

ENTRÉ

- energieffektive trekonstruksjoner

Delrapport 1 - TEK-07

ENTRÉ
- energy efficient timber structures

Saksbehandlere: Christoffer Aas Clementz, Geir Glasø og
Audun Øvrum (Treteknisk)
Prosjekteier: Norsk Treteknisk Institutt
Finansiering: Innovasjon Norge, Treindustrien og
Fondet for Treteknisk Forskning
Dato: Juli 2009

Sammendrag

Denne rapporten undersøker konsekvensene av revidert forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk (TEK) hva angår energibruk.

Rapporten har hovedfokus på ytterveggløsninger. Dette fordi gulv og tak ofte har mulighet til å benytte tykkere isolasjon enn hva bredden på bjelke/sperre er. U-verdikravet til yttervegg for å tilfredsstille revidert TEK direkte er $U \leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. Dette kan oppnås ved bruk av 250 mm isolasjon. Minstekravet til U-verdi på ytterveggen er på $U \leq 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. Dette kan oppnås ved bruk av 200 mm isolasjon.

Det er utarbeidet og sendt ut en spørreundersøkelse til utførende entreprenører og byggmestere i Norge. Denne ble besvart av 486 bedrifter. Undersøkelsen viste at utførende foretrekker bruk av gjennomgående heltrestender med omfordeling av varmetapet. Dvs. veggløsninger med 200 mm isolasjon.

I Norge i dag kan det antas at det ved 200 mm tykke yttervegger benyttes ca. 40.000 m³ - 50.000 m³ stendervirke av tre i året, inkludert kapp/svinn. Ved overgang til en veggtykkelse på 250 mm, vil dette medføre en økning på ca. 10.000 m³ - 14.000 m³.

Råstofftilgangen er undersøkt. Det er uproblematisk å skaffe nok råstoff til stenderformål for plank med 200 mm bredde. Dersom 250 mm bred plank blir en vanlig dimensjon, kan råstoffknapphet inntreffe.

Stikkord: TEK, råstofftilgang, U-verdi, energi, yttervegger
Keywords: TEK, supply of raw materials, U-value, energy, exterior walls

De produksjonsmessige forholdene i Norge er vurdert, og det konkluderes med at det er uproblematisk å produsere 198 mm brede stendere med dagens utstyr. Det vil imidlertid være mer utfordrende å produsere 248 mm brede stendere.

Rapporten viser at varmekonduktiviteten til trevirke (λ -verdi) til og med fasthetsklasse C30, bør settes til 0,12 W/(mK). Dette vil igjen gi en noe lavere U-verdi enn tidligere antatt for samme veggoppbygning. Rapporten gjennomgår også en rekke andre bygningsfysiske forhold som er aktuelle ved bruk av tykkere vegger enn tidligere.

Bæreevnen til trestendere, som i stor grad er bestemt av dimensjonerende snølast og vindtrykk på stedet, er undersøkt. Dette er gjort for fasthetsklasse C14, C18 og C24.

Rapporten viser fordeler og ulemper ved oppbygning av forskjellige veggløsninger, som kan benyttes i revidert TEK.

Summary

This report investigates the consequences of the revised technical regulation concerning requirements for construction works and products for construction works (TEK) regarding use of energy.

The focus is mainly on external wall solutions, due to that floor and roof often has a possibility for thicker insulation than the width of the beam. The U-value requirement for external walls in order to meet the revised TEK directly is $U \leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. This can be achieved by using 250 mm insulation. The minimum requirement for U-value for external walls is $U \leq 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. This can be achieved by using 200 mm insulation.

A survey has been developed and distributed to executing contractors and builders in Norway. This was answered by 486 companies. The survey showed that the preferred method is to use continuous solid timber posts with redistribution of the thermal loss. I.e. wall solutions with 200 mm insulation.

In Norway, it can be assumed that with 200 mm wall thickness, the amount of m^3 that is used for external wall posts is app. $40.000 \text{ m}^3 - 50.000 \text{ m}^3$ a year, including stub/wastage. With an increase of the wall thickness up to 250 mm, this results in an increased amount of app. $10.000 \text{ m}^3 - 14.000 \text{ m}^3$.

The supply of raw materials has been investigated. There is no problem securing enough raw materials for posts with 200 mm width. If 250 mm wide posts become a regular dimension, scarcity of raw materials may occur.

The conditions for production in Norway have been investigated, and the conclusion is that there is not a problem to produce 198 mm wide posts with the current equipment. There will, however, be more of a challenge to produce 248 mm wide posts.

The report shows that the thermal conductivity of timber including strength class C30 should be set to $0,12 \text{ W}/(\text{mK})$. This will give a slightly lower U-value than previously assumed for the same wall construction. The report also covers a range of other structural building conditions that are possible when using thicker walls than earlier.

The maximum load carrying capacity, which is mainly determined by design snow loads and wind on site, is examined. This is done for strength classes C14, C18 and C24.

The report shows advantages and disadvantages of construction of various wall solutions that may be used in the revised TEK.

Førord

Norsk Treteknisk Institutt har vært prosjekteier for prosjektet "ENTRÉ - Energieffektive trekonstruksjoner, - reviderte Tekniske forskrifter for byggverk og produkter til byggverk (TEK), hva angår energibruk, krever nye byggtekniske løsninger". Initiativtaker til prosjektet er trelastbransjen i Norge.

Denne rapporten er første del av et pågående tre år langt prosjekt, og ser på konsekvenser av revidert TEK.

Følgende personer har sittet i styringsgruppen:

- Knut E. Fjulsrud, Treindustrien
- Sverre Kværner, Moelven Wood AS
- Jostein Byhre Baardsen, Norsk Treteknisk Institutt

Følgende personer har sittet i referansegruppen:

- Brit Roald, SINTEF Byggforsk
- Knut Weisser-Svendsen, Moelven Wood AS
- Reidar Bergene Holm, Bergene Holm AS
- Helge Hollerud, Romerike Trelast AS
- Jørgen Leegaard, Byggenæringens Landsforening / Lavenergiprogrammet for bygg og anlegg
- Lars Myhre, Boligprodusentene

Christoffer Aas Clementz har vært prosjektleder.

Innhold

Sammendrag.....	3
Summary	5
Forord	6
Innhold	7
1 Innledning.....	8
2 Endring i TEK-07.....	9
2.1 Bakgrunn.....	9
2.2 Dokumentering	9
2.3 Rammekravsmodellen.....	10
2.4 Energiltaksmodellen	11
2.5 Unntak	12
3 Spørreundersøkelse	13
4 Stendervolum i boligbygg (yttervegger).....	17
5 Råstofftilgang	19
5.1 Bakgrunn.....	19
5.2 200 mm bredde	21
5.3 250 mm bredde.....	22
6 Produksjonsmessige forhold.....	24
7 Bygningsfysiske forhold	25
7.1 Dimensjonerende varmekonduktivitet (λ -verdi)	25
7.2 Kuldebro.....	27
7.3 Tykkere vegg og fukt.....	27
7.4 Kaldere vegg.....	29
7.5 Effekt av utlekting.....	30
7.6 Plassering av dampsperre.....	30
8 Stenderdimensjoner og bæreevne	31
8.1 Beregningsgrunnlag	31
8.2 Beregning og resultater	33
9 Ulike ytterveggløsninger	37
9.1 Generelt	37
9.2 Veggløsning med 200 mm isolasjon.....	39
9.3 Veggløsning med 250 mm isolasjon.....	41
10 Anbefalte løsninger	44
Referanser.....	45

1 Innledning

1. februar 2007 ble Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK) (Statens bygningstekniske etat 1997) revidert, i det følgende kalt TEK-07. Det er gitt en overgangsperiode frem til 1. august 2009. Denne revisjonen har hovedsakelig omfattet bygningers energiforbruk.

Strengere energikrav krever mer isolasjon i gulv, vegger og tak. Som en konsekvens av dette kan det bli nødvendig å benytte bredere stendere i ytterveggen enn det som har vært vanlig. Dette kan være en utfordring for trelastindustrien med begrenset tilgang på grovt tømmer. Det er derfor nødvendig å lage byggeløsninger som tilfredsstillende energikravene i TEK-07, og som er basert på det dimensjonsutfall for konstruksjonsvirke som er representativt for trelastindustrien i Norge.

Treteknisk fikk oppfordring fra trelastbransjen om å etablere et prosjekt som vurderer konsekvensene av TEK-07, samt finne hensiktsmessige løsninger som tilfredsstillende disse. Prosjektet ble startet opp sommeren 2008 og er finansiert av Fondet for Treteknisk Forskning, Treindustrien og Innovasjon Norge.

Prosjektet skal ferdigstilles i løpet av 2010, og er delt inn i to deler. Første del skal gi løsninger som tilfredsstillende TEK-07, mens andre del vil være mer fremtidsrettet og innovativ. Denne rapporten omhandler første del av prosjektet, og vil kun se på konsekvenser av TEK-07 for yttervegger.

2 Endring i TEK-07

2.1 Bakgrunn

TEK-07 har generelle krav til at all byggevirksomhet plasseres, utformes, oppføres, drives og rives på en mest mulig energivennlig måte. I tillegg er det detaljerte og tallfestede krav til energiytelsen til oppvarmede deler av en bygning.

Kyoto-avtalen er en internasjonal avtale vedtatt i desember 1997 i Kyoto, Japan. Avtalen innebærer at utslipp av klimagasser skal reduseres med 5,2 % i forhold til 1990-nivå frem til perioden 2008-2012.

Energiforbruket i den norske bygningsmassen utgjør ca. 40 % av den samlede energibruken i Norge. Som et av flere tiltak for å oppfylle de norske forpliktelsene vedrørende Kyoto-avtalen, har norske myndigheter sagt at lavenergiboliger og passivhusstandard skal innføres i Norge (bl.a. i Soria Moria-erklæringen fra 2005 og klimaforliket i 2008). Revisjonen av TEK må ses på som et steg på veien mot enda lavere energiforbruk, og det må antas at enda strengere krav vil komme i fremtiden.

TEK-07 har som mål å redusere energibehovet til nye og ombygde bygninger med 25 % sammenlignet med tidligere TEK (1997). I overgangsperioden kan man velge om man vil prosjektere etter TEK fra 1997 eller 2007, men hele byggebransjen må forholde seg til de nye og strengere kravene senest 1. august 2009.

2.2 Dokumentering

TEK er en minimumsforskrift. Dersom samlet energigevinst skal oppnås, bør en forsøke å være på sikker side av minimumskravene. I utgangspunktet gjelder kravene i TEK-07 både for nybygg og for søknadspliktig ombygging/rehabilitering.

TEK-07 kan dokumenteres på to måter:

- Rammekravsmodellen
- Energiltaksmodellen

Prosjekterende kan velge hvilken av disse modellene som er mest hensiktsmessig for det aktuelle bygg. For begge modeller er det minimumskrav som ikke kan overskrides. Disse er gitt i Tabell 1. Energiltaksmodellen er den metoden som er mest hensiktsmessig å benytte for enkle bygg og bygg uten kjølebehov. For bygg med kjølebehov må rammekravsmodellen benyttes.

Tabell 1. Minstekrav til energiltak som ikke må overskrides.

Bygningsdel eller funksjon	Absolutte minstekrav gitt i TEK-07
Yttervegg	$U \leq 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
Tak	$U \leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
Gulv på grunn eller mot det fri	$U \leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
Glass, vindu og dør	$U \leq 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
Lufttetthet	3,0 luftveksling per time *

* Kravverdien gjelder ved en trykkforskjell på 50 Pa (50 N/m²).

2.3 Rammekravsmodellen

Ved rammekravsmodellen skal dokumentasjonen skje ved at det gjennomføres en beregning som dokumenterer at samlet netto energibehov ikke overskrider en fastsatt energiramme angitt i kWh/m² oppvarmet bruksareal (BRA). Alle energiposter skal inngå i denne kontrollberegningen. Som eksempel på slike energiposter kan nevnes oppvarming, kjøling, ventilasjon, varmt vann, belysning og diverse fast teknisk utstyr. Kontrollberegningen skal utføres etter regler gitt i NS 3031 "Beregning av bygningers energiytelse".

TEK-07 angir 13 forskjellige bygningskategorier med korresponderende rammekrav. Disse er presentert i Tabell 2.

