er plassert i forhold til både ovn og fuktmaskin. Sensoren som måler utetemperatur vil også kunne avgi feil verdier, da vi ikke kan garantere at den ikke har blitt utsatt for direkte sollys eller vind.

Ved testing av fuktmaskinene, som beskrevet i metodekapittelet, kom vi frem til at disse avgir noe forskjellig mengde fukt per timen. Forskjellene er små, men optimalt sett burde disse avgitt samme mengde fukt per time, slik at forholdene under testing hadde vært tilnærmet lik i begge testhusene. På grunnlag av dette kan det ikke med sikkerhet sies at fuktmaskinene har avgitt lik mengde fukt, til tross for at de satt på like innstillinger. Dette vil videre kunne påvirke resultatene til den relative fuktigheten i hyttene og videre trefuktigheten da vi ser at disse to faktorene er tett knyttet til hverandre.

5.3 Varmefluksmålinger

Som det kan ses i tabell 12 under resultater er det en vesentlig forskjell på energi som er målt vs. teoretisk energi. Ved sammenligning av de to er det naturlig å se på “Energi inn i stakk” opp mot ”teoretisk energi gjennom stakk”. Teoretisk energi baserer seg, som nevnt tidligere, på teoretisk U-verdi og vil derfor gi oss en indikasjon på hva forventet energi gjennom stakken ville vært hvis stakkens U-verdi hadde vært lik den teoretiske. I dette tilfellet ser vi likevel at målt “Energi inn i vegg” er noe mindre, dette kan indikere at faktisk U-verdi midt på stakken er lavere enn hva den teoretisk U-verdi er satt til. Det er viktig å presisere at denne verdien ser bort i fra kuldebroer mellom tømmerstokkene i laftet og er derfor kun gjeldende der den er målt, altså midt på stakken.

I begge testhusene er tilfellet at mer energi går inn i stakken, enn ut. Denne energien er det en usikkerhet rundt hvor befinner seg da vi ikke har noen målinger som tar hensyn til dette. Vi kan anta at noe energi lagres i stakken og brukes til blant annet tørking av fukt. I dette tilfellet vil det kunne forklare hvorfor maskinlaft har lavere andel trefukt i overflaten enn håndlaft, da den har større andel “resterende energi”. Det er ikke gjort noen beregninger på dette og det er derfor basert på antagelser.

Ved sammenligning av testhusene er det viktig å ta hensyn til at målte innetemperaturer er forskjellig fra maskinlaft og håndlaft. For at vi skal kunne sammenligne de to laftebygningene ukritisk må temperaturen inne og ute være lik i begge testhusene. I vår tilfelle vil temperaturdifferansen mellom testhusene påvirke resultatene, da lavere innetemperatur vil gi lavere varmekraft. Dette må derfor tas i betraktning ved sammenligning av tall presentert under resultater, da det fører til store usikkerheter i sammenligning av de to laftebygningene. Dette vil derimot ikke ha betydning om man ser på testhusene enkeltvis.

Plassering av sensorene som måler inne- og utetemperatur vil være en usikkerhetsfaktor i målingene som er foretatt. Temperaturen i et rom vil variere noe i forhold til hvor i rommet den blir målt, det samme gjelder med utetemperaturer. Optimalt sett burde derfor måling av temperatur og varmekraft foregått på samme sted. I dette tilfellet er sensorene plassert på en annen vegg både innvendig og utvendig i forhold til platene som måler varmekraft. Temperaturmålingene vil derfor, mest sannsynlig, være noe ulike de faktiske inne- og

utetemperaturene på veggen ved måleapparatet for varmefluks. Dette vil gi noe usikkerhet ved fremstilling av resultatene.

Selv om måleutstyret vi har anvendt er nytt, kan vi likevel ikke garantere at det ikke har forekommet feil/mangler i målingene. Vi har i forkant og etterkant av målingene sjekket at alt er programmert riktig, og vi har ikke kunnet lokalisert noen åpenbare feil eller mangler ved utstyr. Sannsynligheten for at dette kan ha stor påvirkning på resultatene anses derfor som liten.

5.4 Luftgjennomstrømning

Som vi ser i resultatene er det store forskjeller i luft som går inn kontra luft som går ut. Noe av grunnen til dette kan være forårsaket av blant annet luftlekkasjer i bygget. Det kan virke sannsynlig at det går mer luft ut av avtrekksvifta enn inn gjennom ventil, ettersom viften kan ha forårsaket trekk av luft inn gjennom sprekker og andre utettheter. Det er likevel stor usikkerhet rundt tolkingen av grafen, da resultatene varierer i så stor grad. Det er heller ingen garanti for at avtrekksvifta suger $39,6 \text{ m}^3/\text{h}$ ut, dette er blant annet på grunn av lamellventilen på utsiden som muligens blokkerer noe for luftstrømmen ut. Grafen viser også på et tidspunkt at lufthastigheten i maskinlaft ligger på under 0 m/s . Det er konstatert at dette må være en målefeil da det ikke er mulig å ha negativ lufthastighet. Lavest verdi som kan oppnås er derfor 0 m/s , altså vindstille.

De store ulikhetene i luftstrømmen mellom laftebygningene er i noe grad uforventet da innluftventilene er plassert likt i forhold til vindretning mot testhusenes fasade. I tillegg til dette er måleutstyret nytt, og begge sensorene ble kalibrert likt rett før målingene ble satt i gang. Det er ingen indikasjoner på at måleutstyret ikke er i orden, og ved nøye gjennomgang i ettertid finnes det ingen åpenbare tegn til feil ved måleutstyr. Sensorene er, på øyemål, plassert likt og vi kan med ganske høy sikkerhet utelukke at dette har påvirket resultatene i såpass stor grad.

Til tross for at vi ikke finner noen åpenbare feil ved måleutstyret, betviler vi resultatene sterkt. Det er flere faktorer, som nevnt ovenfor, som tilsier at resultatene burde vært mer synkroniserte, blant annet da målingene er foretatt under nokså like forhold. Etter en vurdering av resultatene har vi besluttet å se bort fra disse målingene ved videre anledninger i oppgave.

5.5 Trykktest

Med bakgrunn i at testhusene er bygget med laftede yttervegger, er det ifølge TEK17 krav om lekkasjetall på ≤ 6 ved 50 pa. Ut i fra målingene som er foretatt kan det ses at resultatene ikke overskrider dette kravet da maskinlaft har lekkasjetall på 3,95 mens håndlaft har 3,77.

Forskjellen i lekkasjetallene mellom laftebygningene tilsier at håndlaft har bedre tetthet enn maskinlaft, men det er likevel ikke stor forskjell på de to bygningene.

Til tross for at resultatene fra trykktestingen viser at lekkasjetallene tilfredsstillers dagens krav, er det likevel stor endring fra målingene gjort av Haukeli Hytter og Hus AS. Maskinlaft har økt lekkasjetall fra 2,36 til 3,95 mens håndlaft har gått fra 2,1 til 3,77. Selv om denne endringen er stor, så kan den virke sannsynlig for laftebygg. For å kunne forstå hvordan tallene har økt såpass mye må vi se på hvilke endringer som er gjort i hyttene i etterkant av første trykktest, samt lokalisere eventuelle feilkilder.

Som nevnt tidligere er tre et materiale som beveger seg og det vil derfor endre seg med tiden. I perioden etter at laftebygningene ble oppført i August 2018 har treverket fått tid til å tørke, noe som betyr at det krymper med tiden. I tilfeller hvor det er benyttet laft vil det kunne forekomme større varmeutslipp i etterkant ferdigstilling, da krymping av materialet bidrar til at skjøtene blir mindre tette. Uttørking og krymping av tømmeret fører også til at det oppstår naturlige sprekker i håndlaft, noe som også kan føre til økt lekkasjetall. I motsetning til håndlaft vil det ikke oppstå sprekke-dannelser i maskinlaft fordi tømmerstokkene er laget av lamelltømmer.

I tillegg til at treverket har forandret seg med tiden så har det også blitt montert avtrekksvifte og innluftventil i begge testhusene. Disse komponentene kan bidra til at lekkasjetallet øker, da tetting av åpninger i laftebygningene vil være en mulig feilkilde ved målingene. Det ble valgt å tette avtrekksvifta og innluftventilen i begge testhusene med gaffateip. Til tross for at det i

forkant av målingene var stort fokus på at tettingen måtte være grundig, og at det ble sjekket flere ganger at den var festet godt nok, vil det ikke være noen garanti på at det er helt tett. Ved overtrykk vil luften presse teipen ut fra veggen og dersom teipen ikke sitter godt nok kan den løsne fra veggen og det vil oppstå lekkasjer. Dette kan være grunnen til at det er forskjeller i målingene av overtrykk og undertrykk i testhusene. Det kan også oppstå uønskede luftlekkasjer fra stålrammen som er montert i inngangspartiet. Dette er fordi det ikke kan garanteres at rammen passer hundre prosent, grunnet eventuelle ujevnheter i dørkarmen. På grunnlag av dette ble det valgt å teipe rundt dørkarmen og duken slik at denne feilkilden kan minimeres mest mulig. Tetting av åpninger vil være den største feilkilden i målingene som er foretatt, men det kan med ganske stor sikkerhet sies at denne feilkilde ikke er så stor at den alene kan være årsaken til de store endringene i testene.

Også plassering av slangen som måler lufttrykket utendørs vil være en potensiell feilkilde, da den ble plassert feil under målingene av maskinlafthytten. Optimalt sett skal denne slangen være plassert på siden av bygningen som skal trykktestes, slik at den unngår luftstrømninger fra viften under målingene. Når viften lager overtrykk i testhusene dannes det undertrykk på utsiden, det motsatte skjer når viften lager undertrykk. Forandringen som skjer på utsiden vil påvirke målinger av lufttrykk dersom slangen er plassert i dette området. Ved feilplassering av slange vil man med andre ord ikke kunne garantere at ønsket forskjell i lufttrykk ute og inne er korrekt. Av de samme grunner er det anbefalt å unngå sterk vind og lav temperatur utendørs under målingene. Etter å ha vurdert at vinden på siden av håndlafthytten var noe sterkere enn ønsket, ble det valgt å legge slangen rett ut fra hytten da vindstyrken ble oppfattet som mindre der. Målingene i håndlaft ble derfor foretatt med feil plassering av slange, og dette kan i noen grad ha påvirket resultatet. Ved måling av maskinlaft merket ble det merket at vinden hadde avtatt og det ble tatt en beslutning på at slangen skulle bli plassert på korrekt måte, ved siden av laftebygningen. Fordi testene ble foretatt med forskjellig plassering av slange vil dette kunne ha innvirkning på resultatene, det virker likevel lite sannsynlig at denne målefeilen utgjør den store forskjellen fra tidligere resultater.

Ved testing av lekkasjetall oppgis det prosentvis hvor nøyaktig testingen har vært og denne nøyaktigheten påvirkes kun av viftens evne til å opprettholde stabilt trykk. Ved målinger er det ønskelig å opprettholde et statisk trykk, ytre påkjenninger som vind kan bidra til at trykket endrer seg. Ved tilfeller som dette kan viften slite med å finne stabilt trykk, og nøyaktigheten blir derfor lavere. Det er viktig å forstå at selv om målingene som ble foretatt viste en

usikkerhet på +/-5,2% for maskinlaft og +/-5,5% for håndlaft, så er dette et gyldig resultat da man kan legge til både 5,2 % og 5,5% av resultatene som er gitt og fortsatt ikke overskrider kravet fra TEK17 §14-3 som sier at lekkasjetallet for bygninger med laftede yttervegger må være ≤ 6 .

Nøyaktigheten ved beregning av volum vil også påvirke resultatet. Volumet til testhusene er nødvendig å vite da programmet som styrer viften må vite hvor mye luft som skal skiftes ut. Ved beregning av volum ble det brukt gjennomsnittsvolum for voksne personer da det måtte trekke fra volumet til de som var med på testingen. Dette vil være en feilkilde da størrelsen til de som var med på testingen varierte, og utregning av laftebygningenes totale volum vil derfor være noe ukorrekt. Ved trykktesting foretatt av Haukeli Hytter og Hus AS ble volumet satt til 39 m³, dette er noe høyere enn volumet som ble anvendt i testene foretatt her. Dette vil ha innvirkning på resultatet da formelen for utregning av lekkasjetall baserer seg på volum, noe som betyr at mindre volum gir høyere lekkasjetall. Formelen er følgende:

$$\text{Luftlekkasjetall} = \frac{\text{Luftlekkasje}}{\text{Luftvolum}}$$

Ut fra tabellen nedenfor kan man se at det er opp til 4,0% forskjell i volum som er brukt på testene. Dette er noe av grunnen til at lekkasjetallet har økt, men man kan samtidig utelukke at det alene har skyld i de store endringene.

	Volum benyttet i trykktest [m³]	Volum benyttet i tidligere trykktest [m³]	Avvik [%]
Maskinlaft	37,5	39	2,3
Håndlaft	38,1	39	4,0

Tabell 15: Viser differansen mellom volum benyttet i trykktestene.

Ser man på den totale økningen i lekkasjetall har maskinlaft økt med 67% og håndlaft med 79%. Forskjellene på testene som ble foretatt er såpass betydelig at det med ganske stor sikkerhet kan sies at feilkildene alene ikke kan være grunnen til endringene. Det vil derfor være sannsynlig at de store lekkasjetallene og spesielt de store endringene i lekkasjetall har oppstått som en følge av at bygningsmassen har endret seg med tiden.

5.6 Termografi

Det er ikke mulig å finne eksakte kuldebroverdier ut fra termograferingen som er gjennomført i de to laftebygningene, men termogrammene viser et godt bilde av hvor det foregår et varmetap. Termogrammene gir også en indikasjon på hvor stort dette varmetapet kan være og hvor de største kuldebroene befinner seg.

Resultatene fra termografering viser at det er veldig mange kuldebroer i begge laftebygningene og at disse kuldebroene er relativt like store i begge. Alle kuldebroene befinner seg på samme sted, de største kuldebroene opptrer også på samme sted og alle er omtrent like store i begge testhusene. Dette viser at valg av lafteteknikk, i hvert fall mellom maskinlaft med lamelltømmer og håndlaft i dette tilfelle, ikke har stor innvirkning på kuldebroer og varmetap gjennom disse. På bakgrunn av dette vil de resterende resultatene fra termograferingen bli diskutert samlet, det vil altså ikke bli lagt stor vekt på forskjeller mellom de to lafteteknikkene.

Resultatene fra termograferingen både innvendig og utvendig viser tydelig at det befinner seg en kuldebro mellom alle tømmerstokkene i veggene for begge laftebygningene. Denne oppstår i all hovedsak på grunn av endringer i veggens tykkelse. Dette er noe av det som er spesielt med laftede vegger i motsetning til andre typer veggkonstruksjoner, at veggene er satt sammen at tømmerstokker laftet oppå hverandre, noe som medfører et innsøkk, altså en su, mellom alle tømmerstokkene og dermed mange endringer i veggens tykkelse. Og siden lafteveggene er satt sammen av mange tømmerstokker ser vi at denne kuldebroen totalt sett blir veldig stor. Dette viser at størrelsen på dette innsøkket, altså endringen i veggens tykkelse, og kvaliteten på isolasjonsmaterialet som er brukt mellom tømmerstokkene kan ha stor innvirkning på varmetapet gjennom laftede vegger.

Nå er det slik at kuldebroer som fremkommer gjennom konstruksjonsmåte skal være inkludert i U-verdien for denne konstruksjonsdelen, noe som vil si at alle kuldebroene vi finner mellom tømmerstokkene i lafteveggene skal være inkludert i U-verdien for veggene. Dette vil si at størrelsen på kuldebroene mellom tømmerstokkene vil kunne ha stor innvirkning på lafteveggers U-verdi fordi den totale lengden på disse kuldebroene er veldig stor, den største av alle som befinner seg i laftebygningene. Så selv om byggforsk datablad 471.431 fra 2013 lister opp standard U-verdier for laftevegger vil det være vanskelig å fastslå om denne er helt

korrekt for gjeldende vegger når man ser hvor mye kuldebroer som skal regnes inn i denne U-verdien.

Termogrammene fra termograferingen viser at de største kuldebroene er å finne i de fire hjørnene i begge testhusene. Dette viser at utførsel av knutepunkt, altså hjørnesammenføyning i laftet, har stor betydning for denne kuldebroen og varmetapet. Knutepunktene i de to laftebygningene som er undersøkt i denne oppgaven er av typen kvarkenov med kinninger, og ifølge forsøk gjennomført av Alve, Uus, Teder, Miljan og Kalamees skal dette være det knutepunktet som fører til lavest luftlekkasje og dermed minst kuldebroer. Men selv om dette knutepunktet er av den typen som teoretisk sett skal være tettest og dermed føre til lavest kuldebro er den ikke nødvendigvis utført på beste måte slik at lavest mulig kuldebro er oppnådd. Termograferingen viser som sagt at det er en relativt stor kuldebro gjennom knutepunktet, noe som tilsier at denne kunne vært utført bedre med mer tetting for å redusere denne kuldebroen og dermed redusere varmetapet.

Termograferingen viser også relativt store kuldebroer rundt alle vinduene, med en økning i hjørnene. Det er relativt vanlig å se kuldebroer rundt vinduer, men med dagens kunnskap rundt dette området og alle gode teknikker og metoder for tetting burde disse kuldebroene vært mindre enn hva som kan ses i disse laftebygningene. Termogrammene viser at hele vindusposten er kjølt ned på grunn av varmetapet rundt vinduene, noe som viser at det mest sannsynlig er en luftlekkasje som forårsaker kuldebroen rundt vinduene da det nedkjølte området strekker seg så langt ut fra selve tettingen rundt vinduet.

Men det er nødvendigvis ikke bare kuldebroer og luftlekkasje som forårsaker det nedkjølte området rundt vinduene. At selve omrammingen rundt vinduet vises mørk kan også skyldes at vindusomrammingen har annen emisjonsfaktor enn områdene rundt, da denne er overflatebehandlet med hvitmaling. Dette forklarer derimot ikke at selve vindusposten vises mørk da denne er av tre og har samme emisjonsfaktor som lafteveggene rundt. Nedkjølingen av vindusposten kan også skyldes kaldras fra vinduet, da vinduenes U-verdi er høyere enn U-verdien til veggene rundt og kald luft fra vindusflaten synker ned og legger seg nederst i karmen, dette kan forsterkes ved at det er lite luftbevegelser inne i hyttene på tidspunktet for termograferingen da alle ventiler var skrudd av eller stengt. Men da man tydelig ser på termogrammene at også den øvre karmen og sidekarmene rundt vinduene er nedkjølt vil nok kuldebroer og luftlekkasjer rundt vinduene være største årsaken til at disse områdene er

nedkjølt. Disse resultatene viser derfor at innfestingen av vinduene og tettingen rundt disse er gjennomført for dårlig og at dette vil påvirke varmetapet i laftehyttene i negativ retning.

Varmebildene tatt av gulvhjørnene i laftebygningene viser en liten økning i varmetap helt ned mot gulvet. Denne økningen er relativt liten og med sannsynligheten for at dette kan forekomme på grunn av hjørne-effekten kan det konkluderes med at dette ikke utgjør noe problem eller stort bidrag til varmetapet i testhusene. Det som er mer interessant er luftlekkasjene man kan se i overgangen mellom veggene og taket. Termogrammene viser mørke flammer som strekker seg langt innover taket, noe som viser at det forekommer utettheter her. Dette er likt for begge laftebygningene, noe som tyder på at innfestingen og tettingen mellom taket og veggene kunne vært gjort på en bedre måte for å minimere denne kuldebroen i begge testhusene. Varmebildene viser at denne luftlekkasjen og kuldebroen den tilsvarer ikke er særlig større enn kuldebroene som befinner seg mellom hver tømmerstokk i lafteveggene, noe som vil si at den ikke er kritisk, men den medvirker likevel til økt varmetap.

Ser man på den utvendige termograferingen viser denne de samme resultatene som den innvendige termograferingen, nemlig at det foregår varmetap mellom alle tømmerstokkene i veggene og rundt vinduene. Termogrammene viser derimot ikke varmetap i ytterhjørnet. Årsaken til dette er at bildene er tatt rett forfra og der er derfor temperaturen i enden av noven, altså den delen av tømmerstokken som stikker utenfor selve hjørnet, som vises og ikke temperaturen i selve knutepunktet. Hvis man ser på andre termogram tatt utenfra og mer på skrå mot hjørnene kan man se et klart varmetap også her.

På det utvendige termogrammene kan det også se ut som varmetapet er størst øverst på veggene og øverst på vinduene, men varmetapet er nødvendigvis ikke større rundt toppen av vinduene eller øverst på veggene selv om det ser slik ut på termogrammene. Dette kan skyldes at varm luft stiger opp inne i laftebygningene slik at varmen på luften som trenger ut gjennom utettheter, blant annet rundt vinduet er høyere i overkant av vinduet enn i underkant. Det kan også skyldes at snøen som lå på bakken rundt testhusene ved måletidspunktet kjøler ned veggen langs bakken og oppover og at denne nedkjølingen avtar desto høyere opp på veggen man kommer.

En annen faktor som kan ha påvirket resultatene fra termograferingen er at det ikke ble skapt undertrykk i laftebygningene da termograferingen ble gjennomført. At det ikke ble skapt

undertrykk påvirker ikke resultatene i seg selv, men det ville gjort alle kuldebroer og luftlekkasjer enda tydeligere på termogrammene og det ville vært lettere å analysere bildene og oppdage årsaker til varmetap. Spesielt luftlekkasjer ville vært lettere å se tydeligere. Termogrammene viser likevel tydelige bevis på kuldebroer og luftlekkasjer og det er derfor lite sannsynlig at det ville blitt oppdaget flere kuldebroer og luftlekkasjer ved å kjøre undertrykk i byggene mens termograferingen ble gjennomført.

I tillegg vil det å kjøre undertrykk ved termografering ha mindre innvirkning på resultatet i laftede bygninger i forhold til bygninger av konstruksjonsvirke, betong e.l. hvor det finnes en dampsperre i konstruksjonen. Årsaken til dette er at ved overtrykk vil dampsperran trykkes mot isolasjonen og lage mindre lekkasje, mens ved kjøring av undertrykk vil eventuelle hull i dampsperran og luftlekkasjer gjennom denne komme tydeligere frem. Det å kjøre undertrykk ved termografering vil derfor ikke påvirke kuldebroer noe særlig, men det vil som nevnt gjøre det enklere å oppdage luftlekkasjer, noe som videre gjør det lettere å skille disse fra hverandre. Men siden det ikke er noen dampsperre i laftebygningene vil mangel på undertrykk ved termografering ha lite innvirkning på termogrammene og det ville derfor ikke ha gjort store innvirkninger på hvordan disse kan tolkes i forhold til å skille mellom kuldebroer og luftlekkasjer.

Det at termograferingskameraet hadde en veldig kraftig zoom skapte også utfordringer ved termograferingen, fordi det gjorde det vanskelig å få tydelige oversiktsbilder inne i testhusene på grunn av bygningenes begrensede areal. Dette førte til mye menneskelige bevegelse inne i laftebygningene for å få termografert alt, noe som kan ha ført til at varme fra personen som har termografert kan ha gjenspeilet seg i termogrammene. Dette ble prøvd unngått i størst mulig grad slik at denne feilkilden ikke skal ha gjort store utslag.

Andre forhold som kan ha påvirket resultatene er varmekilden, altså varmeovnene, i laftebygningene. Disse ble skrudd av rett før termograferingen ble foretatt og ikke i godt tid før slik de burde ha blitt pga. at det ikke var mulig i kombinasjon med andre målinger som foregikk i testhusene på dette tidspunktet. Dette kan ha ført til at varmen fra disse har blitt reflektert i veggflatene. Siden varmeovnene sto plassert midt i testhusene og dermed avgir lik varme i alle retninger samtidig som man ikke kan se tydelige refleksjoner av varmen disse avgir i termogrammene vil ikke dette ha påvirket resultatene i for stor grad. Men det er en

medvirkende årsak til at utvendig termografering viser større varmetap høyere opp på veggene enn lenger ned.

I ettertid ble det oppdaget at ikke alle innstillingene i termografikameraet var satt korrekt. Blant annet ble ikke innstillingen endret mellom innvendig og utvendig termografering, noe de burde ha blitt da både lufttemperatur, avstand, luftfuktighet og reflektert temperatur er annerledes utvendig i forhold til innvendig. Dette er faktorer som kan ha påvirket resultatene slik at termogrammene ikke viser bilder som er 100% representative for faktiske forhold, spesielt spot-temperatur og temperaturskalaen viser verdier som er lavere enn faktisk temperatur. Dette regnes likevel som en feilkilde som ikke har for store konsekvenser da utvendige varmebilder viser samme resultater som innvendige i forhold til hvor kuldebroer oppstår.

5.7 Sammenligning av alle målinger

Det er i denne oppgaven gjennomført flere simuleringer og målinger for å få et så helhetlig bilde over varmetapet som mulig, både forventet og målt samt medvirkende faktorer til dette i begge laftebygningene. Vi vil under denne delen av diskusjonen sammenligne de viktigste aspektene fra simuleringene og målingene opp mot hverandre og opp mot det som er lagt til grunn i dagens byggetekniske forskrift og byggforsk.

Hvis man ser på forventet energibruk simulert ved hjelp av Simien sier dette at det for månedene februar, mars og april kan forventes et energiforbruk på henholdsvis 790, 730 og 470 kWh i maskinlaft, og litt mindre i håndlaft. Hvis man ser dette opp mot de faktiske målingene av energiforbruk både for maskinlaft og håndlaft i disse månedene viser dette at det er brukt under halvparten så mye energi, altså er det faktiske energiforbruket vesentlig lavere enn det forventede. De faktiske målingene viser også at energiforbruket er minst i maskinlaft, noe som er det motsatte av hva simuleringene viser. En del av simulert energiforbruk i begge testhusene kommer av teknisk utstyr som her er fuktmaskinene. I Simuleringen er fuktmaskinene satt til å kjøre 5 dager i uken, mens de i løpet av disse månedene kun har blitt kjørt i perioder. Dette er en av årsakene til at simulert energiforbruk er noe høyere enn faktisk energiforbruk. Men disse fuktmaskinene utgjør kun en liten del av det totale energiforbruket i simuleringen og det må derfor også være andre årsaker til at forskjellene er så store.

En annen variabel som i stor grad kan forklare noe av de store forskjellene mellom forventet og faktisk energiforbruk er klima og midlere utetemperatur. Vi kan for alle månedene se at midlere utetemperatur er regnet lavere i Simien kontra målt utetemperatur ved testhusene. Forskjellene er på 2,5 °C for februar, 2,2 °C for mars og 3,1 °C for april. Det at faktiske utetemperturer er høyere enn hva som er lagt til grunn ved simuleringer i Simien vil derfor forklare noe av forskjellene i simulert vs. målt energiforbruk. Høyere utetemperturer fører til lavere energiforbruk, spesielt her hvor det aller meste av energien brukes til romoppvarming. Dette kan også tydelig ses ut fra de mer detaljerte måleperiodene som er gjennomført på energiforbruk.

Det er ulikheter i driftsdager av teknisk utstyr og gjennomsnittlige utetemperturer mellom simuleringene og faktiske målinger, i tillegg til andre faktorer nevnt tidligere under diskusjonsdelen om Simien. Dette forklarer en del av forskjellen mellom forventet energiforbruk og målt energiforbruk, men det kan ikke forklare alt. Simuleringen viser at den største delen av varmetapet skjer gjennom ytterveggene og det vil derfor være sannsynlig at varmetapet gjennom disse i virkeligheten ikke er så stort som simuleringen tilsier, selv når man tar høyde for ulikhetene i simulert vs. målte utetemperturer. På bakgrunn av dette kan det antas at ytterveggene har lavere U-verdi enn hva som er lagt til grunn, altså at faktisk U-verdi er bedre enn teoretisk U-verdi på 0,669 W/m²K som er hentet fra byggforsk. Målinger av varmefluks støtter også oppunder denne antagelsen. Ved omregning av målt varmefluks til energi kom det frem at energien som går inn i stakk, er mindre enn den som er beregnet teoretisk, noe som også kan tyde på at teoretisk U-verdi er noe høyere enn faktisk U-verdi, dette gjelder for begge laftebygningene.

Faktiske målinger av energiforbruk viser også at maskinlaft tydelig benytter mindre energi enn håndlaft gjennom alle månedene. Noe av denne forskjellen kan nok forklares med bakgrunn i at målt innetemperatur alltid er noe lavere i maskinlaft, dette kan skyldes at ovnene ikke varmer opp likt og dermed ikke benytter like mye energi. Denne forskjellen i innetemperatur kan også skyldes små usikkerheter i sensorene som måler temperaturene, som nevnt tidligere i diskusjonen under kapittel ”5.2 Målinger av energiforbruk og fuktighet”. Det er derfor noe sannsynlig at det forekommer mindre varmetap gjennom veggene i maskinlaft, hvor det er benyttet lamelltømmer, i motsetning til håndlaft hvor det er benyttet vanlige tømmerstokker. Dette kan også støttes oppunder med de målingene som er gjort på

luftlekkasje. Disse viser at lekkasjetallet er større for maskinlaft enn håndlaft, noe som tilsier at det forekommer mer varmetap i form av infiltrasjon i maskinlaft. Når det kommer til luftlekkasje bidrar derfor disse ulikhetene til noe høyere energiforbruk i maskinlaft enn håndlaft. Dette kan også ses i resultatene for simulert varmetapsbudsjett i Simien. Når faktiske målinger viser at maskinlaft bruker minst energi, forsterker dette teorien noe om at det foregår mindre varmetap gjennom veggene i maskinlaft enn i håndlaft.

Ser man videre på målingene av energi gjennom stakk, målt i form av varmefluks og konvertert, viser disse at det går mindre energi inn i stikken hos maskinlaft enn i håndlaft. Dette viser at det foregår noe mindre varmetap gjennom veggene i maskinlaft. En del av denne forskjellen vil være forårsaket av ulikhetene i innetemperatur da denne jevnt over er ca. 1 °C lavere i maskinlaft enn i håndlaft. Beregningen av teoretisk energi inn i stakk viser at ulikheter i innetemperatur har stor betydning for varmefluks, og det er derfor vanskelig å si om veggene i maskinlaft har bedre egenskaper enn håndlaft basert på målingene av varmefluks.

Gulv, tak, vinduer og dører skal være bygd likt. Til tross for dette kan det ha oppstått små forskjeller under bygging av testhusene, noe som kan føre til at varmetapet gjennom disse delene er noe større i den ene laftehuset i motsetning til den andre, noe som kan ha påvirket energiforbruket. Det kan likevel antas at disse forskjellene er så små at de ikke vil føre til noen store forskjeller i form av varmetap og energiforbruk. Dette kan også støttes opp med bakgrunn i termograferingen hvor det ikke viste seg noen vesentlige forskjeller i kuldebroer og luftlekkasjer mellom de to laftehusene.

Det som er spesielt med laftede vegger kontra vegger av bindingsverk eller mur o.l. er måten veggene er føyet sammen på, både ved tømmerstokker stablet oppå hverandre og ved måten hjørnene er føyd sammen i knutepunkter. Hvis man ser på resultatene fra termograferingen viser denne at kuldebroer i disse sammenføyningene er en utfordring ved laftede vegger. Både termograferingen, og kuldebroberegningen i Flixo viser at hjørnesammenføyningen er den største kuldebroen i disse testhusene. Ifølge teori sier Alve, Uus, Teder, Miljan og Kalamees (2014) at det er knutepunktet kvarkenov med kinning som er blant de beste og tetteste knutepunktene. Det er dette knutepunktet som er benyttet i konstruksjonen av de to testhusene denne oppgaven bygger på, og det vil derfor være vanskelig å minske kuldebroen som oppstår her ved å benytte et annet knutepunkt. Dette gjør hjørnesammenføyningen til en svakhet ved

laftede vegger med tanke på varmetap. Det virker heller ikke som at måten disse knutepunktene er laget på, enten med maskin eller for hånd, har stort mye å si på størrelsen på denne kuldebroen og dermed varmetapet når man ser på termograferingen gjort i laftebygningene.

Kuldebroen mellom hver av stakkene er også spesiell for laftevegger. I teoretisk U-verdi skal disse kuldebroene være inkludert i U-verdien, men da denne sammenføyningen og eventuell isolasjon brukt mellom stakkene kan være svært forskjellige gir det usikkerhetsfaktorer rundt teoretisk U-verdi opp mot faktisk U-verdi. Det er derfor en mulighet for at dette også er en av årsakene til at faktisk U-verdi for både maskinlaft og håndlaft ser ut til å være lavere enn teoretisk U-verdi, nemlig at bidraget fra kuldebroene er mindre i virkeligheten enn hva som er lagt til grunn i teoretisk U-verdi. Dette har vi derimot ikke noe tall på, og det er derfor bare en antagelse. En annen faktor som støtter at faktisk U-verdi er noe lavere enn teoretisk U-verdi er målinger gjennomført på varmekraft som diskutert mer detaljert under kapittel ”5.3 Varmefluksmålinger”.

Noe annet som kan påvirker trevirke, og dermed lafteveggenes ytelse, er fuktinnholdet i materialene. Sandaker, Sandvik og Vik (2014) sier at desto lavere fuktinnholdet i treet er desto bedre varmeisolerende egenskaper har materialet. Hvis dette ses opp mot simuleringene i Wufi Pro som viser at det totale vanninnholdet i veggene synker ettersom tiden går og trevirket får tørket ut viser dette at varmetapet gjennom veggene burde avta noe over tid.

Tendensen man kan se i simuleringene gjort i Wufi Pro, med at trefuktigheten synker gjennom hele simuleringsperioden, er også noe som kan ses i faktiske målinger av trefuktighet. I disse målingene ser man at trefuktigheten synker kraftig de første månedene før det stabiliserer seg noe fra januar. Det er derimot viktig å merke seg en forskjell når man skal sammenligne denne simuleringen og de faktiske målingene. Simuleringene gjort i Wufi Pro tar hensyn til gjennomsnittlig trefukt gjennom hele stakken, mens målingene i testhusene er foretatt i stakkens innvendige overflate. Ved målinger i overflaten mister man det helhetlige bildet av trefukt gjennom stakken, da fukten vil variere en del gjennom tverrsnittet de første årene etter bygging dom viser under resultatene fra simuleringen i Wifi Pro.

Spesielt innvendig overflate, men også det ytre, vil tørke fortere enn det midtre sjiktet i stakken fordi oppvarming av laftebygningen innvendig bidrar til raskere uttørking på indre

overflate. De samme tendensene vil også foregå utendørs, da spesielt på sommerstid med sol og høye utetemperaturer. Dette vil forklare noe av fuktforskjellene i simuleringer vs. faktiske målinger, spesielt at trefuktigheten synker mye raskere ved faktiske målinger og at de stabiliserer seg noe etter tid. En annen grunn til at simuleringene kan vike fra virkelige målinger er at klimadataen som er brukt ved simuleringer fraviker noe fra målte temperaturer som forklart tidligere.

Fuktmålingene gjort i laftebygningene viser også at maskinlaft ligger på jevnt lavere prosentverdier enn håndlaft, dette kan igjen føre til at vi med noe sikkerhet kan anta at maskinlaft har noe bedre varmeisolerende egenskaper. Dersom denne antagelsen er korrekt vil det være en medvirkende årsak til at maskinlaft har målt lavere energiforbruk enn håndlaft. Det er verdt å nevne at maskinlaft startet måleperioden med lavere fuktandel i treverket enn håndlaft.

Det er viktig å merke seg at selv om alle simuleringer og målinger foretatt i denne oppgaven er gjort på laftevegger med tykkelse 195 mm, vil resultatene også være gjeldende for laftede vegger med andre tykkelser, så fremt lafteteknikkene og størrelsen på medfaret og suen ikke endrer seg vesentlig.

6. Konklusjon

I dagens byggetekniske forskrift, TEK17, §14-3 (1) b), stilles det minimumskrav til energieffektivitet for bygninger med laftede yttervegger. For laftede vegger er dette kravet $\geq 6''$ (152,4 cm), det stilles altså ingen krav til veggens U-verdi slik det gjøres for de fleste andre bygninger. Byggforsk datablad 471.431 gir derimot henvisninger til hvilke U-verdi ulike tykkelser på laftede vegger tilsvarer. I testhusene denne oppgaven bygger på er det benyttet laftevegger med tykkelse 195 mm, noe som tilsier at teoretisk U-verdien gjennom disse veggene er lik $0,669 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Det er i denne oppgaven foretatt flere simuleringer og faktiske målinger rettet mot varmetap gjennom laftede vegger. Spesielt ut fra sammenligninger mellom simulert energiforbruk i Simien og faktisk energiforbruk kan det med stor sikkerhet sies at laftevegger har noe bedre ytelse, eksempelvis i form av lavere U-verdi, enn det som er lagt til grunn i byggforsk datablad 471.431. Dette støttes i tillegg oppunder av sammenligning mellom teoretisk og målt energi gjennom stukk. Selv om veggene det er gjort forsøk på her er 195 mm tykke vil disse resultatene med stor sikkerhet også være gjeldende for laftede vegger av andre tykkelser.

