

Massivtre – Luftgjennomgang og behov for sperresjikt

Prosjektrapport 81

2011



SINTEF Byggforsk

Hans Boye Skogstad, Lars Gullbrekken og Sivert Uvsløkk

Massivtre – Luftgjennomgang og behov for sperresjikt

Prosjektrapport 81 – 2011

Prosjektrapport nr. 81

Hans Boye Skogstad, Lars Gullbrekken og Sivert Uvsløkk

Massivtre – Luftgjennomgang og behov for sperresjikt

Emneord:

Tre, massivtre, luftgjennomgang, fukt, vindsperre, dampsperre

ISSN 1504-6958

ISBN 978-82-536-1218-8 (pdf)

Prosjektnr.: 3D060502

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2011

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser.

Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Adr.: Forskningsveien 3 B
Postboks 124 Blindern
0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

www.sintef.no/byggforsk

Forord

Bygging med massivtre åpner for nye muligheter og flere miljøer ønsker å bruke massivtre i byggeprosjekter. Aktørene i byggeindustrien har gitt ulike anbefalinger for hvordan massivtre skal brukes og hvordan tilleggisolering og sperresjikt skal utføres. Det har vært behov for bedre kunnskap om hvordan massivtre kan brukes på best mulig måte for å tilfredsstille brukernes og samfunnets krav. Byggeteknisk forskrift (TEK10) gir bestemte krav til bygningers energieffektivitet, lufttetthet og påvirkning av fukt.

Arbeidet som er beskrevet i denne prosjektrapporten er utført innenfor Brukerinitiert prosjekt (BIP) *Byggesystemer med massivtreelementer*. Moelven Massivtre AS har vært prosjektansvarlig og Norsk Treteknisk Institutt har vært prosjektleder. Øvrige prosjektdeltakere har vært Skogtiltaksfondet, Code Arkitekter AS, Øystein Henriksen AS, Holz100 Norge AS, Montasje AS og SINTEF Byggforsk. BIP-prosjektets hovedmål har vært å utvikle og dokumentere byggesystemer basert på massivtre for økt anvendelse i fleretasjes trehus. Prosjektet er gjennomført med fire delmål. Denne rapporten omhandler delmål luttetthet og energibruk for byggesystemer basert på massivtre. Delprosjektet er ledet av SINTEF Byggforsk og er gjennomført i samarbeid med Norges forskningsråd, Norsk Treteknisk institutt og industrideltakerne i prosjektet. Prosjektet startet opp i 2009 og avsluttet i 2011.

Prosjektrapporten beskriver laboratoriemålinger av luftgjennomgang i ulike massivtrekonstruksjoner inkludert vegg- og gulvelementer. Målingene er utført på massivtre med to forskjellige utførelser av limingen og ved to forskjellige fuktinnhold. Prøveresultatene er brukt for å vurdere behov for og utførelse av sperresjikt i forbindelse med tilleggisolering av massivtrekonstruksjoner. Luftlekkasjene i massivtrekonstruksjonene er målt i SINTEF Byggforsks laboratorium i Trondheim.

Vi vil rette en spesiell takk til Moelven Massivtre AS og Kristine Nore som har planlagt og levert prøvefeltene. Vi vil videre takke prosjektets deltakere og Norges forskningsråd for finansieringen av prosjektet.

Trondheim, juni 2011

Jonas Holme
Forskningsleder
SINTEF Byggforsk

Hans Boye Skogstad
Prosjektleder
SINTEF Byggforsk

Sammen drag

SINTEF Byggforsk Avd. for Byggematerialer og konstruksjoner har gjennomført laboratoriemåling av luftgjennomgang i krysslaminerte elementer av massivtre. Prøvingen er utført innenfor Brukerinitiert prosjekt (BIP) *Byggesystemer med massivtreelementer*.

Prøvingen er gjennomført for å undersøke størrelsen på luftlekkasjene i en konstruksjon med massivtreelementer i vegger og etasjeskille. Luftgjennomgangen i massivtrekonstruksjonen ble målt i henhold til NS-EN 12114 *Thermal performance of buildings. Air permeability of building components and building elements. Laboratory test methods*. Prøveresultatene er brukt til å vurdere behov for og utførelse av sperresjikt i forbindelse med tilleggsisolering av massivtrekonstruksjoner.

Massivtreet bestod av bord som er limt sammen sjiktvis vinkelrett på hverandre. Det ble målt på to prøvefelter med forskjellige utførelser av massivtreet, med og uten kantliming. I kantlimt massivtre er bordene sammenlimt på alle fire sider mens i massivtre uten kantliming er bordene kun sammenlimt på flasken. Luftgjennomgangen ble målt på prøvefeltene med leveransefukt på ca. 14 vektprosent og etter uttørking til et fuktinnhold mindre enn ca. 10 vektprosent.

Luftlekkasjene i en massivtrekonstruksjon uten kantliming er grovt sett dobbelt så store som i en massivtrekonstruksjon med kantliming. Luftlekkasjene øker når massivtre krymper på grunn av uttørking. Etter uttørking fra en leveransefukt på ca. 14 vektprosent til et fuktinnhold mindre enn ca. 10 vektprosent er luftlekkasjene i massivtrekonstruksjonen grovt sett dobbelt så store.

De målte luftlekkasjene kan gi et betydelig bidrag til et byggs lekkasjetall. I et småhus med massivtre uten kantliming og med grunnflate 8 m x 10 m i to etasjer vil luftlekkasjene i veggdelen gi et bidrag til lekkasjetallet på ca. 7 h^{-1} . Tilsvarende vil bidraget til lekkasjetallet i veggdelen av samme hus med kantlimt massivtre være ca. $2,5 \text{ h}^{-1}$.

Byggteknisk forskrift (TEK10) stiller klare krav til bygningers energieffektivitet og lekkasjetall. Bygninger skal også prosjekteres og utføres slik at de ikke blir skadelig oppfuktet av kondensert vanndamp fra inneluften. For å tilfredsstille TEK10 må bygninger i massivtre normalt ha ekstra varmeisolasjon og ekstra tiltak for å ta vare på byggets lufttetthet. SINTEF Byggforsk anbefaler dampspærre på varm side av isolasjonen og vindsperre på kald side av isolasjonen i henhold til anbefalingene gitt i Byggforskserien 523.255 Bindingsverk av tre.

Innhold

Forord	3
Sammendrag	4
1 Innledning	6
1.1 Formål og omfang.....	6
1.2 Bakgrunn.....	6
2 Prøvemethode	7
3 Prøvefeltene	8
4 Prøvegjennomføring	11
5 Prøveresultater	13
6 Eksempel på innvirkning på lekkasjetallet	14
7 Beregning av fuktforholdne i massivtre med utenpåliggende varmeisolasjon	15
8 Vurdering av tetting mot luft og fukt i massivtrekonstruksjoner	19
8.1 Lufttetthet til massivtre.....	19
8.2 Vurdering av fare for oppfukting av isolasjonssjiktet utenpå massivtre	20
9 Konklusjon	22
10 Referanser	23

1 Innledning

1.1 Formål og omfang

SINTEF Byggforsk Avd. for Byggematerialer og konstruksjoner har gjennomført laboratoriemåling av luftgjennomgang i krysslaminerte elementer av massivtre. Prøvingen er utført innenfor Brukerinitiert prosjekt (BIP) *Byggesystemer med massivtreelementer*.