Tabell 2. Energirammer for forskjellige bygningskategorier.

Bygningskategori	Rammekrav kWh/m ² oppvarmet BRA
Småhus	125 + 1600/oppvarmet BRA
Boligblokk	120
Barnehage	150
Kontorbygg	165
Skolebygg	135
Universitet/Høgskole	180
Sykehus	325
Sykehjem	235
Hotell	240
Idrettsbygg	185
Forretningsbygg	235
Kulturbygg	180
Lett industri/verksted	185

2.4 Energiltaksmodellen

Energiltaksmodellen bygger på krav satt til de forskjellige bygningsdelene/-funksjonene. Disse kravene er gitt i tabellform i forskriften, og omhandler U-verdi, kuldebroverdi og lufttetthet. U-verdi (varmegjennomgangskoeffisienten) måles i $W/(m^2 K)$ og angir den mengde varme som pr. tidsenhet passerer en kvadratmeter av konstruksjonen ved temperaturforskjell på en grad mellom konstruksjonens to sider. Energiltaksmodellen inkluderer også varmegjenvinning for ventilasjon. I tillegg stilles det også krav til øvrige tiltak som påvirker energieffektiviteten. Dette gjelder bl.a. ventilasjonsanlegget, solavskjerming og oppvarmingsanlegget. Kravene er presentert i Tabell 3.

Tabell 3. Krav til energiltak.

Bygningsdel eller funksjon	Krav gitt i TEK-07
Yttervegg	$U \leq 0,18 W/(m^2 K)$
Tak	$U \leq 0,13 W/(m^2 K)$
Gulv på grunn eller mot det fri	$U \leq 0,15 W/(m^2 K)$
Glass, vindu og dør	$U \leq 1,2 W/(m^2 K)$
Normalisert kuldebroeffekt	0,06 $W/(m^2 K)$ (BRA)
Normalisert kuldebroeffekt, småhus	0,03 $W/(m^2 K)$ (BRA)
Lufttetthet	1,5 luftveksling per time *
Lufttetthet, småhus	2,5 luftveksling per time *
Spesifikk vifteeffekt (SPF) faktor	2,0/1,0 $kW/(m^3/s)$ næringsbygg, dag/natt 2,5 $kW/(m^3/s)$ for bolig, hele døgnet
Automatisk utvendig solavskjermingsutstyr eller andre tiltak for å oppfylle krav til termisk komfort uten bruk av lokal kjøling	
Natt- og helgesenking av innetemperatur	

* Kravverdien gjelder ved en trykkforskjell på 50 Pa ($50 N/m^2$).

TEK-07 er oppfylt dersom det kan dokumenteres at enkeltkravene gitt i Tabell 3 er oppfylt. Det er mulig å fravike disse kravene ved omfordeling av varmetap, så lenge bygningens totale energibehov ikke øker. Det vil si at man for eksempel kan benytte mindre isolasjon i veggene, dersom det benyttes mer i gulv og/eller tak. Eventuelt kan bygget ha større lufttetthet enn det som kreves. Det er imidlertid begrenset hvor mye som kan omfordeles. Disse verdiene er presentert i Tabell 1, og kan ikke overskrides ved omfordeling.

En U-verdi på 0,18 tilsvarer ca. 250 mm isolasjon, mens en U-verdi på 0,22 tilsvarer ca. 200 mm isolasjon. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 9.

2.5 Unntak

TEK gir enkelte unntak fra kravene til energieffektivitet gitt i Tabell 1 og Tabell 2. Disse er vist i Tabell 4, og gjelder først og fremst helårs- og fritidsboliger med laftede yttervegger. I tillegg til egne krav til fritidsboliger under 150 m².

Tabell 4. Krav til energitiltak for helårsbolig med laftet yttervegg.

Bygningsdel eller funksjon	Absolutte minstekrav gitt i TEK-07		
	Helårsbolig med laftet yttervegg	Fritidsbolig med laftet yttervegg (< 150 m ²)	Fritidsbolig (< 150 m ²)
Yttervegg	$U \leq 0,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	$U \leq 0,72 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	$U \leq 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
Tak	$U \leq 0,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	$U \leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	$U \leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
Gulv på grunn eller mot det fri	$U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	$U \leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	$U \leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
Glass, vindu og dør	$U \leq 1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	$U \leq 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	$U \leq 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
Lufttetthet	-	-	3,0 luftveksling per time *

* Kravverdien gjelder ved en trykkforskjell på 50 Pa (50 N/m²).

For fritidsboliger mindre enn 50 m² stilles det ikke krav til energieffektivisering.

Konstruksjonsdeler av massivtre behandles ikke i TEK-07. Det vil si at U-verdikravene til en vegg bygget opp av massivtre har de samme krav og grenseverdier som en isolert bindingsverksvegg.

3 Spørreundersøkelse

Høsten 2008 ble det utarbeidet og sendt ut en spørreundersøkelse til utførende entreprenører og byggmestere i Norge. Formålet med denne var å finne ut hva utførende foretrekker av byggematerialer og hvordan bedriften vil bygge for å tilfredsstille de reviderte kravene. Undersøkelsen ble besvart av 486 bedrifter.

Det ble stilt syv spørsmål i undersøkelsen. Prosentvis svarfordeling er presentert i Diagram 1-7.

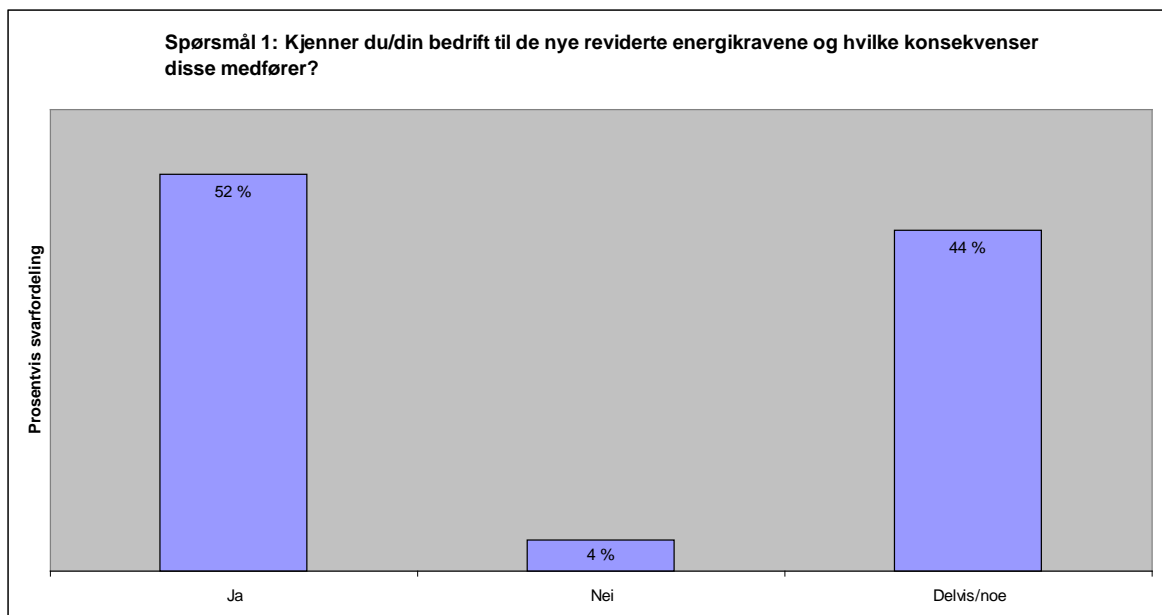


Diagram 1. Prosentvis svarfordeling på spørsmål 1.

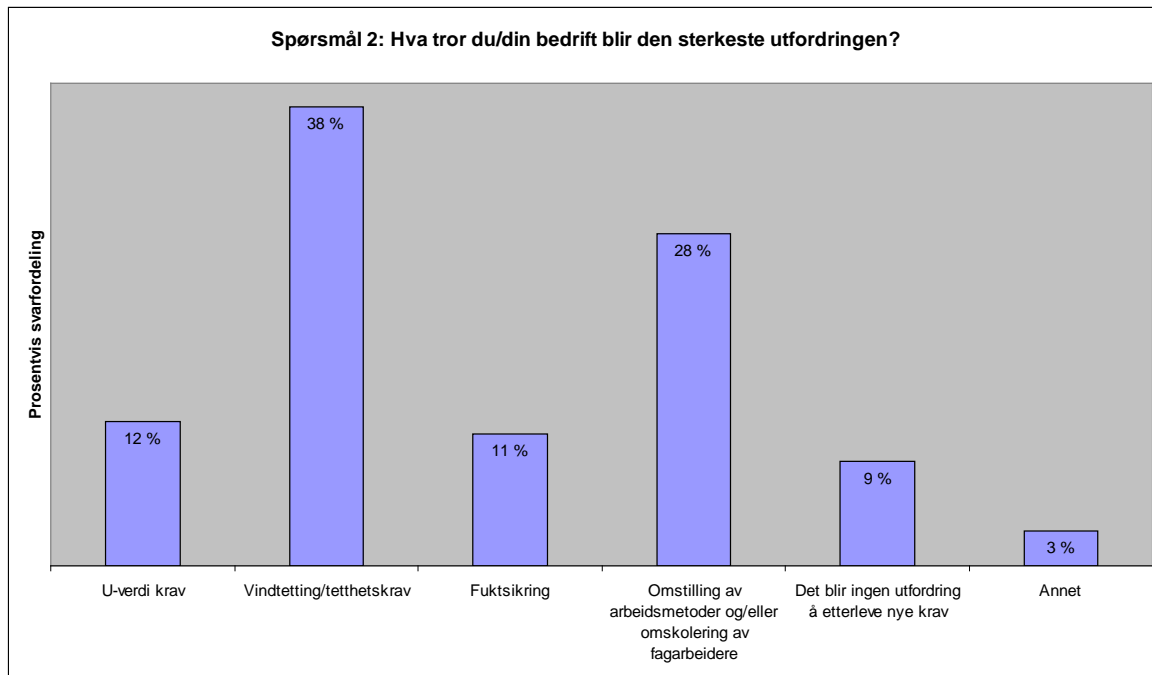


Diagram 2. Prosentvis svarfordeling på spørsmål 2.

På spørsmål to var det mulig å legge inn egne kommentarer under siste svaralternativ (Annet). Her kom det frem at det å få kundene til å forstå at TEK-07 vil forårsake at byggeprisene går opp vil være en stor utfordring. Ellers viser svarene at utførende ser på vindtetting/tetthetskrav som en større utfordring enn U-verdi-kravene.

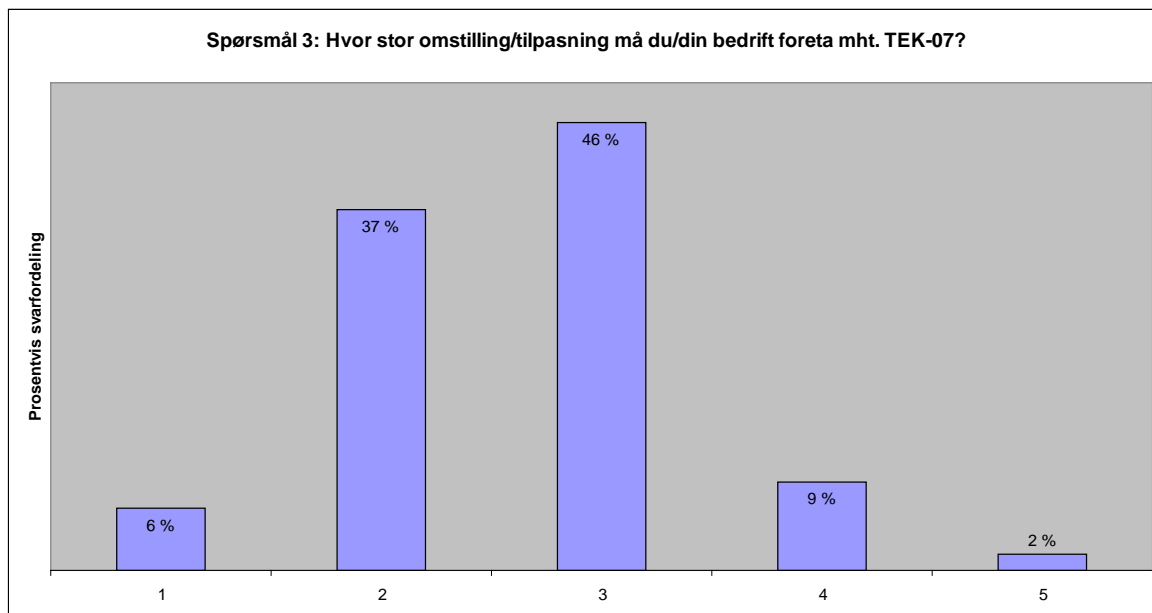


Diagram 3. Prosentvis svarfordeling på spørsmål 3.