Ved sammenligning av resultatene for de to lafteteknikkene, blant annet i form av målt energiforbruk og energi gjennom stukk, viser disse tendenser til at det foregår noe mindre varmetap gjennom laftevegger av lamelltømmer i maskinlaft, sammenlignet med håndlaft. Da det er store usikkerhetsfaktorer, blant annet forårsaket av ulike målte innetemperaturer mellom de to laftebygningene, kan det ikke med sikkerhet sies at den ene lafteteknikken er bedre enn den andre. Årsaken til dette er at temperaturdifferansen mellom inne og ute har svært stor påvirkning på både energiforbruk og varmefluks, noe som gjør sammenligning av resultatene svært usikre.

På grunn av kompleksiteten i temaet og den begrensede tiden målingene i denne oppgaven er gjennomført over, anbefales det å gjennomføre videre forskning på området. Dette gjelder spesielt for å komme frem til sikre konklusjoner om eventuelle forskjeller mellom de to lafteteknikkene.

Referanseliste

- Alev, U., Uus, A., Teder, M., Miljan, M. og Kalamees, T. (2014). *Air leakage and hygrothermal performance of an internally insulated log house*.
- Asphaug, S. K., Time, B., Thue, J. V., Geving, S., Gustavsen, A., Mathisen, H. M. & Uvsløkk, S. (2015). *Kunnskapsstatus–Fuktbufring i materialer og påvirkning på energibehov*. ZEB Project report 22 – 2015.
- Byggforsk og Enova (2013). *U-verdier, Vegger over terreng – laftet tre*. Byggforskserien 471.431
- Edwardsen, K. I. (2017). *Eldre laftede vegger, Metoder og materialer*. Byggforskserien 723.204.
- Fonselius, M. og Rautiainen, L. (2009). *Product Certificate Finnlamelli Oy*, Certificate No. C313/04.
- Gustavsen, A., Thue, J. V., Blom, P., Dalehaug, A., Aurlien, T., Grynning, S. & Uvsløkk, S. (2008). *Kuldebroer - Beregning, kuldebroverdier og innvirkning på energibruk*. Oslo: SINTEF Byggforsk
- Hercigonja, T. (2015) *Intern bygningstetthet og personsikkerhet ved brann*. Masteroppgave NMBU
- Holøs, S. og Aurlien, T. (2014). *Termografering av bygninger*. Byggforskserien 474.642
- Katavic, I. (2014) *Fuktbufring og latent varme i eksponerte treoverflater*. Masteroppgave NMBU
- Kristensen, T. (2006). *Laftede vegger*. Byggforskserien 523.291.
- Larsen, B. (2012). *Momentbærende forbindelser i limtrebjelker*. Masteroppgave NTNU
- Lundstadsveen, S.A (2016). *Effekten av redusert ventilasjon på innemiljø og energiforbruk ved å benytte ubehandlet trevirke som byggematerialer innendørs i en matbutikk*. Masteroppgave NMBU
- Relander, T. O. (2014) *Framgangsmåte ved luftlekkasjemåling av bygninger*. Byggforskserien 474.621.
- Rode, C. og Grau, K. (2008). *Moisture Buffering and its Consequence in Whole Building Hygrothermal Modeling*. (Technical report). Journal of Building Physics, 31 (4): 333.
- Sandaker, B. N., Sandvik, M., Vik, B. (2014). *Materialkunnskap*. Oslo: Byggnæringens forlag AS

- Simien Wiki (2019). Tilgjengelig fra: <https://www.programbyggerne.no/SIMIEN/>
(Hentet: 29.03.2019)
- Steen, O (red.) (2003) *Håndlaft, Teknikk og tegninger*. Oslo: Landbruksforlaget
- Thue, J. V. (2019). *Bygningsfysikk, grunnlag*. Bergen: Fagbokforlaget
- Lovdata (2017). *Forskrift om tekniske krav til energi* (Byggteknisk forskrift) - §14
- Vårt lafte system* (2019). Tilgjengelig fra: <http://www.sjoveganhytta.no/vart-lafte-system/>
(Hentet: 20.04.2019)
- Wufi Home* (2018). Tilgjengelig fra: <https://wufi.de/en/> (Hentet: 20.04.2019)

Vedlegg

Vedlegg 1: *Hyttenes konstruksjon*

Vedlegg 2: *Utregning av U-verdi og SFP-faktor*

Vedlegg 3: *Rapporter fra årssimuleringer gjennomført i Simien*

Vedlegg 4: *Resultater Flixo*

Vedlegg 5: *Resultater Wufi Pro*

Vedlegg 6: *Testing fuktmaskin*

Vedlegg 7: *Vindrose*

Vedlegg 8: *Målt energiforbruk*

Vedlegg 9: *Volumberegning trykktest*

Vedlegg 10: *Resultater fra tidligere utført trykktest*

Vedlegg 11: *Resultater trykktest*

Vedlegg 1: Hyttenes konstruksjon

Materialer benyttet i gulvets konstruksjon, innvendig til utvendig:

Materiale	Type	Tykkelse (mm)
Gulvbord	Baseko sekelgolv	25
Styrofoam	XPS styrofoam 250 sl-a-n 50 mm dow	50
Plast	Dampsperre 0,2mm glava	0,2
Styrofoam	XPS styrofoam 250 sl-a-n 100 mm dow	100
Styrofoam	XPS styrofoam 250 sl-a-n 100 mm dow	100

Produktblader på materialer benyttet i gulv som er relevant for utregning av U-verdi:



EC DECLARATION OF CONFORMITY



The undersigned, representing the following:

BASECO GOLV AB
Vindelvägen 11
S-920 70 SORSELE
SWEDEN

Manufacturing plant: BASECO

Herewith declares that the product: **Sekegolv**
Are in conformity with the provisions of the

89/106/EEC Construction Products Directive

when installed in accordance with the installation instructions contained
in the product documentation and that the following standard has been applied:

EN 14342:2005 "Wood flooring - Characteristics, evaluation of conformity and marking"

Provisions to which the product conforms:

Characteristic	Test standard	Performance declaration	Report reference
Reaction to fire	EN 13501-1	Dfl-s1	Nr 5.1 14342
Emission fo formaldehyde	EN-717-1	E1	Nr 5.2 14342
Breaking strenght	-	NPD	
Slipperiness	-	NPD	
Thermal conductivity	EN 12524	0,13 W/ (m K)	Nr 5.6 14342
Biological durability	EN 335-1	Class 1	Classes provided for in standard

Description of the product:

Name and adress of notified laboratories involved:

Sorsele 2010.01.25


Krister Abrahamsson
Managing director



Building Solutions

YTELSESERKLÆRING

No 00104638

- | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Entydig identifikasjonskode for produkttypen: | STYROFOAM™ 250 A-N |
| 2. Type, parti eller serienummer: | Tykkelse 50 mm |
| 3. Produsentens tilsiktede bruksområder for byggevaren, I samsvar med den relevante harmoniserte tekniske spesifikasjonen: | Varmeisolasjonprodukter for bygninger (ThiB) XPS /EN13164:2012+A1:2015 |
| 4. Produsentens navn og kontaktadresse: | Dow Europe GmbH
Bachtobelstrasse 3
CH- 8810 Horgen Switzerland |
| 6. Det eller de systemer for vurdering og kontroll av byggevarens konstante ytelse, som fastsatt I vedlegg V. | AVCP - System 3 |
| 7. Navn og identifikasjonsnummer på det meldte organet | FIW (N° 751); CSTB (N° 679) |
| 9. Deklarert ytelse - Vesentlige egenskaper (En13164-ZA1) | |

Tykkelse	[mm]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
[mm]	Varmekonduktivititet λD [W/m.K]	Varmemotstand RD [m ² .K/W]									
40	0.033	1.20	1.20	1.25	1.30	1.30	1.35	1.35	1.40	1.45	1.45
50	0.033	1.50	1.50	1.55	1.60	1.60	1.65	1.65	1.70	1.75	1.75
60	0.033	1.80	1.80	1.85	1.90	1.90	1.95	2.00	2.00	2.05	2.05
70	0.034	2.05	2.05	2.10	2.10	2.15	2.20	2.20	2.25	2.25	2.30
80	0.034	2.35	2.35	2.40	2.40	2.45	2.50	2.50	2.55	2.55	2.60
90	0.035	2.55	2.55	2.60	2.65	2.65	2.70	2.70	2.75	2.75	2.80
100	0.035	2.85	2.85	2.90	2.90	2.95	3.00	3.00	3.05	3.05	3.10
110	0.035	3.15	3.15	3.20	3.20	3.25	3.25	3.30	3.30	3.35	3.40
120	0.035	3.40	3.45	3.45	3.50	3.50	3.55	3.55	3.60	3.65	3.65
130	0.036	3.60	3.60	3.65	3.65	3.70	3.75	3.75	3.80	3.80	3.85
140	0.036	3.85	3.90	3.90	3.95	4.00	4.00	4.05	4.05	4.10	4.10
150	0.036	4.15	4.15	4.20	4.25	4.25	4.30	4.30	4.35	4.35	4.40
160	0.036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
170	0.036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
180	0.036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
190	0.036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	0.036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
210	0.036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
220	0.036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

9. Deklarert ytelse - Vesentlige egenskaper (En13164-ZA1)

Dimensjontoleranser		T	1
Trykkstyrke		CS(10\Y)	250
Strekkfasthet vinkelrett på overflater		TR	NPD
skjærstyrke		SS	NPD
Brannklasse		Euro-Class	NPD
Kontinuerlig glødende forbrenning		-	-
Vannabsorpsjon	Langtids vannabsorpsjon ved nedsenking	WL(T)	0,7
	Langtids vannabsorpsjon ved diffusjon	WD(V)	2
Vanndampermeabilitet	Relativ vanndampmotstand	MU	NPD
Holdbarhet av trykkfasthet mot aldring/forringelse	Langtidslast	CC (2/1,5/50)	90
Holdbarhet av materialers egenskaper ved brannpåvirkning mot varme, slitasje, aldring/forringelse	Reaksjonen ved brannpåvirkning for XPS endres ikke med tiden.		
Holdbarhet av varmemotstand mot varme, slitasje, aldring/forringelse	Varmemotstand og Varmekonduktivitet	Se ovenfor R₀ og λ₀	
	Fryse/tine motstand etter langtids vannabsorpsjon ved diffusjon	FTCD	1
	Fryse/tine motstand etter langtids vannabsorpsjon ved nedsenking	FTCI	NPD
	Dimensjonsstabilitet under spesifiserte betingelser for temperatur og fuktighet	DS	(70,90)
	Deformasjon under spesifiserte betingelser for trykklast og temperatur	DLT	(2)5
Farlige stoffer	Avgivelse av farlige stoffer mot innendørs omgivelser	-	-

«NPD» (No Performance Determined)

10. Ytelsen for varen som angitt i nr. 1 og 2, er i samsvar med ytelsen angitt i nr.9.

Denne ytelseserklæring er utstedt på eget ansvar av produsenten, som angitt i nr. 4.

Undertegnet for og på vegne av produsenten av:

Jean-Luc Guillaumin Quality Manager - Building & Construction

Horgen - CH



udstedelsesdato: 1st July 2013

skrive ut dato: 22nd April 2016

Numbering according to CPR (Regulation EU No 305/2011) Annex III - only relevant items are listed.

YTELSESERKLÆRING

No 00104638

- | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1. Entydig identifikasjonskode for produkttypen: | STYROFOAM™ 250 A-N |
| 2. Type, parti eller serienummer: | Tykkelse 100 mm |
| 3. Produsentens tilskitede bruksområder for byggevaren, i samsvar med den relevante harmoniserte tekniske spesifikasjonen: | Varmeisolasjonprodukter for bygninger (ThIB) XPS /EN13164:2012+A1:2015 |
| 4. Produsentens navn og kontaktadresse: | Dow Europe GmbH
Bachtobelstrasse 3
CH- 8810 Horgen Switzerland |
| 6. Det eller de systemer for vurdering og kontroll av byggevarens konstante ytelse, som fastsatt i vedlegg V. | AVCP - System 3 |
| 7. Navn og identifikasjonsnummer på det meldte organet | FIW (N° 751); CSTB (N° 679) |

9. Deklarert ytelse - Vesentlige egenskaper (En13164-ZA1)

Tykkelse	[mm]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
[mm]	Varmekonduktivitet	Varmemotstand RD [m².K/W]									
	λD [W/m.K]										
40	0.033	1.20	1.20	1.25	1.30	1.30	1.35	1.35	1.40	1.45	1.45
50	0.033	1.50	1.50	1.55	1.60	1.60	1.65	1.65	1.70	1.75	1.75
60	0.033	1.80	1.80	1.85	1.90	1.90	1.95	2.00	2.00	2.05	2.05
70	0.034	2.05	2.05	2.10	2.10	2.15	2.20	2.20	2.25	2.25	2.30
80	0.034	2.35	2.35	2.40	2.40	2.45	2.50	2.50	2.55	2.55	2.60
90	0.035	2.55	2.55	2.60	2.65	2.65	2.70	2.70	2.75	2.75	2.80
100	0.035	2.85	2.85	2.90	2.90	2.95	3.00	3.00	3.05	3.05	3.10
110	0.035	3.15	3.15	3.20	3.20	3.25	3.25	3.30	3.30	3.35	3.40
120	0.035	3.40	3.45	3.45	3.50	3.50	3.55	3.55	3.60	3.65	3.65
130	0.036	3.60	3.60	3.65	3.65	3.70	3.75	3.75	3.80	3.80	3.85
140	0.036	3.85	3.90	3.90	3.95	4.00	4.00	4.05	4.05	4.10	4.10
150	0.036	4.15	4.15	4.20	4.25	4.25	4.30	4.30	4.35	4.35	4.40
160	0.036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
170	0.036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
180	0.036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
190	0.036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	0.036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
210	0.036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
220	0.036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

9. Deklarert ytelse - Vesentlige egenskaper (En13164-ZA1)

Dimensjonstoleranser		T	1
Trykkstyrke		CS(10\Y)	250
Strekkfasthet vinkelrett på overflater		TR	NPD
skjærstyrke		SS	NPD
Brannklasse		Euro-Class	NPD
Kontinuerlig glødende forbrenning		-	-
Vannabsorpsjon	Langtids vannabsorpsjon ved nedsenking	WL(T)	0,7
	Langtids vannabsorpsjon ved diffusjon	WD(V)	1
Vanndampermeabilitet	Relativ vanndampmotstand	MU	NPD
Holdbarhet av trykkfasthet mot aldring/forringelse	Langtidslast	CC (2/1,5/50)	90
Holdbarhet av materialers egenskaper ved brannpåvirkning mot varme, slitasje, aldring/forringelse	Reaksjonen ved brannpåvirkning for XPS endres ikke med tiden.		
Holdbarhet av varmemotstand mot varme, slitasje, aldring/forringelse	Varmemotstand og Varmekonduktivitet	Se ovenfor Rø og λD	
	Fryse/tine motstand etter langtids vannabsorpsjon ved diffusjon	FTCD	1
	Fryse/tine motstand etter langtids vannabsorpsjon ved nedsenking	FTCI	NPD
	Dimensjonsstabilitet under spesifiserte betingelser for temperatur og fuktighet	DS	(70,90)
	Deformasjon under spesifiserte betingelser for trykklast og temperatur	DLT	(2)5
Farlige stoffer	Avgivelse av farlige stoffer mot innendørs omgivelser	-	-

«NPD» (No Performance Determined)

10. Ytelsen for varen som angitt i nr. 1 og 2, er i samsvar med ytelsen angitt i nr.9.

Denne ytelseserklæring er utstedt på eget ansvar av produsenten, som angitt i nr. 4.

Undertegnet for og på vegne av produsenten av:

Jean-Luc Guillaumin Quality Manager - Building & Construction

Horgen - CH



udstedelsesdato: 1st July 2013

skrive ut dato: 22nd April 2016

Numbering according to CPR (Regulation EU No 305/2011) Annex III - only relevant items are listed.

Materialer benyttet i takets konstruksjon, innvendig til utvendig sett rett over takåsen:

Materiale	Type	Tykkelse (mm)
Panel	Moelven Furu 28X145 skygge skrå nat. hvitlasert	28
Papp		
Markplate	Rockwool markplate	70
Membran		
Markplate	Rockwool markplate	70
Torvtaksplate	Rockwool Rocktorv	180
Torv	Torvtak i blokk fra Fossli AS	150

Produktblader på materialer benyttet i tak som er relevant for utregning av U-verdi:

MOELVEN

YTELSESERKLÆRING

Nr. 130CPR130527

1. Entydig identifikasjonskode for produkttypen: **Kledningsbord av heltre**
2. Type-, parti- eller serienummer eller en annen form for angivelse som muliggjør identifisering av byggevaren i samsvar med artikkel 11 nr. 4: **Kledningsbord leveres i pakker med pakkelapp som angir pakkenummer og produksjonsdato for å ivareta sporingen tilbake til produksjonstidspunktet.**
3. Produsentens tilsiktede bruksområder for byggevaren, i samsvar med den relevante harmoniserte tekniske spesifikasjonen

Bygninger

4. Navn, registrert varemerke og kontaktadresse til produsenten i henhold til artikkel 11 nr. 5:
Moelven Wood AS, Sagvegen, 2074 Eidsvoll Verk, E-post: post.wood@moelven.no
5. Det eller de systemer for vurdering og kontroll av byggevarens konstante ytelse, som fastsatt i vedlegg V,
System 4
6. Dersom ytelseserklæringen gjelder en byggevare som omfattes av en harmonisert standard:
NS- EN 14915
Produktene er underlagt intern produksjonskontroll i fabrikkene slik den er spesifisert i NS-EN 14915.

7. Angitt ytelse

Vesentlige egenskaper	Ytelse	Harmonisert teknisk spesifisering
Bruksområde	Utendørs på vegger og i himlinger	NS-EN-14915: 2006/AC:2007
Dimensjon (tykkelse i mm X bredde i mm)	16-29 X 73-198	
Densitet i kg/m³	450	
Lydabsorpsjon	0,1/0,3	
Vandampmotstand	65	
Varmeledningsevne (W/mK)	0,12	
Treslagskode	PCAB (gran) eller PNSY (furu)	
Biologisk holdbarhet etter NS-EN 350-2	Holdbarhetsklasse 5	
Brannmotstand (tabell 1 i NS-EN 14915)	D-s2, d0	

8. Ytelsen for varen som angitt i nr. 1 og 2, er i samsvar med ytelsen angitt i nr. 7.

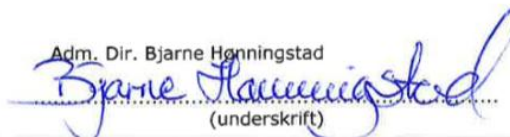
Denne ytelseserklæringen er utstedt på eget ansvar av produsenten, som angitt i nr. 4.

Undertegnet for og på vegne av produsenten av:

Undertegnet for og på vegne av produsenten av:

Eidsvoll Verk 2015.06.25

Adm. Dir. Bjarne Hønningstad


(underskrift)

Gode rom

Moelven Wood AS, Sagvegen, 2074 Eidsvoll Verk, Telefon: + 4763957050, Telefax: + 4763959780,
E-post: post.wood@moelven.no, www.moelven.no, Org.nr. 941809030

MARKPLATE

PRODUKT

ROCKWOOL MARKPLATE® er laget av ubrennbar fukt-og vannavvisende ROCKWOOL steinull. ROCKWOOL MARKPLATE er en hardkomprimert isolasjonsplate med høy densitet.



ANVENDELSE

For telesikring i mark av grunne fundamenter, garasjer og gulv på grunn.



TEKNISKE EGENSKAPER

Område	Beskrivelse	Standard
Varmekonduktivitet	$\lambda_D=37$ mW/mK	EN 12939
Varmekonduktivitet	$\lambda_g= 55$ mW/mK (1)	EN ISO 10456
Brannklasse	A2	EN 13501-1
Trykkfasthet	Ved 10% kompresjon, CS 40 kPa	EN 826
Vannabsorpsjon	Korttid WS ≤ 1 kg/m ²	EN 1609
	Langtid WL(P) ≤ 3 kg/m ²	EN 12087
Vanndampgjennomgang	MU = 1	EN 12086
Beskrivelseskode	MW-EN13162-T4-CS(10)40-WS-WL(P)-MU1	

(1)

Benyttet horisontalt i grunnen utendørs på drenert underlag.

Dimensjoner (pall)

Dimensjoner (mm)	Pk pr pall	Stk pr pakke	m ² pr pall	m ² pr pakke	m ³ pr. pall	NOBB nr
1200 x 600 x 30	10	8	57,6	5,76	1,73	30674964
1200 x 600 x 50	12	4	34,56	2,88	1,73	30674931
1200 x 600 x 70	10	3	21,6	2,16	1,51	30674949
1200 x 600 x 100	12	2	17,28	1,44	1,73	30674956

Horisontalt i bakken:

$\lambda_d: 0,055$ W/m°C

Helse og miljø



ROCKTORV

PRODUKT

ROCKTORV® er laget av ubrennbar fukt-og vannavvisende ROCKWOOL steinull. ROCKTORV isolasjonsplate er et spesialprodukt beregnet for torvtak og har en høy trykkstyrke og stor fuktmotstand. ROCKTORV har en to-sjikts oppbygging, med en hard overflate som tåler gangtrafikk i forbindelse med utlegging.



ANVENDELSE

For isolering av torvtak bygget opp som kompaktaks-løsning.

I kompakte torvtak benyttes ROCKTORV isolasjonsplate i tykkelse 150 mm eller mer, avhengig av ønsket U-verdi. På takutstikk ved raft og gavl kan det benyttes 100 mm tykkelse.

I luftede torvtak kan 50 mm markplate med fordel benyttes som underlag for torven. Dette gir en mer sklisikker løsning, samt at sig i torven unngås, tettesjiktet beskyttes og brannsikkerheten økes.



TEKNISKE EGENSKAPER

Område	Beskrivelse	Standard
Varmekonduktivitet	$\lambda_D=37$ mW/mK	EN 12939
Varmekonduktivitet	$\lambda_g= 40$ mW/mK (1)	EN ISO 10456
Tykkelsesklasse	T4	EN 823
Brannklasse	A2/s1/d0	EN 13501-1
Trykkfasthet	Ved 10% kompresjon, CS 30 kPa	EN 826
Vannabsorpsjon	Korttid WS ≤ 1 kg/m ²	EN 1609
	Langtid WL(P) ≤ 3 kg/m ²	EN 12087
Vanndampgjennomgang	MU = 1	EN 12086
Beskrivelseskode	MW-EN13162-T4-CS(10)30-WS-WL(P)-MU1	
Produktsertifikat	Sertifikat	

(1) Benyttet som varmeisolering i skrå kompakte torvtak

Dimensjoner (pall)

Dimensjoner (mm)	Pk pr pall	Stk pr pall	Stk pr pakke	m ² pr pall	m ² pr pakke	m ³ pr. pall	m ³ pr. pakke	NOBB nr
1200 x 600 x 50	8	48	6	34,56	4,32	1,73	0,22	30675292
1200 x 600 x 100	8	24	3	17,28	2,16	1,73	0,22	29320801
1200 x 600 x 150	8	16	2	11,52	1,44	1,73	0,22	24026775
1200 x 600 x 180	0	12	0	8,64	0	1,71	0	42361393

Clever-line ytterdører Konstruksjon



Bruksområde	Ytterdør for bolig.		
Konstruksjon	Se detalj. CE-merket iht. EN 14351-1, se side 10:16. Dørpumpe kan monteres uten ekstra forsterkning.		
Overflate	Malt:	Leveres kun som standard hvit NCS S 0502-Y.	
Mønster	Design se side 6:19.		
Glass	Isolerglass, glass iht side 6:19. Alle glassdører leveres med glasslister i plast.		
Karm	105 mm karmdyp, malt std. hvit NCS S 0502-Y. Se side 9:16 og 9:17		
Terskel	Kompositterskel		
Beslag	Hengsler:	2 stk blanke, justerbare tappbærende hengsler med bakkantsikring.	
	Lås:	8765 samt sikkerhetsluttstykke i karm. Sluttstykke og lås stolpe er blank.	
a- og b-mål	Se side 10:11.		
Vekt	Modul 10:	Dørblad	- ca. 35-40 kg.
		Karm	- ca. 10 kg.
Øvrig	Leveres kun med dør hengt i karm.		

Malt dør



6:18

Model	Karmyttemål		Åpningsmål		Dørbladmål	
	Bredde	Høyde	V/90 *	V/180 *	Bredde	Høyde
5x20	888	1900	735	800	825	1933
8x19*	888	1880	735	800	825	1833
9x21	888	2000	735	800	825	2033
10x21	888	2080	835	900	825	2033

*Kun P-100 og P-400 er tilgjengelig i denne størrelse.

P710 kan fås i 8x20

P1300 og P1400 kan fås i 8x19 og 8x20

Vil får forbehold om konstruksjonsendringer
04-09-2021

SWEDOOR

Glassforklaring Klarglass monteres som standard på modell: P-200, P-1100.
Cotswold monteres som standard på modell: P-400, P-500, P-700, P-710.

Anm. Målangivelse på hver dørmodell fremgår på: www.swedoor.no (Se mål og fakta på Internett, klikk på respektive bilde).

Dekorfest Innside Dørene har slett Innside.



P-100
u-verdi 0,78



P-200
u-verdi 0,84



P-400
u-verdi 0,97



P-500
u-verdi 0,95



P-710
u-verdi 0,94



P-1100
u-verdi 0,83



P-1200
u-verdi 0,78



P-1700
u-verdi 0,84

6:19



Ordrebekreftelse 20364762



Natre Vinduer AS


2827 HUNNDALEN, Tlf./Fax 61188010/61188020, salg@natre.no

110239
NATRE VINDUER AS AVD. GJØVIK
Engenvegen 1

2827 HUNNDALEN

Telefon: 61 18 80 10	Bet.bet.:	Dato: 22.06.2018
Deres ref.: Alf Arne/Kristian	Lev.bet.:	Levering fra fabrikk: 23.08.2018
Tlf ref.: 61 18 80 10	Rekv.nr.:	Korr. frist: 25.06.2018 Kl 15:00
Prosjekt: Vinduer til testhus	Endret: 09.08.2018 07:35	
Lev. instr.: hentes	Merket: Vinduer til testhus	
Vår rådgiver:		Valuta:

Vær oppmerksom på krav til sikkerhetsglass i TEK17. For mer informasjon se dibk.no
Sikkerhetsglass er ikke medregnet i våre priser dersom det ikke er beskrevet på varelinjen.

REF	PRODUKT/TEGNING	BESKR.	ANT
V1	A (788x988) NOBB: 45798794	Produktvekt: 32 kg	4 Stk
		Natre Toppsving UNO ,8 3L Energi+ 2S 33(-2;-6) dB 4 One-16G-4-16G- One 4 Karmdybde 95 mm Utv:Hvit RAL 9010 Malt hvit (NCS S0502 Y) Multitech spacer Spilka/Natre Standard beslag Hvit Natre standard vrider (Grå) Uten ventil m/not 14/6 mm spikerhull Hvite plastpropper (RAL 9010)	
	PCB NOBB: 26924985		4 Stk
		Miljøvederlag	

Natre Vinduer AS

Utskrevet dato: 05.03.2019

1 av 6



ENERGIREGNSKAP

Beregnet i henhold til EN
ISO 10077-1, 10077-2

Ordrenr: 20364762
Kunde: NATRE VINDUER AS AVD. GJØVIK
Merket: Vinduer til testhus

Ref	Produkt	B	H	Uw	At	F	Ug	Lt	Gg
		mm	mm	W/m ² K	m ²	%	W/m ² K		
V1	A	788	988	0,93	3,11	57	0,53	0,59	0,38
TOTALVERDIER				0,93	3,11	57		0,59	0,38

Gjennomsnittlig U-verdi: 0,93 W/m²K

- Uw** = Produktes totale U-verdi
At = Produktes totale areal
F = Glassets areal i % av produktets totalareal
Ug = Glassets senter U-verdi (EN 673/EN410)
Lt = Lystransmisjon. Andel dagslys som slipper inn gjennom glasset
Gg = Soltransmisjon/Solfaktor. Andel solenergi som slipper inn gjennom glasset

Utvendig kondens/ising kan oppstå:

Våre vinduer er godt isolert. Glasset har en U-verdi på 1,0 eller lavere
Det gir økt komfort og redusert energitap
God U-verdi kan medføre utvendig kondens/ising
For mer info se Natre.no eller glassportal.no

Vedlegg 2: Utregning av U-verdi og SFP-faktor

Utregning av U-verdi gulv:

Oppbygging gulv topp-bunn:	Tykkelse i m	Varmekonduktivitet, λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Innvendig overgangsmotstand			0,17
Gulvbord	0,025	0,13	0,19
XPS Styrofoam 250	0,05	0,033	1,52
XPS Styrofoam 250	0,1	0,035	2,86
Plast	0,002		
XPS Styrofoam 250	0,1	0,035	2,86
Rt:			7,59
U-verdi:			0,13

Utregning av U-verdi tak:

Oppbygning tak bunn-topp	Tykkelse i m	Varmekonduktivitet, λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Innvendig overgangsmotstand			0,13
Panel	0,028	0,12	0,23
Diff. Åpen papp/vindsperre			
Rockwool markplate	0,07	0,037	1,89
Membran			
Rockwool markplate	0,07	0,037	1,89
Rockwool RockTorv	0,18	0,04	4,50
Torvtak	0,15	Bidrag medregnes ikke	
Utvendig overgangsmotstand			0,04
Rt:			8,69
U-verdi:			0,12

Utregning av SFP-faktor

SFP-faktor	
Vifteeffekt tilluft	0
Vifteeffekt avtrekk (kW)	0,004
Største luftmengde (m ³ /h)	39,6
SFP-faktor	0,36

Utrekning av teoretisk U-verdi basert på byggforsk datablad 471.431:

Utrekning av teoretisk U-verdi

Tykkelse (mm)	U-verdi (W/m ² K)
150	0,84
195	X
200	0,65

Interpolerer:

$$\frac{200 - 150}{200 - 195} = \frac{0,65 - 0,84}{0,65 - X}$$

$$10 = \frac{-0,19}{(0,65 - X)}$$

$$(0,65 - X) * 10 = -0,19$$

$$6,5 - 10X = -0,19$$

$$-10X = -0,19 - 6,5$$

$$X = \frac{-6,69}{-10} = \mathbf{0,669}$$

Vedlegg 3: Rapporter fra årssimuleringer gjennomført i Simien

Maskinlaft:



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:15 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Maskinlaft.smi
Prosjekt: Maskinlaft
Sone: Maskinlaft

Energibudsjett			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	5456 kWh	363,7 kWh/m ²	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
2 Varmtvann (tappevann)	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
3a Vifter	35 kWh	2,3 kWh/m ²	
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
4 Belysning	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
5 Teknisk utstyr	416 kWh	27,7 kWh/m ²	
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	5907 kWh	393,8 kWh/m ²	

Levert energi til bygningen (beregnet)			
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi	
1a Direkte el.	6381 kWh	425,4 kWh/m ²	
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²	
Totalt levert energi, sum 1-7	6381 kWh	425,4 kWh/m ²	
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²	
Netto levert energi	6381 kWh	425,4 kWh/m ²	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:15 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Maskinlaft.smi
Prosjekt: Maskinlaft
Sone: Maskinlaft

Energikilder	Dekning av energibudsjett fordelt på energikilder					
	Romoppv.	Varmebatterier	Varmtvann	Kjølebatterier	Romkjøling	El. spesifikt
El.	363,7 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	30,0 kWh/m ²
Olje	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Gass	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Fjernvarme	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Biobrensel	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Varmepumpe	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sol	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Annen	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sum	363,7 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	30,0 kWh/m ²

Energivare	Årlige utslipp av CO2	
	Utslipp	Spesifikt utslipp
1a Direkte el.	2520 kg	168,0 kg/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kg	0,0 kg/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kg	0,0 kg/m ²
2 Olje	0 kg	0,0 kg/m ²
3 Gass	0 kg	0,0 kg/m ²
4 Fjernvarme	0 kg	0,0 kg/m ²
5 Biobrensel	0 kg	0,0 kg/m ²
6. Annen energikilde	0 kg	0,0 kg/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kg	-0,0 kg/m ²
Totalt utslipp, sum 1-7	2520 kg	168,0 kg/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kg	-0,0 kg/m ²
Netto CO2-utslipp	2520 kg	168,0 kg/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:15 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Maskinlaft.smi
Prosjekt: Maskinlaft
Sone: Maskinlaft

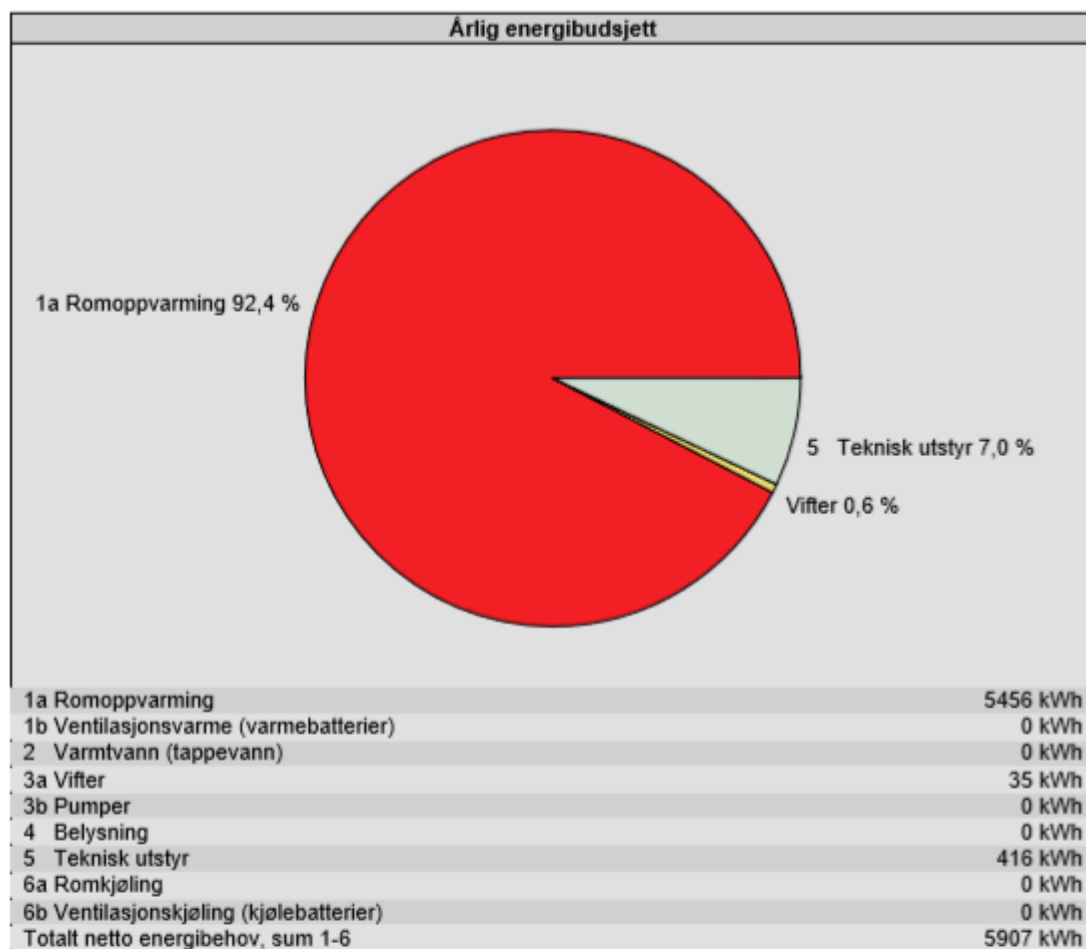
Kostnad kjøpt energi		
Energivare	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
1a Direkte el.	5105 kr	340,3 kr/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kr	0,0 kr/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kr	0,0 kr/m ²
2 Olje	0 kr	0,0 kr/m ²
3 Gass	0 kr	0,0 kr/m ²
4 Fjernvarme	0 kr	0,0 kr/m ²
5 Biobrensel	0 kr	0,0 kr/m ²
6. Annen energikilde	0 kr	0,0 kr/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kr	-0,0 kr/m ²
Årlige energikostnader, sum 1-7	5105 kr	340,3 kr/m ²
Solstrøm til eksport	0 kr	0,0 kr/m ²
Netto energikostnad	5105 kr	340,3 kr/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:15 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Maskinlaft.smi
Prosjekt: Maskinlaft
Sone: Maskinlaft





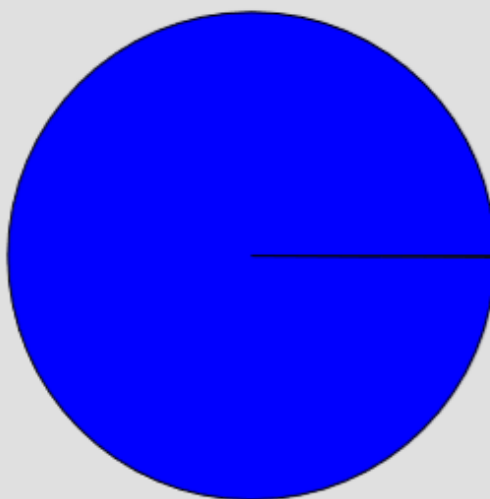
SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:15 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Maskinlaft.smi
Prosjekt: Maskinlaft
Sone: Maskinlaft