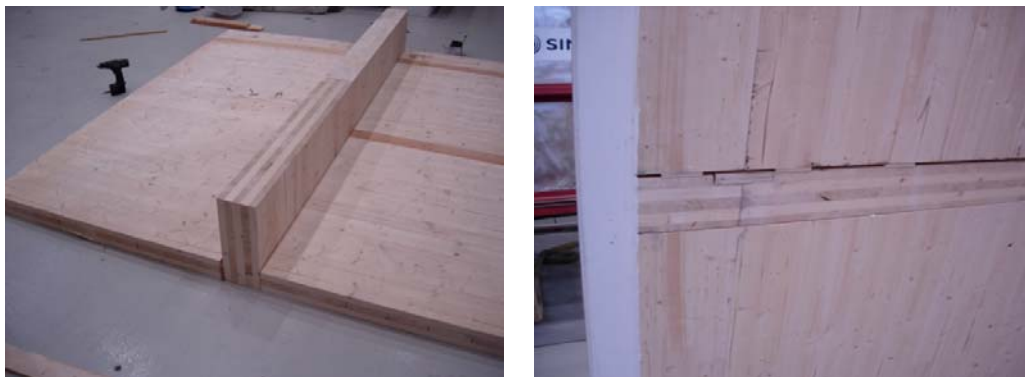
Prøvingen er gjennomført for å undersøke størrelsen på luftlekkasjene i en konstruksjon med massivtreelementer i vegger og etasjeskille. Prøveresultatene er brukt til å vurdere behov for og utførelse av sperresjikt i forbindelse med tilleggisolering av massivtrekonstruksjoner.

1.2 Bakgrunn

Aktørene i byggeindustrien har gitt ulike anbefalinger for hvordan massivtre skal brukes og hvordan tilleggisolering og sperresjikt skal utføres. Det har vært behov for bedre kunnskap om hvordan massivtre kan brukes på best mulig måte for å tilfredsstille brukernes og samfunnets krav.

Gulv-, vegg- og takelementer i massivtre er som oftest utført av krysslaminerte bord ved at bordene er limt sammen sjiktvis i vinkel med hverandre. Ved krysslaminering oppnår en bedre stabilitet med mindre dimensjonsendringer og oppsprekking på grunn av krymping og svelling. Massivtre har gode lastbærende egenskaper. Av arkitektoniske hensyn er det ofte ønsket at massivtreelementene har synlig overflate innvendig.

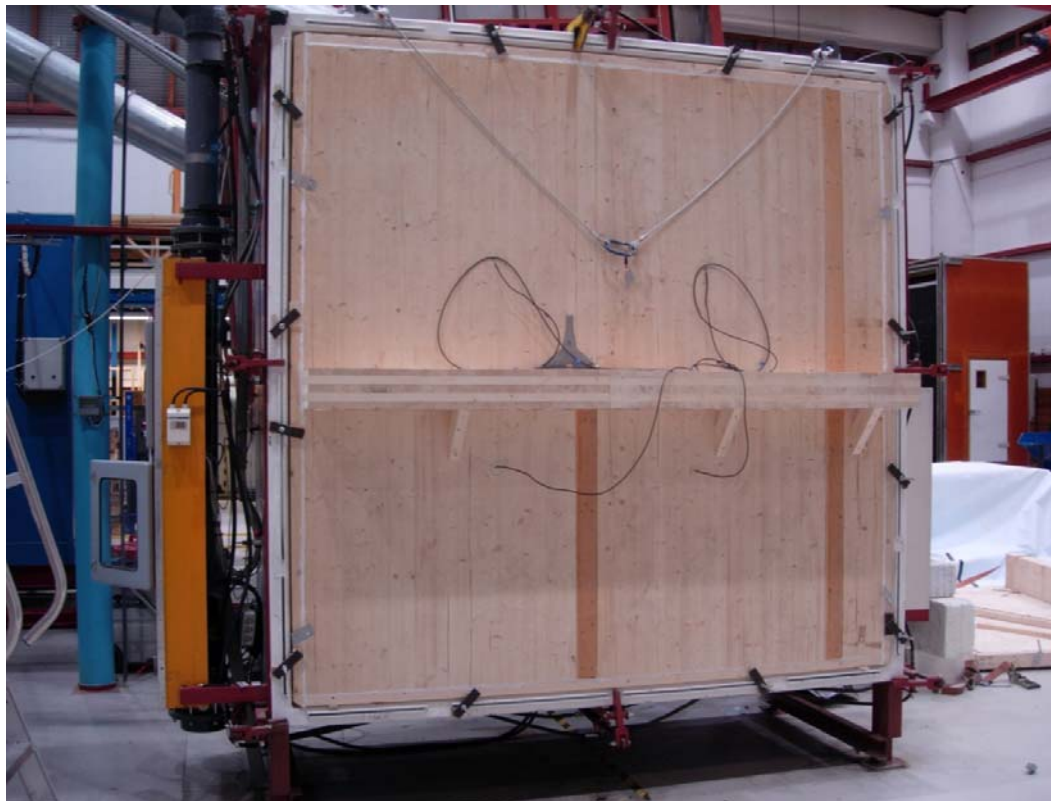
Byggteknisk forskrift (TEK10) gir bestemte krav til bygningers energibruk, lufttetthet og påvirkning av fukt. Bygninger som er oppført av elementer i massivtre må normalt ha ekstra varmeisolering og ekstra tiltak for lufttetting for å tilfredsstille kravene i TEK10. Det er særlig skjøtene mellom elementene som gir luftlekkasjer. Luftlekkasjer innenfra og ut gjennom klimaskallet gir økt energibruk og større fare for fuktskader. Luftlekkasjer utenfra og inn gir økt energibruk og særlig store lekkasjepunkter kan gi sjenerende trekk innvendig. God lufttetting er også viktig for å redusere faren for brannspredning og forplantning av lyd. SINTEF Byggforsk kjenner ikke til at det tidligere er utført måling av luftgjennomgang i elementer av massivtre. Målet med laboratorieprøvingen har vært å undersøke størrelsen på luftlekkasjene i en konstruksjon med massivtreelementer i vegger og etasjeskille. Prøvingen skulle gjøres på massivtreelementer som var utsatt for oppfukning og uttørking for å se hvordan krymping og svelling virket inn på luftlekkasjen. Prøveresultatene kan brukes til å vurdere behovet for egen damp- og vindsperre og hvordan disse tettesjiktene bør utformes.



Figur 1.1
Krysslimt massivtre, bilder fra monteringen av prøvefeltene

2 Prøvemethode

Luftgjennomgangen i massivtrekonstruksjonen ble målt i henhold til NS-EN 12114 *Thermal performance of buildings. Air permeability of building components and building elements. Laboratory test methods*. Luftgjennomgangen ble målt ved tre til fire trykkforskjeller over konstruksjonen. Luftgjennomgangen ved 50 Pa trykkforskjell ble beregnet ved kurvetilpasning. Målingene ble utført i SINTEF Byggforsks prøveutstyr for måling av luftgjennomgang i laboratoriet i Trondheim. Figur 2.1 viser et prøveelement montert i luftskapet.