I spørsmål tre betyr svaralternativ 1, ingen omstilling/tilpasning, mens svaralternativ 5 betyr at bedriften må foreta en meget stor omstilling/tilpasning.

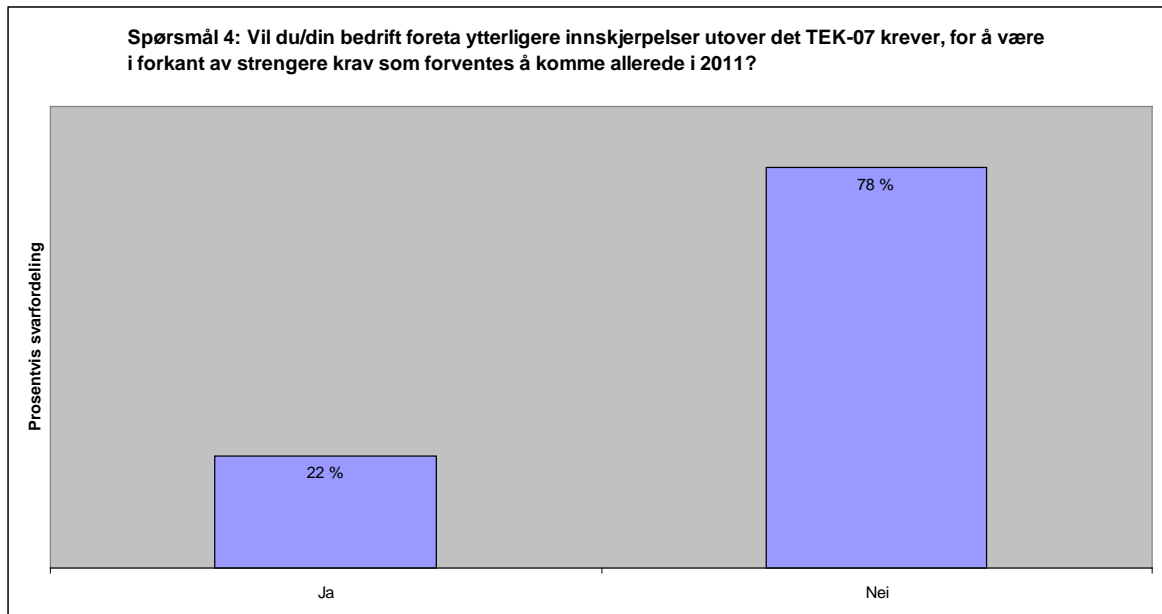


Diagram 4. Prosentvis svarfordeling på spørsmål 4.

På spørsmål fire var det mulighet til å legge inn egne kommentarer på hvordan bedriften eventuelt vil foreta innskjerpelser utover det TEK krever. Her kom det frem at vindtetting utover kravet på 2,5 i lekkasjetall vil være aktuelt hos enkelte. Andre påpeker at uttørking av bygget vil være viktig, samt at markedet må betale for de faktiske kostnadene en ytterligere innskjerpelse koster.



Diagram 5. Prosentvis svarfordeling på spørsmål 5.

På spørsmål fem var det i siste svaralternativ mulig å legge inn hvilken type sammensatt veggøsning bedriften foretrekker. Her kom det frem at de fleste vil benytte krysslågt utlekting. Hele 66 % foretrekker å benytte en gjennomgående heltrestender.

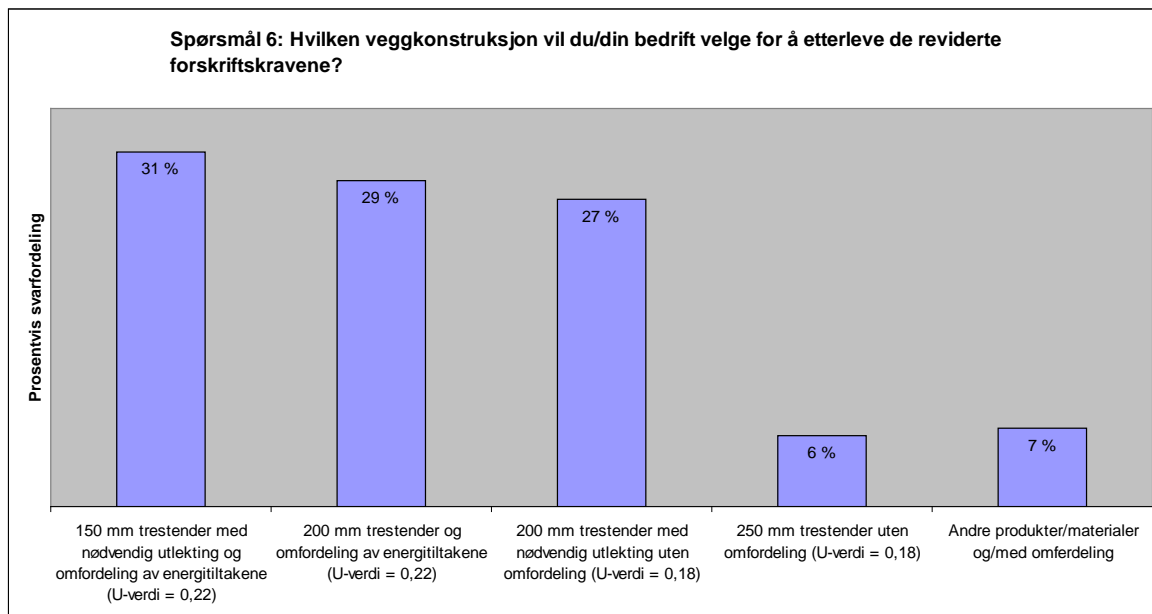


Diagram 6. Prosentvis svarfordeling på spørsmål 6.

Svarene viser at hele 56 % vil benytte 200 mm stender, mens 31 % vil benytte 150 mm stender. Kun 6 % vil velge 250 mm stendertykkelse. Svarene viser også at 60 % av de spurte kommer til å benytte 200 mm isolasjon og omfordeling.

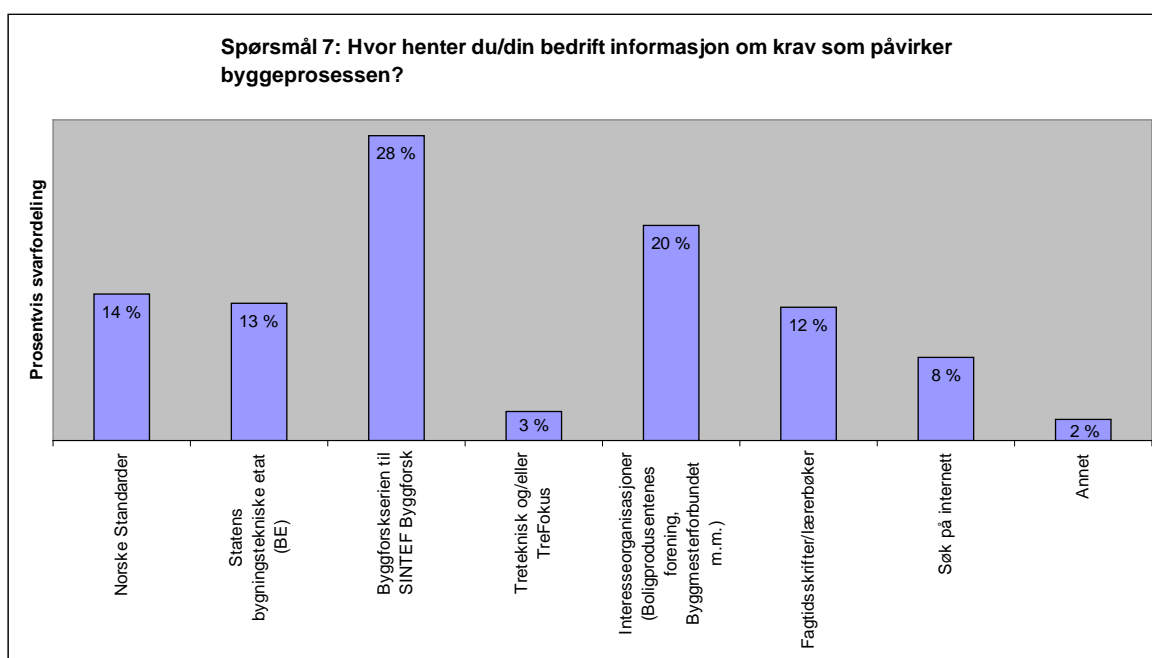


Diagram 7. Prosentvis svarfordeling på spørsmål 7.

På spørsmål syv var det mulig å velge flere svaralternativer. Det var mulig å legge inn egne svar under siste svaralternativ (Annet). Her kommer det frem at de fleste henter informasjon fra den huskjeden de er tilknyttet.

4 Stendervolum i boligbygg (yttervegger)

Det er ønskelig å estimere hvor mange m³ trevirke det går til ytterveggstendere, topp- og bunnsviller i Norge. Det er tatt utgangspunkt i Statistisk Sentralbyrå (SSB) sin statistikkbank, byggearealstatistikken, der opplysninger om igangsatte boliger er innhentet.

Boligtypene er delt inn i to grupper, hus- og blokkbebyggelse, og er presentert i Tabell 5. Dette er gjort for lettere å estimere antall boligtyper med trestendere i ytterveggen. Det er benyttet gjennomsnittlig antall igangsatte boliger, og bruksareal (BRA) fra årene 2000 t.o.m. 2008. Disse er beskrevet i Tabell 6.

Beregningene er utført på både 200 mm og 250 mm tykke veggløsninger, og med stendertykkelser på 36 mm eller 48 mm.

For bindingsverksvegger der stendere har en c/c avstand på 600 mm, kan det antas at det går ca. to løpemeter ytterveggstender per. m² bruksareal, inkludert topp- og bunnsviller.

Tabell 5. Inndeling av boligtypene i statistikkbanken til SSB.

Husbebyggelse	Blokkbebyggelse
Enebolig	Store frittliggende boligbygg, 3 og 4 etasjer
Enebolig med hybelleilighet, sokkelleilighet, o.l.	Store frittliggende boligbygg, 5 etasjer eller over
Del av tomannsbolig, vertikaldelt	Stort sammenbygd boligbygg, 3 og 4 etasjer
Tomannsbolig, horisontaldelt	Stort sammenbygd boligbygg, 5 etasjer eller over
Rekkehus	Studenthjem/studentboliger
Kjedehus inkl. atriumhus	
Andre småhus med 3 boliger eller flere	
Store frittliggende boligbygg, 2 etasjer	
Stort sammenbygd boligbygg, 2 etasjer	

Tabell 6. Snittverdier for årene 2000-2008.

Snittverdier	Totalt snitt pr. år	Husbebyggelse pr. år	Blokkbebyggelse pr. år
Antall igangsatte boliger	25.617 stk	16.183 stk	9.434 stk
Bruksareal (BRA)	1.644.483 m ²	2.373.464 m ²	915.502 m ²
BRA per boenhet	109 m ²	120 m ²	99 m ²

Dersom det benyttes trestendere i ytterveggen/utvendig randsonen til alle boliger beskrevet i Tabell 5, benyttes det ca. 54.000 m³ - 90.000 m³ i året, avhengig av stendertykkelsen. Dette er vist i Tabell 7.

Tabell 7. Antall m³ per type veggløsning dersom det kun benyttes trestendere iht. Tabell 5.