Levert energi til bygningen (beregnet)

1a Direkte el. 100,0 %



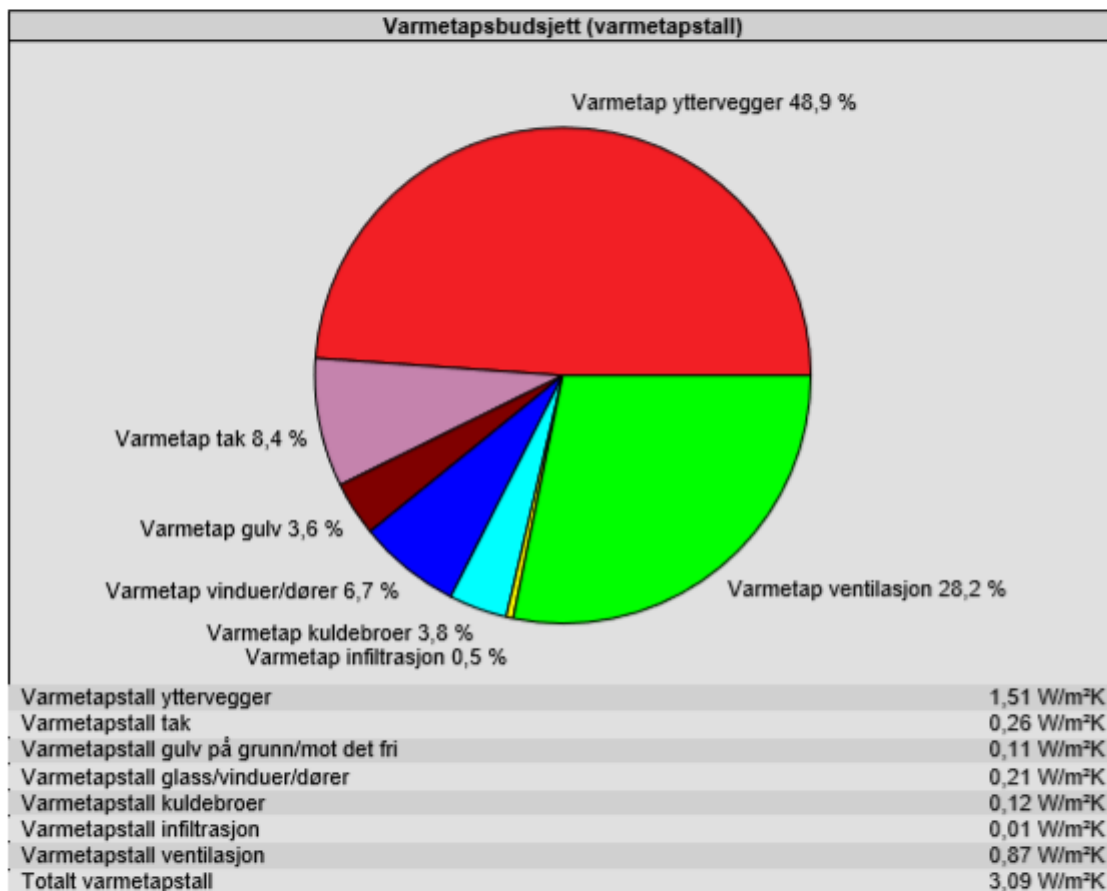
1a Direkte el.	6381 kWh
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh
1c El. til solfangersystem	0 kWh
2 Olje	0 kWh
3 Gass	0 kWh
4 Fjernvarme	0 kWh
5 Biobrensel	0 kWh
6. Annen energikilde	0 kWh
Totalt levert energi, sum 1-7	6381 kWh



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:15 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Maskinlaft.smi
Prosjekt: Maskinlaft
Sone: Maskinlaft

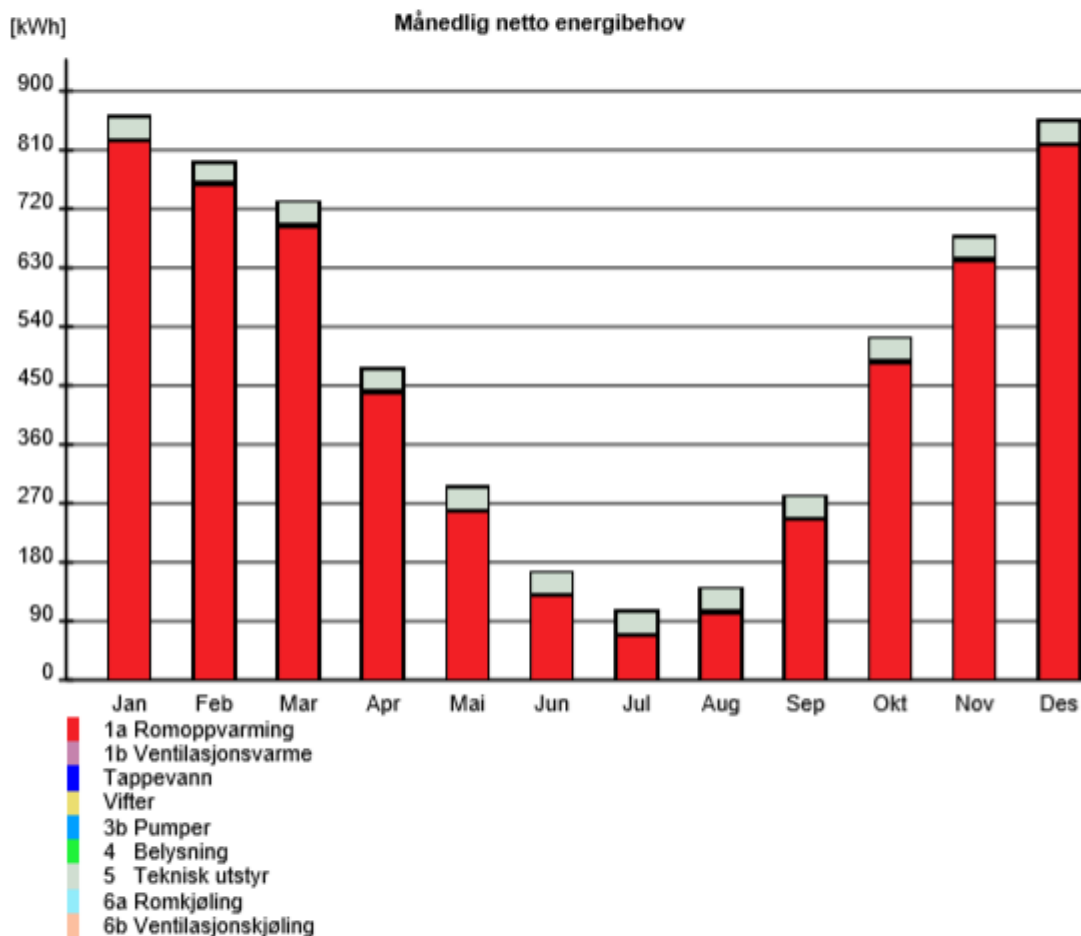




SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:15 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Maskinlaft.smi
Prosjekt: Maskinlaft
Sone: Maskinlaft

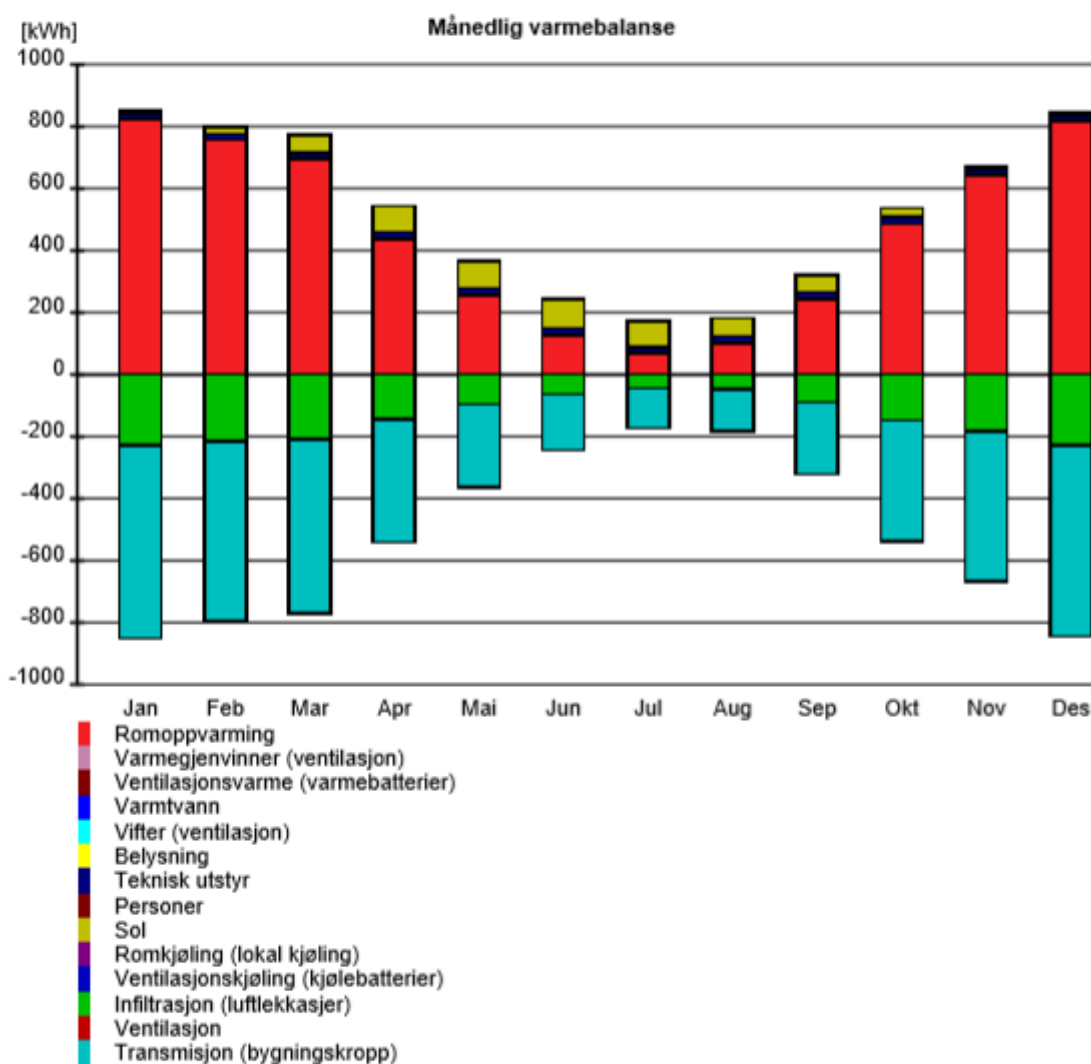




SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:15 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Maskinlaft.smi
Prosjekt: Maskinlaft
Sone: Maskinlaft





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:15 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Maskinlaft.smi
Prosjekt: Maskinlaft
Sone: Maskinlaft

Månedlige temperaturdata (lufttemperatur)						
Måned	Midlere ute	Maks. ute	Min. ute	Midlere sone	Maks. sone	Min. sone
Januar	-3,7 °C	7,9 °C	-18,7 °C	19,7 °C	21,0 °C	14,4 °C
Februar	-4,2 °C	8,9 °C	-20,1 °C	19,9 °C	21,0 °C	14,4 °C
Mars	-0,8 °C	12,6 °C	-16,2 °C	20,2 °C	21,0 °C	17,1 °C
April	5,1 °C	16,1 °C	-6,1 °C	20,3 °C	21,7 °C	19,0 °C
Mai	10,6 °C	21,9 °C	-1,3 °C	20,4 °C	23,2 °C	19,0 °C
Juni	14,2 °C	24,7 °C	2,1 °C	21,0 °C	25,9 °C	19,0 °C
Juli	16,8 °C	29,5 °C	5,8 °C	21,4 °C	29,7 °C	19,0 °C
August	15,8 °C	24,9 °C	4,8 °C	20,8 °C	25,0 °C	19,0 °C
September	11,1 °C	22,3 °C	1,1 °C	20,4 °C	24,4 °C	19,0 °C
Oktober	5,3 °C	15,3 °C	-5,0 °C	20,3 °C	21,5 °C	19,0 °C
November	1,1 °C	11,2 °C	-10,4 °C	20,2 °C	21,0 °C	19,0 °C
Desember	-3,4 °C	8,1 °C	-18,4 °C	20,0 °C	21,0 °C	14,3 °C

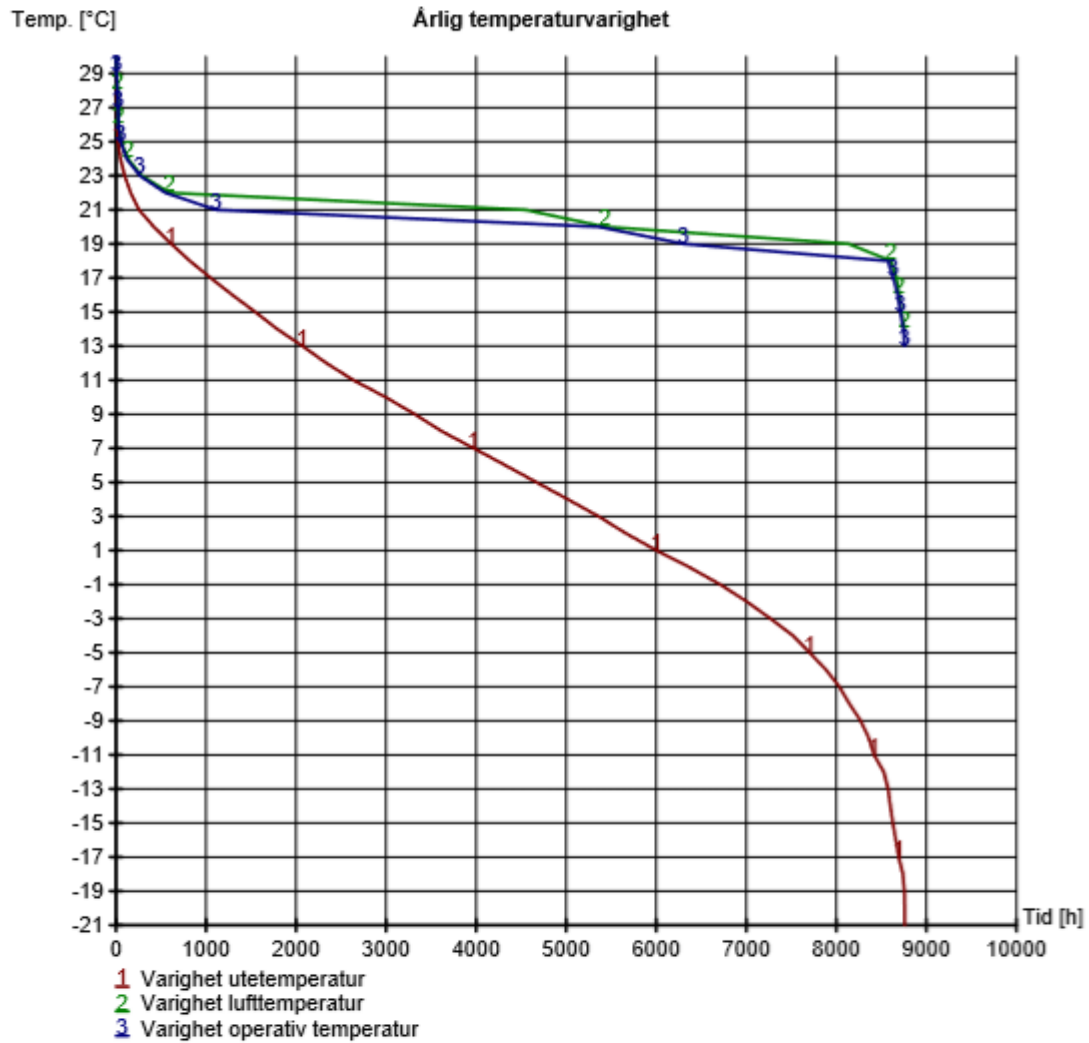
Månedlige temperaturdata (operativ temperatur)						
Måned	Midlere ute	Maks. ute	Min. ute	Midlere sone	Maks. sone	Min. sone
Januar	-3,7 °C	7,9 °C	-18,7 °C	19,3 °C	21,0 °C	14,0 °C
Februar	-4,2 °C	8,9 °C	-20,1 °C	19,6 °C	20,8 °C	14,3 °C
Mars	-0,8 °C	12,6 °C	-16,2 °C	19,9 °C	20,9 °C	16,9 °C
April	5,1 °C	16,1 °C	-6,1 °C	20,0 °C	21,4 °C	19,0 °C
Mai	10,6 °C	21,9 °C	-1,3 °C	20,2 °C	23,1 °C	18,9 °C
Juni	14,2 °C	24,7 °C	2,1 °C	20,9 °C	25,8 °C	19,0 °C
Juli	16,8 °C	29,5 °C	5,8 °C	21,4 °C	29,5 °C	19,0 °C
August	15,8 °C	24,9 °C	4,8 °C	20,7 °C	24,8 °C	19,0 °C
September	11,1 °C	22,3 °C	1,1 °C	20,2 °C	24,3 °C	19,0 °C
Oktober	5,3 °C	15,3 °C	-5,0 °C	20,0 °C	21,2 °C	19,0 °C
November	1,1 °C	11,2 °C	-10,4 °C	19,9 °C	20,9 °C	18,9 °C
Desember	-3,4 °C	8,1 °C	-18,4 °C	19,6 °C	20,8 °C	14,3 °C



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:15 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Maskinlaft.smi
Prosjekt: Maskinlaft
Sone: Maskinlaft

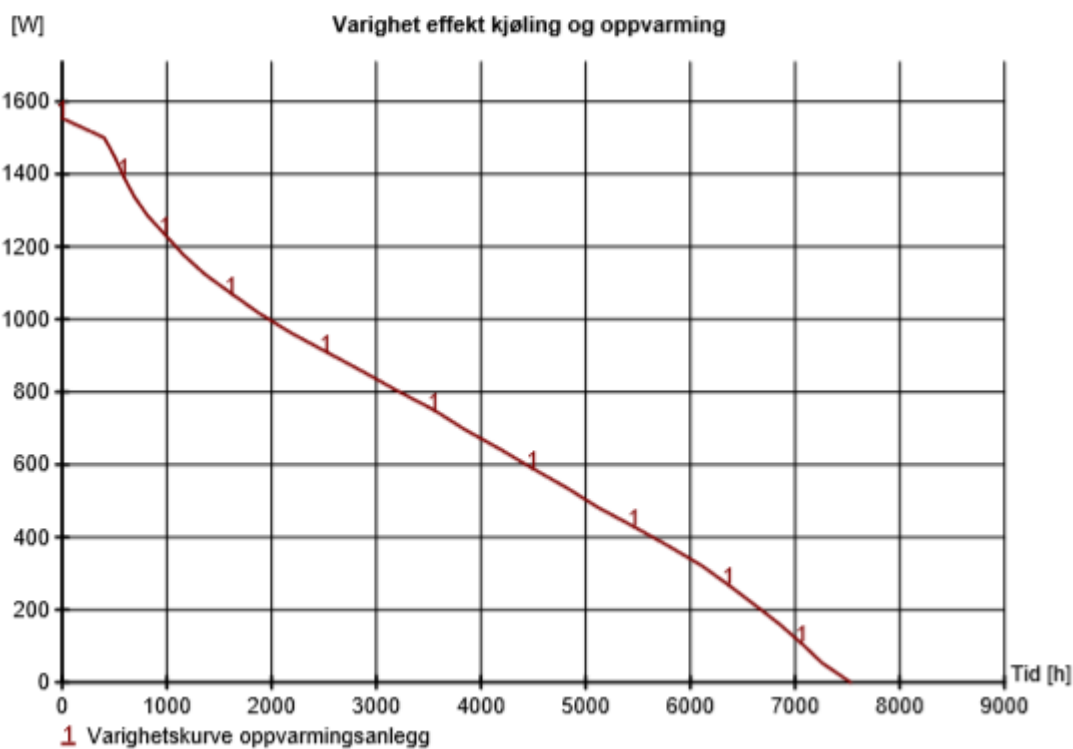




SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:15 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Maskinlaft.smi
Prosjekt: Maskinlaft
Sone: Maskinlaft



Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	
Effekt (dekning)	Dekningsgrad energibruk
1,4 kW (90 %)	99 %
1,2 kW (80 %)	96 %
1,1 kW (70 %)	92 %
0,9 kW (60 %)	87 %
0,8 kW (50 %)	78 %
0,6 kW (40 %)	67 %
0,5 kW (30 %)	54 %
0,3 kW (20 %)	38 %
0,1 kW (10 %)	20 %
Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert	-



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:15 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Maskinlaft.smi
Prosjekt: Maskinlaft
Sone: Maskinlaft

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	34	
Areal tak [m ²]:	32	
Areal gulv [m ²]:	15	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	3	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	15	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	38	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,67	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,12	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,11	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	0,94	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	22,2	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,12	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	37	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	3,95	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	0,36	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	2,64	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,92	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	100	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	15,0	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:15 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Maskinlaft.smi
Prosjekt: Maskinlaft
Sone: Maskinlaft

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	0,0	
Driftstid utstyr (timer)	12,0	
Oppholdstid personer (timer)	0,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	6,33	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	3,80	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	0,00	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,45	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,37	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Småhus
Simuleringsansvarlig	
Kommentar	

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Gjøvik
Breddegrad	60° 47'
Lengdegrad	10° 41'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	5,7 °C
Midlere solstråling horisontal flate	99 W/m ²
Midlere vindhastighet	2,3 m/s



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:15 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Maskinlaft.smi
Prosjekt: Maskinlaft
Sone: Maskinlaft

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,92 Systemvirkningsgrad varmtvann: 1,00 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,88 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 100,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m²K]:	20,00



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:15 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Maskinlaft.smi
Prosjekt: Maskinlaft
Sone: Maskinlaft

Inndata rom/sone	
Beskrivelse	Verdi
Oppvarmet gulvareal	15,0 m ²
Oppvarmet luftvolum	37,7 m ³
Normalisert kuldebroverdi	0,12 W/(m ² K)
Varmekapasitet møbler/interiør	0,0 Wh/m ² (Ingen møbler)
Lekkasjetall (luftskifte v. 50pa)	3,95 ach
Skjerming i terrenget	Moderat skjerming
Fasadesituasjon	Flere eksponerte fasader
Driftsdager i Januar	31
Driftsdager i Februar	28
Driftsdager i Mars	31
Driftsdager i April	30
Driftsdager i Mai	31
Driftsdager i Juni	30
Driftsdager i Juli	31
Driftsdager i August	31
Driftsdager i September	30
Driftsdager i Oktober	31
Driftsdager i November	30
Driftsdager i Desember	31

Inndata gulv mot friluft/kryprom/grunn	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Gulv laftehytte (gulv)
Oppvarmet gulvareal	15,0 m ²
Gulvtype	Gulv på grunn
Utvendig omkrets	17,56 m
Tykkelse grunnmur	0,20 m
Grunnforhold	Sand/grus Varmekapasitet: 556 Wh/m ² K Varmeledningsevne: 2,00 W/mK
Ekstra kantisolering	Type: Horisontal Navn: Egendefinert Høyde/bredde: 1,02 m Tykkelse: 10,0 cm Varmeledningsevne: 0,04 W/mK
Innv. akk. sjikt gulv	Letting gulv Varmekapasitet 3,0 Wh/m ² K
Gulvkonstruksjon	Egendefinert Uverdi: 0,13 W/m ² K



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:15 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Maskinlaft.smi
Prosjekt: Maskinlaft
Sone: Maskinlaft

Inndata fasade/yttervegg	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Vegg med dør (fasade)
Totalt areal	7,3 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)	220°
Innv. akkumulerende sjikt	Massivtre (tykkelse over 40 mm) Varmekapasitet 12,0 Wh/m ² K
Konstruksjon	Egendefinert Uverdi: 0,67 W/m ² K
Utvendig absorpsjonskoeffisient	0,80

Inndata ytterdør	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Dør (ytterdør)
Areal inkl. karm/ramme	1,8 m ²
Dørtype	Egendefinert Uverdi: 0,94 W/m ² K

Inndata fasade/yttervegg	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Vegg med vinduer (fasade)
Totalt areal	11,3 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)	130°
Innv. akkumulerende sjikt	Massivtre (tykkelse over 40 mm) Varmekapasitet 12,0 Wh/m ² K
Konstruksjon	Egendefinert Uverdi: 0,67 W/m ² K
Utvendig absorpsjonskoeffisient	0,80



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:15 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Maskinlaft.smi
Prosjekt: Maskinlaft
Sone: Maskinlaft

Inndata vinduselement	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Vindu (Vindu(er) på Vegg med vinduer)
Antall vinduer	2
Høyde vindu(er)	0,99 m
Bredde vindu(er)	0,79 m
Bredde karm/ramme	0,09 m
Total U-verdi (rute+karm/rammekonstr.)	0,93 W/m ² K
Konstant (fast) solskjerming	Tre lag glass, hvorav to er energispareglass Total solfaktor: 0,45

Inndata fasade/yttervegg	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Langvegg nordvest (fasade)
Totalt areal	11,3 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)	310°
Innv. akkumulerende sjikt	Massivtre (tykkelse over 40 mm) Varmekapasitet 12,0 Wh/m ² K
Konstruksjon	Egendefinert Uverdi: 0,67 W/m ² K

Inndata fasade/yttervegg	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Kortvegg nordøst (fasade)
Totalt areal	7,3 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)	47°
Innv. akkumulerende sjikt	Massivtre (tykkelse over 40 mm) Varmekapasitet 12,0 Wh/m ² K
Konstruksjon	Egendefinert Uverdi: 0,67 W/m ² K



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:15 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Maskinlaft.smi
Prosjekt: Maskinlaft
Sone: Maskinlaft

Inndata yttertak	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Tak sørøst (yttertak)
Totalt areal	16,2 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)	130°
Takvinkel	25,0°
Innv. akkumulerende sjikt	Lett himling Varmekapasitet 3,0 Wh/m ² K
Konstruksjon	Egendefinert Uverdi: 0,12 W/m ² K
Utvendig absorptionskoeffisient	0,80

Inndata yttertak	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Tak nordvest (yttertak)
Totalt areal	16,2 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)	310°
Takvinkel	25,0°
Innv. akkumulerende sjikt	Lett himling Varmekapasitet 3,0 Wh/m ² K
Konstruksjon	Egendefinert Uverdi: 0,12 W/m ² K

Inndata CAV	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Ventilasjon (CAV ventilasjon)
Ventilasjonstype	Avtrekksventilasjon
Driftstid	24:00 timer drift pr døgn
Luftmengde	Driftstid: 2.6 m ³ /hm ² Utenfor driftstid: 2.6 m ³ /hm ² Helg/feriedag: 2.6 m ³ /hm ²
SFP-faktor vifter	0.36 kW/m ² /s



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 13:15 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Maskinlaft.smi
Prosjekt: Maskinlaft
Sone: Maskinlaft

Inndata teknisk utstyr (internlast)	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Fuktmaskin (internlast, teknisk utstyr)
Effekt/Varmetilskudd teknisk utstyr	I driftstiden; Effekt: 6,3 W/m ² ; Varmetilskudd: 60 % Utenfor driftstiden; Effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 60 % På helg/feriedager; Effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 60 % Antall timer drift pr døgn: 12:00

Inndata oppvarming	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Oppvarming (oppvarming)
Settpunkttemperatur i driftstid	21,0 °C
Settpunkttemperatur utenfor driftstiden	19,0 °C
Maks. kapasitet	100 W/m ²
Konvektiv andel oppvarming	0,50
Driftstid	15:00 timer drift pr døgn
Vannbårent oppvarmingsanlegg	Nei

Håndlaft:



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering håndlaft
Tid/dato simulering: 13:13 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Håndlaft.smi
Prosjekt: Håndlaft
Sone: Håndlaft

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	5422 kWh	359,1 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3a Vifter	35 kWh	2,3 kWh/m ²
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Belysning	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	419 kWh	27,7 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	5875 kWh	389,1 kWh/m²

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	6347 kWh	420,3 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	6347 kWh	420,3 kWh/m²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	6347 kWh	420,3 kWh/m²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering håndlaft
Tid/dato simulering: 13:13 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Håndlaft.smi
Prosjekt: Håndlaft
Sone: Håndlaft

Dekning av energibudsjett fordelt på energikilder						
Energikilder	Romoppv.	Varmebatterier	Varmtvann	Kjølebatterier	Romkjøling	El. spesifikt
El.	359,1 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	30,0 kWh/m ²
Olje	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Gass	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Fjernvarme	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Biobrensel	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Varmepumpe	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sol	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Annen	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sum	359,1 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	30,0 kWh/m ²

Årlige utslipp av CO2		
Energivare	Utslipp	Spesifikt utslipp
1a Direkte el.	2507 kg	166,0 kg/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kg	0,0 kg/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kg	0,0 kg/m ²
2 Olje	0 kg	0,0 kg/m ²
3 Gass	0 kg	0,0 kg/m ²
4 Fjernvarme	0 kg	0,0 kg/m ²
5 Biobrensel	0 kg	0,0 kg/m ²
6. Annen energikilde	0 kg	0,0 kg/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kg	-0,0 kg/m ²
Totalt utslipp, sum 1-7	2507 kg	166,0 kg/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kg	-0,0 kg/m ²
Netto CO2-utslipp	2507 kg	166,0 kg/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering håndlaft
Tid/dato simulering: 13:13 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\..\Laftehytte Håndlaft.smi
Prosjekt: Håndlaft
Sone: Håndlaft

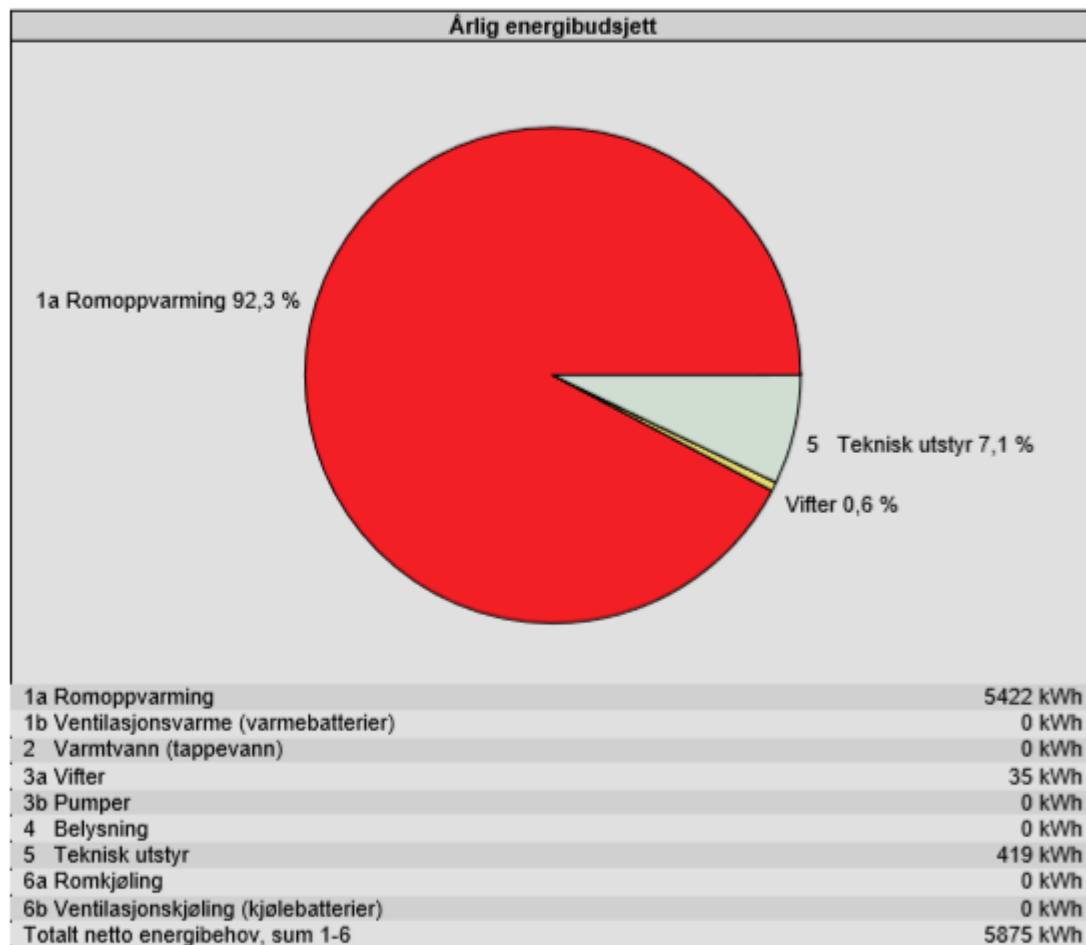
Kostnad kjøpt energi		
Energivare	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
1a Direkte el.	5077 kr	336,3 kr/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kr	0,0 kr/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kr	0,0 kr/m ²
2 Olje	0 kr	0,0 kr/m ²
3 Gass	0 kr	0,0 kr/m ²
4 Fjernvarme	0 kr	0,0 kr/m ²
5 Biobrensel	0 kr	0,0 kr/m ²
6. Annen energikilde	0 kr	0,0 kr/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kr	-0,0 kr/m ²
Årlige energikostnader, sum 1-7	5077 kr	336,3 kr/m ²
Solstrøm til eksport	0 kr	0,0 kr/m ²
Netto energikostnad	5077 kr	336,3 kr/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering håndlaft
Tid/dato simulering: 13:13 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Håndlaft.smi
Prosjekt: Håndlaft
Sone: Håndlaft





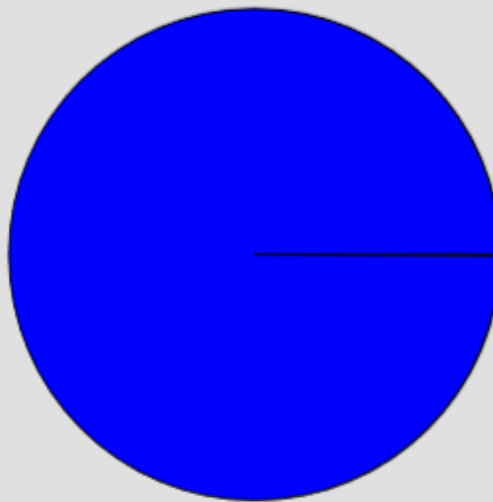
SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering håndlaft
Tid/dato simulering: 13:13 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Håndlaft.smi
Prosjekt: Håndlaft
Sone: Håndlaft

Levert energi til bygningen (beregnet)

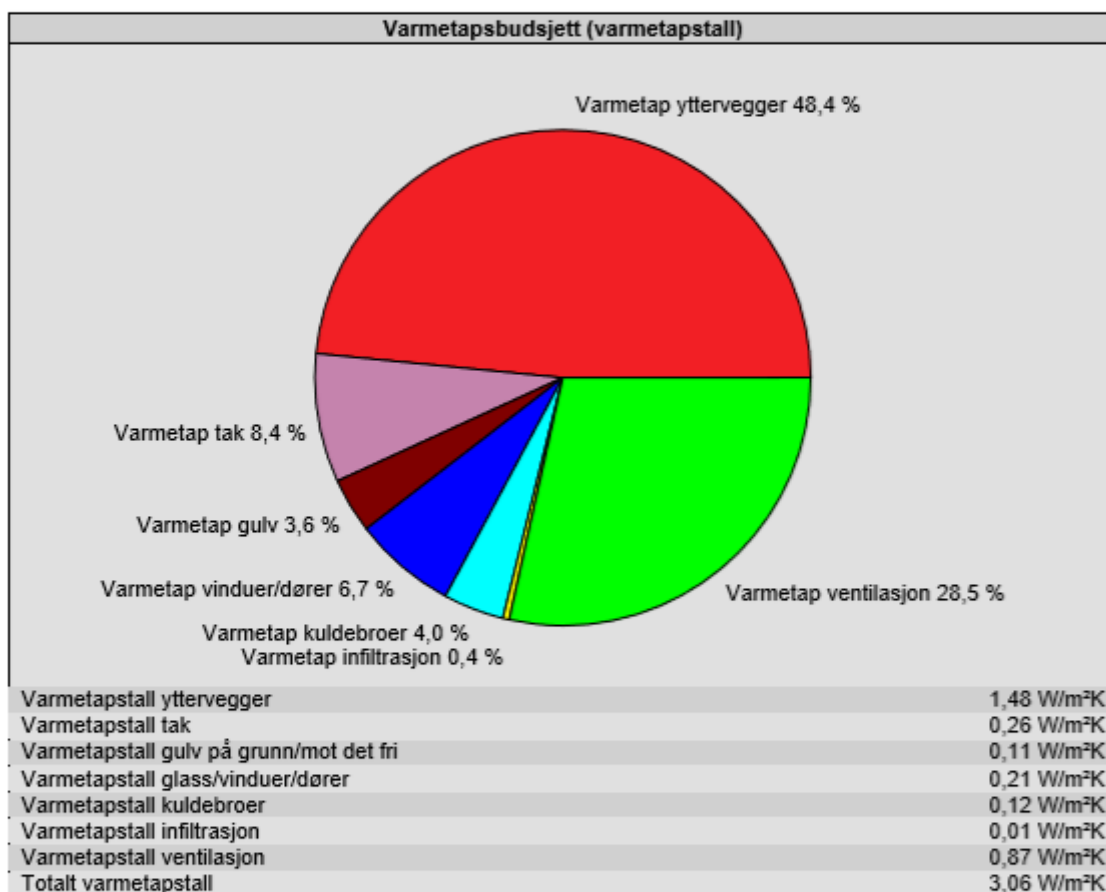
1a Direkte el. 100,0 %



1a Direkte el.	6347 kWh
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh
1c El. til solfangersystem	0 kWh
2 Olje	0 kWh
3 Gass	0 kWh
4 Fjernvarme	0 kWh
5 Biobrensel	0 kWh
6. Annen energikilde	0 kWh
Totalt levert energi, sum 1-7	6347 kWh