Figur 2.1
Prøvefeltet montert i SINTEF Byggforsks luftskap for måling av luftgjennomgang

3 Prøvefeltene

Prøvefeltene var satt sammen av vegg- og gulvelementer og hadde en samlet bredde og høyde på 2664 mm x 2664 mm. Vegg- og gulvelementene hadde en modulbredde på 1200 mm. Hvert prøvefelt ble satt sammen med to elementer i full bredde og endefelter med bredde 264 mm. Prøvefeltene ble dermed utført med to vertikale skjøter i veggelementene og to skjøter i gulvelementene. Dimensjoner på hele prøvefeltet og alle vegg- og gulvelementene er vist i figur 3.1.

Massivtreelementene var bygd opp av krysslimte bord av gran med dimensjon ca. 33 mm x 110 mm. Veggelementene var bygd opp av tre lag bord og hadde en samlet tykkelse på ca. 98 mm. Gulvelementene var bygd opp av fem lag bord og hadde en samlet tykkelse på ca. 160 mm. Hvert lag av bord var lagt vinkelrett på hverandre og limt sammen på flasken.

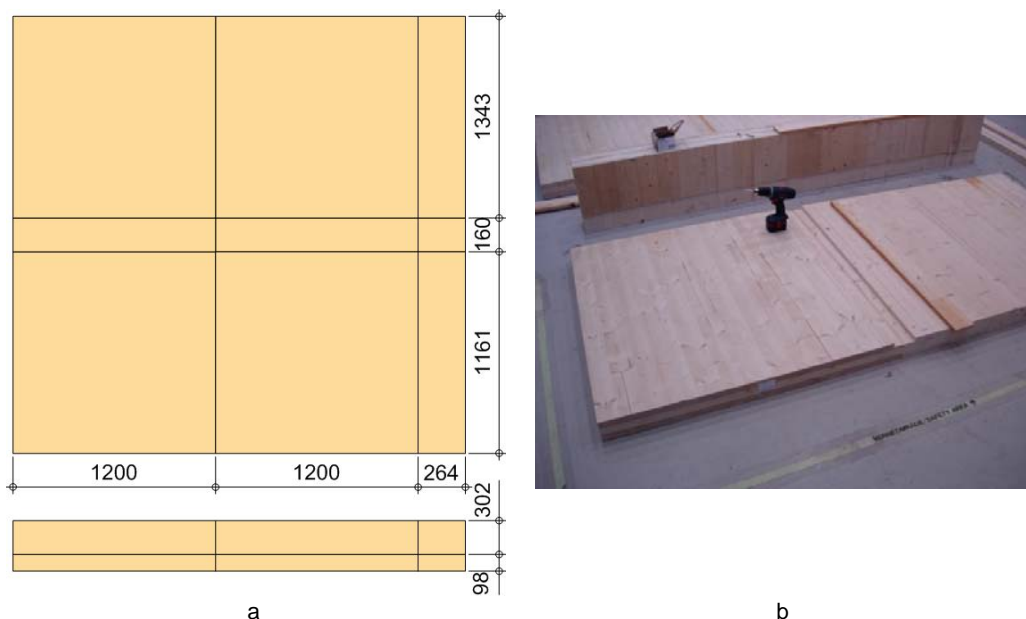


Fig 3.1

Skisse av prøvefeltet med mål på hvert enkelt vegg- og gulvelement (a). Bilde fra montering av prøvefeltet (b)

Det ble bygd to prøvefelter med ulik utførelse.

Prøvefeltet vist i figur 3.2 a var bygd opp av massivtre uten kantliming av bordene. Vertikal-skjøten i veggelementene var utført med dekkbord i gran med dimensjon 21 mm x 94 mm. Skjøtene i gulvelementene var utført med dekkbord av kryssfinér med dimensjon 27 mm x 150 mm. Veggelementene over gulvelementene var lagt an på klosser av kryssfinér 100 mm x 100 mm x 15 mm, med to klosser for hvert veggelement. Spalten mellom gulv- og veggelementene var dekt med en styrelist i dimensjon 21 mm x 94 mm på utsiden av prøvefeltet.

Prøvefeltet vist i figur 3.2 b var bygd opp av massivtre med kantliming av bordene. Vertikal-skjøten i veggelementene var utført med dekkbord i gran med dimensjon 21 mm x 94 mm. Skjøtene i gulvelementene var utført med dekkbord i gran med dimensjon 21 mm x 94 mm. Veggelementene over gulvelementene var lagt an på en sammenhengende sylomérlist med bredde 80 mm og tykkelse 11 mm. Spalten mellom gulv- og veggelementene var dekt med en styrelist i dimensjon 21 mm x 94 mm på utsiden av prøvefeltet.

Begge prøvefeltene ble montert med en ramme av kantbjelker med dimensjon 48 mm x 98 mm. Spalten mellom massivtreelementene og kantbjelkene ble fuget med akrylmasse.