	200 mm stendertykkelse (198 mm bredde)		250 mm stendertykkelse (248 mm bredde)	
	36 mm	48 mm	36 mm	48 mm
Stendertykkelse	36 mm	48 mm	36 mm	48 mm
Antall kubikkmeter	54.000 m ³	72.000 m ³	67.500 m ³	90.000 m ³

Dette tallet er høyere enn hva som er reelt, men det kan antas at 90 % av husbebyggelsen har trestendere i ytterveggen. Blokkbebyggelsen er derimot vanskeligere å estimere. Det kan antas at den største delen av byggemassen i denne gruppen består av betongkonstruksjoner, der det kun blir benyttet ytterveggstendere av tre i for- og bakvegg. Det er derfor estimert at ca. 20 % av randsonen til hver boenhet består av ytterveggstendere i tre. Tabell 8 viser at det estimerte antallet m³ benyttet til ytterveggstendere i Norge er ca. 38.000 m³ - 64.000 m³ i året, avhengig av stendertykkelsen.

Tabell 8. Antall m³ per type veggløsning dersom 90 % av husbebyggelsen og 20 % av blokkbebyggelsen benytter ytterveggstendere i tre.

	200 mm stendertykkelse (198 mm bredde)		250 mm stendertykkelse (248 mm bredde)	
	36 mm	48 mm	36 mm	48 mm
Stendertykkelse	36 mm	48 mm	36 mm	48 mm
Antall kubikkmeter	38.000 m ³	50.500 m ³	47.500 m ³	63.500 m ³

Dette er tall som baserer seg på nøyaktige stenderlengder (2,4 m) inkludert topp- og bunnsbill. I tallgrunnlaget er det lagt inn 15 % ekstra for kapp og svinn.

5 Råstofftilgang

5.1 Bakgrunn

Bakgrunnen for å se på råstofftilgangen på tømmer i Norge er usikkerheten om det finnes nok kvantum av grovt tømmer for å produsere bredere stendere til husbyggingen. Det ble derfor besluttet å se på hvordan tømmerfangsten i Norge fordeler seg, og om det er noen endringstrend i denne fordelingen over tid.

Skog-Data AS har databaser for det aller meste av det omsatte volumet av sagtømmer i Norge. Kun de siste år er enkelt tilgjengelig digitalt, og Skog-Data har levert lister for total tømmerfangst som er registrert i deres systemer for årene 2005, 2006 og 2007. I disse datasettene er volum oppgitt i forskjellige toppdiameterklasser og lengder for alle sortimentene som er omsatt. Ikke alle sortimenter er relevante, og Treteknisk har satt sammen de relevante sortimentene for å få en oversikt for den tømmerfangsten som er aktuell for trelastindustrien. Sortimentene som inngår i oversikten er listet opp og beskrevet i Tabell 9.

Tabell 9. Sortimenter som er inkludert i analysene.

Sortiments nr.	Beskrivelse
140	Gran sams
141	Gran spesial
142	Gran prima
143	Gran sekunda
146	Gran sagtømmer
149	Gran grov A
150	Gran grov B
171	Gran rotstokk
172	Gran midtstokk
182	Gran interiør
183	Gran konstruksjon
184	Laft smått
185	Gran sagtømmer A
241	Furu spesial
242	Furu prima
243	Furu sekunda
246	Furu sagtømmer
247	Furu sagtømmer toppmålt
249	Furu sagtømmer
265	Furu kledningstømmer

Volumene i alle disse sortimentene er satt sammen til en database, og den totale fordelingen for årene 2005, 2006 og 2007 er vist i Diagram 8.

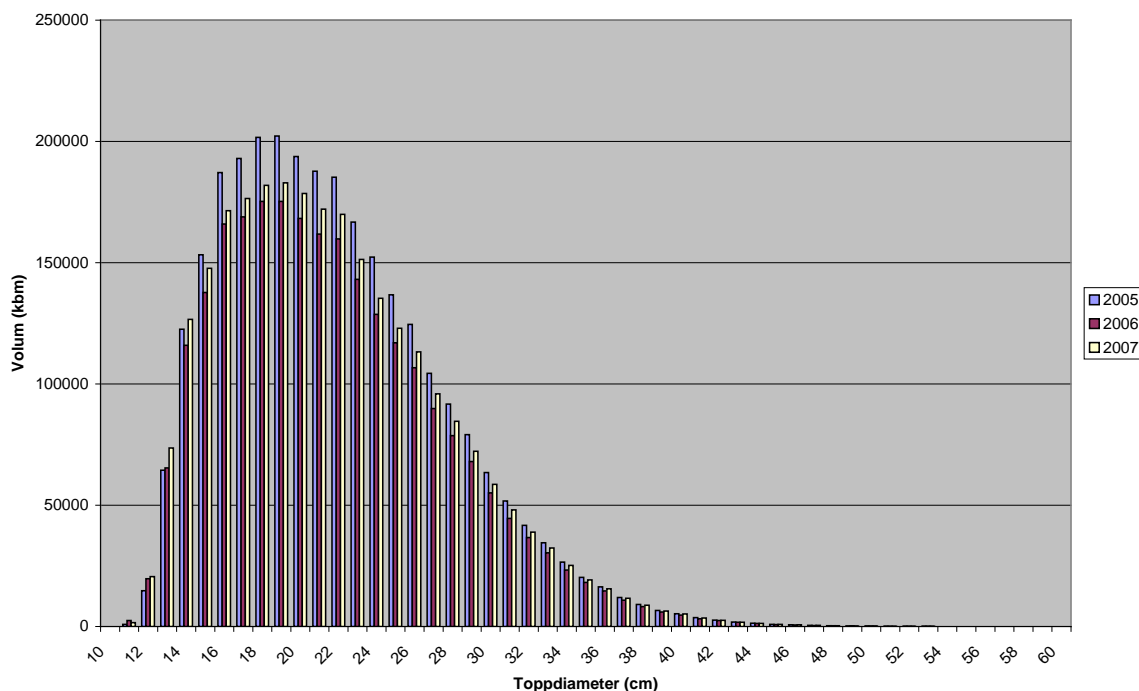
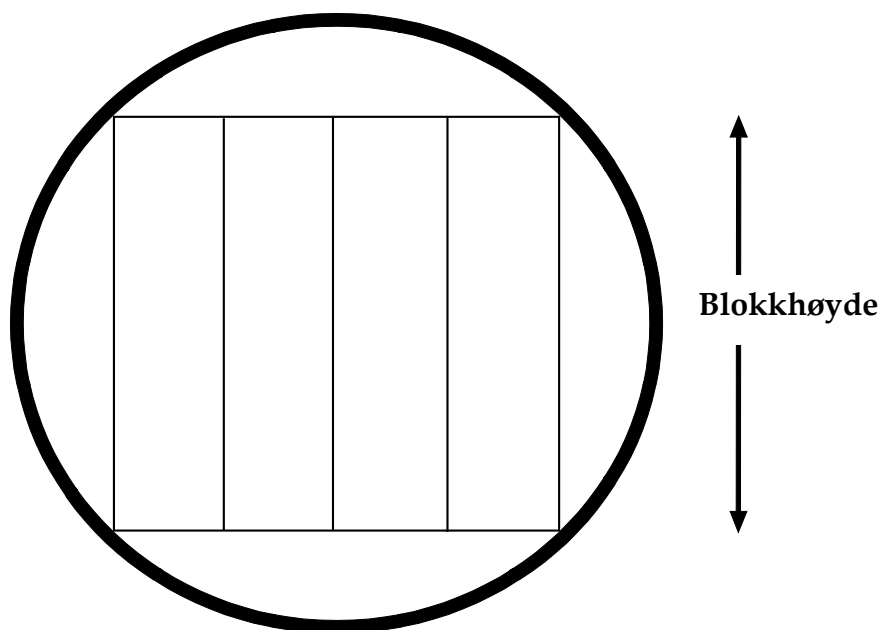


Diagram 8. Volumfordelingen av toppdiametre i sagtømmer fra 2005, 2006 og 2007.

Plankebredden på sentrumsutbyttet, dvs. plankene som skjæres ut i midten av tømmerstokken, kalles blokkhøyde. Prinsippet er vist i Figur 1.



Figur 1. Definisjon av blokkhøyde. Kun sentrumsutbyttet er vist med uttak av fire planker.

Det er toppdiameteren som begrenser hvor stor blokkhøyde det er mulig å sage av en tømmerstokk, og således vil potensialet for uttak av brede plank være begrenset. Toppdiametergrensene for ulike blokkhøyder varierer mellom sagbruk og avhenger av målenøyaktighet, kantkrav, produktmiks, tekniske muligheter i sagmaskinene, m.m. I denne analysen er det tatt utgangspunkt i tømmer som kan produsere skurlast i 200 mm bredde med 38 mm eller 50 mm tykkelse med 80 % skarpkant, med uttak av to eller fire planker. Det samme er gjort for 250 mm bredde. De forskjellige grensene, sentrumsposningene og fordelingene er vist i Tabell 10 for 200 mm og Tabell 11 for 250 mm. Tabellene leses som tilgjengelig sagtømmer i % av totalt sagtømmervolum og antall m³ over de ulike toppdiametergrensene.

5.2 200 mm bredde

Tabell 10. Fordeling av totalt tømmerkvantum over ulike toppdiametre aktuelle for 200 mm uttak.

Skurordre	Toppdiameter ≥ (cm)	Andel og volum					
		2005		2006		2007	
		%	m ³	%	m ³	%	m ³
2 x 38 x 200	22	46,8	1 340 968	46,0	1 156 347	46,1	1 227 546
2 x 50 x 200	23	40,4	1 155 755	39,7	996 535	39,7	1 057 631
4 x 38 x 200	26	24,5	699 967	24,2	607 641	24,4	648 001
2 x 38 x 200 (inner) + 2 x 50 x 200 (ytter)	27	20,1	575 419	19,9	500 910	20,1	534 792
2 x 50 x 200 (inner) + 2 x 38 x 200 (ytter)	28	16,5	471 067	16,4	411 054	16,5	438 869
4 x 50 x 200	29	13,3	379 333	13,2	332 311	13,3	354 257
Totalt tømmervolum (m ³)	10	2 862 532		2 513 122		2 661 095	
Gjennomsnittslengde (cm)		484		473		474	

5.3 250 mm bredde

Tabell 11. Fordeling av totalt tømmerkvantum over ulike toppdiametre aktuelle for 250 mm uttak.

Skurordre	Toppdiameter ≥ (cm)	Andel og volum					
		2005		2006		2007	
		%	m ³	%	m ³	%	m ³
2 x 38 x 250	27	20,1	575 419	19,9	500 910	20,1	534 792
2 x 50 x 250	28	16,5	471 067	16,4	411 054	16,5	438 869
4 x 38 x 250	30	10,5	300 222	10,5	264 272	10,6	281 995
2 x 38 x 250 (inner) + 2 x 50 x 250 (ytter)	31	8,3	236 708	8,3	209 194	8,4	223 382
2 x 50 x 250 (inner) + 2 x 38 x 250 (ytter)	32	6,5	184 956	6,5	164 597	6,6	175 333
4 x 50 x 250	33	5,0	143 251	5,1	127 950	5,1	136 450
Totalt tømmervolum (m ³)	10	2 862 532		2 513 122		2 661 095	
Gjennomsnittslengde (cm)		484		473		474	

Som Tabell 10 og Tabell 11 samt Diagram 8 viser, må en kunne si at toppdiameterfordelingen i Norge på nasjonalt nivå i årene 2005-2007 er temmelig stabil, og noen trend er vanskelig å finne. Gjennomsnittlig toppdiameter på sagtømmer vil ikke bare påvirkes av at den generelle dimensjonen på tømmer går ned, men vil også påvirkes av hva slags prislister tømmeret kappes etter. Prislister med stor lengdepremiering vil gi lengre tømmer i snitt, som igjen vil gi mindre gjennomsnittlig toppdiameter. Dette gjør seg mest gjeldende hos det enkelte sagbruk. "Nasjonal" gjennomsnittslengde ser temmelig stabil ut, noe som ytterligere underbygger at diameterfordelingen er temmelig konstant. En skulle selvfølgelig ønsket seg en lengre tidsserie med data, men det var ikke mulig å levere fra Skog-Data sin side. Uansett er det liten grunn til å frykte at gjennomsnittlig toppdiameter vil minke kraftig i nærmeste fremtid, hvis ikke skogbruket legges veldig om med mer intensiv tynning og kortere omløpstider for skogsbestand.