Simuleringsnavn: Årssimulering håndlaft
Tid/dato simulering: 13:13 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Håndlaft.smi
Prosjekt: Håndlaft
Sone: Håndlaft

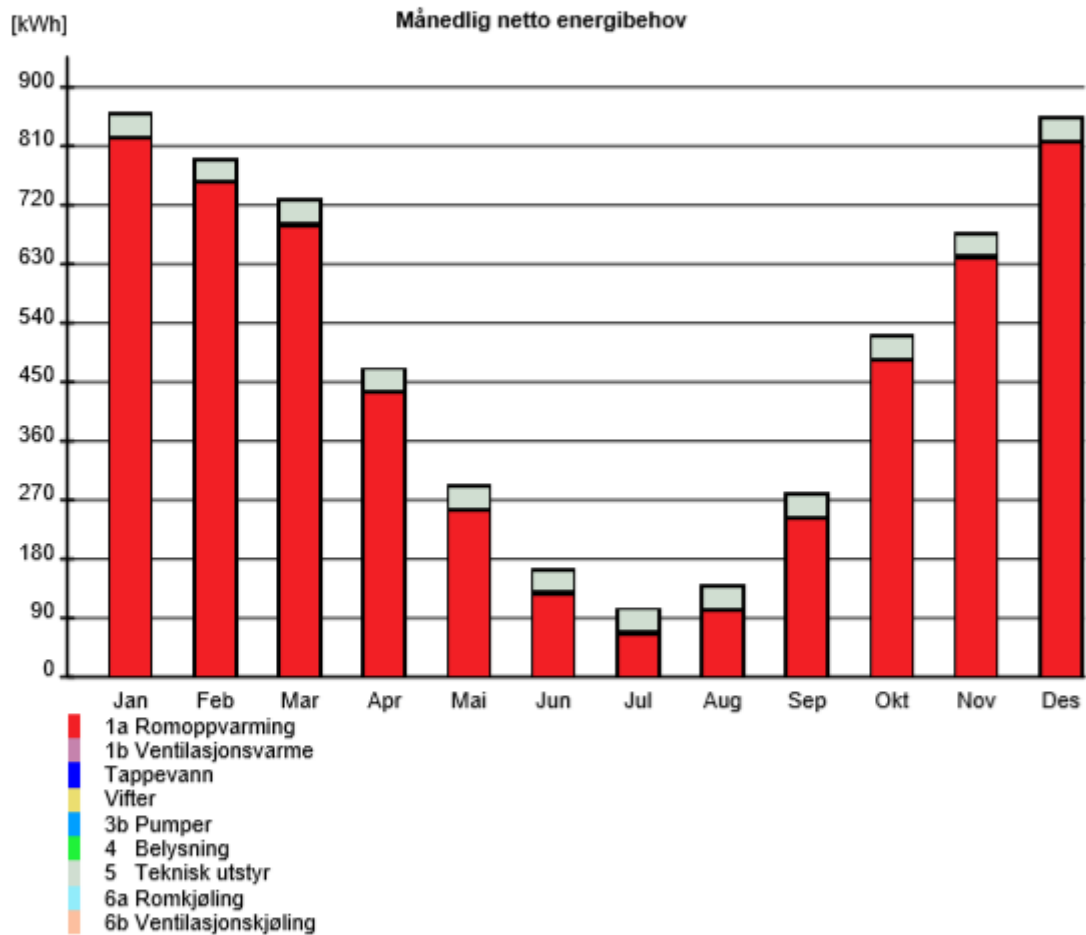




SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering håndlaft
Tid/dato simulering: 13:13 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Håndlaft.smi
Prosjekt: Håndlaft
Sone: Håndlaft

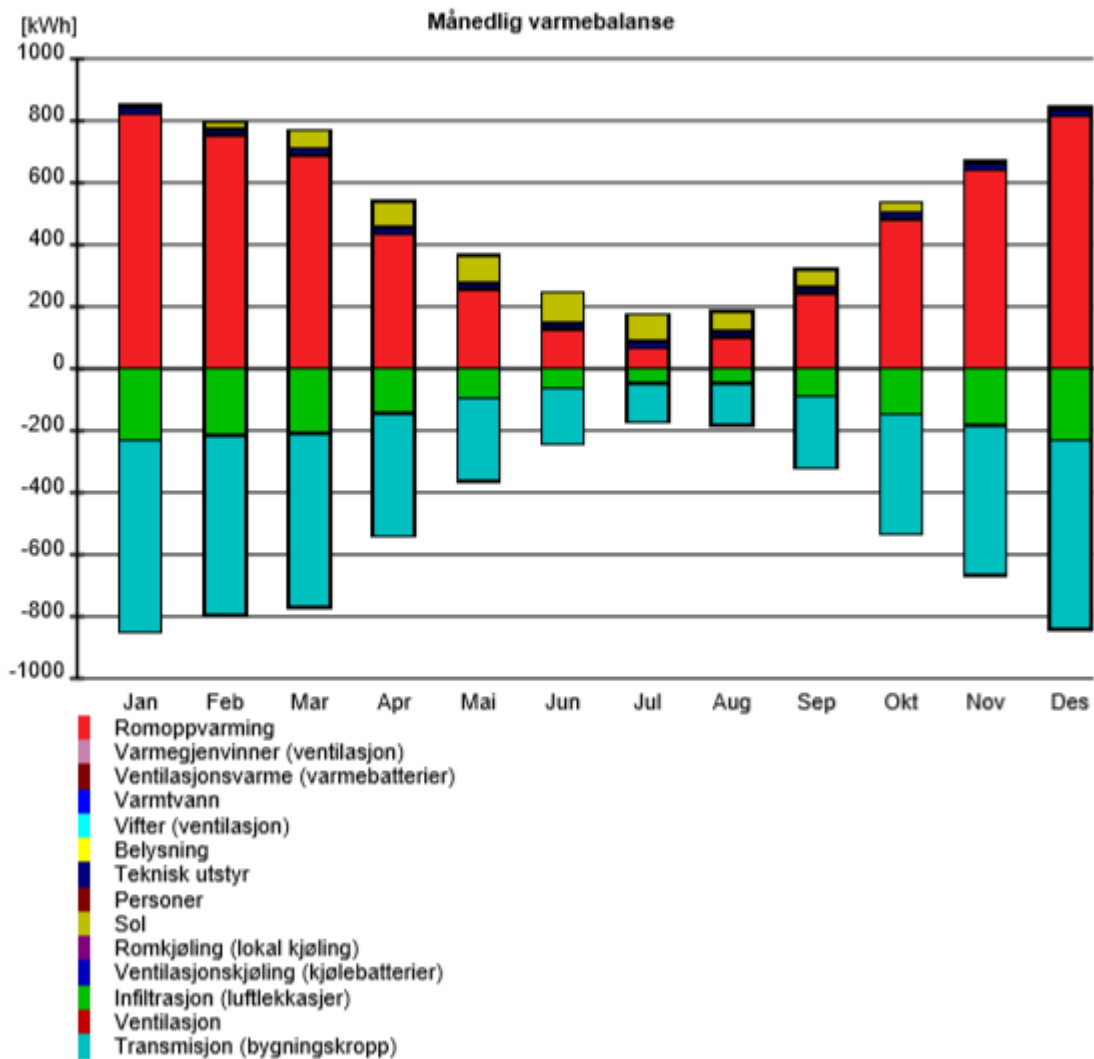




SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering håndlaft
Tid/data simulering: 13:13 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Håndlaft.smi
Prosjekt: Håndlaft
Sone: Håndlaft





Simuleringsnavn: Årssimulering håndlaft
Tid/dato simulering: 13:13 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Håndlaft.smi
Prosjekt: Håndlaft
Sone: Håndlaft

Månedlige temperaturdata (lufttemperatur)						
Måned	Midlere ute	Maks. ute	Min. ute	Midlere sone	Maks. sone	Min. sone
Januar	-3,7 °C	7,9 °C	-18,7 °C	19,7 °C	21,0 °C	14,5 °C
Februar	-4,2 °C	8,9 °C	-20,1 °C	20,0 °C	21,0 °C	14,5 °C
Mars	-0,8 °C	12,6 °C	-16,2 °C	20,2 °C	21,0 °C	17,1 °C
April	5,1 °C	16,1 °C	-6,1 °C	20,3 °C	21,8 °C	19,0 °C
Mai	10,6 °C	21,9 °C	-1,3 °C	20,4 °C	23,3 °C	19,0 °C
Juni	14,2 °C	24,7 °C	2,1 °C	21,0 °C	26,0 °C	19,0 °C
Juli	16,8 °C	29,5 °C	5,8 °C	21,5 °C	30,0 °C	19,0 °C
August	15,8 °C	24,9 °C	4,8 °C	20,8 °C	25,2 °C	19,0 °C
September	11,1 °C	22,3 °C	1,1 °C	20,4 °C	24,7 °C	19,0 °C
Oktober	5,3 °C	15,3 °C	-5,0 °C	20,3 °C	21,6 °C	19,0 °C
November	1,1 °C	11,2 °C	-10,4 °C	20,2 °C	21,0 °C	19,0 °C
Desember	-3,4 °C	8,1 °C	-18,4 °C	20,0 °C	21,0 °C	14,4 °C

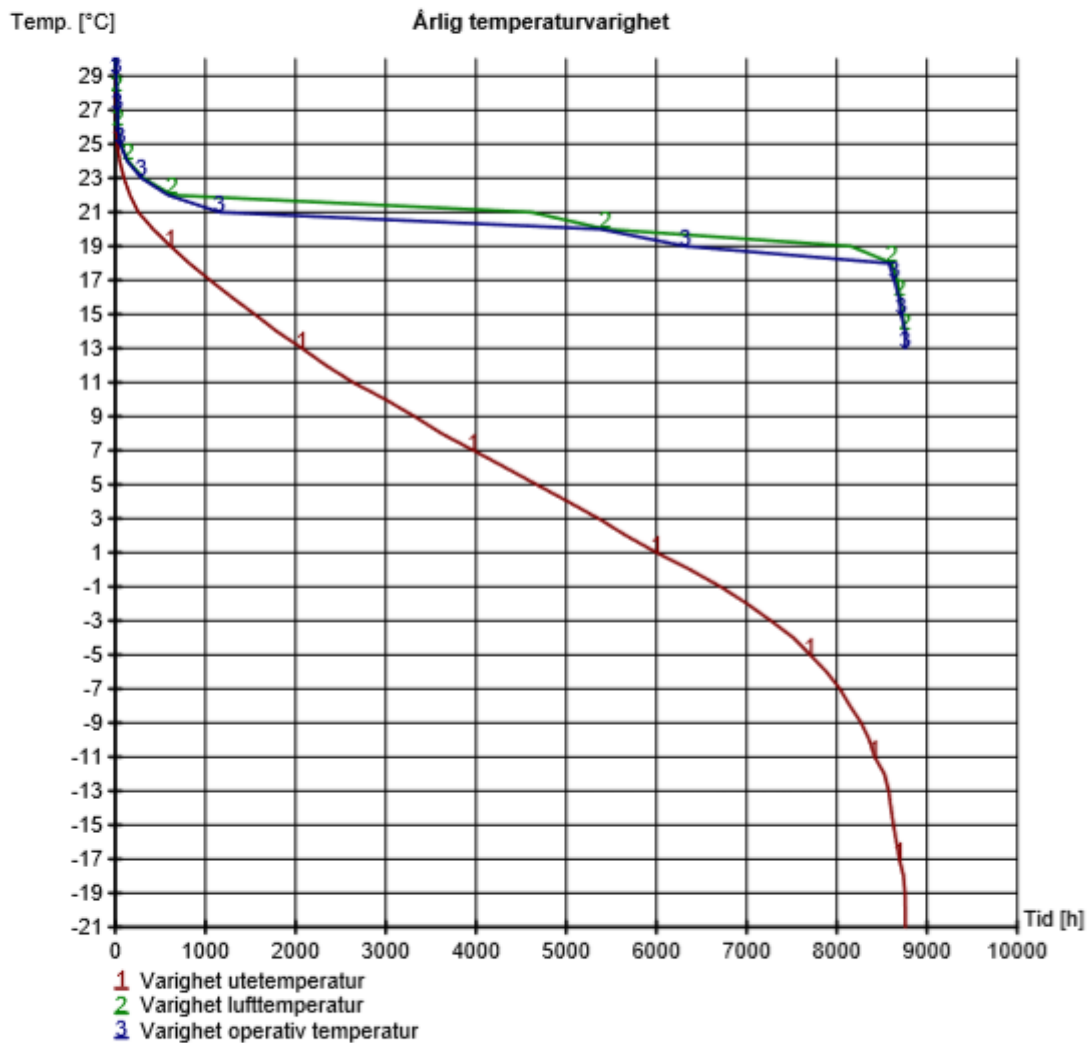
Månedlige temperaturdata (operativ temperatur)						
Måned	Midlere ute	Maks. ute	Min. ute	Midlere sone	Maks. sone	Min. sone
Januar	-3,7 °C	7,9 °C	-18,7 °C	19,4 °C	21,0 °C	14,1 °C
Februar	-4,2 °C	8,9 °C	-20,1 °C	19,6 °C	20,8 °C	14,4 °C
Mars	-0,8 °C	12,6 °C	-16,2 °C	19,9 °C	20,9 °C	17,0 °C
April	5,1 °C	16,1 °C	-6,1 °C	20,0 °C	21,5 °C	19,0 °C
Mai	10,6 °C	21,9 °C	-1,3 °C	20,3 °C	23,2 °C	19,0 °C
Juni	14,2 °C	24,7 °C	2,1 °C	20,9 °C	25,9 °C	19,0 °C
Juli	16,8 °C	29,5 °C	5,8 °C	21,4 °C	29,9 °C	19,0 °C
August	15,8 °C	24,9 °C	4,8 °C	20,7 °C	25,0 °C	19,0 °C
September	11,1 °C	22,3 °C	1,1 °C	20,3 °C	24,5 °C	19,0 °C
Oktober	5,3 °C	15,3 °C	-5,0 °C	20,0 °C	21,3 °C	19,0 °C
November	1,1 °C	11,2 °C	-10,4 °C	19,9 °C	20,9 °C	18,9 °C
Desember	-3,4 °C	8,1 °C	-18,4 °C	19,6 °C	20,8 °C	14,0 °C



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering håndlaft
Tid/dato simulering: 13:13 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Håndlaft.smi
Prosjekt: Håndlaft
Sone: Håndlaft

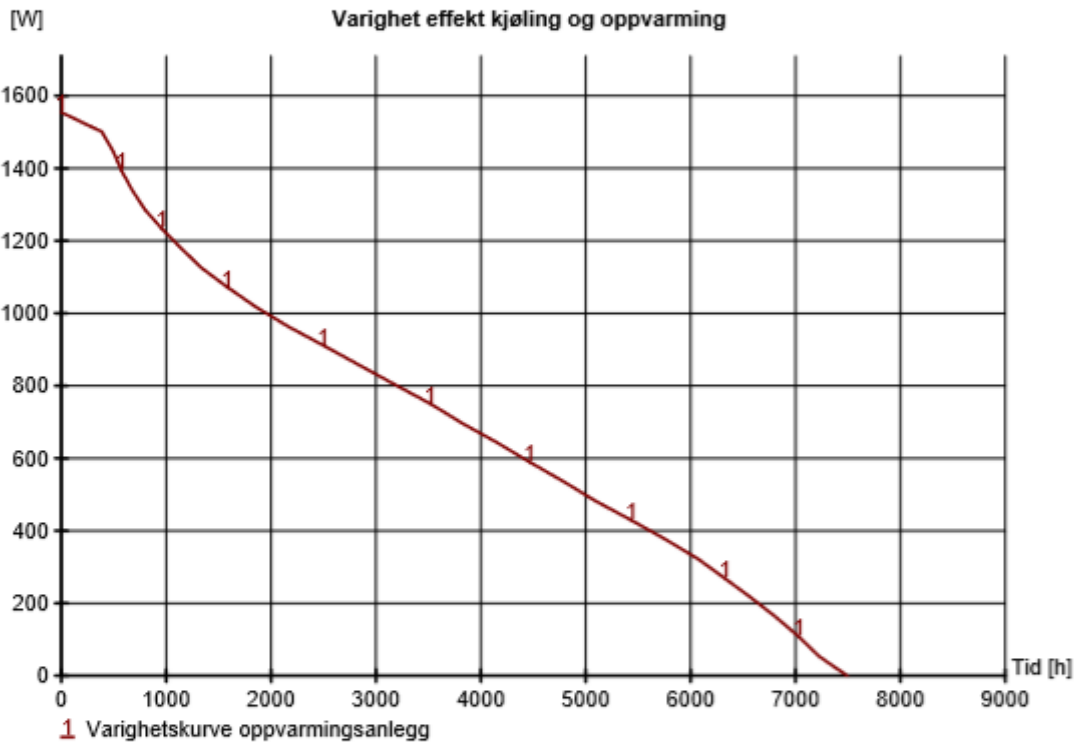




SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering håndlaft
Tid/dato simulering: 13:13 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Håndlaft.smi
Prosjekt: Håndlaft
Sone: Håndlaft



Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	
Effekt (dekning)	Dekningsgrad energibruk
1,4 kW (90 %)	99 %
1,2 kW (80 %)	96 %
1,1 kW (70 %)	92 %
0,9 kW (60 %)	87 %
0,8 kW (50 %)	78 %
0,6 kW (40 %)	67 %
0,5 kW (30 %)	54 %
0,3 kW (20 %)	38 %
0,2 kW (10 %)	20 %
Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert	-



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering håndlaft
Tid/dato simulering: 13:13 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Håndlaft.smi
Prosjekt: Håndlaft
Sone: Håndlaft

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	33	
Areal tak [m ²]:	32	
Areal gulv [m ²]:	15	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	3	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	15	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	38	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,67	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,12	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,11	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	0,94	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	22,0	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,12	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	36	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	3,77	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	0,36	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	2,64	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,92	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	99	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	15,0	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering håndlaft
Tid/dato simulering: 13:13 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningsilsens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Håndlaft.smi
Prosjekt: Håndlaft
Sone: Håndlaft

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	0,0	
Driftstid utstyr (timer)	12,0	
Oppholdstid personer (timer)	0,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	6,33	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	3,80	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	0,00	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,45	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,37	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Småhus
Simuleringsansvarlig	
Kommentar	

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Gjøvik
Breddegrad	60° 47'
Lengdegrad	10° 41'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	5,7 °C
Midlere solstråling horisontal flate	99 W/m ²
Midlere vindhastighet	2,3 m/s



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering håndlaft
Tid/dato simulering: 13:13 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Håndlaft.smi
Prosjekt: Håndlaft
Sone: Håndlaft

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,92 Systemvirkningsgrad varmtvann: 1,00 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,88 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 100,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m²K]:	20,00



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering håndlaft
Tid/dato simulering: 13:13 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Håndlaft.smi
Prosjekt: Håndlaft
Sone: Håndlaft

Inndata rom/soner	
Beskrivelse	Verdi
Oppvarmet gulvareal	15,1 m ²
Oppvarmet luftvolum	38,3 m ³
Normalisert kuldebroverdi	0,12 W/(m ² K)
Varmekapasitet møbler/interiør	0,0 Wh/m ² (Ingen møbler)
Lekkasjetall (luftskifte v. 50pa)	3,77 ach
Skjerming i terrenget	Moderat skjerming
Fasadesituasjon	Flere eksponerte fasader
Driftsdager i Januar	31
Driftsdager i Februar	28
Driftsdager i Mars	31
Driftsdager i April	30
Driftsdager i Mai	31
Driftsdager i Juni	30
Driftsdager i Juli	31
Driftsdager i August	31
Driftsdager i September	30
Driftsdager i Oktober	31
Driftsdager i November	30
Driftsdager i Desember	31

Inndata gulv mot friluft/kryprom/grunn	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Gulv laftehytte (gulv)
Oppvarmet gulvareal	15,1 m ²
Gulvtype	Gulv på grunn
Utvendig omkrets	17,60 m
Tykkelse grunnmur	0,20 m
Grunnforhold	Sand/grus Varmekapasitet: 556 Wh/m ² K Varmeledningsevne: 2,00 W/mK
Ekstra kantisolering	Type: Horisontal Navn: Egendefinert Høyde/bredde: 1,02 m Tykkelse: 10,0 cm Varmeledningsevne: 0,04 W/mK
Innv. akk. sjikt gulv	Lett gulv Varmekapasitet 3,0 Wh/m ² K
Gulvkonstruksjon	Egendefinert Uverdi: 0,13 W/m ² K



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering håndlaft
Tid/dato simulering: 13:13 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Håndlaft.smi
Prosjekt: Håndlaft
Sone: Håndlaft

Inndata fasade/yttervegg	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Vegg med dør (fasade)
Totalt areal	7,3 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)	47°
Innv. akkumulerende sjikt	Massivtre (tykkelse over 40 mm) Varmekapasitet 12,0 Wh/m ² K
Konstruksjon	Egendefinert Uverdi: 0,67 W/m ² K

Inndata ytterdør	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Dør (ytterdør)
Areal inkl. karm/ramme	1,8 m ²
Dørtype	Egendefinert Uverdi: 0,94 W/m ² K

Inndata fasade/yttervegg	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Vegg med vinduer (fasade)
Totalt areal	11,1 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)	130°
Innv. akkumulerende sjikt	Massivtre (tykkelse over 40 mm) Varmekapasitet 12,0 Wh/m ² K
Konstruksjon	Egendefinert Uverdi: 0,67 W/m ² K
Utvendig absorptionskoeffisient	0,80



Simuleringsnavn: Årssimulering håndlaft
Tid/dato simulering: 13:13 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Håndlaft.smi
Prosjekt: Håndlaft
Sone: Håndlaft

Inndata vinduselement	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Vindu (Vindu(er) på Vegg med vinduer)
Antall vinduer	2
Høyde vindu(er)	0,99 m
Bredde vindu(er)	0,79 m
Bredde karm/ramme	0,09 m
Total U-verdi (rute+karm/rammekonstr.)	0,93 W/m ² K
Konstant (fast) solskjerming	Tre lag glass, hvorav to er energispareglass Total solfaktor: 0,45

Inndata fasade/yttervegg	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Langvegg nordvest (fasade)
Totalt areal	11,1 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)	310°
Innv. akkumulerende sjikt	Massivtre (tykkelse over 40 mm) Varmekapasitet 12,0 Wh/m ² K
Konstruksjon	Egendefinert Uverdi: 0,67 W/m ² K

Inndata fasade/yttervegg	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Kortvegg sørvest (fasade)
Totalt areal	7,3 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)	220°
Innv. akkumulerende sjikt	Massivtre (tykkelse over 40 mm) Varmekapasitet 12,0 Wh/m ² K
Konstruksjon	Egendefinert Uverdi: 0,67 W/m ² K
Utvendig absorptionskoeffisient	0,80



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering håndlaft
Tid/dato simulering: 13:13 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Håndlaft.smi
Prosjekt: Håndlaft
Sone: Håndlaft

Beskrivelse	Inndata yttertak	Verdi
Navn:		Tak sørøst (yttertak)
Totalt areal		16,2 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)		130°
Takvinkel		25,0°
Innv. akkumulerende sjikt		Lett himling Varmekapasitet 3,0 Wh/m ² K
Konstruksjon		Egendefinert Uverdi: 0,12 W/m ² K
Utvendig absorpsjonskoeffisient		0,80

Beskrivelse	Inndata yttertak	Verdi
Navn:		Tak nordvest (yttertak)
Totalt areal		16,2 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)		310°
Takvinkel		25,0°
Innv. akkumulerende sjikt		Lett himling Varmekapasitet 3,0 Wh/m ² K
Konstruksjon		Egendefinert Uverdi: 0,12 W/m ² K

Beskrivelse	Inndata CAV	Verdi
Navn:		Ventilasjon (CAV ventilasjon)
Ventilasjonstype		Avtrekkventilasjon
Driftstid		24:00 timer drift pr døgn
Luftmengde		Driftstid: 2.6 m ³ /hm ² Utenfor driftstid: 2.6 m ³ /hm ² Helg/feriedag: 2.6 m ³ /hm ²
SFP-faktor vifter		0.36 kW/m ³ /s



Simuleringsnavn: Årssimulering håndlaft
Tid/dato simulering: 13:13 12/5-2019
Programversjon: 6.012
Simuleringsansvarlig:
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Laftehytte Håndlaft.smi
Prosjekt: Håndlaft
Sone: Håndlaft

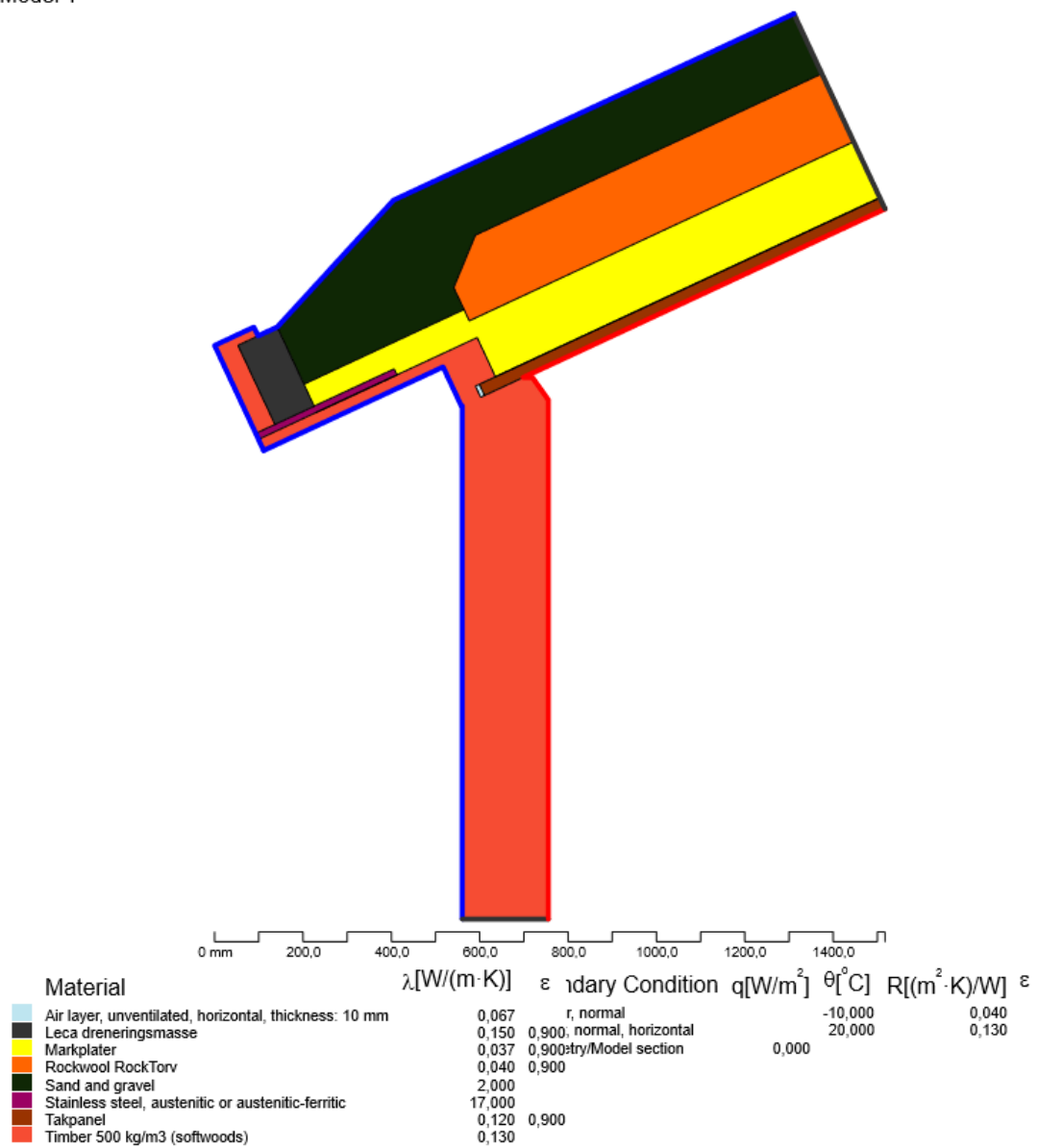
Inndata teknisk utstyr (internlast)	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Fuktmaskin (internlaster, teknisk utstyr)
Effekt/Varmetilskudd teknisk utstyr	I driftstiden; Effekt: 6,3 W/m ² ; Varmetilskudd: 60 % Utenfor driftstiden; Effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 60 % På helg/feriedager; Effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 60 % Antall timer drift pr døgn: 12:00

Inndata oppvarming	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Oppvarming (oppvarming)
Settpunkttemperatur i driftstid	21,0 °C
Settpunkttemperatur utenfor driftstiden	19,0 °C
Maks. kapasitet	99 W/m ²
Konvektiv andel oppvarming	0,50
Driftstid	15:00 timer drift pr døgn
Vannbårent oppvarmingsanlegg	Nei

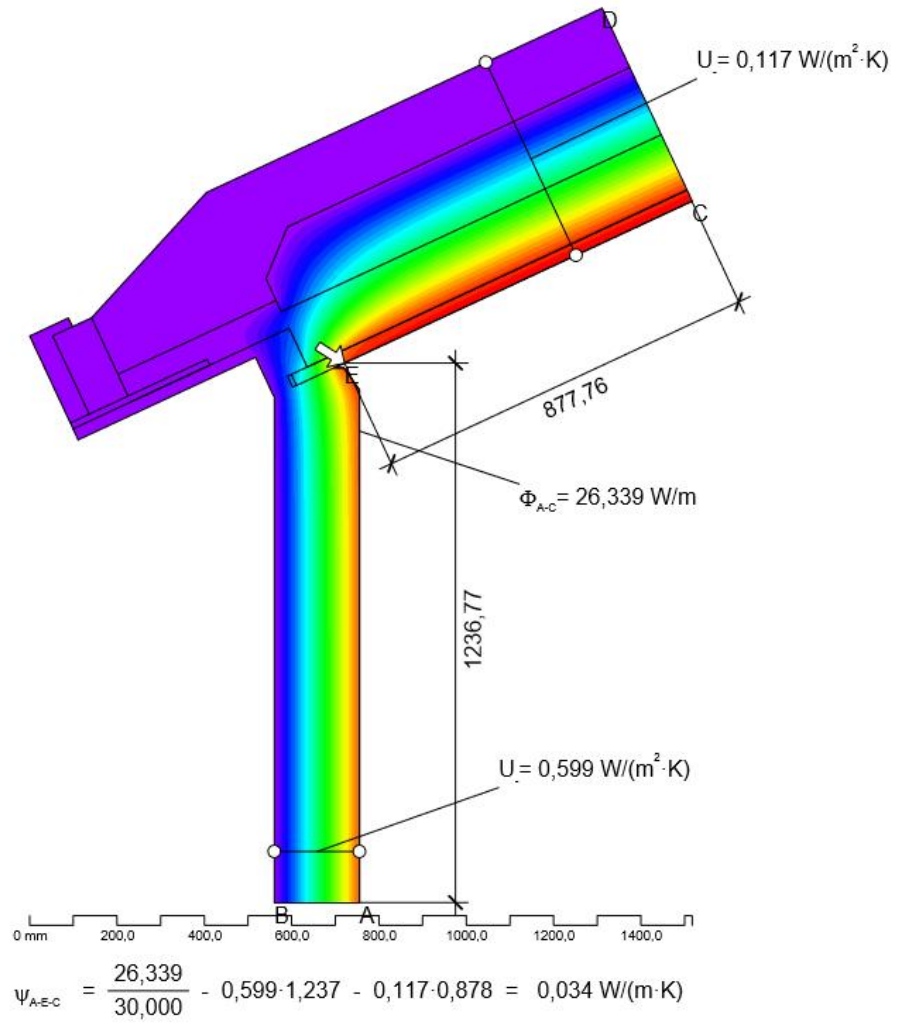
Vedlegg 4: Resultater Flixo

Vegg/tak:

Model 1

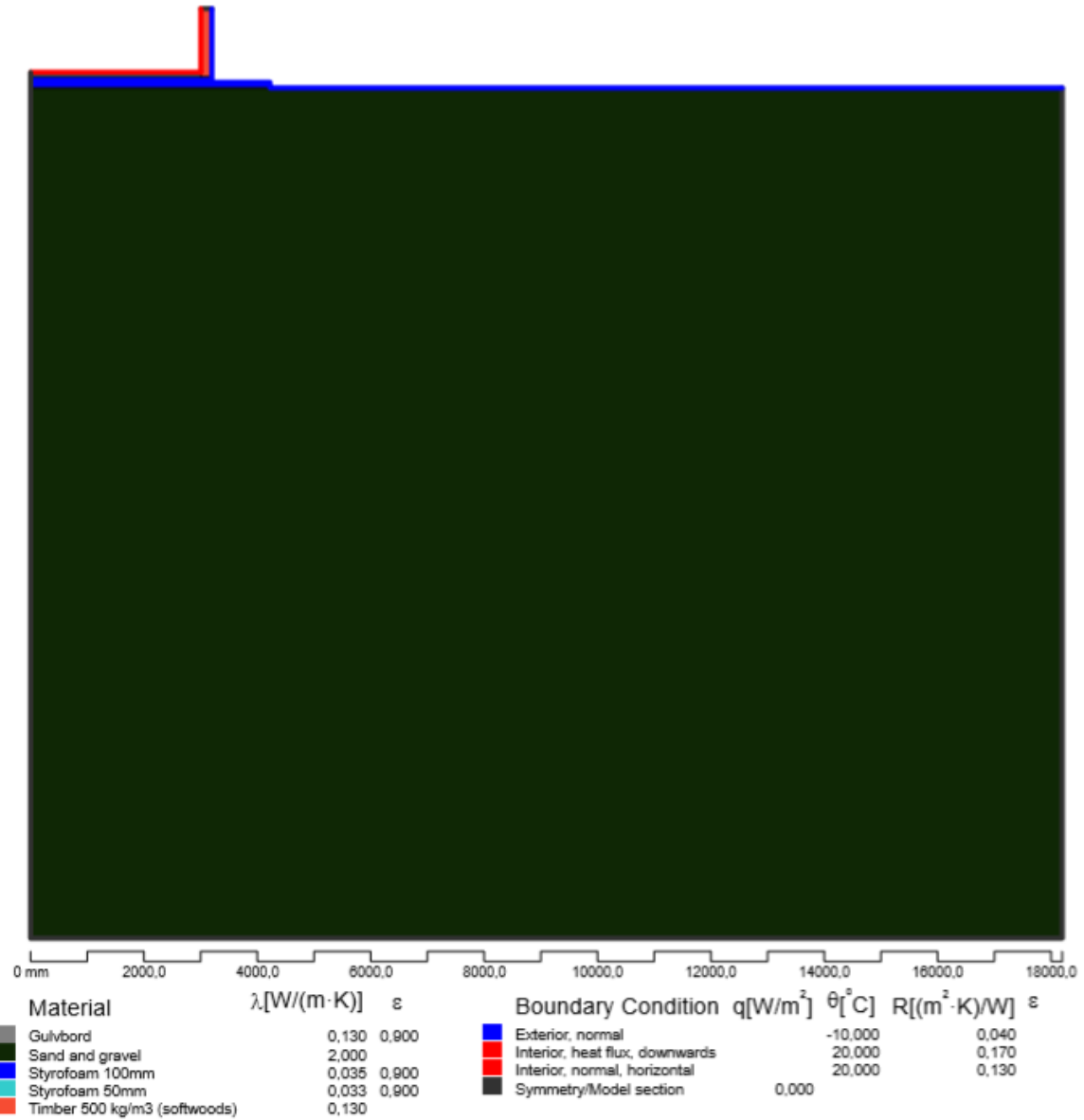


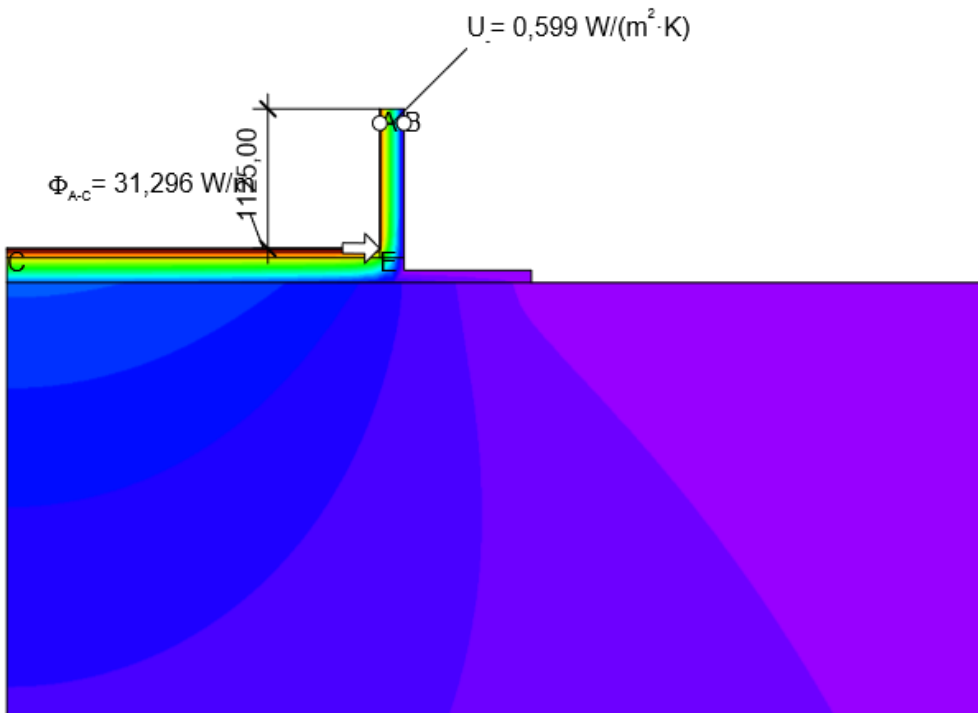
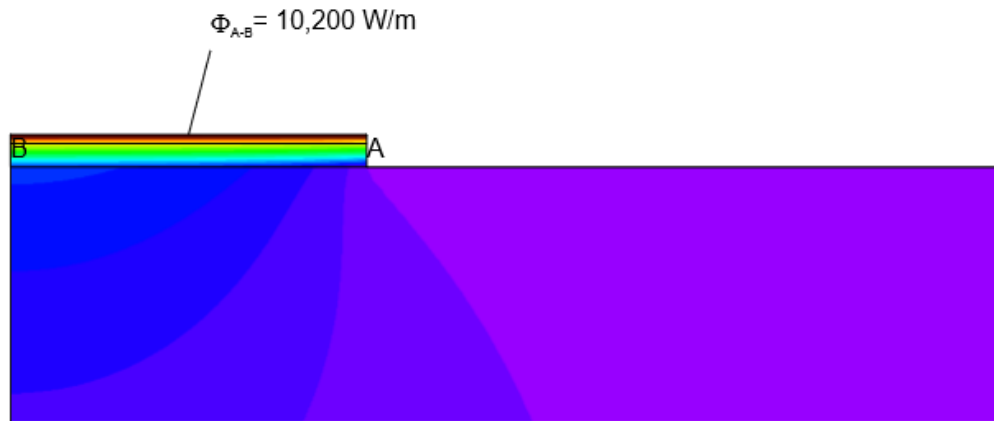
Model 1