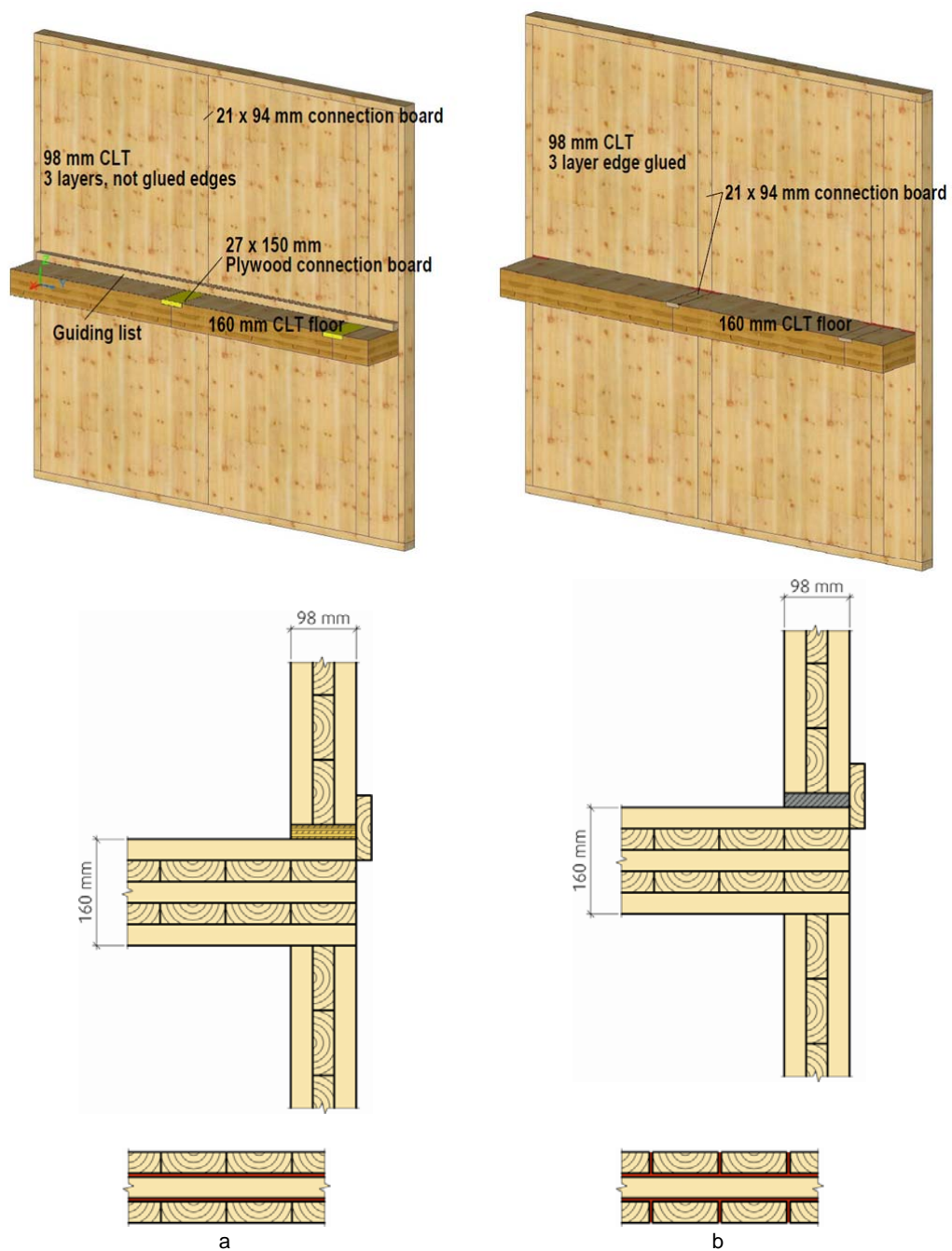


Fig 3.2
Skisse av de to prøvefeltene. Prøvefelt uten kantliming (a) og med kantliming (b)



Fig 3.3
Prøvefeltet med massivtre uten kantliming og veggelementer lagt an på klosser av kryssfiner oppå gulvelementer (a). Prøvefeltet med kantlimt massivtre og veggelementer lagt an på sylomérlist (b).



Fig 3.4
Vertikalskjøt mellom veggelementene med dekkbord i gran med dimensjon 21 mm x 94 mm (a). Skjøt mellom gulvelementene med dekkbord av kryssfinér med dimensjon 27 mm x 150 mm (b).

4 Prøvegjennomføring

De to prøvefeldene ble satt inn i en stålramme som ble montert som en tett vegg på luftskapet. Figur 4.1 viser kantbjelkene på prøvefeldet og hvordan prøvefeldet ble satt inn i stålrammen som ble montert mot luftskapet.



Fig 4.1
Prøvefeldet montert i en ramme med kantbjelker med dimensjon 48 mm x 98 mm (a). Prøvefeldet ble satt inn i en stålramme som ble montert mot luftskapet (b).

Målingene skulle utføres før og etter uttørking for å vise hvordan krymping i treverket påvirket luftgjennomgangen i massivtrekonstruksjonen. I følge produsenten skal elementene ha et fuktinnhold på mellom ca. 12 og 14 vektprosent ved levering. I et ferdig bygg vil elementene normalt ha et fuktinnhold mellom ca. 6 og 10 vektprosent. Fuktinnholdet ble målt flere steder i både vegg- og gulvelementene. Luftgjennomgangen i prøvefeldene ble først målt ved en leveransefukt på ca. 14 vektprosent. Etter to måneder uttørking i laboratoriehallen ble luftgjennomgangen målt med et fuktinnhold i prøvefeldene på mindre enn ca. 10 vektprosent. Relativ luftfuktighet i laboratoriehallen var ca. 30 % RF og lavere i den aktuelle perioden da prøvefeldene sto til uttørking.

Målingene ble gjennomført slik at det var mulig å bestemme luftgjennomgangen i vegg-elementene og i gulvelementene hver for seg. Figur 4.2 viser i prinsipp hvordan prøvefeldet ble forseglet for å måle luftgjennomgangen i gulvelementene (a) og i veggelementene (b). Forseglingen ble utført med 0,15 mm plastfolie (polyetylen) og tettet med tape langs alle render. Plastfolien ble holdt på plass med gipsplater for å unngå at plastfolien bulte ut fra prøvefeldet. Forseglingen ble plassert slik at luftlekkasjen i spalten mellom vegg- og gulvelement inngikk i gulvelementenes luftgjennomgang slik som vist i figur 4.2.c.

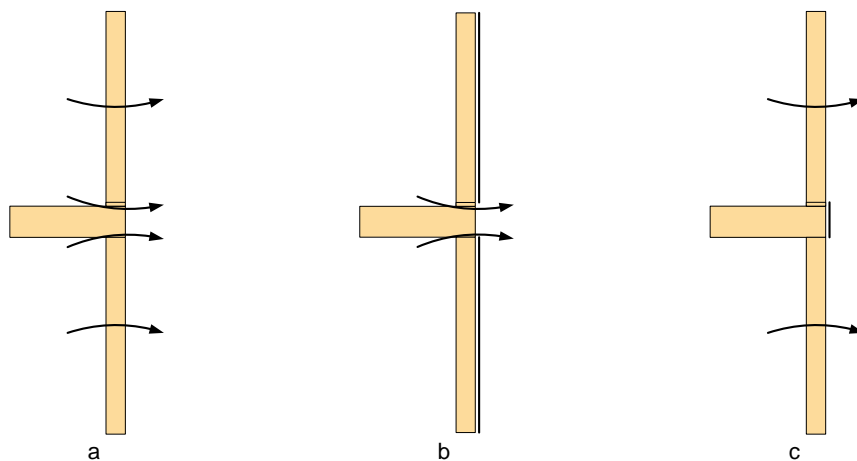


Fig 4.2
Måling av luftgjennomgang i hele prøvefeltet (a), forsegling av veggelementene for å måle luftgjennomgangen i gulvelementene (b) og forsegling av gulvelementene for å måle luftgjennomgangen i veggelementer (c). Forseglingen ble plassert slik at spalten mellom vegg- og gulvelement inngikk ved måling av gulvelementenes luftgjennomgang.



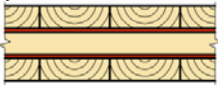
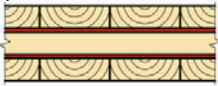
Fig 4.3
Prøvefelt før (a) og etter (b) montering av styrelist og forsegling av veggelementene med plastfolie og gipsplater.

5 Prøveresultater

Tabell 5.1 og 5.2 samt diagram 5.3 viser luftgjennomgangen som ble målt i prøvefeltene. Prøveresultatene er gjengitt slik at en kan se luftgjennomgangen i veggelementene og gulv-elementene hver for seg.

Tabell 5.1

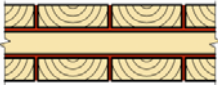
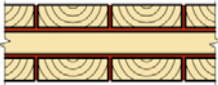
Luftgjennomgang i prøvefelt av massivtre uten kantliming målt ved 50 Pa trykkforskjell

Prøvefelt	Fuktinnhold vektprosent	Hele prøvefelt m ³ /h	Veggfelt m ³ /h	Gulvfelt m ³ /h	Veggfelt m ³ /hm ²	Gulvfelt m ³ /hm
Massivtre uten kantliming Veggelementer lagt an på klosser av kryssfinér	14	75	8	67	1,2	25
Styrelist 21 mm x 94 mm 	<10	147	78	69	12	26
	<10		73 ¹⁾			

¹⁾ Luftgjennomgang når vertikalskjøten mellom veggelementene er fuget med fugemasse av akryl under dekkbordet.