Om det er "nok" tømmer til å produsere stendere med 200 mm bredde vil avhenge av mange faktorer, og sagbrukene har ganske store påvirkningsmuligheter gjennom hvilke skurprogram (postninger) som velges. Som tommelfingerregel kan en si at planken i sentrumsutbyttet utgjør 40 % av totalvolumet i en stokk i et normalt postningsprogram i Norge. Dette krever imidlertid at en etterstreber et temmelig kvadratisk sentrumsutbytte, som er optimalt for høyest mulig teknisk skurutbytte. Skal en kun produsere blokkhøyder på for eksempel 200 mm i tømmer med toppdiameter fra 22 cm og oppover, vil en imidlertid ikke kunne bruke 40 % som utgangspunkt. Da vil en få mange lite gunstige postninger, særlig i de groveste tømmerklassene, hvis dagens sagutstyr i den norske trelastbransjen legges til grunn. Et anslag kan være at 30 % av tømmeret med toppdiameter fra og med 22 cm og oppover kan sages til 200 mm plankebredder. Dette betyr et potensial på 350-400.000 m³ med 200 mm plankebredde ut fra den totale toppdiameterfordelingen for norsk sagtømmer. Som vist i kapittel 4, er det uproblematisk å skaffe nok råstoff til akkurat dette formålet. Sagbrukene leverer imidlertid en rekke dimensjoner og kvaliteter til andre formål. Ytterveggstendere med 200 mm bredde konkurrerer i samme segment som plank til både etasjeskiller og takkonstruksjoner, som er store volumprodukter i dag. Det finnes imidlertid ingen offisiell statistikk på dette, så her må sagbrukene selv vurdere mulighetene.

Med samme forutsetninger på 30 % "stenderutbytte" fra tømmeret, vil et anslagsvis potensial for tilgjengelig 250 mm plankebredder være 150-170.000 m³, hvis toppdiameter fra og med 27 cm legges til grunn. Det er veldig liten konkurranse fra andre trelastprodukter med 250 mm bredde, men i området til og med 30 cm i toppdiameter vil det være veldig attraktivt å skjære 200 mm og 225 mm bredder til de forannevnte konstruksjonene for etasjeskiller og tak. Hvis en da står igjen med toppdiameter fra 31 cm og oppover som råstoff, vil potensialet for 250 mm stenderbredder være 65-70.000 m³ trelast.

6 Produksjonsmessige forhold

Å produsere 200 mm bred plank er ikke noe problem med dagens utstyr, i og med at det er en vanlig dimensjon i dag. 200 mm plank brukes mye til bjelkelag og takstoler. Også 225 mm er en vanlig dimensjon for de samme produktene som 200 mm. Imidlertid er 250 mm bred plank mindre vanlig som trelastprodukt, og kun noen få produsenter i Norge leverer 248 mm justert plank i dag.

Å skjære 250 mm bred plank er stort sett teknisk mulig på de fleste sagmaskiner, men krever grovt tømmer (se kapittel 5). Skurmønsteret kan også bli lite gunstig utbyttmessig, siden en får en veldig rektangulær postning. Dette skyldes at mange sagbruk kun har mulighet til å ta ut fire planker i sentrum, noe som gjør postningen smal og høy. Som tidligere nevnt er det mest optimale for høyt teknisk skurutbytte en kvadratisk sentrumspostning.

En annen stor utfordring er at de fleste høvler i dag ikke er beregnet for å høvle bredere dimensjoner enn 225 mm plank. Blir 248 mm en stenderdimensjon som vil være lagervare, vil det kreve investering i ny høvelmaskin.

250 mm bred plank vil også være "i største laget" for dagens transportutstyr i trelastbransjen og kan skape stor slitasje med mer driftsstopp som resultat. Tyngden på slik plank blir også en utfordring for tømrere når stendere skal bæres og monteres. Særlig for lange lengder vil dette bli en utfordring.

7 Bygningsfysiske forhold

7.1 Dimensjonerende varmekonduktivitet (λ -verdi)

I forbindelse med utarbeidelse av U-verdi-beregninger for yttervegger av bindingsverk i tre, har det vært operert med ulike verdier for varmekonduktiviteten til trevirke. I tidligere byggedetaljblad har denne verdien vært satt til 0,12 W/(mK), mens det i gjeldene byggedetaljblad er satt til 0,13 W/(mK). I forbindelse med de nye energikravene er det viktig å kvalitetssikre dette, slik at vi ikke risikerer at enkelte bindingsverkløsninger i tre unødvendig får problem med å oppfylle energikravene direkte. Vi har derfor valgt å se nærmere på dette og finne ut hvilken verdi som er "riktig" å benytte både for nåværende og fremtidige bindingsverkløsninger i tre.

I NS-EN ISO 10456 (Standard Norge 2008) er det oppgitt tabulerte dimensjonerende hygrotermiske verdier for trevirke, se Tabell 12.

Tabell 12. Tabulerte dimensjonerende λ -verdier for trevirke etter NS-EN ISO 10456.

Materiale	Densitet ρ kg/m ³	Dimensjonerende varmekonduktivitet λ W/(mK)
Trevirke*	450	0,12
	500	0,13
	700	0,18

* Densiteten for trevirke er densiteten ved likevekt 20 °C og 65 % relativ fuktighet.

I henhold til NS 3470-1 (Standard Norge 1999/2008) er karakteristisk- og middel densitet (vekt og volum ved 12 % trefuktighet) for ulike fasthetsklasser etter NS-EN 338 (Standard Norge 2003) oppgitt. Disse er vist i Tabell 13. NS-EN ISO 10456 (Standard Norge 2008) tillater også at det benyttes andre densiteter. Dimensjonerende varmekonduktivitet skal da beregnes ved lineær interpolasjon.

Tabell 13. Karakteristisk- og middel densitet for ulike fasthetsklasser etter NS 3470-1.

Fasthetsverdier		Fasthetsklasser i henhold til NS-EN 338				
		C14	C18	C24	C30	C40
Densitet (kg/m ³)	ρ_k	290	320	350	380	420
Densitet (kg/m ³)	$\rho_{mid.}$	350	380	420	460	500

Lineær interpolasjon gir λ -verdi på 0,12 W/(mK) for fasthetsklasse C30. Varmekonduktiviteten til trevirke henger sammen med densiteten, hvor lavere densitet gir lavere varmekonduktivitet for ellers like vilkår. Hoveddelen av konstruksjons-trevirke som benyttes i bindingsverk er sortert ut for fasthetsklasse C18. Middel-

densiteten for denne klassen er 380 kg/m³. Lineær interpolasjon vil for fasthetsklasse C18 gi en λ -verdi på 0,10 W/(mK).

Gjennom SSFF (Skogbrukets og Skogindustrienes Forskningsforening) ble det gjennomført et stort prosjekt som bl.a. undersøkte: "Fysiske og mekaniske egenskaper hos norsk gran og furu" (Bramming 2006). Dette er en av de største undersøkelser som er utført på norsk gran og furu.

I denne undersøkelsen ble basisdensiteten til både gran og furu undersøkt. Basert på 1344 prøver ble basisdensiteten til gran målt til 363 kg/m³. Basisdensiteten er gitt ved G_0/V_f (dvs. masse i absolutt tørr tilstand delt på volum ved fibermetningspunkt). Ved omregning til G_{12}/V_{12} (vekt og volum ved 12 % trefuktighet) som ligger til grunn for tabell i NS 3470-1 får vi:

$$\frac{G_{12}}{V_{12}} = \frac{\left(100 - \frac{12\beta}{FMP}\right) \cdot 1,12}{(100 - \beta)} \cdot \frac{G_0}{V_f} = \frac{\left(100 - \frac{12 \cdot 12}{30}\right) \cdot 1,12}{(100 - 12)} \cdot 363 \text{ kg/m}^3 = \underline{\underline{440 \text{ kg/m}^3}}$$

der β = Total volumkrymping i %
FMP = fibermetningspunkt

I det pågående forskningsprosjektet MOT (MOderne Trevindu), som ledes av SINTEF Byggforsk, er varmekonduktiviteten til trevirke med ulike densiteter testet og undersøkt. Disse densitetene er ikke koblet mot fasthetsklasser, men ved å sammenligne densitetene fra MOT-prosjektet med tilsvarende densiteter gitt i Tabell 3 fra NS 3470-1 (Standard Norge 1999/2008), så vil alle vanlige fasthetsklasser (C18-C30) ha en varmekonduktivitet som på ca. 0,12 W/(mK).

Det er kun spesifisert dimensjonerende varmekonduktivitet for trevirke (gran, furu, o.l.) med densitet lik 500 kg/m³, hvilket tilsvarer 0,13 W/(mK) i Byggforskserien Byggdetaljer nr 471.010 (SINTEF Byggforsk 2003a). Denne verdien er videre lagt til grunn for beregning av varmegjennomgangskoeffisient (U-verdi) for vegger i Byggforskserien Byggdetaljer nr 471.012 (SINTEF Byggforsk 2003b). Denne kunstig høye λ -verdien kan igjen føre til at 48 mm tykk plank ikke blir anbefalt benyttet til stendervirke i de aktuelle tabeller. Dette vil igjen kunne ha negative konsekvenser i forhold til innfestning og spikerfeste.

Treteknisk mener det er godt dokumentert at varmekonduktiviteten for trevirke til og med fasthetsklasse C30 bør settes til 0,12 W/(mK). Det betyr at også 48 mm tykk plank kan benyttes i de aktuelle tabeller.

7.2 Kuldebro

Med kuldebro mener vi et begrenset parti av en bygningskonstruksjon som har vesentlig lavere varmemotstand enn konstruksjonen for øvrig. En kuldebro vil medføre en lokalt økt varmestrøm eller varmetap som vil øke den totale U-verdien til konstruksjonen. I en ytterveggskonstruksjon i tre vil trevirke fungere som en kuldebro, dvs. den har lavere varmemotstand enn isolasjonsmaterialet. Når vi skal sette inn vinduer/dører vil trerammen som dette skal settes inn i være en kuldebro (når vi ser bort i fra vinduet og døren i seg selv). Der det benyttes dobbel stender og i hjørneløsninger, vil treandelen også øke i forhold til resten av veggen. I forhold til endringene i TEK skal dette tas med i beregningen eksplisitt, mens den tidligere skulle inkluderes i U-verdien til veggen. I beregningseksemplene i kapittel 9 er kuldebroeffekten av enkel bunnsvill og toppsvill lagt inn i beregningen. Alle andre kuldebroeffekter må imidlertid beregnes separat.

Beregning av tilleggsvarmetapet for ulike typer kuldebroer kan beregnes etter NS-EN ISO 10211 (Standard Norge 2008). I tillegg finnes det en del beregnende verdier gitt i tabellform i Byggforskserien Byggdetaljer nr 471.017 (SINTEF Byggforsk 2008). Metoder for å bestemme kuldebroverdier er gitt i Byggforskserien Byggdetaljer nr 471.016 (SINTEF Byggforsk 1999).

En måte å beregne tilleggstapet for ytterveggskonstruksjoner i tre som for eksempel har spikerslag, kantbjelker, doble sviller eller ekstra stendere, er å øke prosent treandel som inngår i beregningene for U-verdi og på den måten fange opp tilleggstapet direkte.

7.3 Tykkere vegg og fukt

En tykkere vegg medfører mer trevirke i veggen, hvilket igjen tilfører bygget mer byggfukt. Tykkere veggkonstruksjon vil derfor også kreve lengre tid for uttørking før bygget kan lukkes. I denne tiden vil den samtidig også kunne være mer utsatt for tilført fukt fra regn og nedbør. Det kan derfor være aktuelt å vurdere om trevirke i tykkere veggkonstruksjoner bør tørkes ned mer enn per i dag for å minske tid til uttørking og raskere "lukking av bygget". Andre tiltak som midlertidige teltløsninger eller prefabrikering, vil også kunne sikre større kontroll under bygging og bidra til raskere fremdrift.