Vegg/gulv:

Model 1

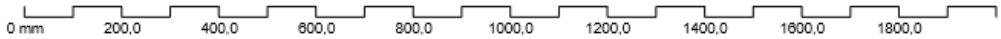
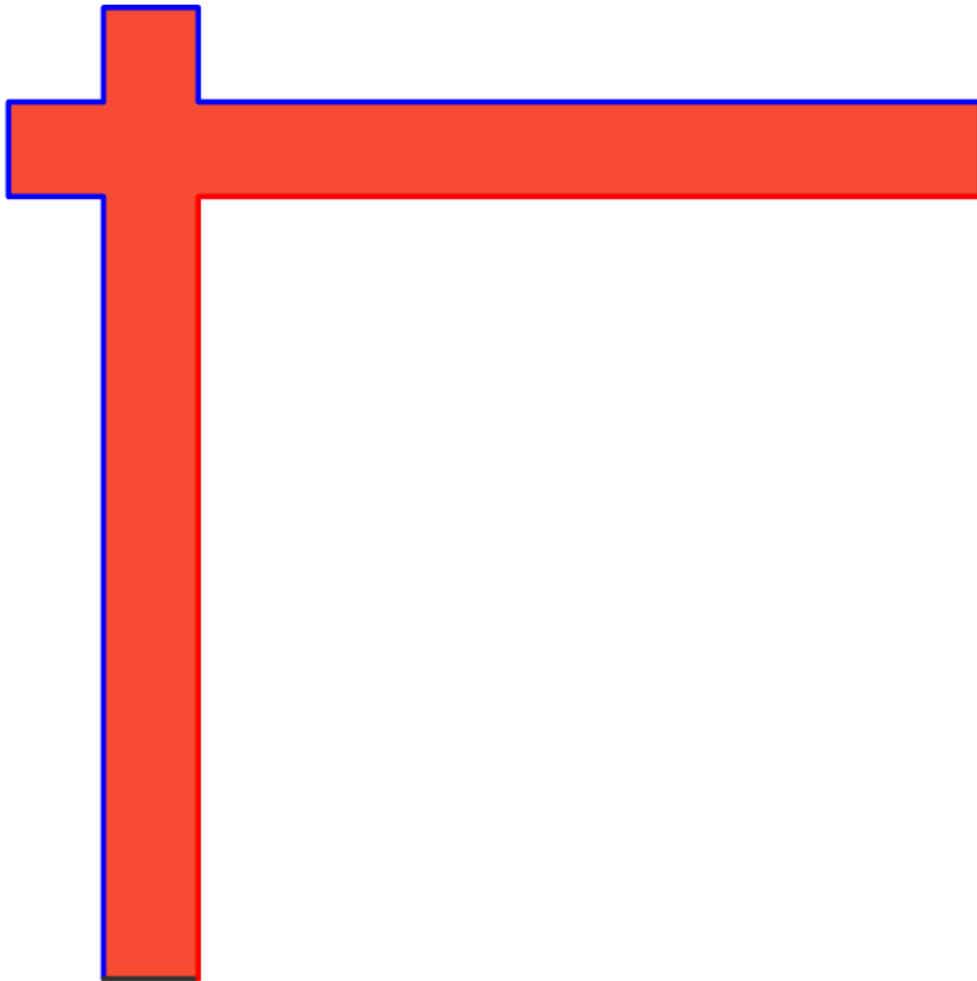




$20,0 \text{ }^\circ\text{C} \frac{296}{300} - 0,599 \cdot 1,125 - \frac{10,200}{30,000} = 0,030 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$
 $9,0 \text{ }^\circ\text{C}$
 $-10,0 \text{ }^\circ\text{C}$

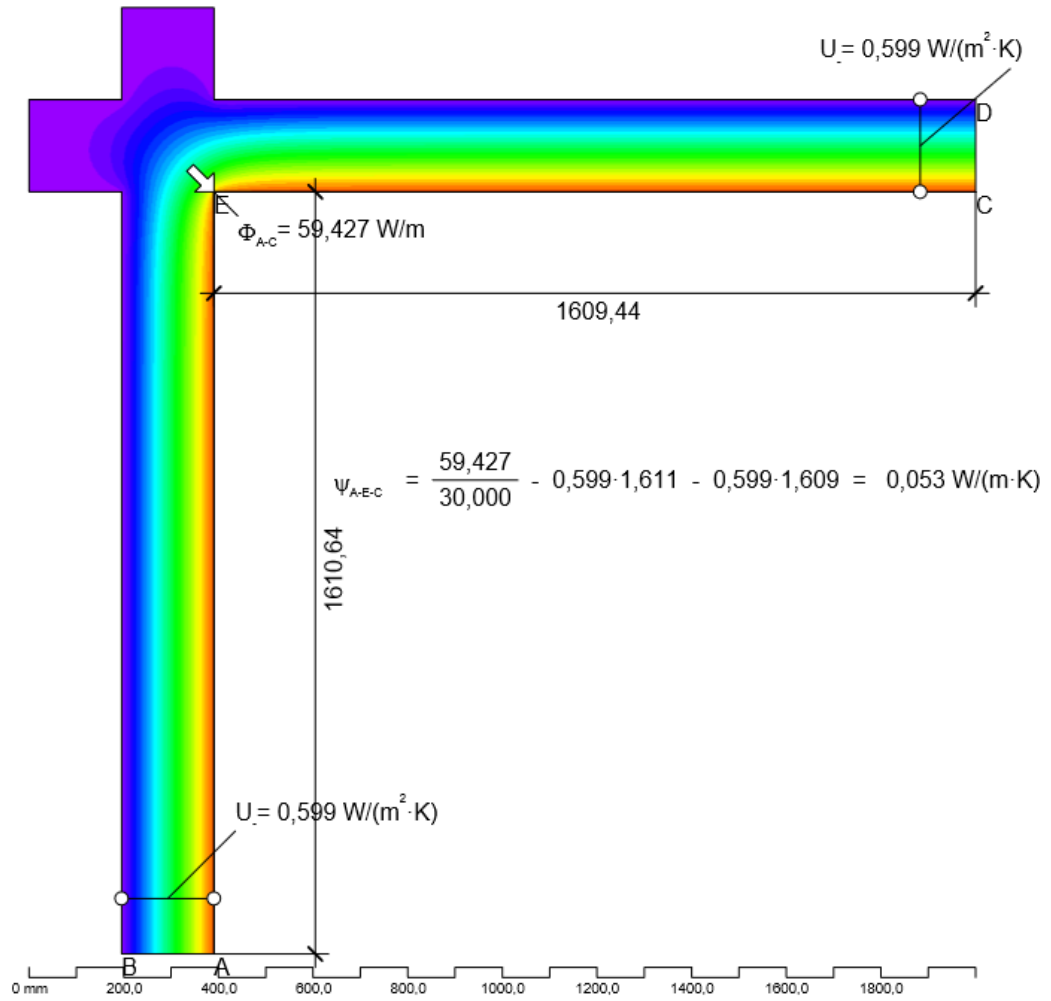
Hjørne:

Model 1



Material	λ [W/(m·K)]	ε	Boundary Condition	q [W/m ²]	θ [°C]	R [(m ² ·K)/W]	ε
Timber 500 kg/m ³ (softwoods)	0,130		Exterior, normal		-10,000	0,040	
			Interior, normal, horizontal		20,000	0,130	
			Symmetry/Model section	0,000			

Model 1

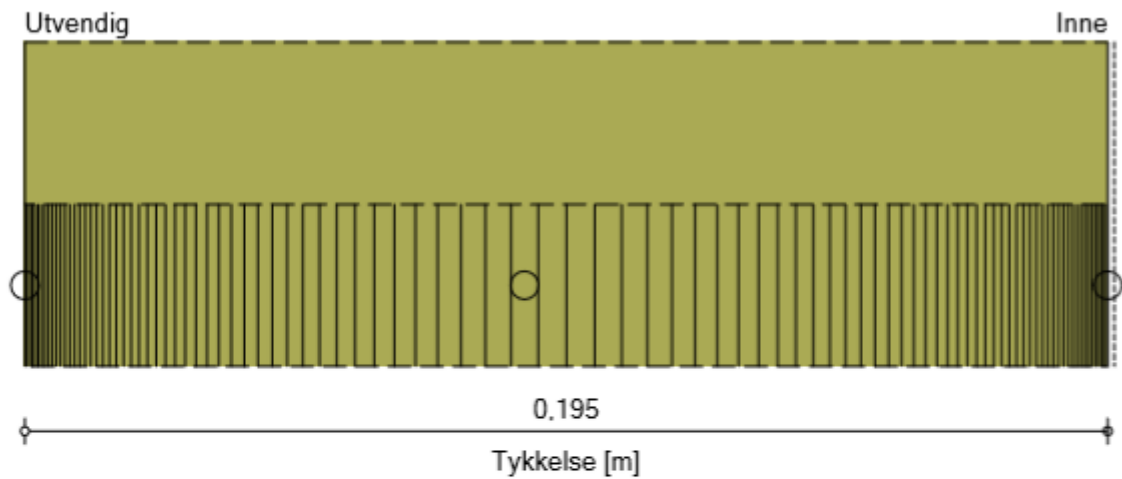


Vedlegg 5: Resultater Wufi Pro

Generelt:

Konstruksjonsoppbygging

Variant: #1



Materialer:

 - Southern Yellow Pine 0,195 m

Sd-verdi innv. [m]: 0.8

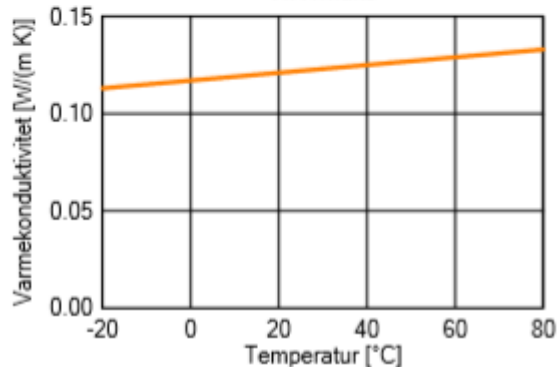
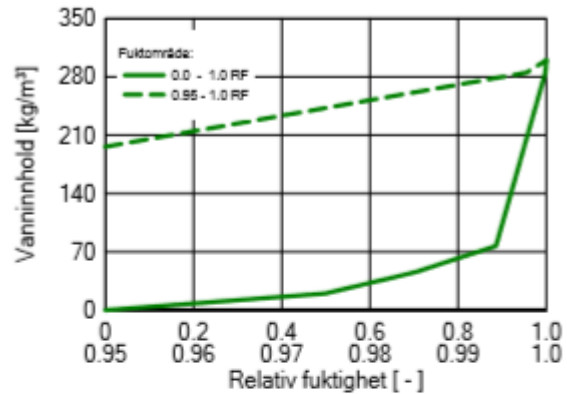
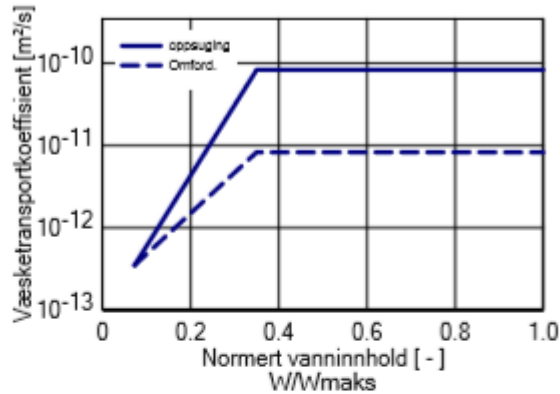
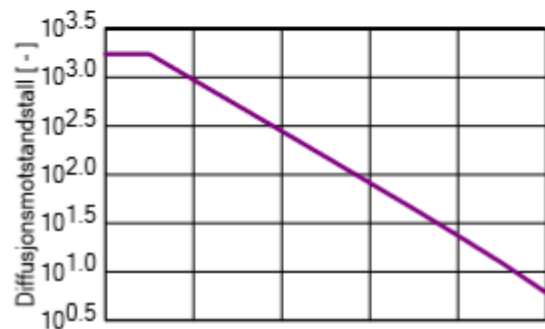
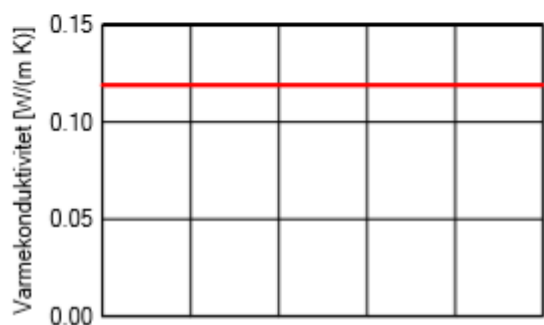
Samlet tykkelse: 0,195 m

Varmemotstand: 1,64 (m² K)/W

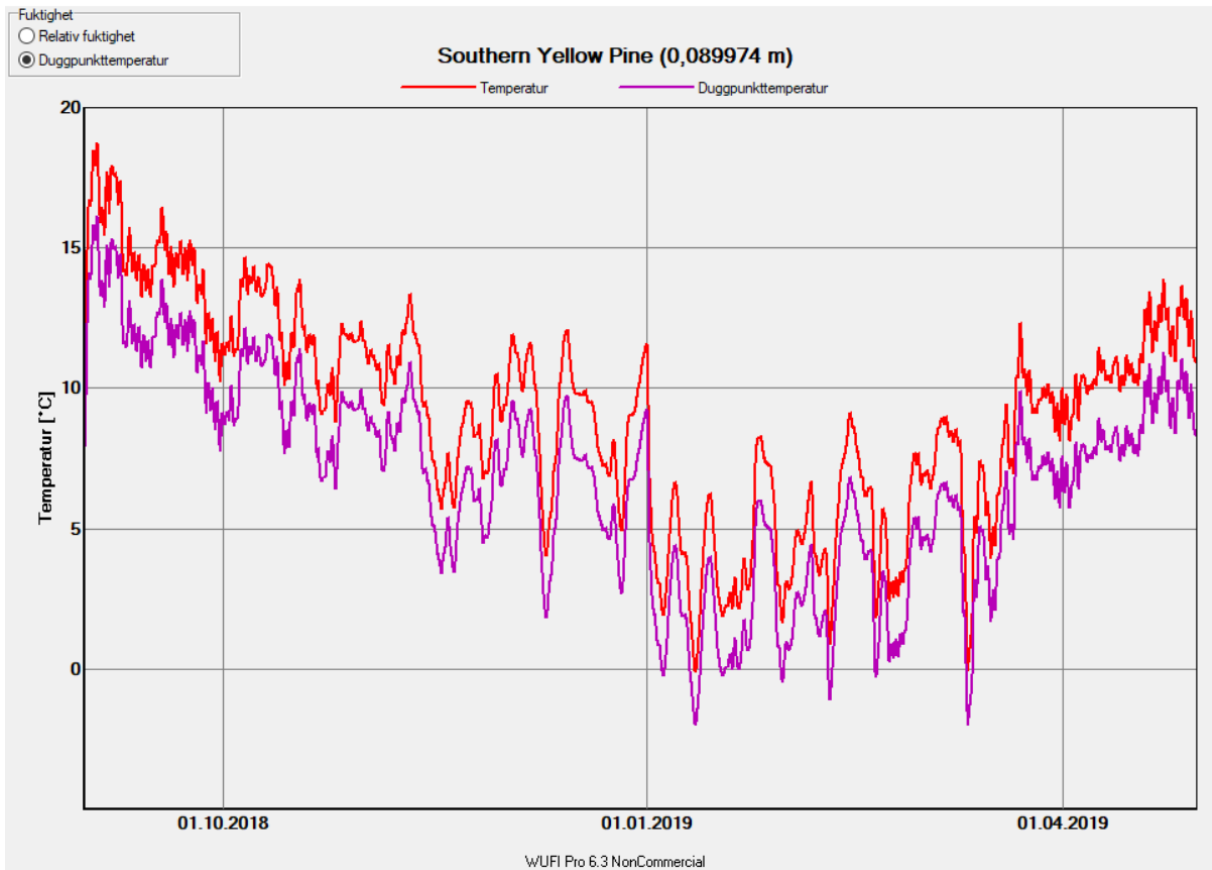
U-verdi: 0,549 W/(m² K)

Materiale: Southern Yellow Pine

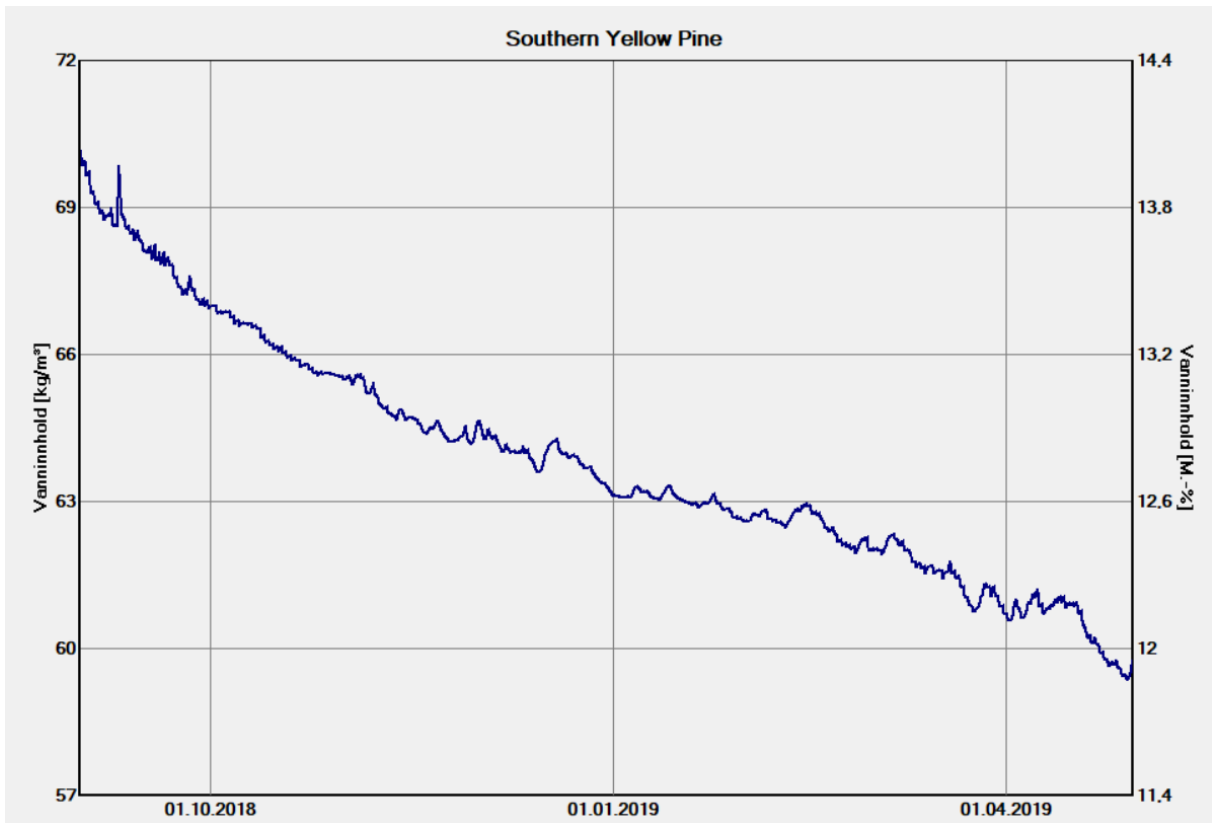
Egenskap	Enhet	Verdi
Romdensitet	[kg/m ³]	500
Porøsitet	[m ³ /m ³]	0.858
Spes. varmekapasitet, tørr	[J/(kg K)]	1880
Varmekonduktivitet tørr, 10°C	[W/(m K)]	0.119
Vanndampdiffusjonsmotstand	[-]	1734.1
Referansefuktinnhold	[kg/m ³]	62.2
Fri vannmetning	[kg/m ³]	300
Vannabsorpsjonskoeffisient	[kg/(m ² s ^{0.5})]	0.0014
Temp.-avh. varmekondukt. Tillegg	[W/(m K ²)]	0.0002

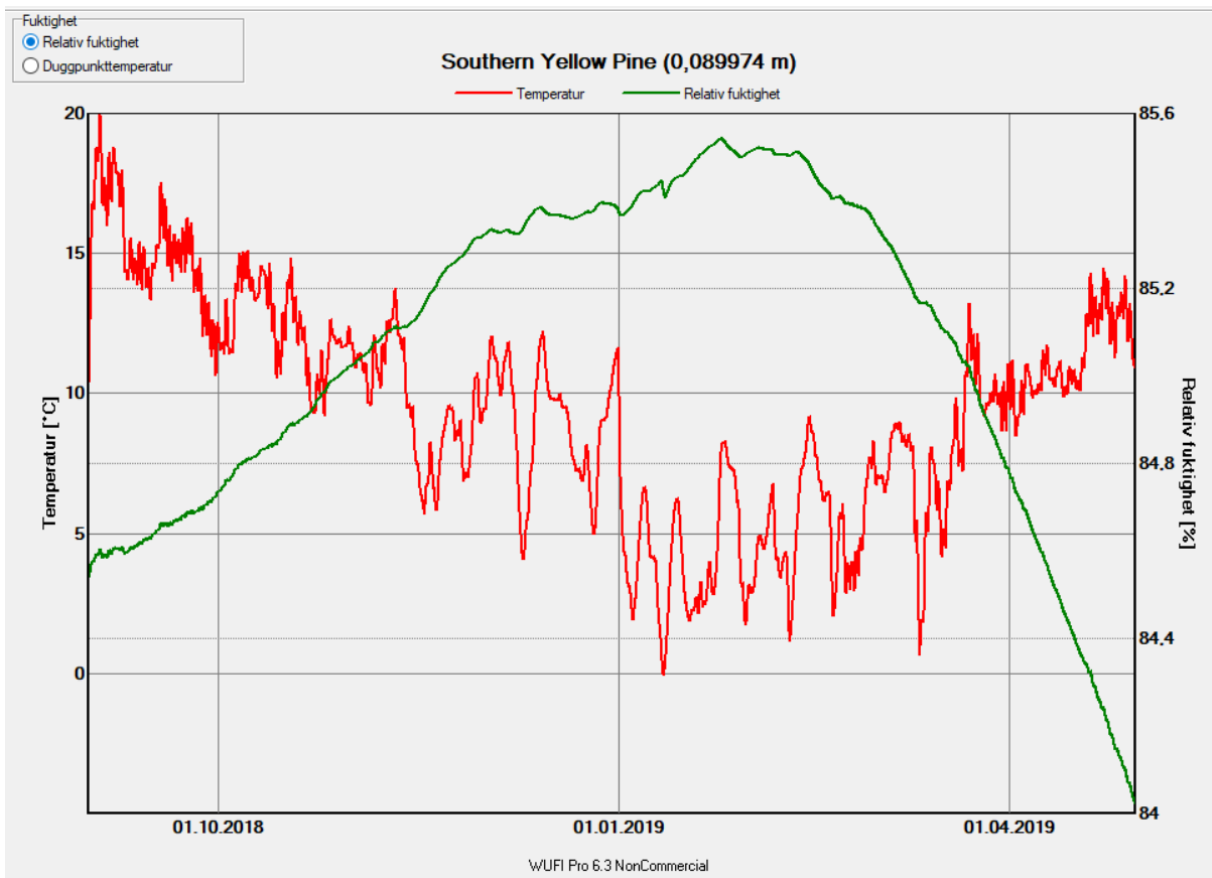
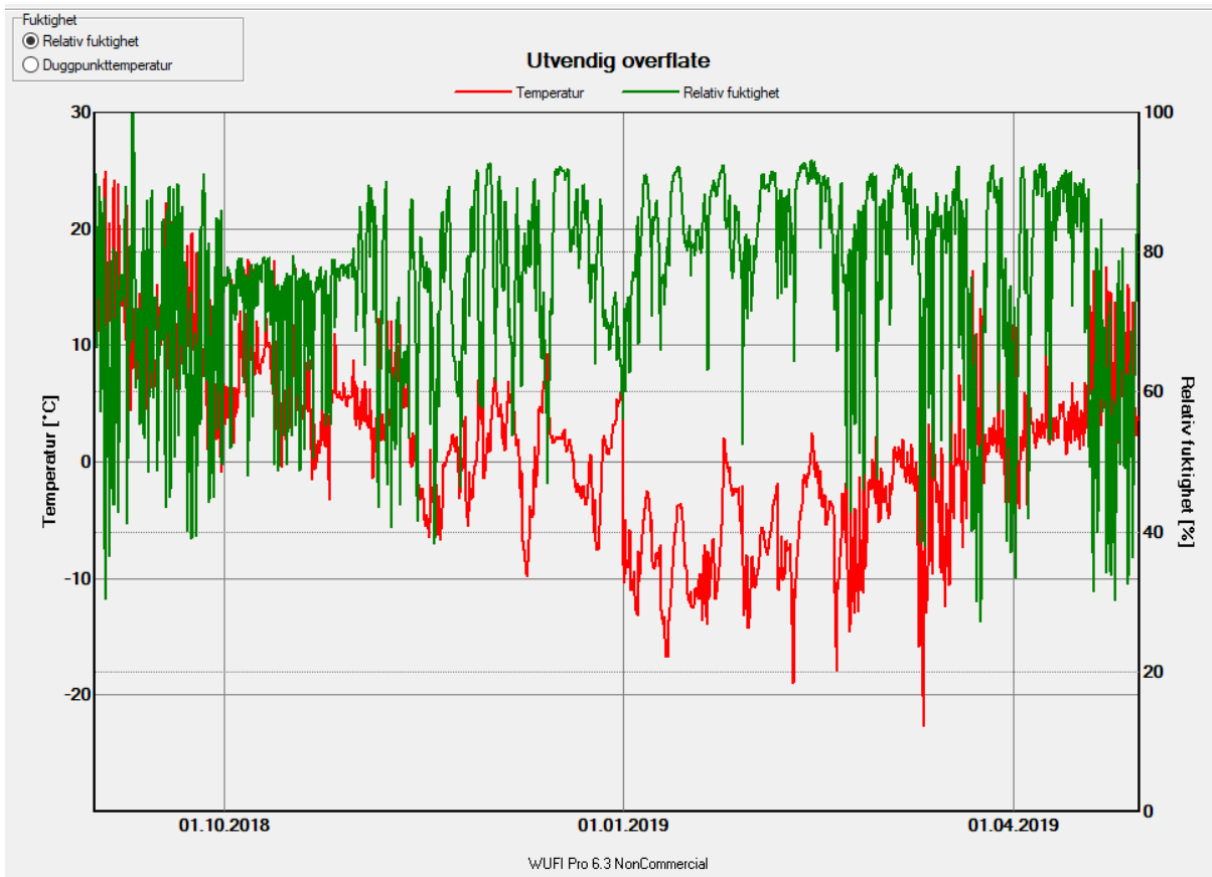


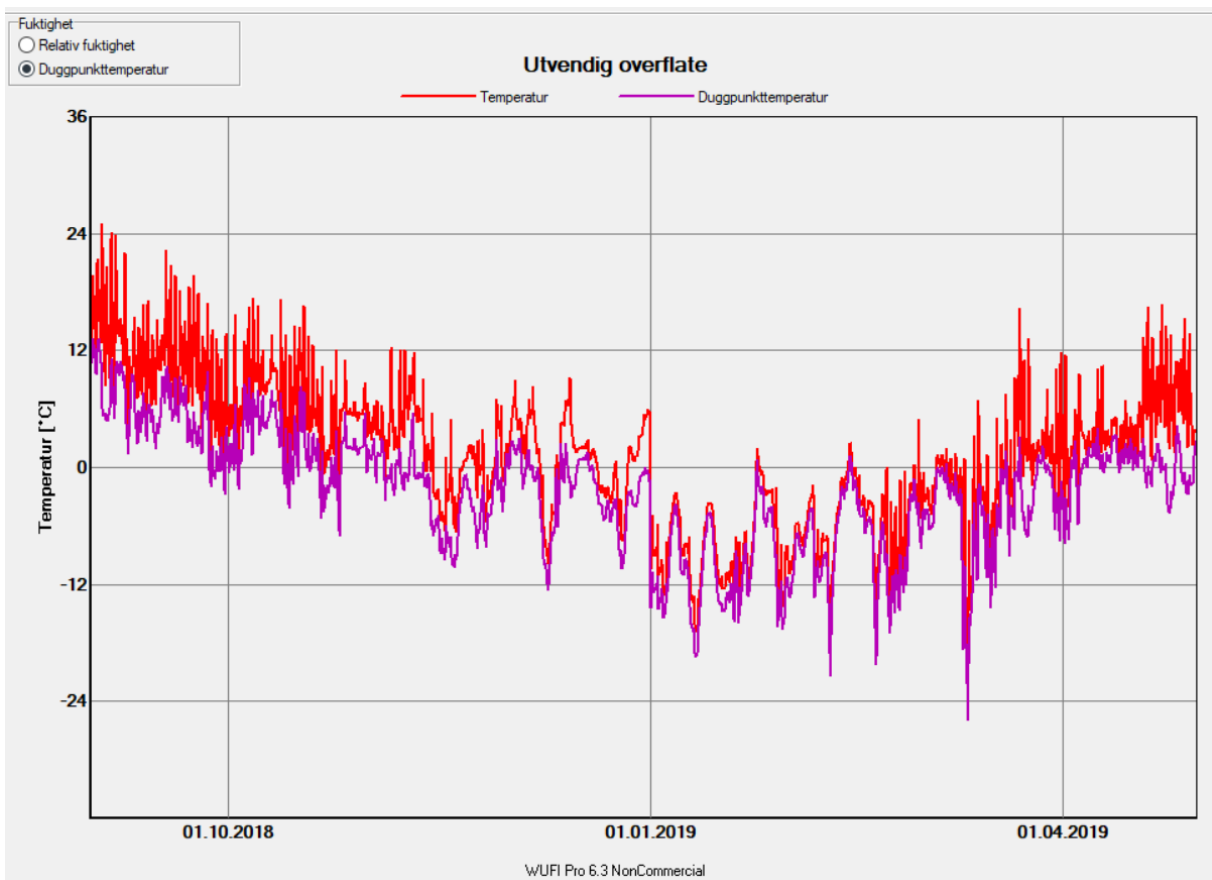
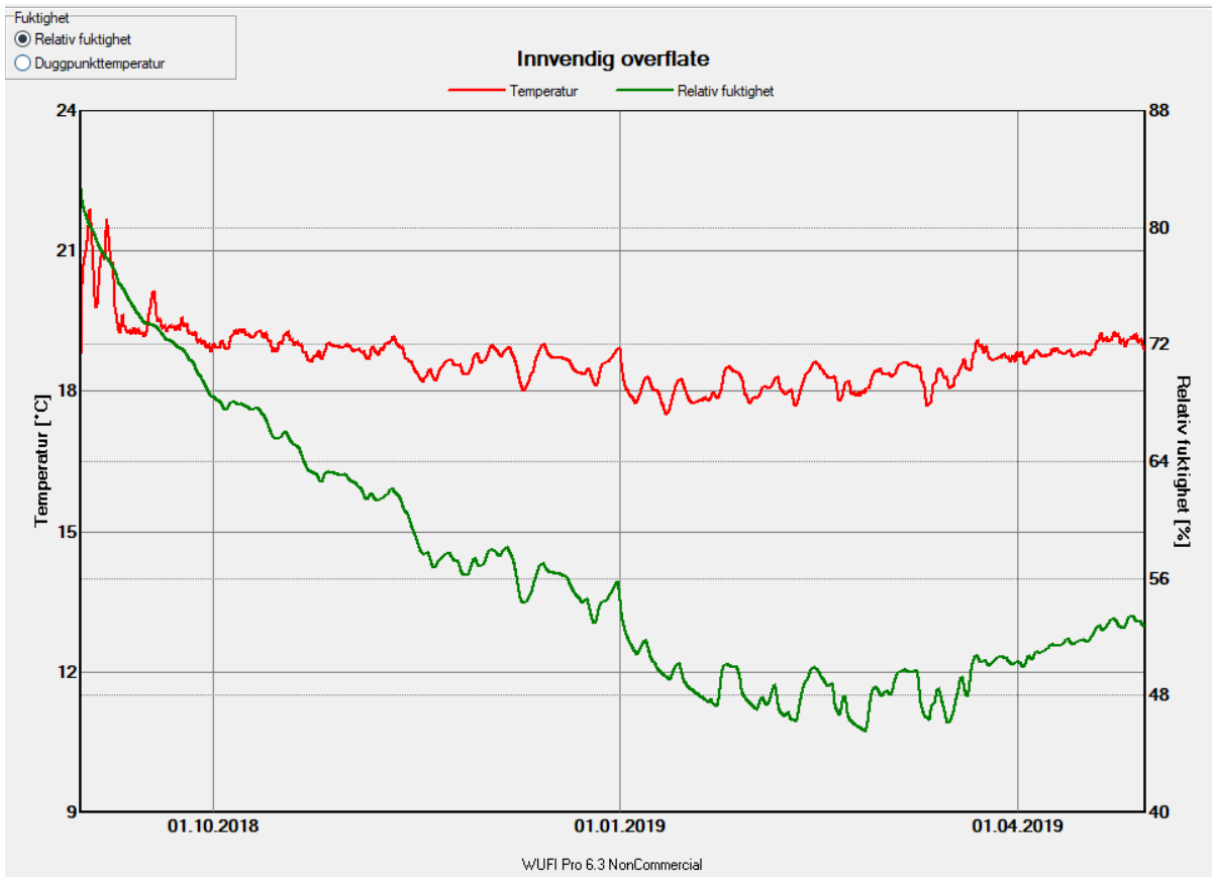
Nordvestlige vegg:

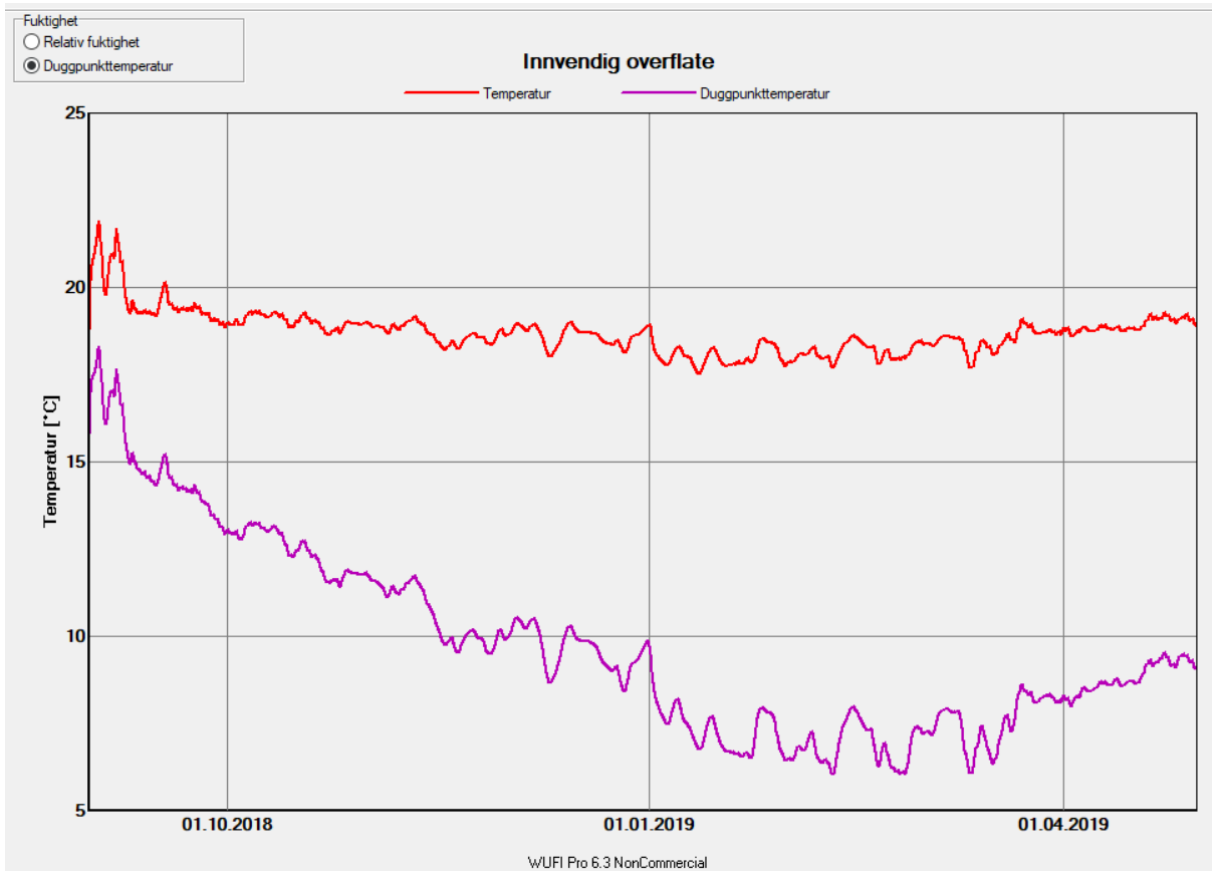
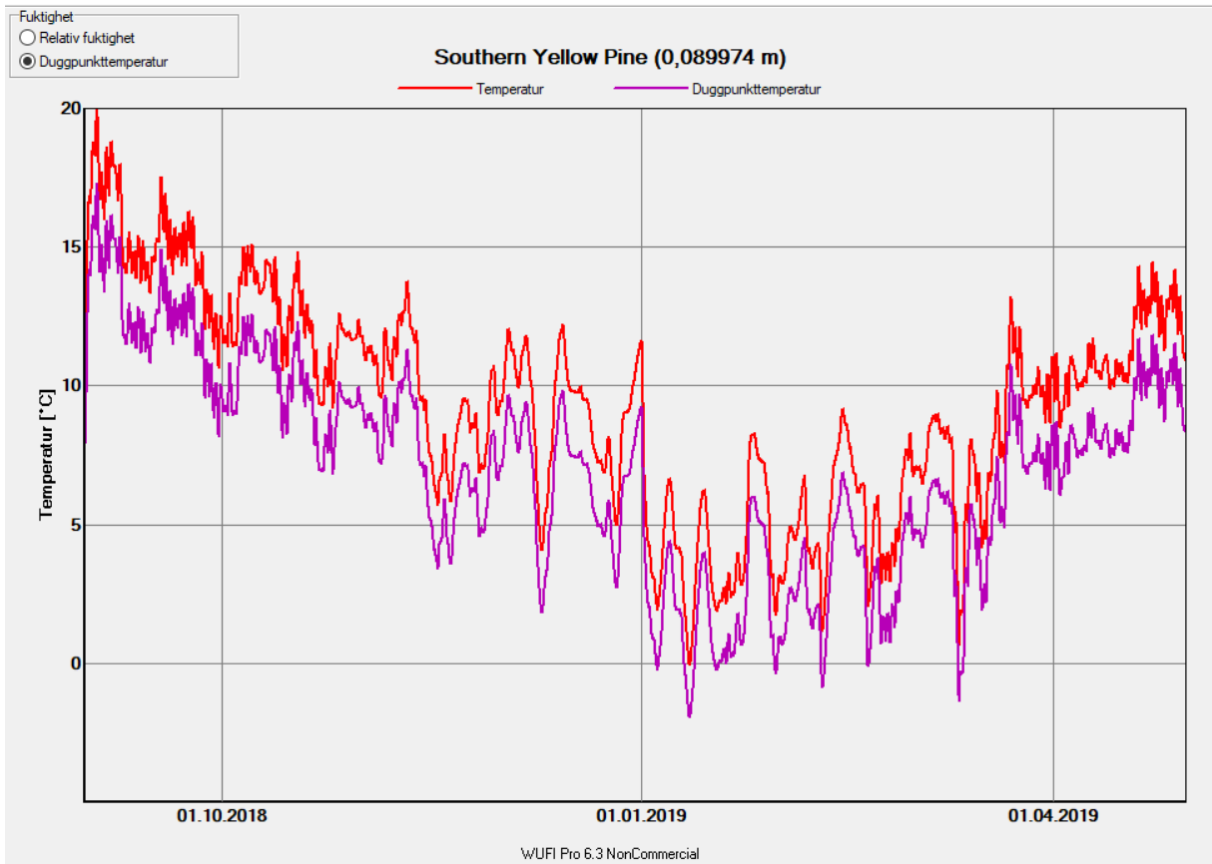


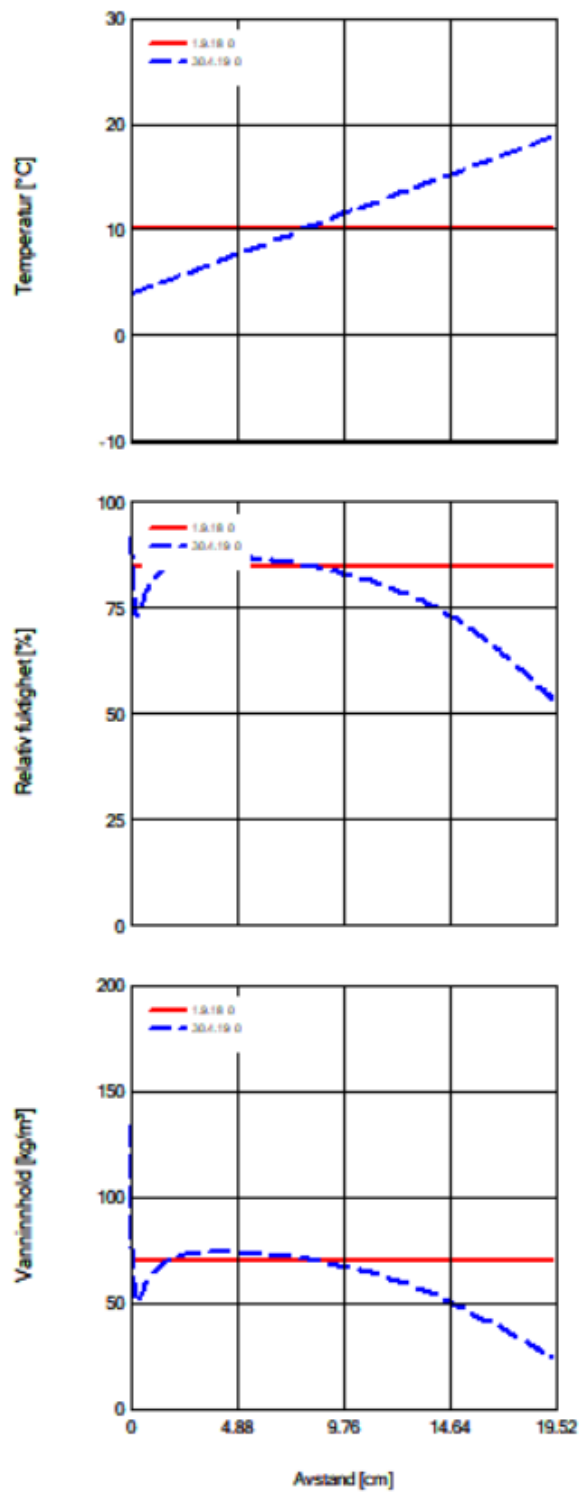
Sørøstlige vegg:











Vedlegg 6: Testing fuktmaskin

VEKTING AV VANN [kg]						
Maskinlaft			Håndlaft			
	Ved oppstart	Etter 12 timer	Benyttet	Ved oppstart	Etter 12 timer	Benyttet
Test 1	5,005	3,735	1,525	5,001	3,457	1,544
Test 2	4,747	3,599	1,148	4,901	3,354	1,547
Test 3	4,814	3,556	1,258	4,829	3,692	1,137

MENGDE VANN I TIMEN [ml/t]		
	Maskinlaft	Håndlaft
Test 1	104	129
Test 2	95	128
Test 3	105	95
Midlere verdi	<u>101</u>	<u>117</u>

Vedlegg 7: Vindrose

Vindrose, frekvensfordeling av vind

Vindretning deles i sektorer på 30°

Frekvensfordeling av vindhastighet i prosent %

Vindhastighet (m/s)

- >20.2
- 15.3-20.2
- 10.3-15.2
- 5.3-10.2
- 0.3-5.2

Stille (%)

9

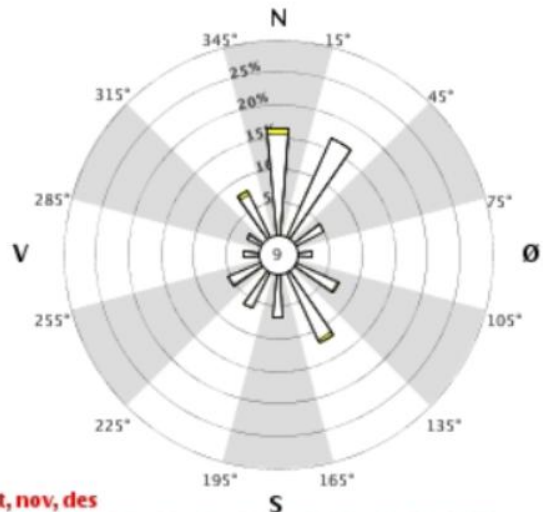


År: 2009 - 2018

jan, feb, mar, apr, mai, jun, jul, aug, sep, okt, nov, des

Tidspunkt: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 (NMT)

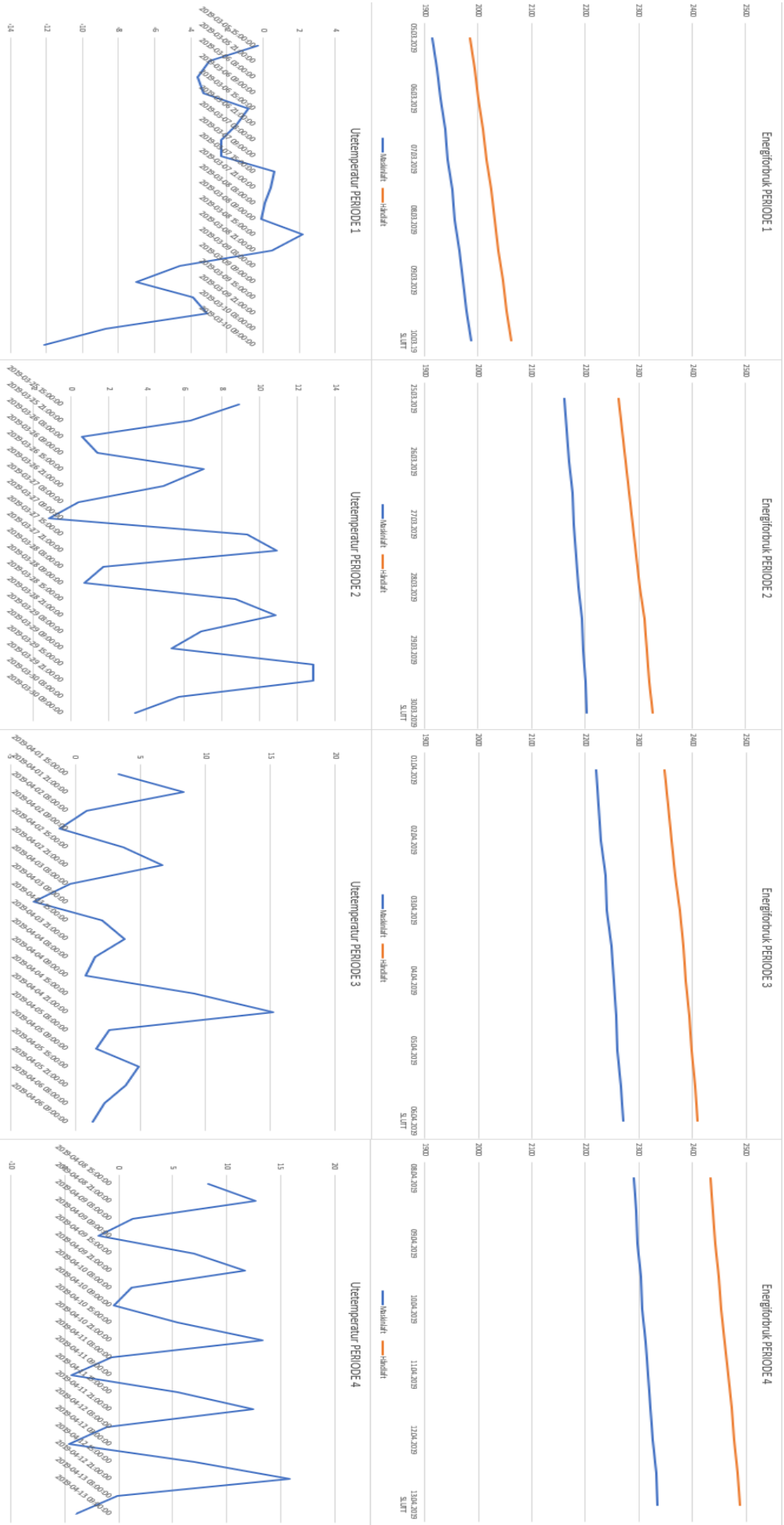
12680 LILLEHAMMER - SÆTHERENGEN



Vindrosen viser frekvensfordeling av vind. Som vist på vindrosen ser man at det forekommer mest vind fra nord og nordøst. Vi har valgt å se på målinger foretatt i Lillehammer da det ikke finnes noen vindrose for Gjøvik. Det antas at at værforholdene er nokså like i Gjøvik og i Lillehammer.

Vedlegg 8: Målt energiforbruk

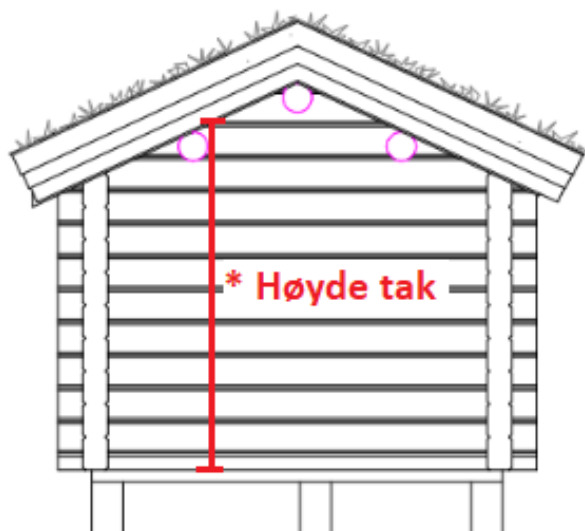
Dato	Målt energiforbruk [kWh]							
	Maskinlaftlaft				Håndlaft			
	Kl. 09.00	Kl. 21.00	Benyttet 09.00-21.00	Benyttet 21.00-09.00	Kl. 09.00	Kl. 21.00	Benyttet 09.00-21.00	Benyttet 21.00-09.00
Dag 1(05.03.19)	1914,9	1922,8	7,9	6,6	1984,4	1992,5	8,1	7,7
Dag 2 (06.03.19)	1929,4	1937,4	8	6,2	2000,2	2008,3	8,1	7,4
Dag 3 (07.03.19)	1943,6	1951,7	8,1	5,4	2015,7	2023,8	8,1	6,2
Dag 4 (08.03.19)	1957,1	1965,1	8	6	2030	2038,1	8,1	7,4
Dag 5 (09.03.19)	1971,1	1979,1	8	7,9	2045,5	2053,6	8,1	8,1
Dag 7 SLUTT	1987				2061,7			
Dag 1 (25.03.19)	2160,7	2165,6	4,9	3,5	2263	2269	6	6,3
Dag 2(26.03.19)	2169,1	2175,3	6,2	2,8	2275,3	2282,7	7,4	6,1
Dag 3(27.03.19)	2178,1	2183,9	5,8	3,2	2288,8	2296	7,2	6,3
Dag 4(28.03.19)	2187,1	2193,4	6,3	2,8	2302,3	2309,6	7,3	4,6
Dag 5(29.03.19)	2196,2	2200,8	4,6	2,3	2314,2	2320	5,8	6,5
Dag 5 SLUTT	2203,1				2326,5			
Dag 1(01.04.19)	2219	2224,9	5,9	4,7	2348,4	2355,3	6,9	5,4
Dag 2 (02.04.19)	2229,6	2236,8	7,2	4,1	2360,7	2368,6	7,9	6,9
Dag 3(03.04.19)	2240,9	2248,7	7,8	3,9	2375,5	2383	7,5	5,2
Dag 4(04.04.19)	2252,6	2257	4,4	2,8	2388,2	2393,6	5,4	4
Dag 5(05.04.19)	2259,8	2266,7	6,9	3,6	2397,6	2404,5	6,9	5,2
Dag 5 SLUTT	2270,3				2409,7			
Dag 1(08.04.19)	2290	2294,5	4,5	3,6	2433,2	2438,7	5,5	4,8
Dag 2(09.04.19)	2298,1	2303,2	5,1	3,7	2443,5	2449,4	5,9	4,9
Dag 3(10.04.19)	2306,9	2312,1	5,2	4	2454,3	2460,5	6,2	5,5
Dag 4(11.04.19)	2316,1	2321,8	5,7	4,2	2466	2472,5	6,5	5
Dag 5(12.04.19)	2326	2331,5	5,5	3,8	2477,5	2484,1	6,6	5,3
Dag 5 SLUTT	2335,3				2489,4			



Vedlegg 9: Volumberegning trykktest

Mål hyttene:	Håndlaft	Maskinlaft
Kortvegg innvendig	3,015	3,003
Langvegg innvendig	5,022	5,004
Høyde tak*	2,592	2,662
Lengde innervegger H	0,827	1,11
Lengde innervegger V	0,833	1,11
Høyde innervegger H	2,193	2,076
Høyde innervegger V	2,106	2,076
Tykkelse laft	0,195	0,195
Diameter tømmerstokker mot vindu	0,241	0,381
Diameter tømmerstokker midten	0,257	0,400
Diameter tømmerstokk mot vegg	0,236	0,387
Beregning av hyttenes volum:	Håndlaft	Maskinlaft
Kortvegg innvendig	3,02	3,00
Langvegg innvendig	5,02	5,00
Høyde tak*	2,59	2,66
Volum	39,25	40,00
Volum vinduer	0,18	0,18
Volum dør	0,20	0,21
Volum innervegg H	-0,35	-0,45
Volum innervegg V	-0,34	-0,45
Volum tømmerstokker mot vindu	-0,23	-0,57
Volum tømmerstokker midten	-0,26	-0,63
Volum tømmerstokk mot vegg	-0,22	-0,59
Volum menneske**	-0,13	-0,20
Sum volum	38,1 m³	37,5 m³
* SE BILDE UNDER		
** Brukt verdi for gjennomsnittlig volum menneske lik 0,0664 m ³		

--> Forskjell i volum av mennesker skyldes at det var 2 personer under test i håndlaft, og 3 i maskinlaft



Vedlegg 10: Resultater fra tidligere utført trykktest

Maskinlaft:

Luftlekkasjetest - Differansetrykkmetoden

I samsvar med ISO9972:2015 – Europe

INSERT COMPANY LOGO

Firma: Haukeli Hytter og Hus AS

Byggets adresse:	NTNU Campus Gjøvik Gjøvik, 2800
Kunde:	Norsk Laft, testbygg maskinlaft 8"
Operatør:	Knut Tore Apeland, Haukeli Hytter og Hus AS
Test dato:	2018-10-25
Filnavn:	ISO9972EU 2018-10-25 1528
Report Number:	
Unique Property ID Number:	

Summary

 FanTestic	version: 5.10.36	Firma: Haukeli Hytter og Hus AS
Dato: 2018-10-25	Operatør: Knut Tore Apeland	
Kunde:	Norsk Laft, testbygg maskinlaft 8"	
Building Lot Number:		
Byggets adresse:	NTNU Campus Gjøvik Gjøvik, 2800	

Bygningsdetaljer	
Filnavn:	ISO9972EU 2018-10-25 1528
Bygningsvolum, V [m ³]:	39
Høyde over bakkenivå [m]:	3
Gulv areal [m ²]:	0
Klimaskjermareal A _{T BAT} [m ²]:	0
Høyde over havet [m]:	150
Altitude [m]:	150
Accuracy of volume measurements:	3%
Accuracy of envelope area measurements:	0%
Accuracy of floor area measurements:	0%
Number of building storeys:	1

Resultater	
Luftskifte ved 50 Pa, n ₅₀ [/h]	2,36
Luftmengde ved 50 Pa, [m ³ /h]	91,850
Luftmengde ved 10 Pa, [m ³ /h]	32,455
Luftlekkasje (envelope) ved 50 Pa, [m ³ /h/m ²]	
Luftlekkasje (floor) ved 50 Pa, [m ³ /h/m ²]	
Effective leakage area at 50 Pa, [cm ²]	27,90
Specific effective leakage area (envelope) at 50 Pa, [cm ² /m ²]:	
Specific effective leakage area (floor) at 50 Pa, [cm ² /m ²]:	

Compliance

- * Set 1 Innesluttet areal er ikke spesifisert. Ikke mulig å bestemme gjennomtrenglighet.
- * Set 1 Gulvareal er ikke oppgitt. Ikke mulig å beregne spesifikk lekkasjeluftmengde.

Assumptions and warnings

While FanTestic software may calculate air leakage results based on user input, use of this software does not in any way guarantee these results.

Bygningsdetaljer

Bygge målinger

Høyde over havet [m]: 150

Bygningsvolum, V [m³]: 39
Bygningsvolum Measurement Accuracy: 3%

Klimaskjermareal (A_E) [m²]: 0
Klimaskjermareal Measurement Accuracy: 0%

Gulvareal (A_F) [m²]: 0
Gulvareal Measurement Accuracy: 0%

Høyde (Building from ground to top) [m]: 3
Building number of storeys: 1

Varme / Ventilasjonssystem

Systemer installert:

Bilder

Testmetode

Skriv inn notat her

Diskusjon av resultater

Kombinerte testdata. (Tested in one direction only)-Sammenlagt testresultat

	Resultater	95% Konfidensintervall		Usikkerhet
Luftmengde ved 50 Pa, [m ³ /h]	91,850	90,560	93,165	+/-1,4%
Luftskifte ved 50 Pa, n ₅₀ [/h]	2,36	2,275	2,435	+/-3,3%
Specific leakage rate (envelope) at 50 Pa, [m ³ /h/m ²]				
Specific leakage rate (floor) at 50 Pa, [m ³ /h/m ²]				
Effective leakage area at 50 Pa, [cm ²]	27,90	27,60	28,40	+/-1,4%
Specific effective leakage area (envelope) at 50 Pa, [cm ² /m ²]				
Specific effective leakage area (floor) at 50 Pa, [cm ² /m ²]				

Vedlegg- Luftlekkasjetest Måledata

UndertrykkMåledata

Dato: 2018-10-25
Tid: 15:46
til: 16:03

Klimaforhold under testen:		
Vindhastighet:	1: Nesten stille	
Operator Location:	Innendørs	
Max naturlig trykk-differanse	-4,8 Pa	
Før test Naturlig trykk-differanse:	-1,72 Pa	
Etter test Naturlig trykk-differanse:	-0,59 Pa	
Naturlig trykk-differanse:	-1,15 Pa	
Før test Temperatur:	innendørs: 20 C	utendørs: 10 C
Etter test Temperatur:	innendørs: 20 C	utendørs: 10 C
Barometertrykk:	101,3 kPa	from Standard temperatur og trykk.

UndertrykkTestresultat												
Correlation, r [%]:	99,614											
Coefficient of Determination, r^2	0,99614											
	Mean	95% confidence limits				Uncertainty						
		Lower	Upper									
Slope, n:	0,646	0,61357	0,67915									
Luftmengde-koeffisient, C_{env} [$m^3/h/Pa^n$]:	7,2373	6,409	8,172									
Lekkasjeluft-koeffisient, C_L [$m^3/h/Pa^n$]:	7,3273	6,489	8,274									
Luftmengde ved 50 Pa, [m^3/h]	91,852	90,56	93,16			+/-1,4%						
Luftskifte ved 50 Pa, n_{50} [/h]	2,355	2,277	2,433			+/-3,3%						
Specific leakage rate (envelope) at 50 Pa, [$m^3/h/m^2$]												
Specific leakage rate (floor) at 50 Pa, [$m^3/h/m^2$]												
Effective leakage area at 50 Pa, [cm^2]	28,00	27,60	28,40			+/-1,4%						
Specific effective leakage area (envelope) at 50 Pa, [cm^2/m^2]												
Specific effective leakage area (floor) at 50 Pa, [cm^2/m^2]												
Bygnings-trykk [Pa]	-66,0	-59,6	-56,2	-51,9	-47,2	-41,1	-36,4	-31,3	-26,4	-20,9		
Induced Pressure [Pa]	-64,8	-58,4	-55,1	-50,7	-46,0	-40,0	-35,2	-30,1	-25,3	-19,7		
#1, Viftetr	107,9	94,3	90,5	82,7	72,8	58,7	49,5	39,3				

Range B74	ykk [Pa]												
	Mengde [m ³ /h]	111,5	103,3	101,4	96,61	90,18	80,31	73,82	66,22				
	q _m [m ³ /h]	111,3	103,1	101,2	96,40	89,98	80,13	73,66	66,07				
	q _{env} [m ³ /h]	107,5	99,59	97,73	93,11	86,91	77,40	71,14	63,82				
	q _m [m ³ /h]									60,36	52,69		
	q _{env} [m ³ /h]									58,30	50,90		
#1, Range B47	Viftetrykk [Pa]									114,5	86,5		
	Mengde [m ³ /h]									60,50	52,81		
Total mengde, q _r [m ³ /h]		111,501	103,337	101,406	96,6091	90,1775	80,3082	73,8171	66,2158	60,4958	52,8081		
Mengde, q _m [m ³ /h]		111,257	103,112	101,184	96,3979	89,9805	80,1327	73,6558	66,0711	60,3636	52,6927		
Mengde envelope, q _{env} [m ³ /h]		107,46	99,594	97,732	93,110	86,911	77,399	71,143	63,817	58,304	50,895		
Feil [%]		0,2%	-0,7%	1,2%	1,7%	1,0%	-1,4%	-1,7%	-2,4%	-0,1%	2,4%		

10 bygningstrykk 30 of the required 30 seconds.

12 Naturlig trykkdifferanse 10 of required 10 seconds.

Average Baseline, ΔP: -1,15 Pa

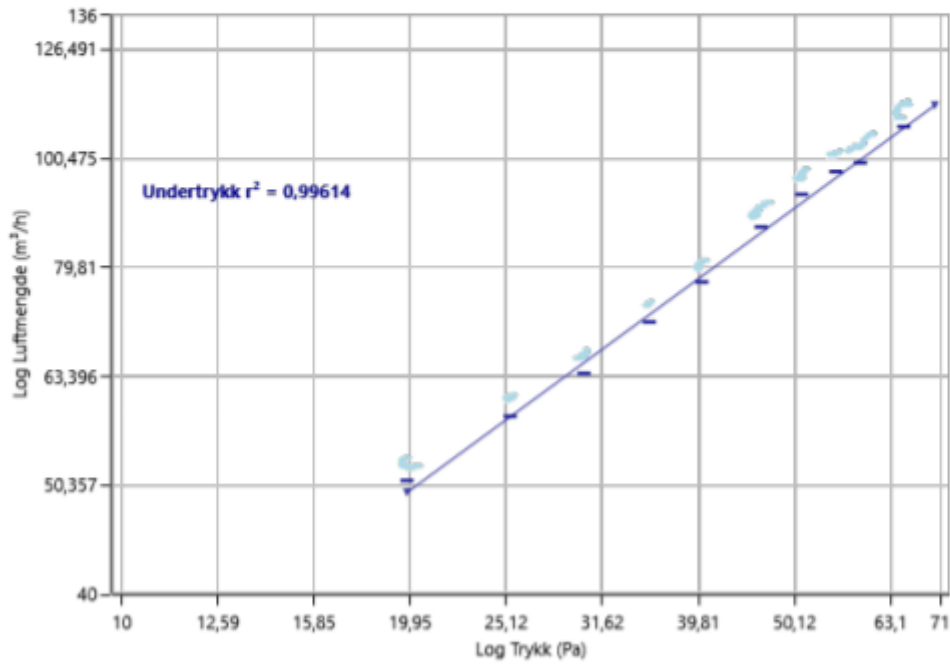
Max naturlig trykk-differanse, før test: -4,8 Pa

Naturlig trykkdifferanse:				
Average [Pa]	ΔP -1,15			
Før test [Pa]	ΔP01 -1,72	ΔP01- -1,72	ΔP01+ 0,00	
Etter test [Pa]	ΔP02 -0,59	ΔP02- -0,59	ΔP02+ 0,00	

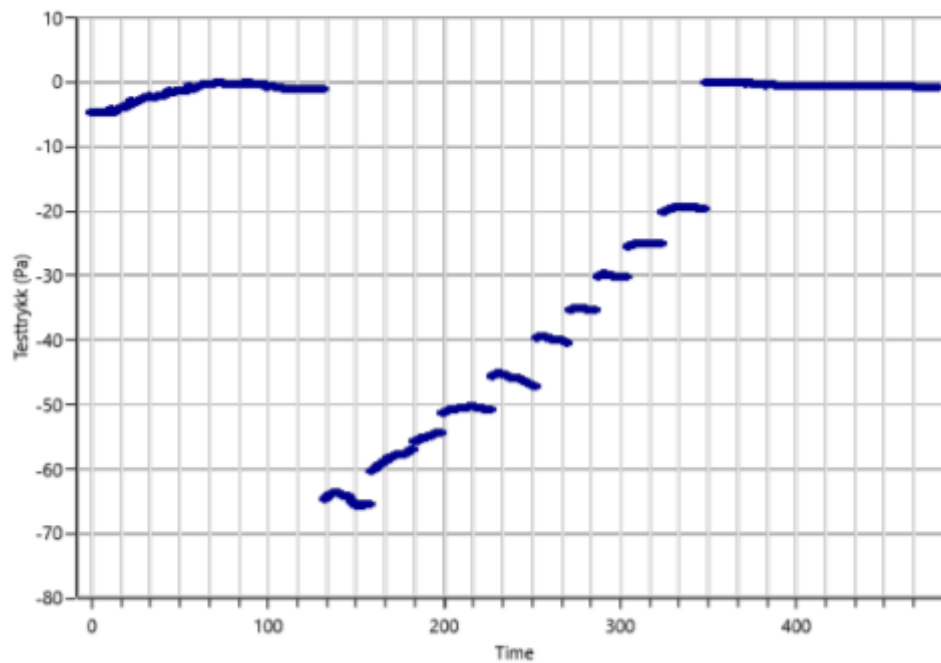
Naturlig trykk-differanse,	-4,80	-4,16	-2,91	-2,21	-1,52	-0,80	-0,30	-0,36	-0,39	-0,84	-1,12	-1,20
----------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

før test [Pa]												
Naturlig trykk-differanse etter test [Pa]	-0,15	-0,11	-0,35	-0,60	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,76	-0,90

Bygningstrykk - luftmengde (Undertrykk)



Bygningstrykk - Undertrykk



Testdetaljer

The following test equipment was used in the performance of the air leakage tests.

	Vifte	Vifte sr. nr.	Vifte location	Instrument	Instrument sr. nr.	Instrument Calibration
#1	Retrotec 5000			DM32	407359	

Fan Calibration Certificate Retrotec 5000:

Retrotec 5000 Fan last calibrated: (Viftekalibrering - B1) . Published Flow Equation Parameters, Round B1 CFM								
Range	n	K	K1	K2	K3	K4	MF	
Open	0,498	548	0	0,3	0	1	10	
A	0,502	287	0	0,4	0	1	20	
B8	0,54	113,25	0	0,7	0	1	40	
Polynomial Range	g	f	a	b	c	d	K2	MF
B4	29	-0,19	0,000007943	-0,00864	4,9	206	0,8	40
B2	30	0,1	0,00000088	-0,0029	2,15	90	1	50
B1	30	0	0,0000005	-0,00128	1,02	54	1	60
B74	25	0,15	0,000000796	-0,00095	0,59	18	0,8	35
B47	25	0,09	0,000000269	-0,0003591	0,2435	12,05	1	50
B29	25	-0,02	0,000000111	-0,000149	0,092	4,4	0,6	50

Fan Pressure (FP) is the measured fan pressure when using a self-referenced fan or when Room Pressure is negative. If using a fan which is not self-referenced, and Room Pressure is positive, Fan Pressure is calculated by subtracting the measured Room Pressure from the Absolute Value of the Fan Pressure.

If $PrA > 0$ and fan is not self-referencing: $FP = |PrB| - PrA$

If $PrA < 0$ or fan is self-referencing: $FP = PrB$

Flow calculations are not valid if Fan Pressure is less than either MF or $(K2 \times |CR|)$.

Flow in CFM using the above coefficients is calculated as follows for standard Ranges:

$$flow = (FP - CR \times K1)^n \times (K + K3 \times FP) \times K4$$

FP = fan pressure, CR = corrected room pressure

Flow in CFM using the above polynomial coefficients is calculated as follows:

$$flow = (a \times FP^3) + (b \times FP^2) + (c \times FP) + d + ((g - CR) \times f)$$

Håndlaft:

Luftlekkasjetest - Differansetrykkmetoden

I samsvar med ISO9972:2015 – Europe

INSERT COMPANY LOGO

Firma: Haukeli Hytter og Hus AS

Byggets adresse: NTNU Campus Gjøvik
Gjøvik, Norway

Kunde: Norsk Laft, testbygg Handlaft

Operatør: Knut Tore Apeland, Haukeli Hytter og Hus AS
Test dato: 2018-10-25
Filnavn: ISO9972EU 2018-10-25 1634
Report Number:
Unique Property ID Number:

Summary

 FanTestic	version: 5.10.36	Firma: Haukeli Hytter og Hus AS
Dato: 2018-10-25	Operatør: Knut Tore Apeland	
Kunde:	Norsk Laft, testbygg handlaft	
Building Lot Number:		
Byggets adresse:	NTNU Campus Gjøvik Gjøvik, Norway	

Bygningsdetaljer	
Filnavn:	ISO9972EU 2018-10-25 1634
Bygningsvolum, V [m ³]:	39
Høyde over bakkenivå [m]:	3
Gulv areal [m ²]:	0
Klimaskjermareal A _{T BAT} [m ²]:	0
Høyde over havet [m]:	150
Altitude [m]:	150
Accuracy of volume measurements:	3%
Accuracy of envelope area measurements:	0%
Accuracy of floor area measurements:	0%
Number of building storeys:	1

Resultater	
Luftskifte ved 50 Pa, n ₅₀ [/h]	2,10
Luftmengde ved 50 Pa, [m ³ /h]	81,755
Luftmengde ved 10 Pa, [m ³ /h]	27,875
Luftlekkasje (envelope) ved 50 Pa, [m ³ /h/m ²]	
Luftlekkasje (floor) ved 50 Pa, [m ³ /h/m ²]	
Effective leakage area at 50 Pa, [cm ²]	24,90
Specific effective leakage area (envelope) at 50 Pa, [cm ² /m ²]:	
Specific effective leakage area (floor) at 50 Pa, [cm ² /m ²]:	

Compliance

* Set 1 Innesluttet areal er ikke spesifisert. Ikke mulig å bestemme gjennomtrenglighet.