Tabell 5.2

Luftgjennomgang i prøvefelt av massivtre med kantliming målt ved 50 Pa trykkforskjell

Prøvefelt	Fuktinnhold vektprosent	Hele prøvefelt m ³ /h	Veggfelt m ³ /h	Gulvfelt m ³ /h	Veggfelt m ³ /hm ²	Gulvfelt m ³ /hm
Massivtre med kantliming Veggelementer lagt an på sylomérlist	14	44	8	36	1,2	14
Styrelist 21 mm x 94 mm 	<10	64	16	49	2,4	18
	<10		7 ¹⁾			

¹⁾ Luftgjennomgang når vertikalskjøten mellom veggelementene er fuget med fugemasse av akryl under dekkbordet.

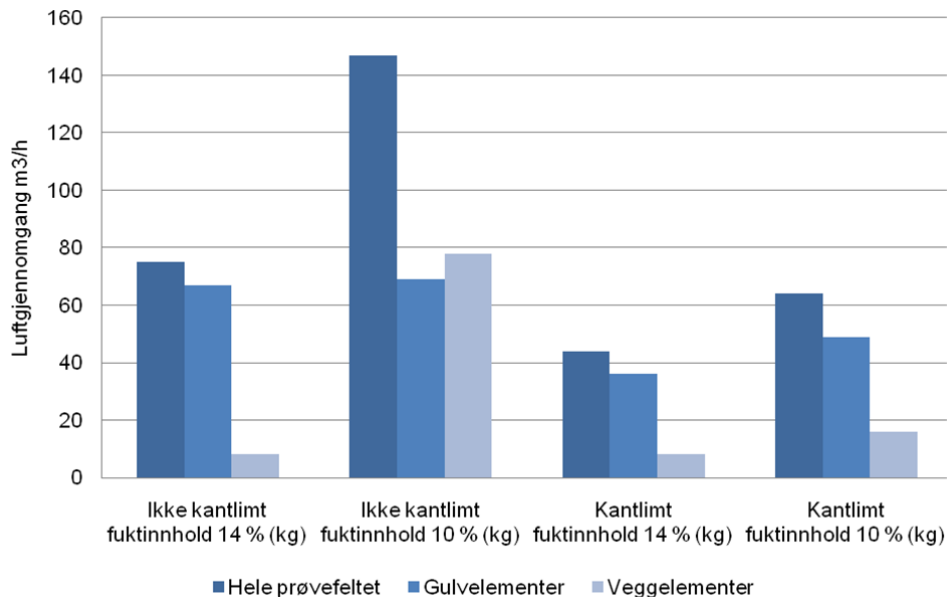


Diagram 5.3



Grafisk fremstilling av målt luftgjennomgang oppgitt i tabell 5.1 og 5.2

6 Eksempel på innvirkning på lekkasjetallet

Luftgjennomgangen som ble målt i prøvefeltene er brukt til å beregne hvordan luftlekkasjene i massivtrekonstruksjoner kan virke inn på et byggs lekkasjetall. Tabell 6.1 og 6.2 viser hvordan de målte luftlekkasjene virker inn på to forskjellige byggs lekkasjetall. Eksempelet i tabell 6.1 gjelder et småhus med grunnflate 8 m x 10 m i to etasjer med etasjehøyde 2,7 m. Eksempelet i tabell 6.2 gjelder en bygning med grunnflate 16 m x 36 m i tre etasjer med etasjehøyde 2,7 m.



Tabell 6.1

Målt luftgjennomgangs innvirkning på lekkasjetall i småhus med grunnflate 8 m x 10 m i to etasjer med etasjehøyde 2,7 m

Massivtre elementbredde 1,2 m	Fuktinnhold % (kg)	Lekkasje vegg m ³ /h	Lekkasje gulv m ³ /m	Bidrag til lekkasjetall h ⁻¹
Ikke kantlimt 	14	207	900	2,6
	< 10	2074	936	7,0
Kantlimt 	14	207	504	1,6
	< 10	415	648	2,5

Tabell 6.2

Målt luftgjennomgangs innvirkning på lekkasjetall i bygning med grunnflate 16 m x 36 m i tre etasjer med etasjehøyde 2,7 m

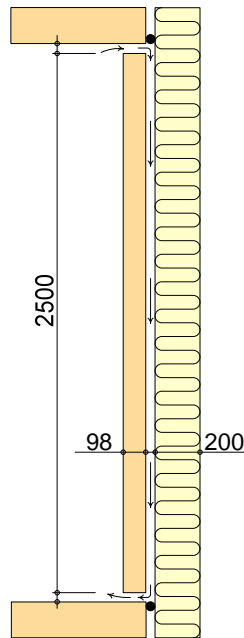
Massivtre elementbredde 1,2 m	Fuktinnhold % (kg)	Lekkasje vegg m ³ /h	Lekkasje gulv m ³ /h	Bidrag til lekkasjetall h ⁻¹
Ikke kantlimt 	14	899	5200	1,3
	< 10	8986	5408	3,1
Kantlimt 	14	899	2912	0,8
	< 10	1797	3744	1,2

7 Beregning av fuktforholdne i massivtre med utenpåliggende varmeisolasjon

Den målte luftgjennomgangen v i prøvefeltene er brukt til å beregne fuktforholdene i en massivtrekonstruksjon med utenpåliggende varmeisolasjon. På grunn av plassering av uttetthetene i massivtrekonstruksjonen vil inneluft strøme ut oppunder taket mellom vegg- og gulvelementet, ned langs spalten mellom massivtreet og varmeisolasjonen og inn i rommet nede ved gulvet slik som vist i figur 7.1. På denne måten kan fukt fra inneluften bli tilført veggkonstruksjonen og den utenforliggende varmeisolasjonen.

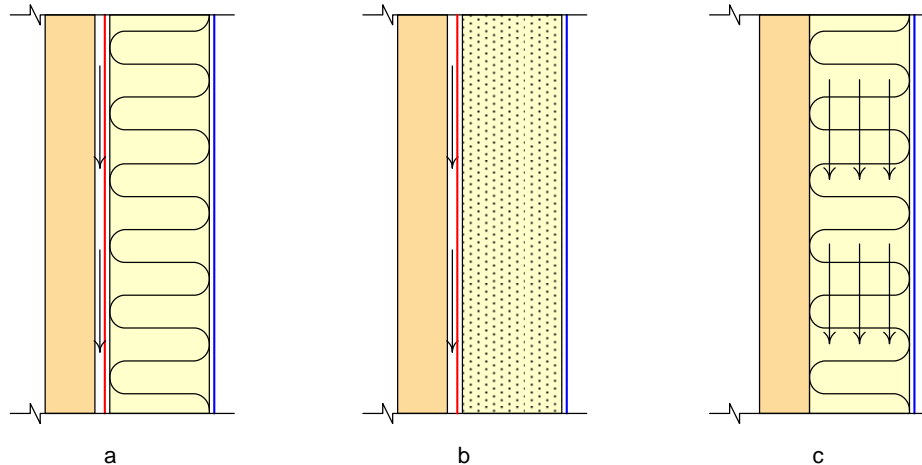
Det er i hovedsak to typer varmeisolasjonsmaterialer som er aktuelle å bruke utenpå massivtre:

- Myke og luftåpne matter eller plater av mineralull, trefiber eller lignende montert i bindingsverk
- Porøse trefiberplater eller plater av tung mineralull festet direkte på massivtrekonstruksjonen



Figur 7.1

Massivtrekonstruksjon med utvendig varmeisolerings. Den målte luftgjennomgangen i prøvefeltene er brukt i en regnemodell for å se hvor mye fuktighet som kan transporteres med luften i spalten mellom massivtrekonstruksjonen og varmeisolasjonen.