Selv om man har kontroll på fuktigheten til materialene som inngår i et bygg og sikrer bygget slik at man unngår oppfukning, så vil evt. luftlekkasjer være den største utfordringen for å unngå problemer med veggen. Det gjelder både om veggen har 200 mm eller 250 mm isolasjonstykkelse. Luftlekkasjer kan føre til at fuktig luft kommer ut i konstruksjonen. Dette kan medføre fuktproblemer i treverk, isolasjon og andre porøse materialer. Fukt som trekkes ut i konstruksjonen vil medføre at varmemotstanden til ytterveggskonstruksjonen også blir lavere så lenge den akkumulerer fukt. Varmekonduktiviteten til de ulike

materialene som inngår i veggkonstruksjonen henger nøye sammen med fuktinnholdet og vil dermed bli høyere etter hvert som fuktinnholdet øker.

Ved å måle lufttettheten under byggeprosessen, vil man ha bedre kontroll på om konstruksjonsdetaljene og utførelsen er i henhold til de detaljene som er utarbeidet. Det vil dermed også være mye lettere å gjøre tiltak underveis for å sørge for at luftlekkasjen er så lav som mulig.

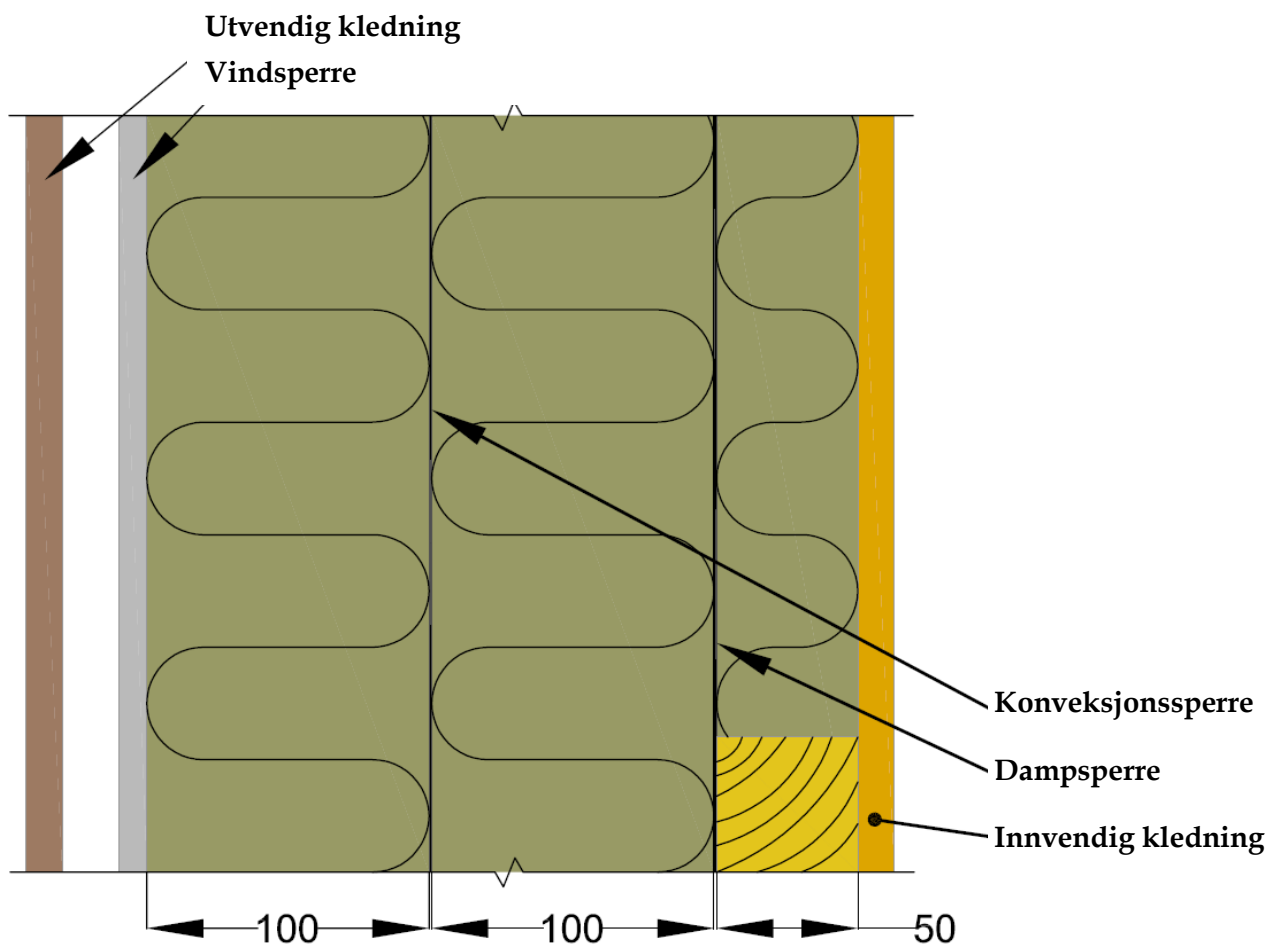
Effekten av å øke isolasjonstykkelsen mht. fukt og mulig muggvekstangrep på konstruksjonen er undersøkt av Uvsløkk (2008) gjennom en teoretisk parameterstudie for takkonstruksjoner. På grunn av skorsteinseffekten er dette et større problem i tak og øvre del av vegg enn på selve veggen i seg selv. I studien er parametre som ulike uteklime, inneklime og bygning og materialegenskaper undersøkt.

Studien viser at det for en takkonstruksjon er marginalt større muggvekstpotensial (dvs. antall døgn gjennom et år hvor fuktighetsnivået ligger i kritisk område). For en veggkonstruksjon vil denne effekten være mindre, med unntak av øvre del av veggen mot takkonstruksjonen.

7.4 Kaldere vegg

Ved å øke veggtykkelsen vil ytre del av veggen bli kaldere. Økt veggtykkelse vil også medføre økt naturlig sirkulasjon av luft inne i veggen (konveksjon). Denne økte konveksjonen vil for tykkere vegger medføre ekstra varmetap samt fuktfordeling øverst mot kald side av vegg. For å hindre denne uønskede effekten kan det legges inn en konveksjonssperre (lufttett og dampåpen) midt i isolasjonssjiktet.

Rent praktisk kan dette utføres ved å benytte to isolasjonssjikt, der det ene sjiktet har pålimt papir som vender inn mot midten av veggen. Dette er vist i Figur 2.



Figur 2. Eksempel på yttervegg med konveksjonssperre mellom isolasjonssjiktene.

7.5 Effekt av utlekting

Ved å benytte stender med kryssutlekting var det tidligere en oppfatning at U-verdien kunne reduseres med 0,01 W/(mK). Dette er endret, og konklusjonen er at retningen på utlektingen ikke har innvirkning på varmeisolasjonseffekten og dermed U-verdien til veggkonstruksjonen. Dette er også gjeldende i Byggforskserien Byggdetaljer nr 523.255 (SINTEF Byggforsk 2007).

Hensikten med utlekting er å få riktig veggtykkelse, og/eller spikerslag i riktig retning, avhengig av materiale på innvendig og/eller utvendig side. En annen fordel med utlekting mot varm side av veggen, er at dampspærren kan plasseres inne i veggen og dermed unngå punktering ved installering av skjult elektrisk anlegg.

7.6 Plassering av dampsperre

For ytterveggsløsninger med gjennomgående stender plasseres dampspærren mellom platelag og stender mot varm side. Dette for å hindre fukt fra inneklimateet i å komme ut i veggkonstruksjonen og skape fare for muggvekst.

Der det benyttes stender med utlekting mot varm side, kan dampspærren legges mellom stender og utlekting, så fremt ikke utlektingen har for stor tykkelse i forhold til stenderen. Som en tommelfingerregel bør maksimalt $\frac{1}{4}$ av all isolasjon monteres på varm side av dampspærren. Dvs. at for en vegg med isolasjonstykkel på 200 mm, bør ikke dampspærren ligge mer enn maksimalt 50 mm inn i veggen fra varm side. Tilsvarende for en veggtykkelse med isolasjonstykkel på 250 mm, bør dampspærren ikke ligge mer enn 60 mm inn i veggen fra varm side.

Stender med utlekting vil kunne medføre en mer lufttett konstruksjon enn med gjennomgående stender, ved at det er mindre fare for at dampspærren blir punktert.

8 Stenderdimensjoner og bæreevne

8.1 Beregningsgrunnlag

I det etterfølgende blir det presentert en rekke faktorer som har inngått i beregningene.

Pålitelighetsklasse

Valg av pålitelighetsklasse følger av NS 3490 (Standard Norge 2004) pkt. 2.2.3. Det er valgt pålitelighetsklasse 1 for disse beregningene, som er anbefalt klasse for småhus.

Klimaklasse

Klimaklasse er valgt fra NS 3470-1 (Standard Norge 1999/2008) pkt. 11.1.4. Det er her utført beregninger etter klimaklasse 1.

Materialfaktor

Materialefaktoren γ_m for trelast er satt til 1,3, etter NS 3470-1 (Standard Norge 1999/2008) pkt. 10.4.

Deformasjon av bunnsvill

Deformasjon av bunnsvill har blitt foretatt etter pkt 13.2.1 i NS 3470-1 (Standard Norge 1999/2008). Det er valgt en maksimal tillatt deformasjon på 2,0 mm. Det vil si at bunnsvillen kan få en lokal sammentrykning under stenderne på opptil 2,0 mm. Beregningene er utført med en tykkelse på bunnsvill på 48 mm. Dette er et konservativt valg. I beregningene som er foretatt er kontroll av bunnsvill aldri dimensjonerende.

Senteravstander og etasjehøyder

Det er valgt senteravstand på 600 mm både for stenderne i veggene og for takstoler.

Beregningsmessig etasjehøyde for stenderne er satt til 2,4 m. Laster fra etasjeskiller belaster også ytterveggen. Det er regnet med en maksimal lengde på etasjeskiller på 5 m, dvs. en lastbredde på 2,5 m.

Egenlaster

Tallverdiene for egenlast av tak med takstein, etasjeskiller og yttervegger er hentet fra Byggforskserien byggdetaljer nr 471.031. Følgende egenlast er benyttet:

- Egenlast av yttervegg: 0,5 kN/m²
- Egenlast av tak: 1,1 kN/m²
- Egenlast av etasjeskiller: 0,5 kN/m²

Nyttelast på etasjeskiller

Som nyttelast på etasjeskiller er det valgt 2,0 kN/m². Det er iht. NS 3491-1 (Standard Norge 1998/1999) pkt. 6.3.1.

Vindlast

Beregningsmessig vindlast er hentet fra NS 3491-4 (Standard Norge 2004). Det er gjort beregninger med to ulike referansevindhastigheter, v_{ref} : 24 m/s og 31 m/s. Beregningene er foretatt etter terrengkategori I. Det er regnet med en formfaktor for ytterveggene på 1,1 (summen av innvendig og utvendig). Det er benyttet en dimensjonerende vindlast på vegg på hhv. 1,41 kN/m² og 2,36 kN/m².

Snølast

Snølast på mark varierer i tabellene. Det er forutsatt snøfangere. Det betyr at man får en formfaktor på 0,8 uansett takvinkel. Dette gjelder altså for alle tak, fra flate og opp til 60 °. Det er regnet med en takvinkel på 30 °. Endring av takvinkelen spiller liten rolle på beregningsmessig husbredde.

8.2 Beregning og resultater

I beregningene er det forutsatt et småhus i to etasjer. Det er også forutsatt at taket bæres av takstoler som belaster langveggene. Tallverdiene i tabellene angir største spennlengde mellom bæreveggene/langveggene mhp. ulike stenderdimensjoner. Dersom taket bæres av taksperer opplagt på bjelker inne i bygget eller andre bærevegger, kan de oppgitte stendervalg til vegger benyttes til disse avstandene også.

Beregningsresultatene er presentert i Tabell 14-16 for hhv. C14, C18 og C24.

Det er angitt to ulike vindlaster. Den strengeste vindlasten dekker de aller fleste steder i Norge, mens den noe mindre strenge dekker et stort antall bygninger hvor man ikke har spesielt stor vindpåkjenning. Det er viktig å bemerke at man i ethvert byggeprosjekt skal beregne dimensjonerende vindlast.

Kontrollene i beregningene blir utført etter regler angitt i NS 3470-1 (Standard Norge 1999/2008).