* Set 1 Gulvareal er ikke oppgitt. Ikke mulig å beregne spesifikk lekkasjeluftmengde.

Assumptions and warnings

While FanTestic software may calculate air leakage results based on user input, use of this software does not in any way guarantee these results.

Bygningsdetaljer

Bygge målinger

Høyde over havet [m]: 150

Bygningsvolum, V [m³]: 39
Bygningsvolum Measurement Accuracy: 3%

Klimaskjermareal (A_E) [m²]: 0
Klimaskjermareal Measurement Accuracy: 0%

Gulvareal (A_F) [m²]: 0
Gulvareal Measurement Accuracy: 0%

Høyde (Building from ground to top) [m]: 3
Building number of storeys: 1

Varme / Ventilasjonssystem

Systemer installert:

Bilder

Testmetode

Skriv inn notat her

Diskusjon av resultater

Kombinerte testdata. (Tested in one direction only)-Sammenlagt testresultat

	Resultater	95% Konfidensintervall		Usikkerhet
Luftmengde ved 50 Pa, [m ³ /h]	81,755	81,305	82,210	+/-0,6%
Luftskifte ved 50 Pa, n ₅₀ [/h]	2,10	2,030	2,160	+/-3,1%
Specific leakage rate (envelope) at 50 Pa, [m ³ /h/m ²]				
Specific leakage rate (floor) at 50 Pa, [m ³ /h/m ²]				
Effective leakage area at 50 Pa, [cm ²]	24,90	24,80	25,05	+/-0,6%
Specific effective leakage area (envelope) at 50 Pa, [cm ² /m ²]				
Specific effective leakage area (floor) at 50 Pa, [cm ² /m ²]				

Vedlegg- Luftlekkasjetest Måledata

UndertrykkMåledata

Dato: 2018-10-25

Tid: 16:40

til: 16:57

Klimaforhold under testen:		
Vindhastighet:	1: Nesten stille	
Operator Location:	Innendørs	
Max naturlig trykk-differanse	-0,9 Pa	
Før test Naturlig trykk-differanse:	-0,59 Pa	
Etter test Naturlig trykk-differanse:	-0,64 Pa	
Naturlig trykk-differanse:	-0,62 Pa	
Før test Temperatur:	innendørs: 20 C	utendørs: 10 C
Etter test Temperatur:	innendørs: 20 C	utendørs: 10 C
Barometertrykk:	101,3 kPa	from Standard temperatur og trykk.

UndertrykkTestresultat													
Correlation, r [%]:		99,947											
Coefficient of Determination, r^2		0,99947											
	Mean	95% confidence limits										Uncertainty	
		Lower					Upper						
Slope, n:	0,669	0,65597					0,68110						
Luftmengde-koeffisient, C_{env} [$m^3/h/Pa^n$]:	5,9110	5,643					6,191						
Lekkasjeluft-koeffisient, C_L [$m^3/h/Pa^n$]:	5,9798	5,709					6,263						
Luftmengde ved 50 Pa, [m^3/h]	81,754	81,30					82,21					+/-0,6%	
Luftskifte ved 50 Pa, n_{50} [/h]	2,096	2,032					2,160					+/-3,1%	
Specific leakage rate (envelope) at 50 Pa, [$m^3/h/m^2$]													
Specific leakage rate (floor) at 50 Pa, [$m^3/h/m^2$]													
Effective leakage area at 50 Pa, [cm^2]	24,92	24,78					25,06					+/-0,6%	
Specific effective leakage area (envelope) at 50 Pa, [cm^2/m^2]													
Specific effective leakage area (floor) at 50 Pa, [cm^2/m^2]													
Bygnings-trykk [Pa]		-64,0	-59,8	-55,0	-49,5	-45,2	-40,0	-35,1	-30,5	-25,2	-20,3		
Induced Pressure [Pa]		-63,4	-59,2	-54,3	-48,9	-44,5	-39,4	-34,5	-29,8	-24,6	-19,7		
#1, Viftetr	88,9	81,3	73,5	63,8	57,1	48,4	40,2						

Range B74	ykk [Pa]												
	Mengde [m ³ /h]	98,08	93,43	88,58	82,21	77,82	71,79	65,92					
	q _{in} [m ³ /h]	97,87	93,22	88,38	82,03	77,65	71,63	65,78					
	q _{env} [m ³ /h]	94,53	90,04	85,37	79,24	75,00	69,18	63,53					
	q _{in} [m ³ /h]								59,87	51,74	44,53		
	q _{env} [m ³ /h]								57,83	49,98	43,01		
#1, Range B47	Viftetrykk [Pa]								115,2	85,9	61,8		
	Mengde [m ³ /h]								60,00	51,86	44,62		
Total mengde, q _r [m ³ /h]		98,0850	93,4285	88,5770	82,2132	77,8227	71,7851	65,9204	59,9998	51,8583	44,6237		
Mengde, q _m [m ³ /h]		97,8706	93,2243	88,3834	82,0335	77,6526	71,6282	65,7764	59,8686	51,7450	44,5262		
Mengde envelope, q _{env} [m ³ /h]		94,532	90,044	85,368	79,235	75,004	69,185	63,533	57,826	49,980	43,007		
Feil [%]		-0,2%	-0,4%	-0,1%	-0,5%	0,3%	0,4%	0,8%	1,0%	-0,6%	-0,7%		

10 bygningstrykk 30 of the required 30 seconds.

12 Naturlig trykkdifferanse 10 of required 10 seconds.

Average Baseline, ΔP: -0,62 Pa

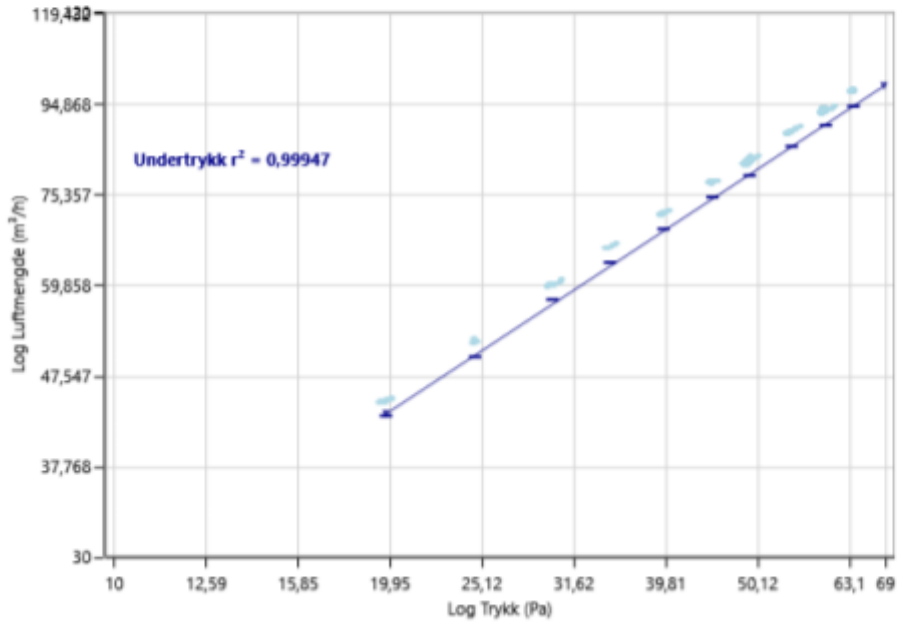
Max naturlig trykk-differanse, før test: -0,9 Pa

Naturlig trykkdifferanse:				
Average [Pa]	ΔP -0,62			
Før test [Pa]	ΔP01 -0,59	ΔP01- -0,59	ΔP01+ 0,00	
Etter test [Pa]	ΔP02 -0,64	ΔP02- -0,64	ΔP02+ 0,00	

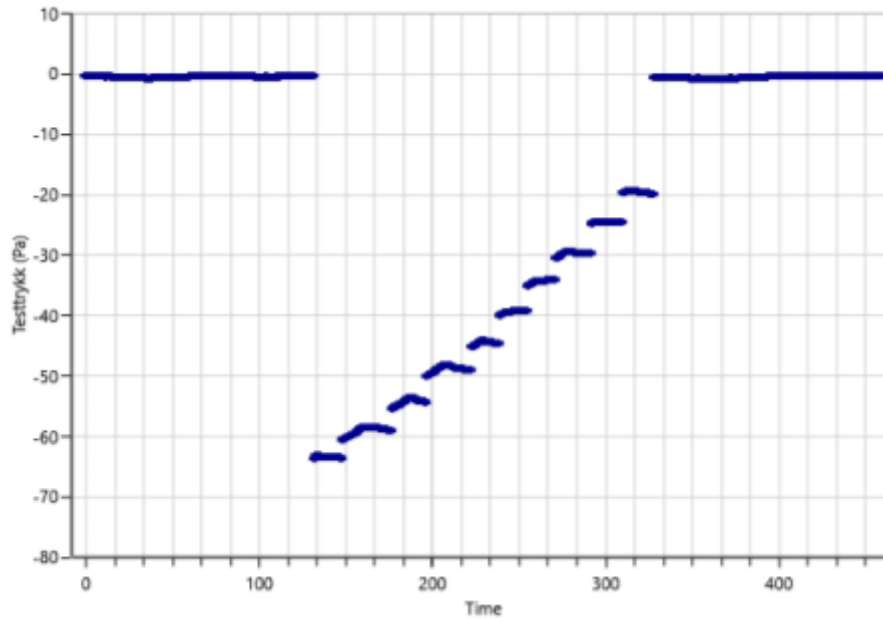
Naturlig trykk-differanse,	-0,50	-0,64	-0,70	-0,76	-0,70	-0,58	-0,50	-0,50	-0,52	-0,68	-0,52	-0,50
----------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

før test [Pa]												
Naturlig trykk-differanse etter test [Pa]	-0,70	-0,72	-0,88	-0,90	-0,78	-0,70	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50

Bygningstrykk - luftmengde (Undertrykk)



Bygningstrykk - Undertrykk



Testdetaljer

The following test equipment was used in the performance of the air leakage tests.

	Vifte	Vifte sr. nr.	Vifte location	Instrument	Instrument sr. nr.	Instrument Calibration
#1	Retrotec 5000			DM32	407359	

Fan Calibration Certificate Retrotec 5000:

Retrotec 5000 Fan last calibrated: (Viftekalibrering - B1) . Published Flow Equation Parameters, Round B1 CFM								
Range	n	K	K1	K2	K3	K4	MF	
Open	0,498	548	0	0,3	0	1	10	
A	0,502	287	0	0,4	0	1	20	
B8	0,54	113,25	0	0,7	0	1	40	
Polynomial Range	g	f	a	b	c	d	K2	MF
B4	29	-0,19	0,000007943	-0,00864	4,9	206	0,8	40
B2	30	0,1	0,00000088	-0,0029	2,15	90	1	50
B1	30	0	0,0000005	-0,00128	1,02	54	1	60
B74	25	0,15	0,000000796	-0,00095	0,59	18	0,8	35
B47	25	0,09	0,000000269	-0,0003591	0,2435	12,05	1	50
B29	25	-0,02	0,000000111	-0,000149	0,092	4,4	0,6	50

Fan Pressure (FP) is the measured fan pressure when using a self-referenced fan or when Room Pressure is negative. If using a fan which is not self-referenced, and Room Pressure is positive, Fan Pressure is calculated by subtracting the measured Room Pressure from the Absolute Value of the Fan Pressure.

If $PrA > 0$ and fan is not self-referencing: $FP = |PrB| - PrA$

If $PrA < 0$ or fan is self-referencing: $FP = PrB$

Flow calculations are not valid if Fan Pressure is less than either MF or $(K2 \times |CR|)$.

Flow in CFM using the above coefficients is calculated as follows for standard Ranges:

$$flow = (FP - CR \times K1)^n \times (K + K3 \times FP) \times K4$$

FP = fan pressure, CR = corrected room pressure

Flow in CFM using the above polynomial coefficients is calculated as follows:

$$flow = (a \times FP^3) + (b \times FP^2) + (c \times FP) + d + ((g - CR) \times f)$$

Vedlegg 11: Resultater trykktest

Maskinlaft:

Luftlekkasjetest – Differansetrykkmetoden

I samsvar med EN13829 – Sweden

Firma: NTNU

Byggets adresse: Teknologivegen 22
Gjøvik, Norge

Kunde:

Operatør:


Test dato: 2019-03-22

Filnavn: EN13829-SE 2019-02-27 1208

Report Number:

Unique Property ID Number:

Summary

 FanTestic	version: 5.11.2	Firma: NTNU
Dato: 2019-03-22	Operatør:	
Kunde:		
Building Lot Number:		
Byggets adresse:	Teknologivegen 22 Gjøvik, Norge	

Bygningsdetaljer	
Filnavn:	EN13829-SE 2019-02-27 1208
Bygningsvolum, V [m ³]:	37,5
Høyde over bakkenivå [m]:	0,2
Gulv areal [m ²]:	15
Klimaskjermareal A _{TBAT} [m ²]:	15
Høyde over havet [m]:	2,5
Vindforhold	Eksponert bygning
Målenøyaktighet	5%

Resultater	
Luftmengde ved 50 Pa, V ₅₀ [L/s]	41,095
Luftskifte ved 50 Pa, n ₅₀ [/h]	3,95
Luftlekkasje ved 50 Pa, Q ₅₀ [L/s/m ²]	2,740
Spesifikk lekkaseluftmengde ved 50 Pa, w ₅₀ [L/s/m ²]	2,740
Effective leakage area at 50 Pa, A _L [cm ²]	45,00
Equivalent leakage area at 50 Pa [cm ²]	73,95
Normalized Leakage Area [cm ² /m ²]:	3,0064

Assumptions and warnings

While FanTestic software may calculate air leakage results based on user input, use of this software does not in any way guarantee these results.

Bygningsdetaljer

Bygge målinger

Bygningsvolum, V [m ³]:	37,5
Klimaskjermareal (A _T) [m ²]:	15
Gulvareal (A _F) [m ²]:	15
Høyde (Building from ground to top) [m]:	0,2

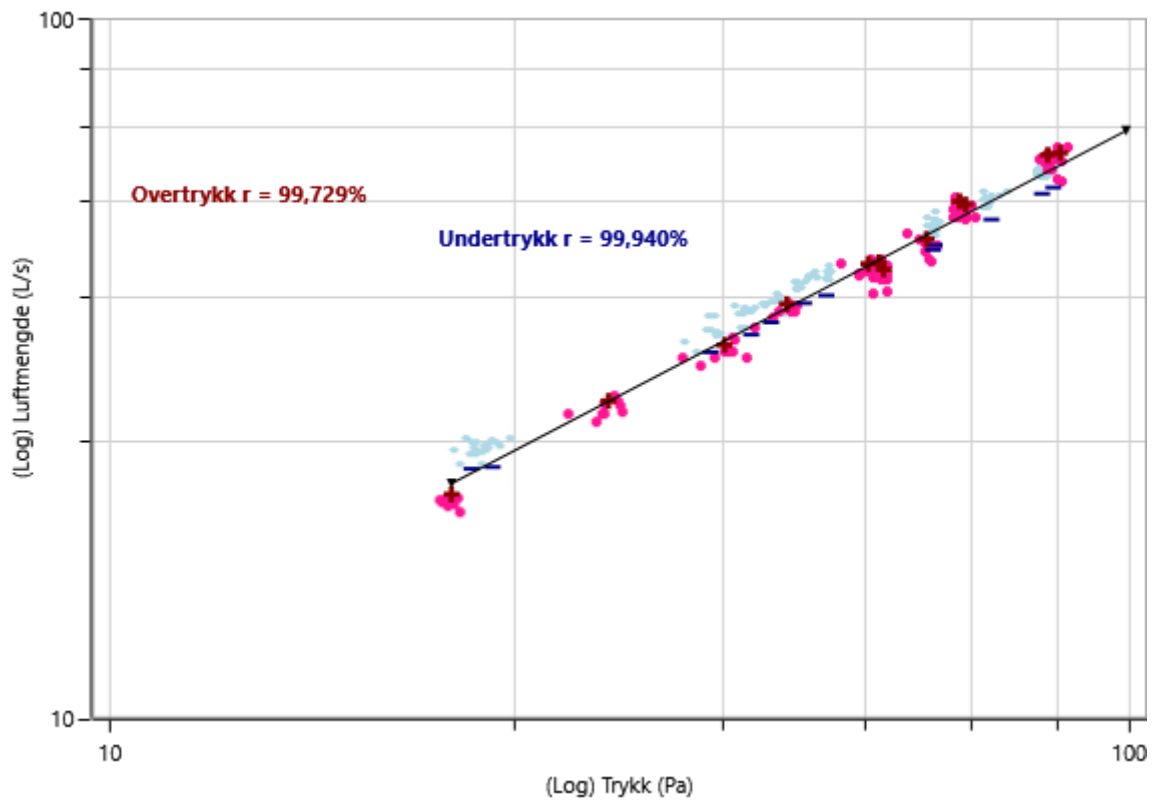
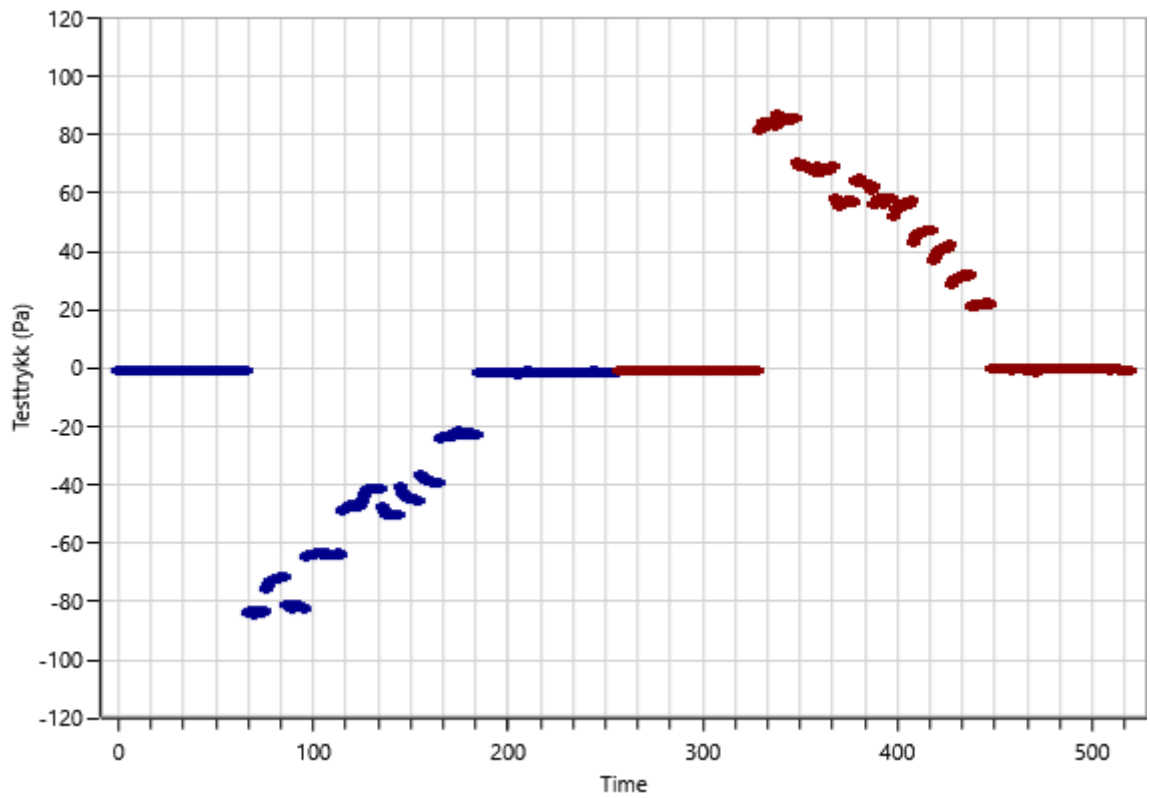
Varme / Ventilasjonssystem

Systemer installert:

Diskusjon av resultater

Kombinerte testdata. (Average Values)-Sammenlagt testresultat

	Resultater	95% Konfidensintervall		Usikkerhet
Luftmengde ved 50 Pa, V ₅₀ [L/s]	41,095	40,610	41,590	+/-1,2%
Luftskifte ved 50 Pa, n ₅₀ [/h]	3,95	3,740	4,150	+/-5,2%
Luftlekkasje ved 50 Pa, Q ₅₀ [L/s/m ²]	2,740	2,598	2,881	+/-5,2%
Spesifikk lekkaseluftmengde ved 50 Pa, w ₅₀ [L/s/m ²]	2,740	2,598	2,881	+/-5,2%
Effective leakage area at 50 Pa, A _L [cm ²]	45,00	44,55	45,65	+/-1,2%
Equivalent leakage area at 50 Pa, A _L [cm ²]	73,95	73,05	74,80	+/-1,2%
Normalized leakage area at 50 Pa [cm ² /m ²]	3,0064	2,851	3,162	+/-5,2%



Vedlegg– Luftlekkasjetest Måledata

Undertrykk Måledata

Dato: 2019-03-22

Tid: 10:50

til: 11:01

Klimaforhold under testen:		
Vindhastighet:	1: Nesten stille	
Operator Location:	Innendørs	
Før test Naturlig trykk-differanse:	-1,18 Pa	
Etter test Naturlig trykk-differanse:	-1,68 Pa	
Naturlig trykk-differanse:	-1,43 Pa	
Før test Temperatur:	innendørs: 20 C	utendørs: 2 C
Etter test Temperatur:	innendørs: 20 C	utendørs: 2 C
Barometertrykk:	101,3 kPa	from Standard temperatur og trykk.

Undertrykk Testresultat				
Correlation, r [%]:	99,940			
	Mean	95% confidence limits		Uncertainty
		Lower	Upper	
Slope, n:	0,709	0,69218	0,72671	
Luftmengde-koeffisient, C_{env} [L/s/Pa ⁿ]:	2,4849	2,323	2,659	
Lekkasjeluft-koeffisient, C_L [L/s/Pa ⁿ]:	2,5310	2,366	2,708	
Luftmengde ved 50 Pa, V_{50} [L/s]	40,609	40,32	40,90	+/-0,7%
Luftskifte ved 50 Pa, n_{50} [h]	3,898	3,702	4,095	+/-5,1%
Luftlekkasje ved 50 Pa, Q_{50} [L/s/m ²]	2,7073	2,571	2,844	+/-5,1%
Spesifikk lekkasjeluftmengde ved 50 Pa, w_{50} [L/s/m ²]	2,7073	2,5705	2,8440	+/-5,1%
Effective leakage area at 50 Pa, A_L [cm ²]	44,56	44,24	44,88	+/-0,7%
Equivalent leakage area at 50 Pa, A_L [cm ²]	73,05	72,53	73,58	+/-0,7%
Normalized leakage area at 50 Pa [cm ² /m ²]	2,9707	2,821	3,121	+/-5,1%

Bygnings-trykk [Pa]	-85,3	-74,3	-83,2	-65,4	-65,6	-49,2	-43,8	-51,7	-45,8	-40,1	-25,1	-24,0
Induced Pressure	-83,8	-72,9	-81,8	-63,9	-64,1	-47,8	-42,4	-50,2	-44,3	-38,7	-23,6	-22,5

[Pa]													
#1, Rang e C1	Viftetrykk [Pa]	95,7	79,0	92,2	66,1	67,8	47,8	39,8	50,2	42,8	35,9	18,5	18,2
	Mengde [L/s]	61,38	55,22	60,14	50,03	50,80	41,95	37,82	43,07	39,40	35,73	24,48	24,33
Total mengde, V_r [L/s]		61,3799	55,2235	60,1370	50,0252	50,8030	41,9502	37,8174	43,0669	39,4021	35,7252	24,4830	24,3323
Korrigert mengde, V_{env} [L/s]		57,485	51,719	56,321	46,851	47,579	39,288	35,418	40,334	36,902	33,458	22,929	22,788
Feil [%]		-0,1%	-0,7%	-0,4%	-1,3%	0,0%	1,8%	-0,1%	0,8%	0,8%	0,7%	-2,1%	0,6%

12 bygningstrykk 10 of the required 10 seconds.

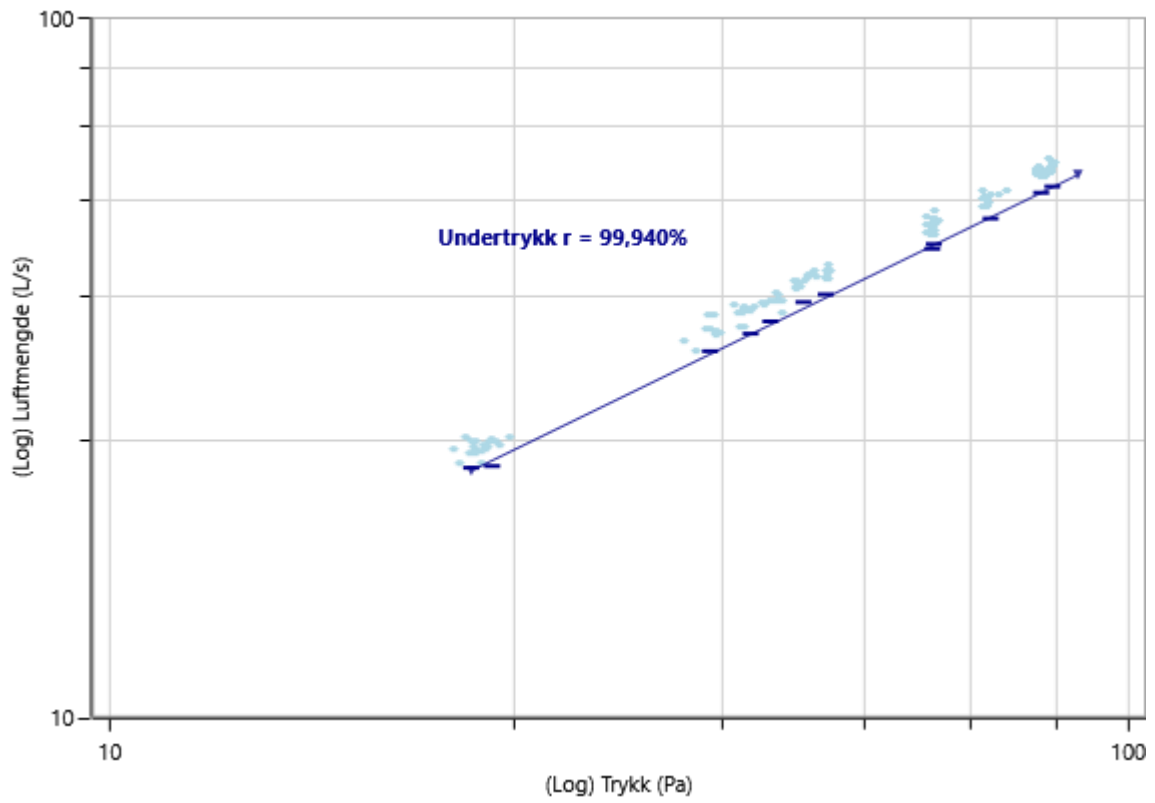
12 Naturlig trykkdifferanse 5 of required 5 seconds.

Average Baseline, ΔP : -1,43 Pa

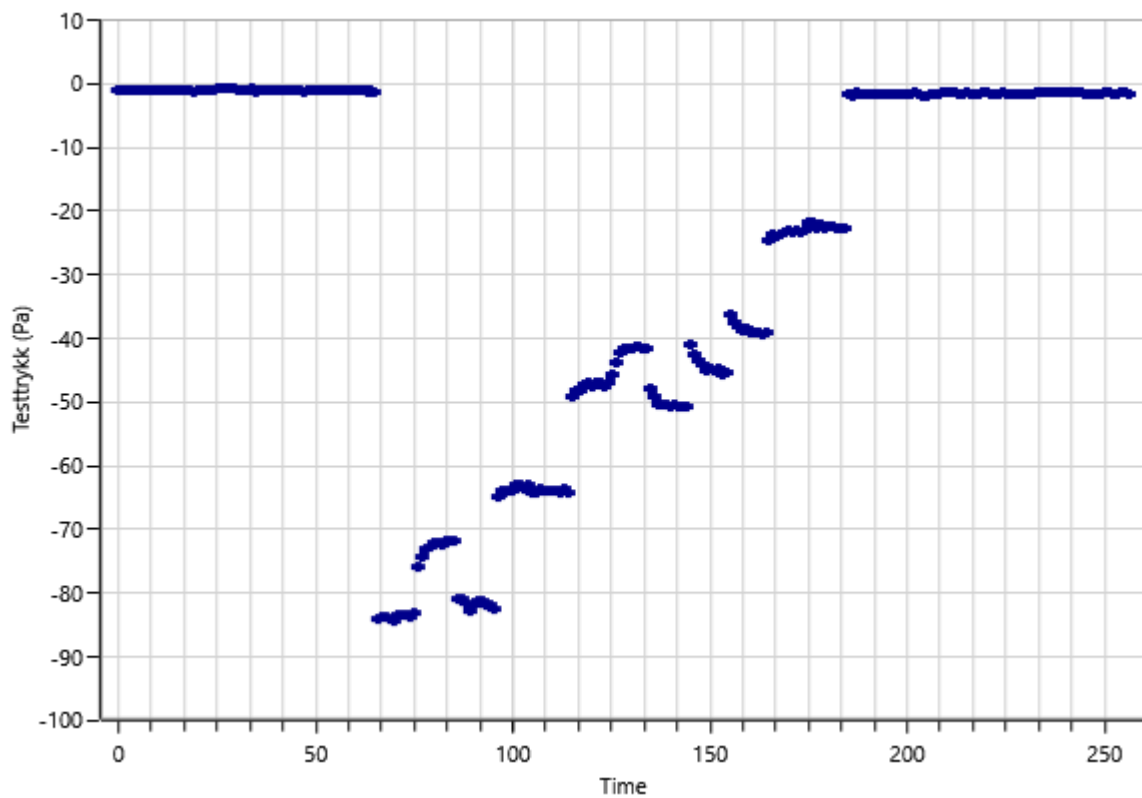
Naturlig trykkdifferanse:			
Average [Pa]	ΔP -1,43		
Før test [Pa]	$\Delta P01$ -1,18	$\Delta P01$ - -1,18	$\Delta P01$ + 0,00
Etter test [Pa]	$\Delta P02$ -1,68	$\Delta P02$ - -1,68	$\Delta P02$ + 0,00

Naturlig trykkdifferanse, før test [Pa]	-1,22	-1,25	-1,13	-1,28	-1,07	-0,97	-1,12	-1,24	-1,27	-1,11	-1,24	-1,29
Naturlig trykkdifferanse etter test [Pa]	-1,80	-1,76	-1,69	-1,93	-1,55	-1,62	-1,71	-1,78	-1,56	-1,48	-1,69	-1,62

Luftmengde - Bygningstrykk (Undertrykk)



Bygningstrykk - Undertrykk



Overtrykk Måledata

Dato: 2019-03-22

Tid: 11:06

til: 11:16

Klimaforhold under testen:		
Vindhastighet:	1: Nesten stille	
Operator Location:	Innendørs	
Før test Naturlig trykk-differanse:	-1,05 Pa	
Etter test Naturlig trykk-differanse:	-0,59 Pa	
Naturlig trykk-differanse:	-0,82 Pa	
Før test Temperatur:	innendørs: 20 C	utendørs: 2 C
Etter test Temperatur:	innendørs: 20 C	utendørs: 2 C
Barometertrykk:	101,3 kPa	From Standard temperatur og trykk.

OvertrykkTestresultat				
Correlation, r [%]:	99,729			
	Mean	95% confidence limits		Uncertainty
		Lower	Upper	
Slope, n:	0,813	0,77098	0,85547	
Luftmengde-koeffisient, C_{env} [L/s/Pa ⁿ]:	1,7270	1,460	2,043	
Lekkasjeluft-koeffisient, C_L [L/s/Pa ⁿ]:	1,7270	1,460	2,043	
Luftmengde ved 50 Pa, V_{50} [L/s]	41,584	40,90	42,28	+/-1,7%
Luftskifte ved 50 Pa, n_{50} [1/h]	3,992	3,782	4,202	+/-5,3%
Luftlekkasje ved 50 Pa, Q_{50} [L/s/m ²]	2,7722	2,626	2,918	+/-5,3%
Spesifikk lekkasjeluftmengde ved 50 Pa, w_{50} [L/s/m ²]	2,7722	2,6263	2,9182	+/-5,3%
Effective leakage area at 50 Pa, A_L [cm ²]	45,63	44,88	46,39	+/-1,7%
Equivalent leakage area at 50 Pa, A_L [cm ²]	74,80	73,58	76,05	+/-1,7%
Normalized leakage area at 50 Pa [cm ² /m ²]	3,0420	2,882	3,202	+/-5,3%

Bygnings-trykk [Pa]		82,0	84,4	68,0	67,0	55,7	62,2	56,3	54,4	45,1	39,1	29,9	20,7
Induced Pressure [Pa]		82,8	85,2	68,8	67,9	56,6	63,0	57,2	55,2	45,9	39,9	30,7	21,5
#1, Range C1	Viftetrykk [Pa]	179,7	183,5	140,9	141,1	107,8	122,0	106,6	105,9	85,7	71,2	53,0	34,3
	Mengde [L/s]	62,32	62,72	52,96	53,50	43,78	47,25	42,77	43,57	38,16	33,36	27,76	20,42

q _m [L/s]	60,24	60,63	51,20	51,72	42,32	45,67	37,73	42,11	36,89	32,25	26,83	19,74	
q _{env} [L/s]	64,18	64,59	54,55	55,10	45,09	48,66	44,05	44,87	39,30	34,36	28,59	21,03	
Total mengde, V _r [L/s]		62,3170	62,7159	52,9642	53,4987	43,7782	47,2467	42,7694	43,5658	38,1611	33,3584	27,7555	20,4217
Korrigert mengde, V _{env} [L/s]		64,182	64,593	54,550	55,100	45,089	48,661	44,050	44,870	39,303	34,357	28,586	21,033
Feil [%]		2,4%	0,7%	1,2%	3,4%	-1,9%	-3,0%	-5,0%	-0,5%	1,2%	-0,8%	2,2%	0,3%

12 bygningstrykk 10 of the required 10 seconds.

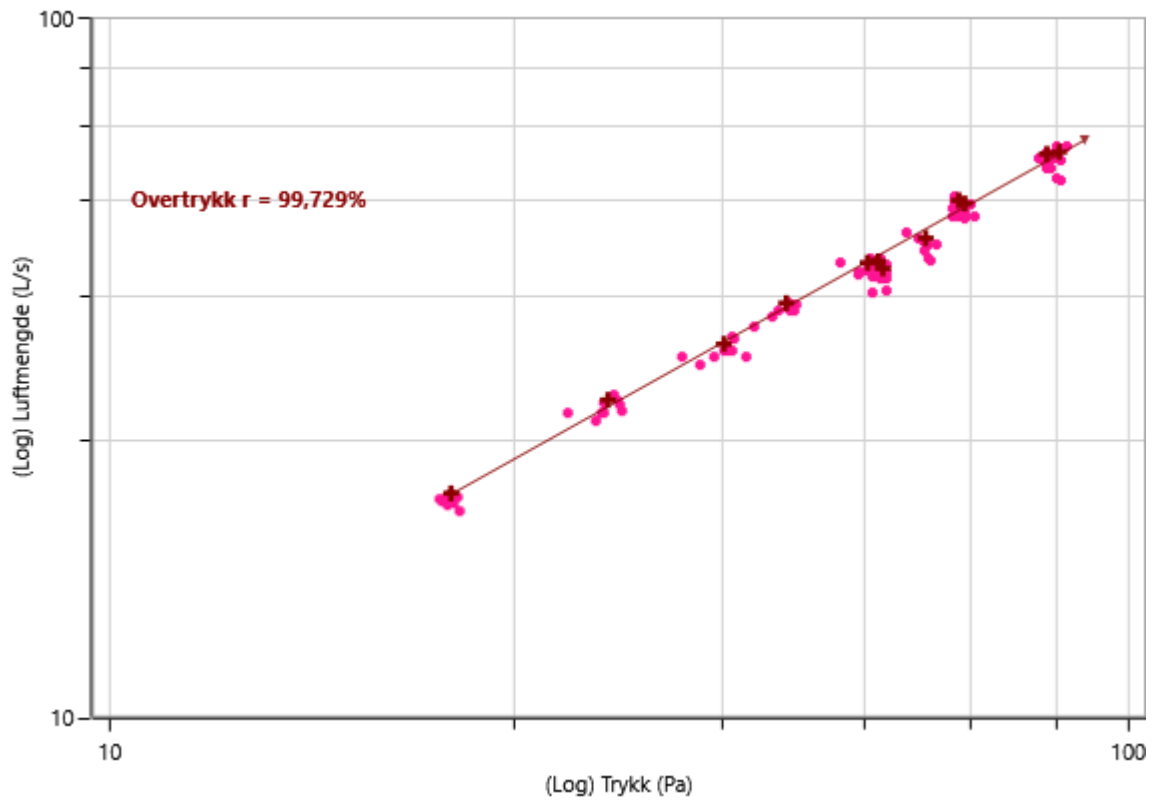
12 Naturlig trykkdifferanse 5 of required 5 seconds.