Figur 7.2 viser tre hovedprinsipper for hvordan en massivtrekonstruksjon med utenforliggende varmeisolasjon kan vurderes rent fuktteknisk

Figur 7.2 viser tre hovedprinsipper for hvordan en massivtrekonstruksjon med utenforliggende varmeisolasjon kan vurderes rent fuktteknisk.

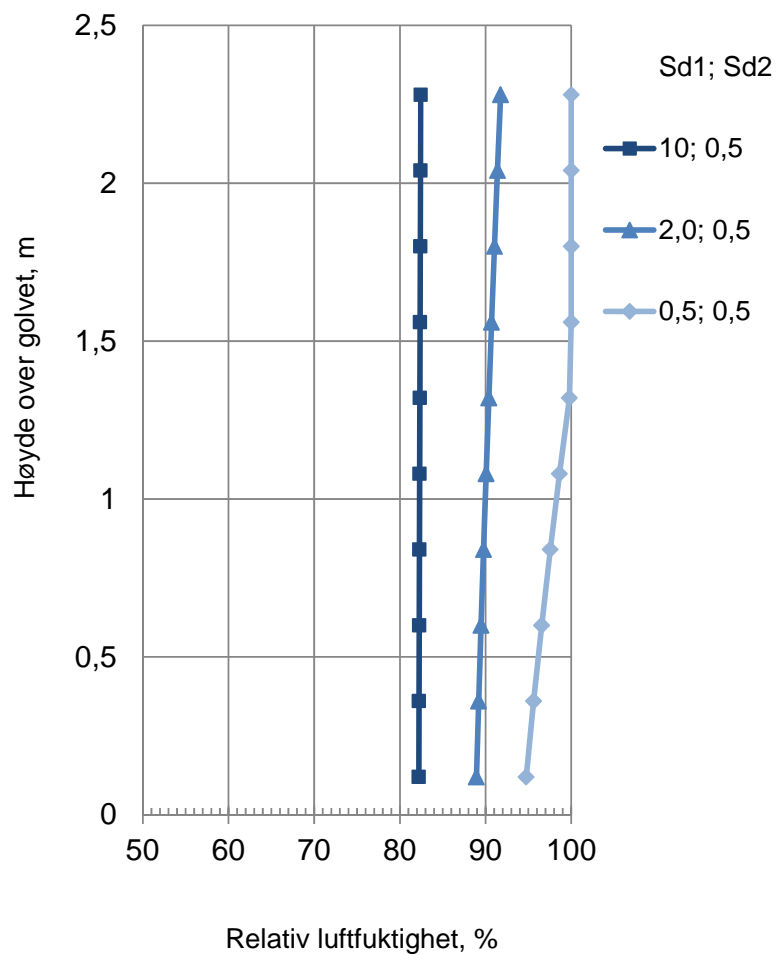
Figur 7.2a og 7.2b viser hvordan fukt fra inneluften kan bli tilført spalten mellom massivtreet og varmeisolasjonen. Varmeisolasjonen består her av henholdsvis lett mineralull og porøs trefiberplate som er beskyttet med et sperresjikt både på varm og kald side. I begge disse tilfellene må en ta høyde for at det kan bli en luftspalte mellom massivtreet og varmeisolasjonen. Figur 7.2c viser luftstrømmen i varmeisolasjonen når denne slutter helt inntil massivtreet og det ikke ligger et lufttett sjikt mellom massivtreet og varmeisolasjonen.

Den målte luftgjennomgangen i prøvefeltene er brukt til å beregne fuktforholdene i vanlig mineralullisolasjon som ligger utenpå en massivtrekonstruksjon. Beregningene er gjort ved følgende forutsetninger:

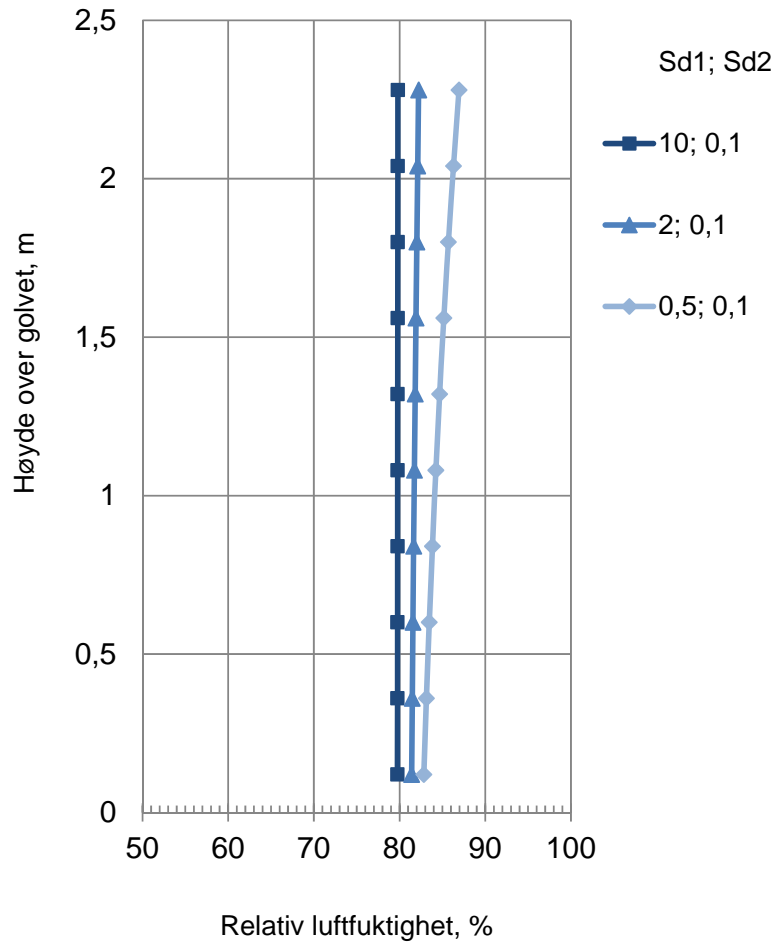
- Uteluft med temperatur 5 °C og relativ luftfuktighet 80 % RF
- Inneluft med temperatur 22 °C og et fukttilskudd på 5 g/m³
- Luftstrømmen mellom massivtre og varmeisolasjon er beregnet på grunnlag av målingene til 0,26 m³/mh.
- Vanndampmotstandsfaktor for mineralull er valgt $\mu=2$

Figur 7.3 viser beregnet relativ luftfuktighet i spalten mellom massivtre og sperresjikt på varm side av isolasjonen ved tre ulike vanndampmotstander på varm side av isolasjonen og en vindsperre på kald side av isolasjonen med vanndampmotstand $S_d = 0,5$ m.