Bæreevnen til veggstendere er begrenset av knekking ut på tvers av veggplanet og svilltrykket (trykk vinkelrett fiberretning). Stenderne blir belastet av vertikallast fra tak (egenlast og snø), etasjeskiller (egenlast og nyttelast) og egenlast i veggen, i tillegg til horisontallast fra vind. Det er forutsatt at veggstenderne er fastholdt mot knekking i veggplanet av veggkledning, spikerslag, o.l.

I tillegg til å kontrollere knekking, så må også svilltrykket kontrolleres, dvs. vertikallasten som stenderne belaster bunnsvillen med. For småhus kan svilltrykket kontrolleres i bruksgrensetilstand ved å tillate maksimal deformasjon i svillen på 2,0 mm, noe som gir større kapasitet og bæreevne enn ved kontroll av svilltrykket i bruddgrensetilstand.

Der det benyttes for eksempel ekstra bærebjelke midt i spennet for taket, kan lengdene økes noe. Tabellene gjelder kun for vertikale stendere. Ved eventuell utlekting er det i tabellen forutsatt at begge stendere er plassert vertikalt mellom topp- og bunnsvill.

Tabell 14-16 viser at kombinasjonen snølast og vindlast er dimensjonerende for maksimal husbredde for de ulike stenderdimensjoner.

Tabell 14. Maksimal husbredde for ulike stenderdimensjoner i fasthetsklasse C14 pga. dimensjonerende snølast, vindlast og tillatt deformasjon pga. svilleteyrykk lik 2,0 mm.

Husbredde i meter (m) for enkeltstående stender i fasthetsklasse C14							
Vindlast og svilleteyrykk	Snølast på mark [kN/m ²]	Dimensjon [mm]					
		48x123	36x148	48x148	36x198	48x198	
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteyrykk v/ 31 m/s	1,5	11,4	12,0	12,0	12,0	12,0	
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteyrykk v/ 31 m/s		2,0	9,8	12,0	12,0	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteyrykk v/ 31 m/s			2,5	8,6	10,6	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteyrykk v/ 31 m/s	3,0			7,7	9,4	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteyrykk v/ 31 m/s		3,5		6,9	8,5	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteyrykk v/ 31 m/s			4,0	6,3	7,7	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteyrykk v/ 31 m/s	4,5			5,8	7,1	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteyrykk v/ 31 m/s		5,0		5,4	6,6	11,6	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteyrykk v/ 31 m/s			6,0	4,7	5,7	10,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteyrykk v/ 31 m/s	7,0			4,1	5,0	8,9	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteyrykk v/ 31 m/s		8,0		3,7	4,5	8,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteyrykk v/ 31 m/s			9,0	3,3	4,1	7,2	11,3
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteyrykk v/ 31 m/s				1,1	1,8	4,9	9,2
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteyrykk v/ 31 m/s		1,0		1,6	4,4	8,4	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteyrykk v/ 31 m/s		11,2	12,0	12,0	12,0	12,0	

Tabell 15. Maksimal husbredde for ulike stenderdimensjoner i fasthetsklasse C18 pga. dimensjonerende snølast, vindlast og tillatt deformasjon pga. svilleteykk lik 2,0 mm.

Husbredde i meter (m) for enkeltstående stender i fasthetsklasse C18							
Vindlast og svilleteykk	Snølast på mark [kN/m ²]	Dimensjon [mm]					
		48x123	36x148	48x148	36x198	48x198	
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteykk v/ 31 m/s	1,5	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteykk v/ 31 m/s		2,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteykk v/ 31 m/s			2,5	12,0	12,0	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteykk v/ 31 m/s	3,0			12,0	12,0	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteykk v/ 31 m/s		3,5		11,3	12,0	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteykk v/ 31 m/s			4,0	10,2	12,0	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteykk v/ 31 m/s	4,5			9,4	11,0	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteykk v/ 31 m/s		5,0		8,7	10,2	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteykk v/ 31 m/s			6,0	7,6	8,9	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteykk v/ 31 m/s	7,0			6,7	7,8	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteykk v/ 31 m/s		8,0		6,0	7,0	11,3	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteykk v/ 31 m/s			9,0	5,4	6,4	10,3	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteykk v/ 31 m/s	9,0			3,0	3,8	7,4	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteykk v/ 31 m/s		9,0		12,0	12,0	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteykk v/ 31 m/s			9,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svilleteykk v/ 31 m/s	9,0			12,0	12,0	12,0	12,0

Tabell 16. Maksimal husbredde for ulike stenderdimensjoner i fasthetsklasse C24 pga. dimensjonerende snølast, vindlast og tillatt deformasjon pga. svillete trykk lik 2,0 mm.

Husbredde i meter (m) for enkeltstående stender i fasthetsklasse C24							
Vindlast og svillete trykk	Snølast på mark [kN/m ²]	Dimensjon [mm]					
		48x98	36x123	48x123	36x148	48x148	
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svillete trykk v/ 31 m/s	1,5	11,2	12,0	12,0	12,0	12,0	
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svillete trykk v/ 31 m/s		2,0	9,6	12,0	12,0	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svillete trykk v/ 31 m/s			2,5	8,4	12,0	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svillete trykk v/ 31 m/s	3,0			7,5	11,3	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svillete trykk v/ 31 m/s		3,5		6,8	10,2	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svillete trykk v/ 31 m/s			4,0	6,2	9,3	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svillete trykk v/ 31 m/s	4,5			5,7	8,5	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svillete trykk v/ 31 m/s		5,0		5,3	7,9	12,0	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svillete trykk v/ 31 m/s			6,0	4,6	6,9	11,3	12,0
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svillete trykk v/ 31 m/s	7,0			4,0	6,1	10,0	11,5
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svillete trykk v/ 31 m/s		8,0		3,6	5,4	9,0	10,3
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svillete trykk v/ 31 m/s			9,0	3,3	4,9	8,1	9,4
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svillete trykk v/ 31 m/s				1,4	2,7	5,7	6,7
Lite vind: 24 m/s Mye vind: 31 m/s Svillete trykk v/ 31 m/s				12,0	12,0	12,0	12,0

9 Ulike ytterveggsløsninger

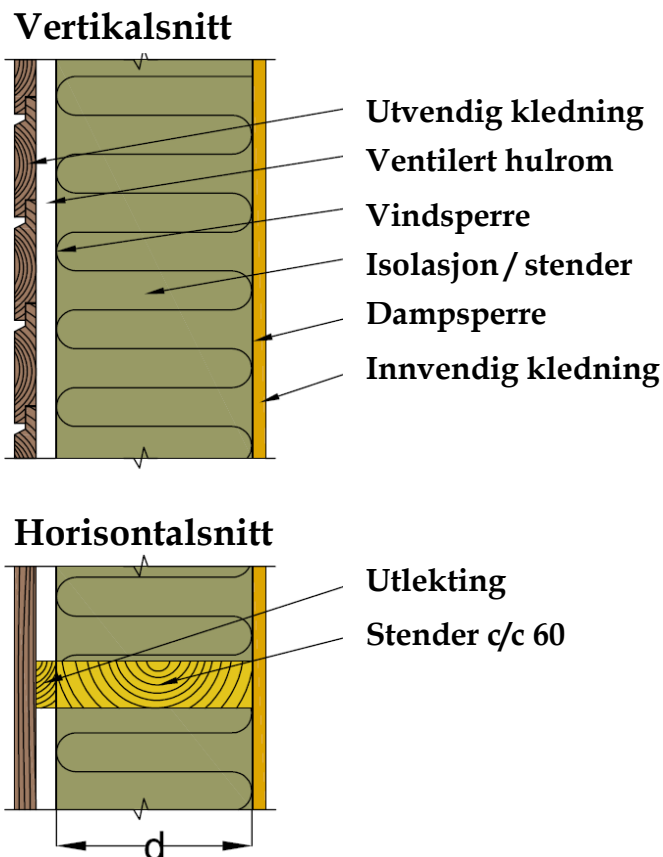
9.1 Generelt

Som nevnt i innledningen er det valgt å legge hovedfokus på ytterveggsløsninger i denne rapporten og del av prosjektet. Dette fordi gulv og tak ofte har mulighet til å benytte tykkere isolasjon enn hva bredden på bjelke/sperre er. Som vist i Tabell 3, er det et U-verdikrav til ytterveggen på $U \leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ for å tilfredsstille TEK-07 direkte. Dette kan oppnås ved bruk av 250 mm isolasjon.

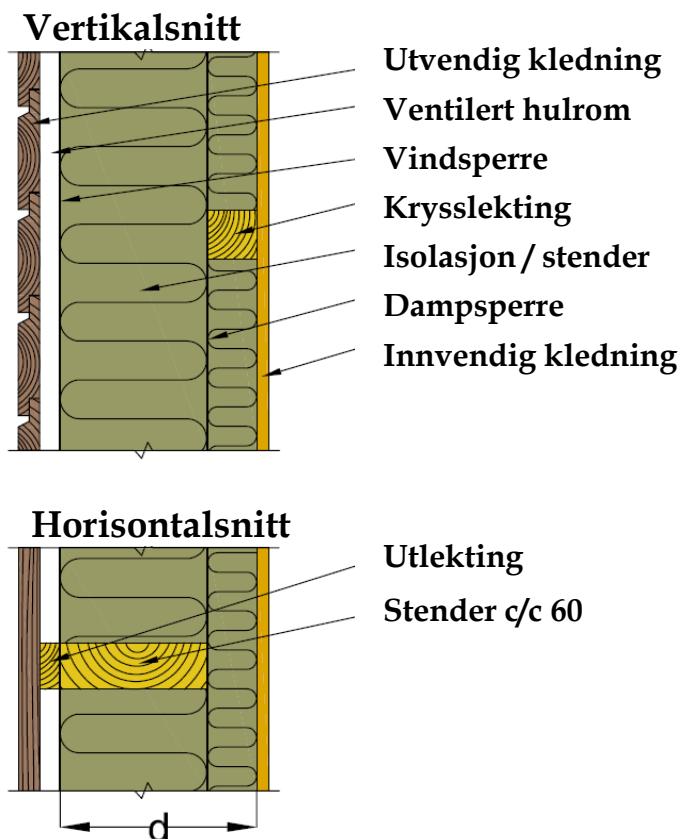
Minstekravet til U-verdi på ytterveggen, vist i Tabell 1, på $U \leq 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, kan oppnås ved bruk av 200 mm isolasjon. Som spørsmål 5 og 6 i spørreundersøkelsen viste, se Diagram 5 og Diagram 6, ønsker en stor del av de spurte å benytte heltre-stender og omfordeling av varmetapet. Dvs. veggsløsninger med 200 mm isolasjon.

I dette kapitlet er de fleste forskjellige stendervariantene for både 200 mm og 250 mm tykke vegger tatt med. Det beskrives både fordeler og ulemper ved hver av disse. Varmekonduktiviteten til trevirke (λ) er satt lik $0,12 \text{ W}/(\text{mK})$. I tabellen er det medregnet enkel topp- og bunnsvill (samme dimensjon som stender). Arealandel trevirke i prosent er gitt for hver løsning i tabellen. Det er ikke tatt hensyn til ΔU i tabellen, dvs. den er satt lik null. ΔU er eventuelle tillegg i U-verdien som tar hensyn til utilsiktede luftåpninger i isolasjonen. Verdier for ΔU kan beregnes ut fra Byggforskserien Byggdetaljer nr 471.008 (SINTEF Byggforsk 1998) eller NS-EN ISO 6946 (Standard Norge 2007) direkte. Dette tillegget utgjør fra $0,00 \text{ W}/(\text{mK})$ til $0,03 \text{ W}/(\text{mK})$. Hvis det benyttes porøs trefiberplate som vindtetting istedenfor papp/duk kan U-verdien i tabellen reduseres med $0,01 \text{ W}/(\text{mK})$.

Figur 3 og Figur 4 viser prinsipiell oppbygging av ytterveggskonstruksjon for henholdsvis gjennomgående stenderverksløsning og stender med utlekting.



Figur 3. Prinsipiell oppbygging av ytterveggskonstruksjon med gjennomgående stender.



Figur 4. Prinsipiell oppbygging av ytterveggskonstruksjon for stender med utlekting.