Average Baseline, ΔP: -0,82 Pa

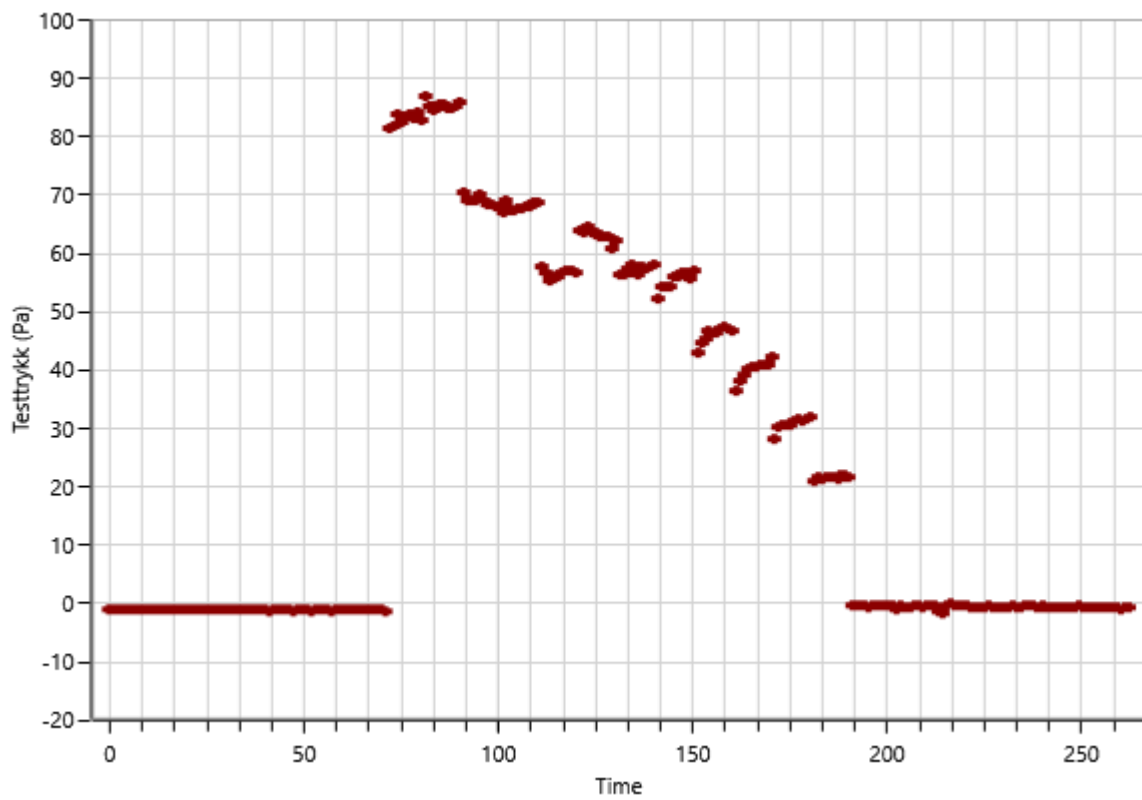
Naturlig trykkdifferanse:			
Average [Pa]	ΔP -0,82		
Før test [Pa]	ΔP01 -1,05		ΔP01+ 0,00
Etter test [Pa]	ΔP02 -0,59		ΔP02+ 0,00

Naturlig trykkdifferanse, før test [Pa]	-0,99	-0,93	-1,02	-1,03	-0,94	-1,10	-1,11	-1,14	-1,11	-1,16	-1,05	-1,08
Naturlig trykkdifferanse etter test [Pa]	-0,51	-0,44	-0,51	-0,82	-0,27	-0,57	-0,59	-0,54	-0,62	-0,63	-0,73	-0,85

luftmengde – Bygningstrykk (Overtrykk)



Bygningstrykk - Overtrykk



Testdetaljer

The following test equipment was used in the performance of the air leakage tests.

	Vifte	Vifte sr. nr.	Vifte location	Instrum ent	Instrument sr. nr.	Instrument Calibration
#1	Retrotec 2000		Maskinlaft	DM-2	201694	

Fan Calibration Certificate Retrotec 2000:

Retrotec 2000 Fan last calibrated: (Viftekalibrering - B1) . Published Flow Equation Parameters, Round B1. CFM							
Range	n	K	K1	K2	K3	K4	MF
Open (22)	0,5214	519,6183	-0,07	0,8	-0,115	1	8,6
A	0,503	264,9959	-0,075	1	0	1	12
B	0,5	174,8824	0	0,3	0	1	10
C8	0,5	78,5	-0,02	0,5	0,016	1	10
C6	0,505	61,3	0,054	0,5	0,004	1	10
C4	0,5077	42	0,009	0,5	0,0009	1	10
C2	0,52	22	0,11	0,5	-0,001	1	10
C1	0,541	11,9239	0,13	0,4	-0,0014	1	10
L4	0,48	4,0995	0,003	1	0,0004	1	10
L2	0,502	2,0678	0	0,5	0,0001	1	10
L1	0,4925	1,1614	0,1	0,5	0,0001	1	10

Fan Pressure (FP) is the measured fan pressure when using a self-referenced fan or when Room Pressure (RP) is negative. If using a fan which is not self-referenced, and Room Pressure is positive, Fan Pressure is calculated by subtracting the measured Room Pressure from the Absolute Value of the Fan Pressure.

If $PrA > 0$ and fan is not self-referencing: $FP = |PrB| - PrA$

If $PrA < 0$ or fan is self-referencing: $FP = PrB$

Flow calculations are not valid if Fan Pressure is less than either MF or $(K2 \times |RP|)$.

Flow in CFM using the above coefficients is calculated as follows for standard Ranges:

$$flow = (FP - (|RP| \times K1))^N + (K + (K3 \times FP))$$

Håndlaft:

Luftlekkasjetest – Differansetrykkmetoden

I samsvar med EN13829 – Sweden


Firma: NTNU

Byggets adresse: Teknologivegen 22
Gjøvik, Norge

Kunde:

Operatør:
Test dato: 2019-03-22
Filnavn: EN13829-SE 2019-02-27 1208
Report Number:
Unique Property ID Number:

Summary

 FanTestic	version: 5.11.2	Firma: NTNU
Dato: 2019-03-22	Operatør:	
Kunde:		
Building Lot Number:		
Byggets adresse:	Teknologivegen 22 Gjøvik, Norge	

Bygningsdetaljer	
Filnavn:	EN13829-SE 2019-02-27 1208
Bygningsvolum, V [m ³]:	38,1
Høyde over bakkenivå [m]:	0,2
Gulv areal [m ²]:	15
Klimaskjermareal A _{T BAT} [m ²]:	15
Høyde over havet [m]:	2,5
Vindforhold	Eksponert bygning
Målenøyaktighet	5%

Resultater	
Luftmengde ved 50 Pa, V ₅₀ [L/s]	39,915
Luftskifte ved 50 Pa, n ₅₀ [/h]	3,77
Luftlekkasje ved 50 Pa, Q ₅₀ [L/s/m ²]	2,661
Spesifikk lekkaseluftmengde ved 50 Pa, w ₅₀ [L/s/m ²]	2,661
Effective leakage area at 50 Pa, A _L [cm ²]	43,80
Equivalent leakage area at 50 Pa [cm ²]	71,80
Normalized Leakage Area [cm ² /m ²):	2,9200

Assumptions and warnings

While FanTestic software may calculate air leakage results based on user input, use of this software does not in any way guarantee these results.

Bygningsdetaljer

Bygge målinger

Bygningsvolum, V [m ³]:	38,1
Klimaskjermareal (A _T) [m ²]:	15
Gulvareal (A _F) [m ²]:	15
Høyde (Building from ground to top) [m]:	0,2

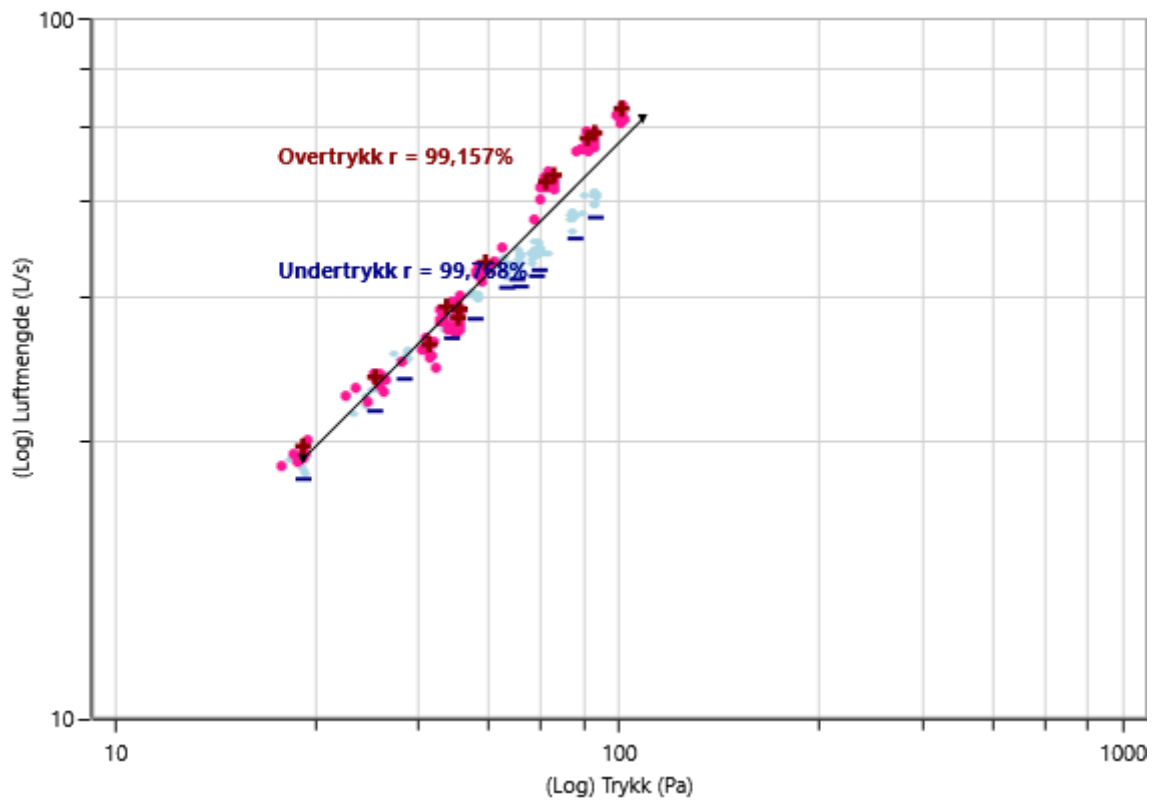
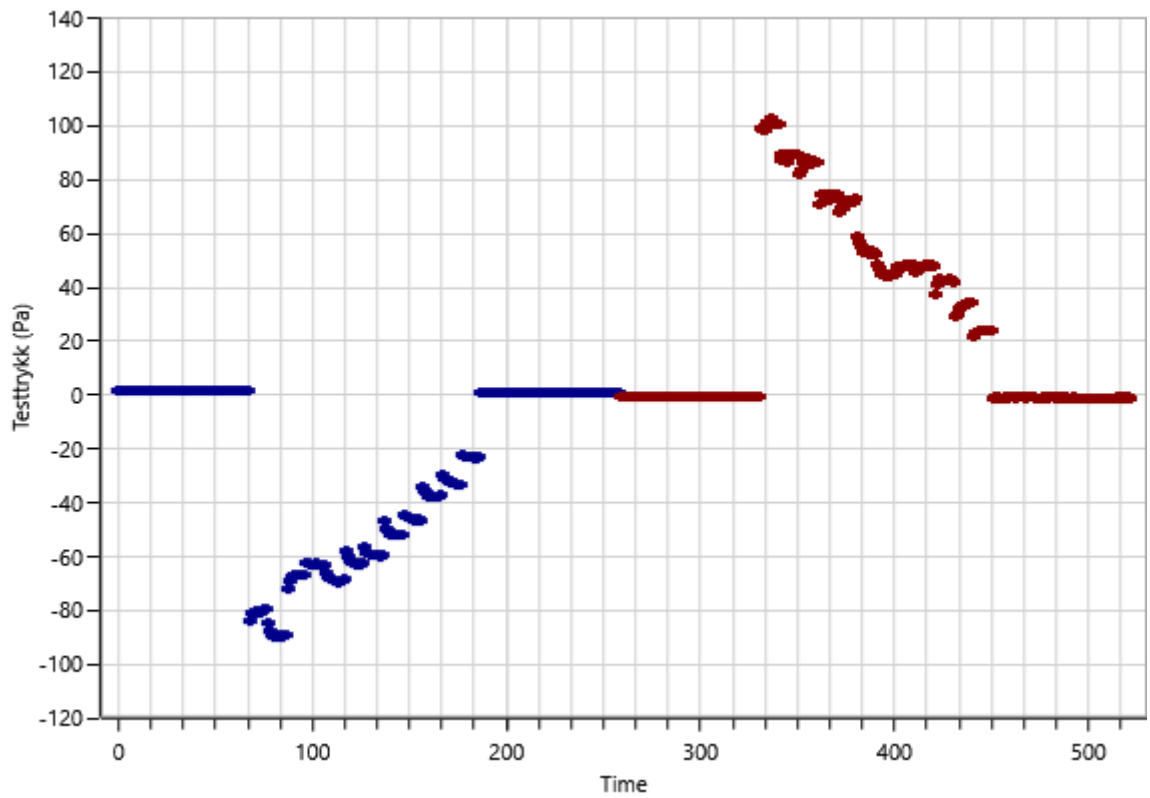
Varme / Ventilasjonssystem

Systemer installert:

Diskusjon av resultater

Kombinerte testdata. (Average Values)-Sammenlagt testresultat

	Resultater	95% Konfidensintervall		Usikkerhet
Luftmengde ved 50 Pa, V ₅₀ [L/s]	39,915	39,030	40,825	+/-2,2%
Luftskifte ved 50 Pa, n ₅₀ [/h]	3,77	3,560	3,981	+/-5,5%
Luftlekkasje ved 50 Pa, Q ₅₀ [L/s/m ²]	2,661	2,513	2,809	+/-5,5%
Spesifikk lekkasjeluftmengde ved 50 Pa, w ₅₀ [L/s/m ²]	2,661	2,513	2,809	+/-5,5%
Effective leakage area at 50 Pa, A _L [cm ²]	43,80	42,85	44,70	+/-2,2%
Equivalent leakage area at 50 Pa, A _L [cm ²]	71,80	70,21	73,45	+/-2,2%
Normalized leakage area at 50 Pa [cm ² /m ²]	2,9200	2,758	3,082	+/-5,5%



Vedlegg– Luftlekkasjetest Måledata

Undertrykk Måledata

Dato: 2019-03-22

Tid: 13:58

til: 14:08

Klimaforhold under testen:		
Vindhastighet:	1: Nesten stille	
Operator Location:	Innendørs	
Før test Naturlig trykk-differanse:	1,26 Pa	
Etter test Naturlig trykk-differanse:	0,75 Pa	
Naturlig trykk-differanse:	1,01 Pa	
Før test Temperatur:	innendørs: 20 C	utendørs: 2 C
Etter test Temperatur:	innendørs: 20 C	utendørs: 2 C
Barometertrykk:	101,3 kPa	from Standard temperatur og trykk.

Undertrykk Testresultat				
Correlation, r [%]:	99,768			
	Mean	95% confidence limits		Uncertainty
		Lower	Upper	
Slope, n:	0,628	0,59802	0,65848	
Luftmengde-koeffisient, C_{env} [L/s/Pa ⁿ]:	3,1095	2,756	3,508	
Lekkasjeluft-koeffisient, C_L [L/s/Pa ⁿ]:	3,1836	2,822	3,592	
Luftmengde ved 50 Pa, V_{50} [L/s]	37,179	36,75	37,61	+/-1,2%
Luftskifte ved 50 Pa, n_{50} [h]	3,513	3,333	3,693	+/-5,1%
Luftlekkasje ved 50 Pa, Q_{50} [L/s/m ²]	2,4786	2,351	2,606	+/-5,1%
Spesifikk lekkasjeluftmengde ved 50 Pa, w_{50} [L/s/m ²]	2,4786	2,3514	2,6058	+/-5,1%
Effective leakage area at 50 Pa, A_L [cm ²]	40,80	40,33	41,27	+/-1,2%
Equivalent leakage area at 50 Pa, A_L [cm ²]	66,88	66,11	67,66	+/-1,2%
Normalized leakage area at 50 Pa [cm ² /m ²]	2,7198	2,580	2,859	+/-5,1%

Bygnings-trykk [Pa]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Induced Pressure	80,0	87,9	66,9	62,1	67,8	61,1	58,3	50,3	45,1	36,1	31,4	22,4	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	81,0	88,9	67,9	63,1	68,8	62,1	59,3	51,3	46,1	37,1	32,4	23,4	

[Pa]													
#1, Rang e C1	Viftetrykk [Pa]	72,1	81,6	57,7	54,0	59,6	56,0	53,2	44,2	39,3	30,7	25,5	17,0
	Mengde [L/s]	51,91	55,59	45,87	44,31	46,79	45,39	44,17	39,83	37,40	32,69	29,44	23,52
Total mengde, V_r [L/s]		51,9059	55,5874	45,8732	44,3086	46,7865	45,3896	44,1722	39,8317	37,3967	32,6935	29,4353	23,5226
Korrigert mengde, V_{env} [L/s]		48,612	52,060	42,962	41,497	43,818	42,509	41,369	37,304	35,024	30,619	27,568	22,030
Feil [%]		-1,1%	-0,1%	-2,4%	-1,3%	-1,2%	2,1%	2,4%	1,1%	1,5%	1,7%	-0,3%	-2,2%

12 bygningstrykk 10 of the required 10 seconds.

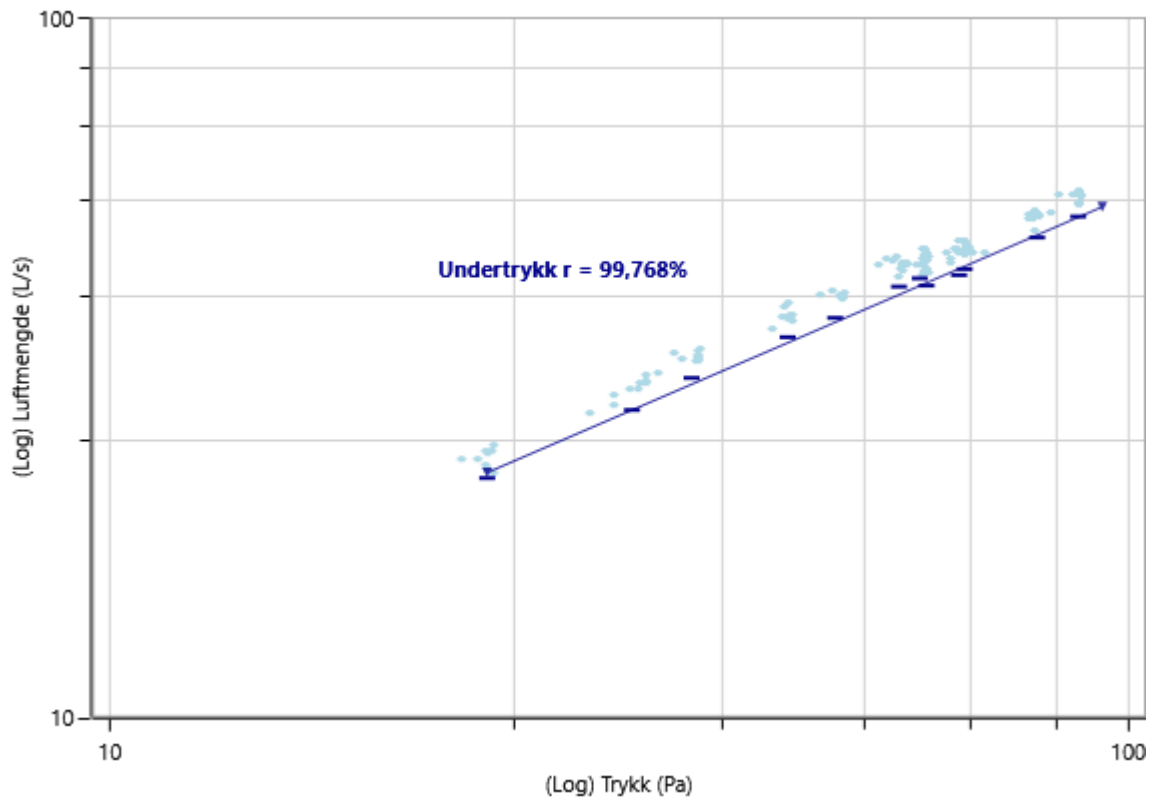
12 Naturlig trykkdifferanse 5 of required 5 seconds.

Average Baseline, ΔP : 1,01 Pa

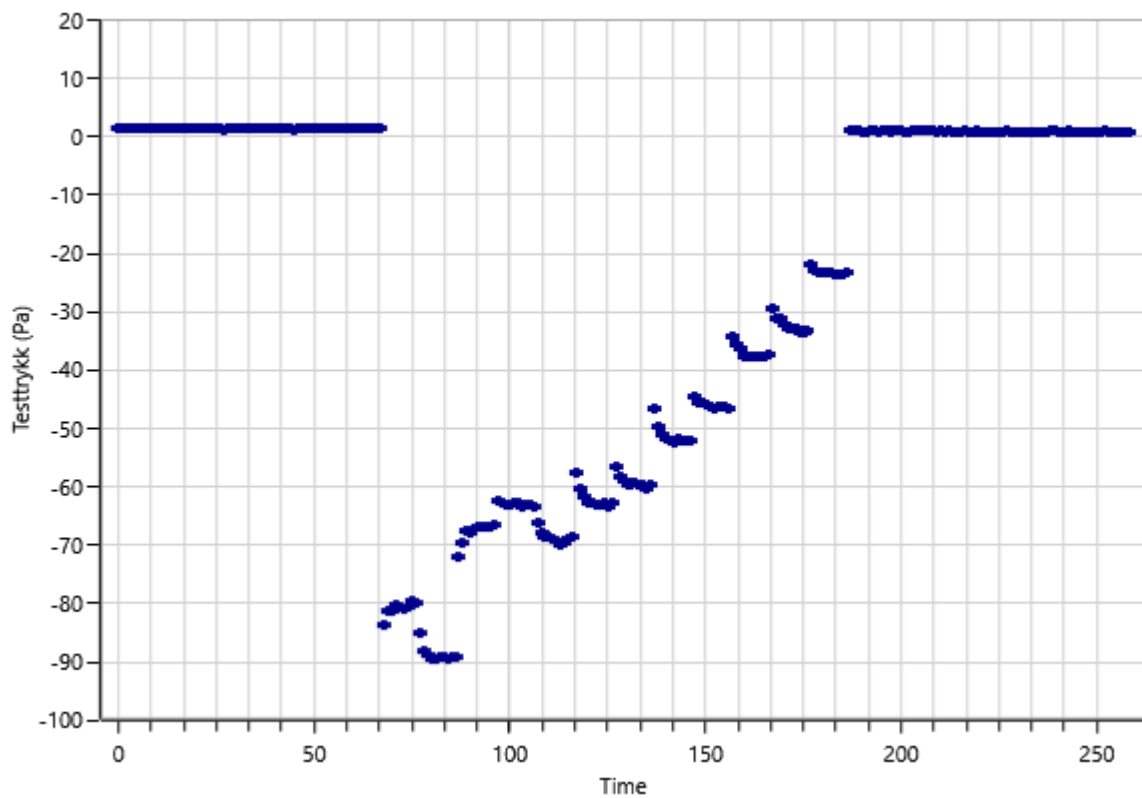
Naturlig trykkdifferanse:			
Average [Pa]	ΔP 1,01		
Før test [Pa]	ΔP_{01} 1,26	ΔP_{01-} 0,00	ΔP_{01+} 1,26
Etter test [Pa]	ΔP_{02} 0,75	ΔP_{02-} 0,00	ΔP_{02+} 0,75

Naturlig trykkdifferanse, før test [Pa]	1,24	1,26	1,25	1,24	1,27	1,27	1,29	1,18	1,22	1,22	1,38	1,29
Naturlig trykkdifferanse etter test [Pa]	0,80	0,83	0,85	0,81	0,78	0,72	0,75	0,68	0,75	0,72	0,68	0,69

Luftmengde - Bygningstrykk (Undertrykk)



Bygningstrykk - Undertrykk



Overtrykk Måledata

Dato: 2019-03-22

Tid: 13:04

til: 13:12

Klimaforhold under testen:		
Vindhastighet:	1: Nesten stille	
Operator Location:	Innendørs	
Før test Naturlig trykk-differanse:	-0,98 Pa	
Etter test Naturlig trykk-differanse:	-1,33 Pa	
Naturlig trykk-differanse:	-1,15 Pa	
Før test Temperatur:	innendørs: 20 C	utendørs: 2 C
Etter test Temperatur:	innendørs: 20 C	utendørs: 2 C
Barometertrykk:	101,3 kPa	From Standard temperatur og trykk.

OvertrykkTestresultat				
Correlation, r [%]:	99,157			
	Mean	95% confidence limits		Uncertainty
		Lower	Upper	
Slope, n:	0,813	0,73795	0,88762	
Luftmengde-koeffisient, C_{env} [L/s/Pa ⁿ]:	1,7744	1,314	2,397	
Lekkasjeluft-koeffisient, C_L [L/s/Pa ⁿ]:	1,7744	1,314	2,397	
Luftmengde ved 50 Pa, V_{50} [L/s]	42,653	41,31	44,04	+/-3,2%
Luftskifte ved 50 Pa, n_{50} [1/h]	4,030	3,791	4,269	+/-5,9%
Luftlekkasje ved 50 Pa, Q_{50} [L/s/m ²]	2,8436	2,675	3,012	+/-5,9%
Spesifikk lekkasjeluftmengde ved 50 Pa, w_{50} [L/s/m ²]	2,8436	2,6748	3,0123	+/-5,9%
Effective leakage area at 50 Pa, A_L [cm ²]	46,80	45,33	48,32	+/-3,2%
Equivalent leakage area at 50 Pa, A_L [cm ²]	76,73	74,31	79,22	+/-3,2%
Normalized leakage area at 50 Pa [cm ² /m ²]	3,1203	2,935	3,305	+/-5,9%

Bygnings-trykk [Pa]		98,9	87,3	84,5	72,3	69,6	52,5	43,8	46,6	46,2	40,3	31,3	22,2
Induced Pressure [Pa]		100,0	88,4	85,6	73,4	70,8	53,7	44,9	47,7	47,4	41,5	32,4	23,3
#1, Range C1	Viftetrykk [Pa]	227,9	198,4	192,2	158,5	152,4	104,2	83,6	86,3	84,2	72,7	57,6	39,6
	Mengde [L/s]	72,60	66,98	65,90	58,31	57,06	43,78	37,84	37,54	36,51	33,42	30,02	23,91

q _m [L/s]	70,18	64,75	63,70	56,37	55,16	42,32	44,08	36,29	35,29	32,31	29,02	23,12	
q _{env} [L/s]	74,77	68,98	67,87	60,06	58,77	45,09	38,97	38,66	37,60	34,42	30,92	24,63	
Total mengde, V _r [L/s]		72,5968	66,9772	65,8983	58,3112	57,0641	43,7769	37,8351	37,5353	36,5106	33,4232	30,0170	23,9135
Korrigert mengde, V _{env} [L/s]		74,770	68,982	67,871	60,057	58,772	45,087	38,968	38,659	37,604	34,424	30,916	24,629
Feil [%]		-0,2%	1,7%	2,8%	3,0%	3,9%	-0,2%	-0,3%	-5,9%	-7,9%	-6,1%	3,0%	7,3%

12 bygningstrykk 10 of the required 10 seconds.

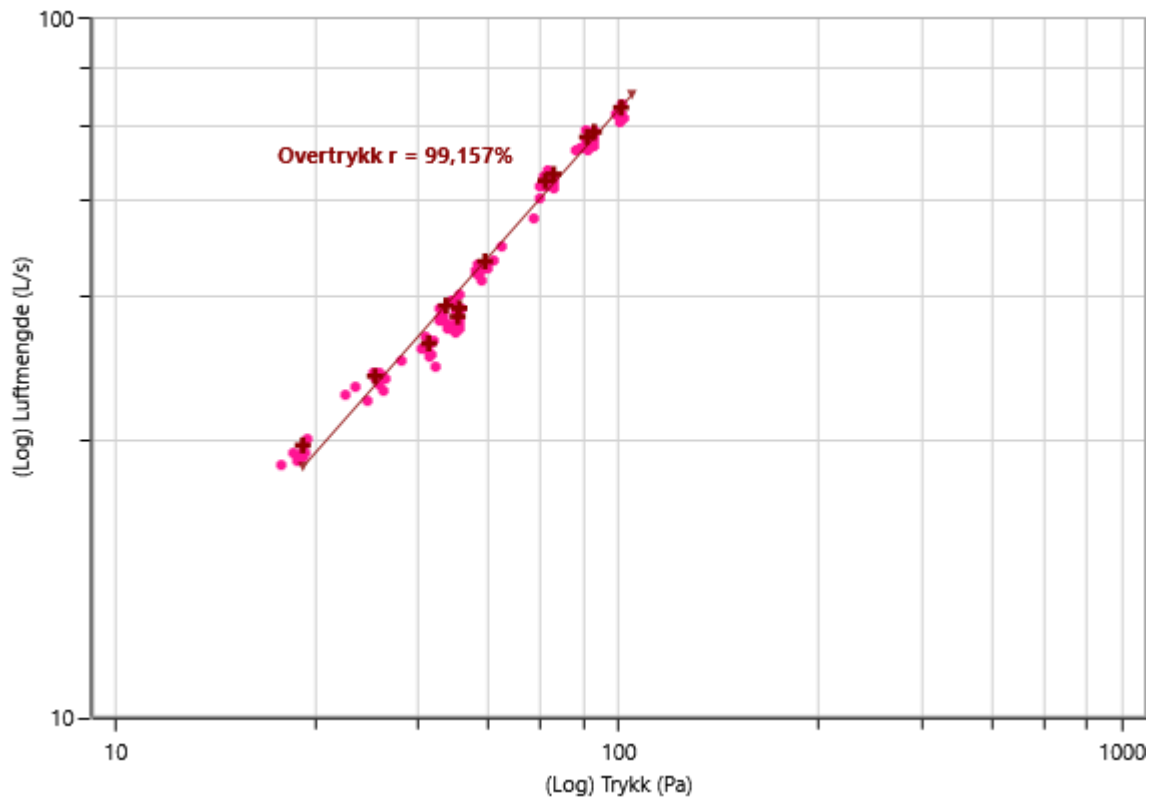
12 Naturlig trykkdifferanse 5 of required 5 seconds.

Average Baseline, ΔP: -1,15 Pa

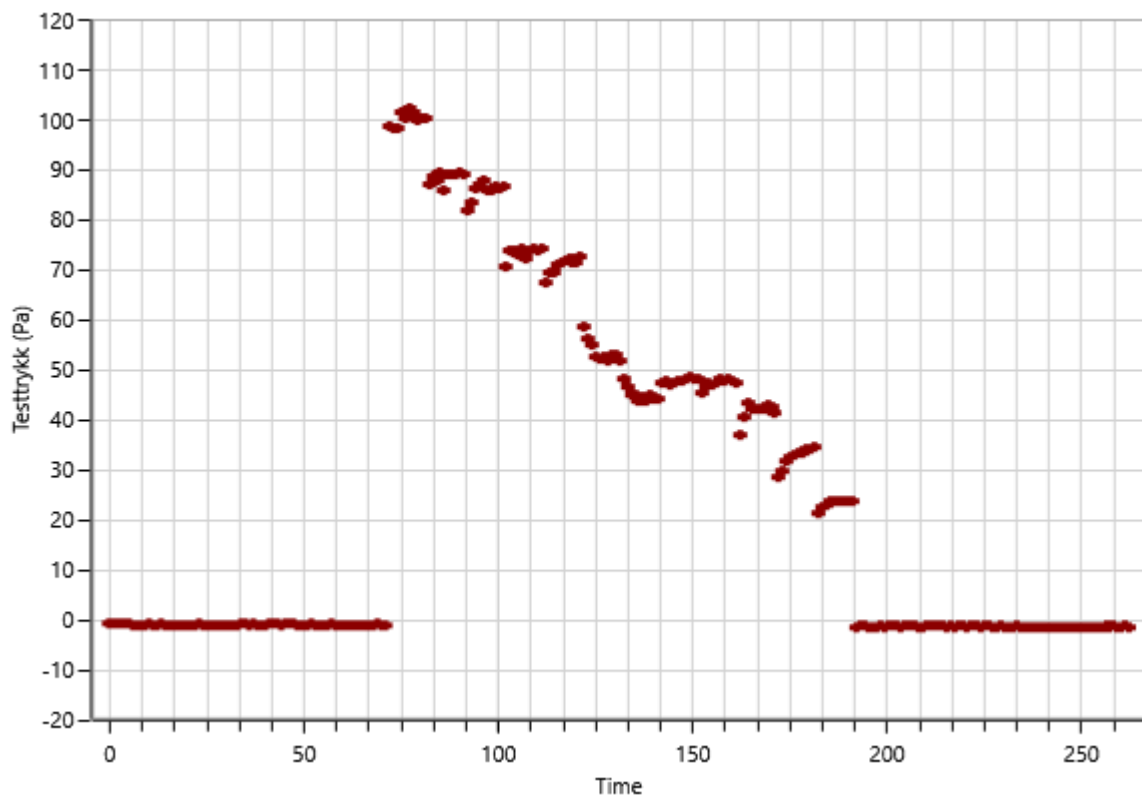
Naturlig trykkdifferanse:			
Average [Pa]	ΔP -1,15		
Før test [Pa]	ΔP01 -0,98		ΔP01+ 0,00
Etter test [Pa]	ΔP02 -1,33		ΔP02+ 0,00

Naturlig trykkdifferanse, før test [Pa]	-0,75	-1,06	-1,05	-1,01	-1,01	-1,01	-0,91	-0,84	-1,03	-0,99	-1,06	-1,03
Naturlig trykkdifferanse etter test [Pa]	-1,31	-1,24	-1,21	-1,24	-1,27	-1,23	-1,29	-1,40	-1,53	-1,52	-1,36	-1,35

luftmengde - Bygningstrykk (Overtrykk)



Bygningstrykk - Overtrykk



Testdetaljer

The following test equipment was used in the performance of the air leakage tests.

	Vifte	Vifte sr. nr.	Vifte location	Instrum ent	Instrument sr. nr.	Instrument Calibration
#1	Retrotec 2000		Maskinlaft	DM-2	201694	

Fan Calibration Certificate Retrotec 2000:

Retrotec 2000 Fan last calibrated: (Viftekalibrering - B1) . Published Flow Equation Parameters, Round B1. CFM							
Range	n	K	K1	K2	K3	K4	MF
Open(22)	0,5214	519,6183	-0,07	0,8	-0,115	1	8,6
A	0,503	264,9959	-0,075	1	0	1	12
B	0,5	174,8824	0	0,3	0	1	10
C8	0,5	78,5	-0,02	0,5	0,016	1	10
C6	0,505	61,3	0,054	0,5	0,004	1	10
C4	0,5077	42	0,009	0,5	0,0009	1	10
C2	0,52	22	0,11	0,5	-0,001	1	10
C1	0,541	11,9239	0,13	0,4	-0,0014	1	10
L4	0,48	4,0995	0,003	1	0,0004	1	10
L2	0,502	2,0678	0	0,5	0,0001	1	10
L1	0,4925	1,1614	0,1	0,5	0,0001	1	10

Fan Pressure (FP) is the measured fan pressure when using a self-referenced fan or when Room Pressure (RP) is negative. If using a fan which is not self-referenced, and Room Pressure is positive, Fan Pressure is calculated by subtracting the measured Room Pressure from the Absolute Value of the Fan Pressure.

If $PrA > 0$ and fan is not self-referencing: $FP = |PrB| - PrA$

If $PrA < 0$ or fan is self-referencing: $FP = PrB$

Flow calculations are not valid if Fan Pressure is less than either MF or $(K2 \times |RP|)$.

Flow in CFM using the above coefficients is calculated as follows for standard Ranges:

$$flow = (FP - (|RP| \times K1))^N + (K + (K3 \times FP))$$