Figur 7.4 viser beregnet relativ luftfuktighet på en tilsvarende konstruksjon som beskrevet over, men med en vindsperre på kald side av isolasjonen med vanndampmotstand $S_d = 0,1$ m.



Figur 7.3
 Beregnet relativ luftfuktighet i spalten mellom massivtre og isolasjon med et sperresjikt på varm side med vandampmotstand (S_d -verdi) henholdsvis 10 m, 2 m og 0,5 m og vindsperre med vandampmotstand $S_d=0,5$ m.



Figur 7.4
 Beregnet relativ luftfuktighet i spalten mellom massivtre og isolasjon med et sperresjikt på varm side med vandampmotstand (S_d -verdi) henholdsvis 10 m, 2 m og 0,5 m og vindsperrmotstand $S_d=0,1$ m.

8 Vurdering av tetting mot luft og fukt i massivtrekonstruksjoner

Byggteknisk forskrift (TEK10) stiller krav til bygningers energieffektivitet. For å tilfreds- stille disse kravene er tilleggisolering av massivtrekonstruksjoner nødvendig. § 14-3 i TEK10 angir at kravet til lekkasjetall i småhus er mindre eller lik 2,5 luftvekslinger pr. time ved 50 Pa trykkforskjell. For øvrige bygninger er kravet et lekkasjetall mindre eller lik 1,5 luftvekslinger pr. time. Videre stiller TEK10 krav til at ”Bygningsdeler og konstruksjoner skal prosjekteres og utføres slik at de ikke blir skadelig oppfuktet av kondensert vanddamp fra inneluften”.

Massivtrekonstruksjoner i oppvarmede bygninger må tilleggisoleres for å oppfylle TEK10s krav til energibruk. Varmeisolasjonen plasseres normalt utenpå massivtrekonstruksjonen og må beskyttes med sperresjikt på vanlig måte. På varm side av isolasjonen må det være et damptett og lufttett sjikt som hindrer fuktig luft å trenge ut i konstruksjonen ved luftlekkasjer eller diffusjon. På kald side av isolasjonen må det være et lufttett sjikt som hindrer at kald luft kjøler ned isolasjonen ved gjennomblåsning eller ved anblåsning og som samtidig beskytter konstruksjonen mot oppfukning av regnvann utenfra. SINTEF Byggforsk anbefaler generelt at bindingsverkskonstruksjoner av tre beskyttes med en dampsperre på varm side og en vindsperre på kald side av isolasjonen, se Byggforskserien 523.255 Bindingsverk av tre. Varmeisolering og tetting. Et eksempel på dampsperre som SINTEF Byggforsk anbefaler er 0,15 mm plastfolie av polyetylen (PE-folie).

8.1 Lufttetthet til massivtre

Elementer av massivtre har ofte store dimensjoner og kan være produsert av treverk i forskjellige kvaliteter. Dette gjør at endeflater og kanter samt tilskjæringer og utfresinger kan være ganske grove. Treverket i elementene vil krympe og svulle avhengig av fuktinnholdet i omgivelsene. Figur 8.1 viser eksempler på utettheter og dårlige tilpasninger i massivtrekonstruksjoner. Elementene i massivtrekonstruksjoner kan ha forskjellige utforminger og skjøteløsninger. De gjennomførte målingene i laboratorium er derfor bare et eksempel på hvilke luftlekkasjer en massivtrekonstruksjon kan ha. Målingene bekrefter at det er behov for egne tiltak for å bedre lufttettheten til ytterkonstruksjoner i massivtre, og de er nyttige for å vurdere hvilke sperresjikt massivtrekonstruksjoner bør ha. Det er grunn til å anta at selve massivtrekonstruksjonen i krysslågt, kantlimt massivtre har forholdsvis god lufttetthet. Langs randen av massivtreelementene blir det imidlertid en del oppsprekking slik at luftlekkasjen ut mot rendene sannsynligvis er forholdsvis stor. Målingene viser at luftgjennomgangen i skjøtene mellom veggelementene og mellom vegg- og gulvelementene utgjør den største delen av den totale luftgjennomgangen i prøvefeltene.

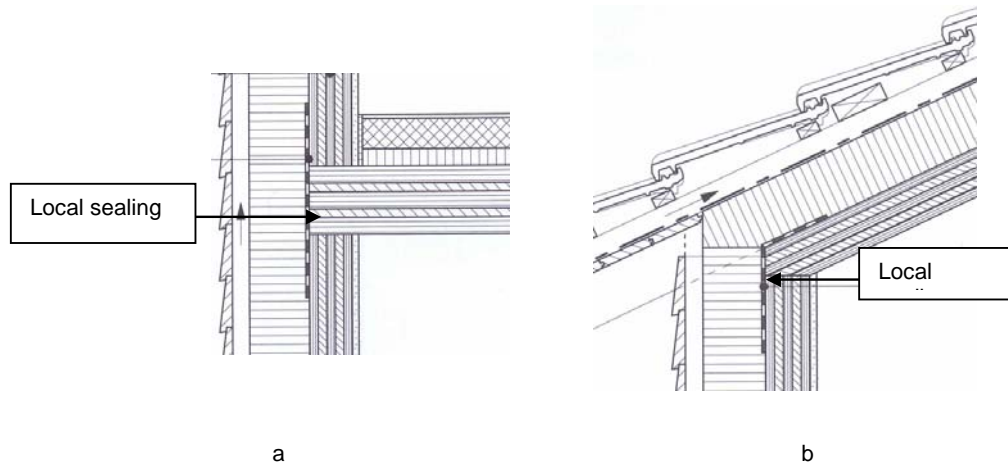


Figur 8.1
Eksempler på unøyaktigheter i massivtreelementene. Høydeforskjell på veggelementene gir glippe mellom vegg- og gulvelementene (a). Unøyaktig utfresingen i skjøten mellom gulvelementene gjør at dekkbordet i skjøten gir dårlig lufttetting (b).

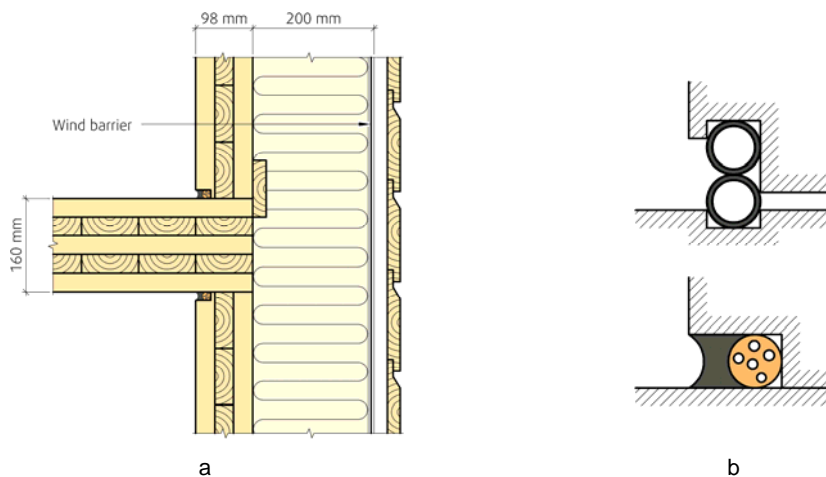
Kolb (2008) har presentert en del eksempler på lokal tetting av massivtrekonstruksjoner. Eksempler på lokal tetting av massivtrekonstruksjoner er vist i figur 8.2.

Figur 8.3 viser eksempler på sperresjikt og lokal tetting mot luftlekkasjer i massivtrekonstruksjoner.

Etter SINTEF Byggforsks vurdering er lokal tetting som vist i figur 8.2 og 8.3 usikker fordi en ikke har god nok kontroll med luftlekkasjene ut mot rendene langs skjøtene mellom massivtreelementene.



Figur 8.2
Eksempler på lokal tetting i massivtrekonstruksjoner som hindrer luftlekkasjer ut ved bjelkelag (a), og i overgang vegg og tak (b) (Kolb 2008)



Figur 8.3
Eksempler på lokal tetting mot luftlekkasjer mellom gulv- og veggelementer med pakninger og fuge-masse mot bunnfyllingslist.

8.2 Vurdering av fare for oppfukning av isolasjonssjiktet utenpå massivtre

Massivtreelementer slik som vist i figur 3.2, har tilstrekkelig vanndampmotstand til å hindre oppfukning av konstruksjonen ved diffusjon. Som vi har vist gjennom målingene i denne rapporten er det imidlertid stor luftgjennomgang ut mot rendene og i skjøtene mellom

massivtreelementene slik at en massivtrekonstruksjon vil ha store luftlekkasjer. Når vi samtidig må ta høyde for at det kan være en luftspalte mellom massivtrekonstruksjonen og varmeisolasjonen, viser beregningene i kapittel 7 at faren for oppfukning av isolasjonssjiktet innefra er stor.

Beregningene i kapittel 7 bekrefter at en dampsperre med S_d -verdi 10 m eller større på varm side av isolasjonen er en fuktsikker løsning. Dersom en velger et sperresjikt som ofte blir omtalt som dampbrems med S_d -verdi 2 m på varm side av isolasjonen viser imidlertid beregningene at løsningen blir noe mer usikker. En dampbrems på varm side av isolasjonen kombinert med en vindsperre med S_d -verdi på 0,5 m på kald side av isolasjonen er ikke fuktsikker. Samme løsning med en vindsperre med S_d -verdi mindre enn 0,1 m er imidlertid mer fuktsikker. En løsning med en vindsperre med S_d -verdi 0,5 m på varm side av isolasjonen og en vindsperre med S_d -verdi 0,1 m på kald side av isolasjonen er imidlertid noe mer usikker.

Etter SINTEF Byggforsks vurdering er en løsning med dampsperre på varm side av isolasjonen og vindsperre på kald side av isolasjonen slik som forklart i kapittel 8 den mest fuktsikre løsningen.

Porøse trefiberplater har større strømningsmotstand og dermed mindre risiko for oppfukning ved konveksjon. På grunn av at en massivtrekonstruksjon har såpass ujevn overflate må en imidlertid ta høyde for at det kan bli en luftspalte mellom massivtrekonstruksjonen og de utenpåliggende porøse trefiberplatene. Denne løsningen kan dermed vurderes som figur 7.2.b og dekkes av beregningseksempelet i kapittel 7. Porøse trefiberplater har noe større vann-dampmotstandsfaktor enn mineralull med en μ -verdi mellom 3 og 5. En løsning med en vindsperre med S_d -verdi 0,5 m på varm side av de porøse trefiberplatene og en vindsperre med S_d -verdi 0,1 m på kald side av platene er likevel usikker rent fuktteknisk. Porøse trefiberplater uten et tettende overflatesjikt slik som på asfalt vindtettplater har stor luftgjennomgang. Det er derfor svært viktig å legge en vindsperre utenpå trefiberplatene for å beskytte mot nedkjøling ved anblåsning utenfra. Vindspærren vil også beskytte mot oppfukning fra slagregn. Det er ellers viktig å være oppmerksom på at TEK10 gir klare begrensninger for bruk av brennbar isolasjon. Bruksområder og begrensninger for bruk av varmeisolasjon av porøs trefiber er ikke vurdert i denne rapporten.

9 Konklusjon

Laboratorieprøvingen viser at massivtrekonstruksjoner kan ha store luftlekkasjer. De største luftlekkasjene er i skjøtene langs etasjeskiller der gulvelementene ligger an på veggelementene og i skjøtene mellom veggelementene. Luftlekkasjene i en massivtrekonstruksjon uten kantliming er grovt sett dobbelt så store som i en massivtrekonstruksjon med kantliming. Luftlekkasjene øker når massivtre krymper på grunn av uttørking. Etter uttørking fra en leveransefukt på ca. 14 vektprosent til et fuktinnhold mindre enn ca. 10 vektprosent er luftlekkasjene i massivtrekonstruksjonen grovt sett dobbelt så store.

De målte luftlekkasjene kan gi et betydelig bidrag til et byggs lekkasjetall. I et småhus med ikke kantlimt massivtre og med grunnflate 8 m x 10 m i to etasjer vil luftlekkasjene i veggdelen gi et bidrag til lekkasjetallet på ca 7 h^{-1} . Tilsvarende vil bidraget til lekkasjetallet i veggdelen samme hus med kantlimt massivtre være ca $2,5 \text{ h}^{-1}$.

Byggteknisk forskrift (TEK10) stiller klare krav til bygningers energieffektivitet og lekkasjetall. Bygninger skal også prosjekteres og utføres slik at de ikke blir skadelig oppfuktet av kondensert vanndamp fra inneluften. For å tilfredsstille TEK10 må bygninger i massivtre normalt ha ekstra varmeisolasjon og ekstra tiltak for å ta vare på byggets lufttetthet. SINTEF Byggforsk anbefaler dampspærre på varm side av isolasjonen og vindsperre på kald side av isolasjonen i henhold til anbefalingene gitt i Byggforskserien 523.255 Bindingsverk av tre.

10 Referanser

- Geving S., Holme J., Uvsløkk S. 2010 Alternative dampsperrer med uttørkingsmuligheter mot innelufta. SINTEF Byggforsk Prosjektrapport 65
- Kolb J. 2008 Systems in Timber Engineering – Loadbearing Structures and Component Layers. Lignum and DGfH Biräuser, Berlin. 310 p.
- EN 12114 Thermal performance of buildings – Air permeability of building components and building elements – Laboratory test method. European standard.
- Byggforskserien, 2007. 523.255 Bindingsverk av tre. Varmeisolering og tetting. SINTEF Byggforsk, Oslo

SINTEF er Skandinavias største forskningskonsern. Vår visjon er «Teknologi for et bedre samfunn». Vi skal bidra til økt verdiskapning, økt livskvalitet og en bærekraftig utvikling. SINTEF selger forskningsbasert kunnskap og tilhørende tjenester basert på dyp innsikt i teknologi, naturvitenskap, medisin og samfunnsvitenskap.

SINTEF Byggforsk er et internasjonalt ledende forskningsinstitutt og Norges viktigste formidler av forskningsbasert kunnskap til bygge- og anleggsnæringen. Vi skaper verdier for våre kunder og for samfunnet gjennom forskning og utvikling, spesialrådgivning, sertifisering og kunnskapsformidling. Våre publikasjoner omfatter Byggforskserien, Byggebransjens våtromsnorm, håndbøker, rapporter, faktabøker og beregnings- og planleggingsverktøy.