9.2 Veggløsning med 200 mm isolasjon

I Tabell 17 er U-verdi for ulike bindingsverksløsninger med total isolasjonstykkelik 200 mm vist. Løsninger som er markert med rød farge vil ikke tilfredssette minstekravet i TEK-07 og bør derfor ikke velges. Løsninger som baserer seg på 200 mm veggtykkelse vil ikke direkte klare kravet gitt i TEK-07 ($U \leq 0,18 \text{ W}/(\text{mK})$). Ved å benytte porøs trefiberplate istedenfor papp/duk som vindspærre, kan enkelte av løsningene klare minstekravet gitt i TEK-07. De fleste løsningene medfører at det må gjøres en omfordeling for å tilfredssette energi-kravet. Dette kan gjøres ved å øke lufttettheten, ved å ta den igjen i andre konstruksjonsdeler eller benytte bedre vinduer enn kravet. I omfordelingen kan det også tas hensyn til bedre varmegjenvinning. I Tabell 18 og Tabell 19 er det vurdert fordeler og ulemper for de ulike stenderdimensjonene med enten gjennomgående- eller utlektet stender.

Tabell 17. U-verdi for gjennomgående stendere og stendere med utlekting for forskjellig varmekonduktivitet til isolasjonssjiktet.

Stenderdimensjon	Treadel inkl. topp- og bunns vill	Isolasjonens varmekonduktivitet (λ -verdi) [W/mK]		
		$\lambda = 0,034$	$\lambda = 0,037$ (standard)*	$\lambda = 0,040$
d [mm]	A_{andel} [%]			
36x198	9,27	0,19	0,21	0,22
48x198	12,21	0,20	0,22	0,23
36x148+36x48	9,27	0,20	0,21	0,22
36x148+48x48	10,00	0,20	0,21	0,22
48x148+48x48	12,21	0,21	0,22	0,23
48x123+36x73	11,12	0,20	0,21	0,23
48x123+48x73	12,21	0,21	0,22	0,23

* Tilsvare Rockwool Flexi A-plate og Glava plate A 37

Tabell 18. Fordeler/ulemper ved gjennomgående stendere.

Fordeler	Ulemper
36 mm x 198 mm	
Ikke nødvendig med utlekting for å klare minstekrav i TEK	Klarer ikke krav i TEK direkte, må omfordele
Enklere å håndtere i forhold til vekt	Liten bredde kan gi problemer for innfesting og spikerslag (for eksempel platematerialer)
Arbeidsmessig enkelt å forholde seg til en stender	Kan ikke benytte inntrukket dampspærre
48 mm x 198 mm	
Ikke nødvendig med utlekting for å klare minstekrav i TEK	Klarer ikke krav i TEK direkte, må omfordele
God tykkelse for feste av platematerialer	Må benytte isolasjon med varmekonduktivitet 0,037 W/(mK) eller bedre
Arbeidsmessig enkelt å forholde seg til en stender	Forholdsvis tung å jobbe med. Kan ikke benytte inntrukket dampspærre

Tabell 19. Fordeler/ulempes ved stendere med utlekting.

Fordeler	Ulemper
36 mm x 148 mm + 36 mm x 48 mm	
Klarer minstekrav i TEK	Klarer ikke krav i TEK direkte, må omfordele
Inntrukket dampspærre og mindre luftlekkasje	Liten tykkelse for feste av platematerialer
	Må foreta to arbeidsoperasjoner
	Fare for å plassere utlekting feil (med 36 mm utlekting)
	Usikkerhet vedrørende bæreevne ved krysslekting
36 mm x 148 mm + 48 mm x 48 mm	
Klarer minstekrav i TEK	Klarer ikke krav i TEK direkte, må omfordele
Inntrukket dampspærre og mindre luftlekkasje	Må foreta to arbeidsoperasjoner
Utlekting gir god tykkelse for platemateriell	Usikkerhet vedrørende bæreevne ved krysslekting
48 mm x 148 mm + 48 mm x 48 mm	
Klarer minstekrav i TEK	Klarer ikke krav i TEK direkte, må omfordele
Inntrukket dampspærre og mindre luftlekkasje	Må benytte isolasjon med varmekonduktivitet 0,037 W/(mK) eller bedre
Utlekting gir god tykkelse for platemateriell	Må foreta to arbeidsoperasjoner
Kan krysslektes i forhold til bæreevne	Ved stor snølast bør stenderne ikke krysslektes pga. bæreevne
48 mm x 123 mm + 36 mm x 73 mm	
Klarer minstekrav i TEK	Klarer ikke krav i TEK direkte, må omfordele
Kan ikke benytte inntrukket dampspærre for denne løsningen (1/4 dels regelen)	Må benytte isolasjon med varmekonduktivitet 0,037 W/(mK) eller bedre
	Må foreta to arbeidsoperasjoner
	Stenderne bør ikke krysslektes pga. bæreevne
	Ukurant å feste utlekting til stender pga. 73 mm tykkelse
48 mm x 123 mm + 48 mm x 73 mm	
Klarer minstekrav i TEK	Klarer ikke krav i TEK direkte, må omfordele
Kan ikke benytte inntrukket dampspærre for denne løsningen (1/4 dels regelen!)	Må benytte isolasjon med varmekonduktivitet 0,037 W/(mK) eller bedre
	Må foreta to arbeidsoperasjoner
	Stenderne bør ikke krysslektes pga. bæreevne
	Ukurant å feste utlekting til stender pga. 73 mm tykkelse

9.3 Veggløsning med 250 mm isolasjon

I Tabell 20 er U-verdi for ulike bindingsverksløsninger med total isolasjonstykkelik 250 mm vist.

De aller fleste løsningene klarer kravet gitt i TEK-07 direkte, og det er ikke behov for kompensierende tiltak i andre deler av bygget. Løsninger som er markert med blå farge vil ikke tilfredsstillere kravet i TEK-07 direkte, men vil kunne gjøre det ved å bytte ut vindtetting i papp/duk med porøs trefiberplate.

Tabell 20. U-verdi for gjennomgående stendere og stendere med utlekting for forskjellig varmekonduktivitet til isolasjonssjiktet.

Stenderdimensjon	Treadel inkl. topp- og bunnsvill	Isolasjonens varmekonduktivitet λ [W/mK]		
		$\lambda = 0,034$	$\lambda = 0,037$ (standard)*	$\lambda = 0,040$
d [mm]	A _{andel} [%]			
36x248	9,27	0,16	0,17	0,18
48x248	12,21	0,17	0,18	0,19
36x198+36x48	9,27	0,16	0,17	0,18
36x198+48x48	9,85	0,16	0,17	0,18
48x198+48x48	12,21	0,17	0,18	0,19
36x148+36x98	9,27	0,16	0,17	0,18
36x148+48x98	10,45	0,16	0,17	0,18
48x148+36x98	11,05	0,16	0,17	0,18
48x148+48x98	12,21	0,17	0,18	0,19
36x123+36x123	9,27	0,16	0,17	0,18
36x123+48x123	10,75	0,16	0,17	0,18
48x123+48x123	12,21	0,17	0,18	0,19

* Tilsvarende Rockwool Flexi A-plate og Glava plate A 37

I Tabell 21 og Tabell 22 er det vurdert fordeler og ulemper for de ulike stenderdimensjonene med enten gjennomgående- eller utlektet stender.

Tabell 21. Fordeler/ulempes ved gjennomgående stendere.

Fordeler	Ulemper
36 mm x 248 mm	
Klarer krav direkte i TEK-07	Liten tykkelse for feste av platematerialer
Håndtering	Kan ikke benytte inntrukket dampspærre
	Tilgjengelighet
	Produksjonsmessig utfordrende
	Kan være mangel på råstoff
48 mm x 248 mm	
Klarer krav direkte i TEK-07	Må benytte isolasjon med varmekonduktivitet 0,037 W/(mK) eller bedre
God tykkelse for feste av platematerialer	Noe tyngre å håndtere enn 36 mm tykkelse
	Kan ikke benytte inntrukket dampspærre
	Tilgjengelighet
	Produksjonsmessig utfordrende
	Kan være mangel på råstoff

Tabell 22. Fordeler/ulempes ved stendere med utlekting.

Fordeler	Ulemper
36 mm x 198 mm + 36 mm x 48 mm	
Klarer krav direkte i TEK-07	Liten tykkelse for feste av platemateriell
Inntrukket dampspærre	Må foreta to arbeidsoperasjoner
Kan krysslekte mht. bæreevne	Fare for å plassere utlekting feil (med 36 mm utlekting)
36 mm x 198 mm + 48 mm x 48 mm	
Klarer krav direkte i TEK-07	Må foreta to arbeidsoperasjoner
Inntrukket dampspærre	
Kan krysslekte mht. bæreevne	
God tykkelse for feste av platematerialer	
48 mm x 198 mm + 48 mm x 48 mm	
Klarer krav direkte i TEK-07	Må benytte isolasjon med varmekonduktivitet 0,037 W/(mK) eller bedre
Inntrukket dampspærre	Må foreta to arbeidsoperasjoner
Kan krysslekte mht. bæreevne	Forholdsvis tung å jobbe med
God tykkelse for feste av platematerialer	
36 mm x 148 mm + 36 mm x 98 mm	
Klarer krav direkte i TEK-07	Kan ikke benytte inntrukket dampspærre
	Liten tykkelse for feste av platematerialer
	To stendere å forholde seg til
	Håndtering av to stendere
	Begge stenderne bør være vertikale pga. bæreevne
36 mm x 148 mm + 48 mm x 98 mm	
Klarer krav direkte i TEK-07	Kan ikke benytte inntrukket dampspærre
God tykkelse for feste av platematerialer	Må foreta to arbeidsoperasjoner
	Ukurant å feste utlekting til stender pga. 98 mm tykkelse
	Begge stenderne bør være vertikale pga. bæreevne

48 mm x 148 mm + 36 mm x 98 mm	
Klarer krav direkte i TEK-07	Kan ikke benytte inntrukket dampspærre
	Liten tykkelse for feste av platematerialer
	Må foreta to arbeidsoperasjoner
	Ukurant å feste utlekting til stender pga. 98 mm tykkelse
	Ved store snølaster bør begge stenderne være vertikalt bærende
48 mm x 148 mm + 48 mm x 98 mm	
Klarer krav direkte i TEK-07	Må benytte isolasjon med varmekonduktivitet 0,037 W/(mK) eller bedre
God tykkelse for feste av platematerialer	Kan ikke benytte inntrukket dampspærre
	Må foreta to arbeidsoperasjoner
	Ukurant å feste utlekting til stender pga. 98 mm tykkelse
	Ved store snølaster bør begge stenderne være vertikalt bærende
36 mm x 123 mm + 36 mm x 123 mm	
Klarer krav direkte i TEK-07	Kan ikke benytte inntrukket dampspærre
Kan lett plassere konveksjonssperre	Må foreta to arbeidsoperasjoner
Logistikk på byggeplass	Begge stenderne må være vertikale pga. bæreevne
Kun nødvendig med en isolasjonstykkelse til ytterveggen	
36 mm x 123 mm + 48 mm x 123 mm	
Klarer krav direkte i TEK-07	Kan ikke benytte inntrukket dampspærre
God tykkelse for feste av platematerialer	Må foreta to arbeidsoperasjoner
Kan lett plassere konveksjonssperre	Begge stenderne må være vertikale pga. bæreevne
Logistikk på byggeplass	
Kun nødvendig med en isolasjonstykkelse til ytterveggen	
48 mm x 123 mm + 48 mm x 123 mm	
Klarer krav direkte i TEK-07	Må benytte isolasjon med varmekonduktivitet 0,037 W/(mK) eller bedre
God tykkelse for feste av platematerialer	Kan ikke benytte inntrukket dampspærre
Kan lett plassere konveksjonssperre	Må foreta to arbeidsoperasjoner
Logistikk på byggeplass	Begge stenderne må være vertikale pga. bæreevne
Kun nødvendig med en isolasjonstykkelse til ytterveggen	

10 Anbefalte løsninger

Basert på spørreundersøkelsen, råstofftilgang, produksjonsutstyr og punktene i kapittel 9 presenteres de løsningene som vi mener er mest aktuelle i praktisk bruk:

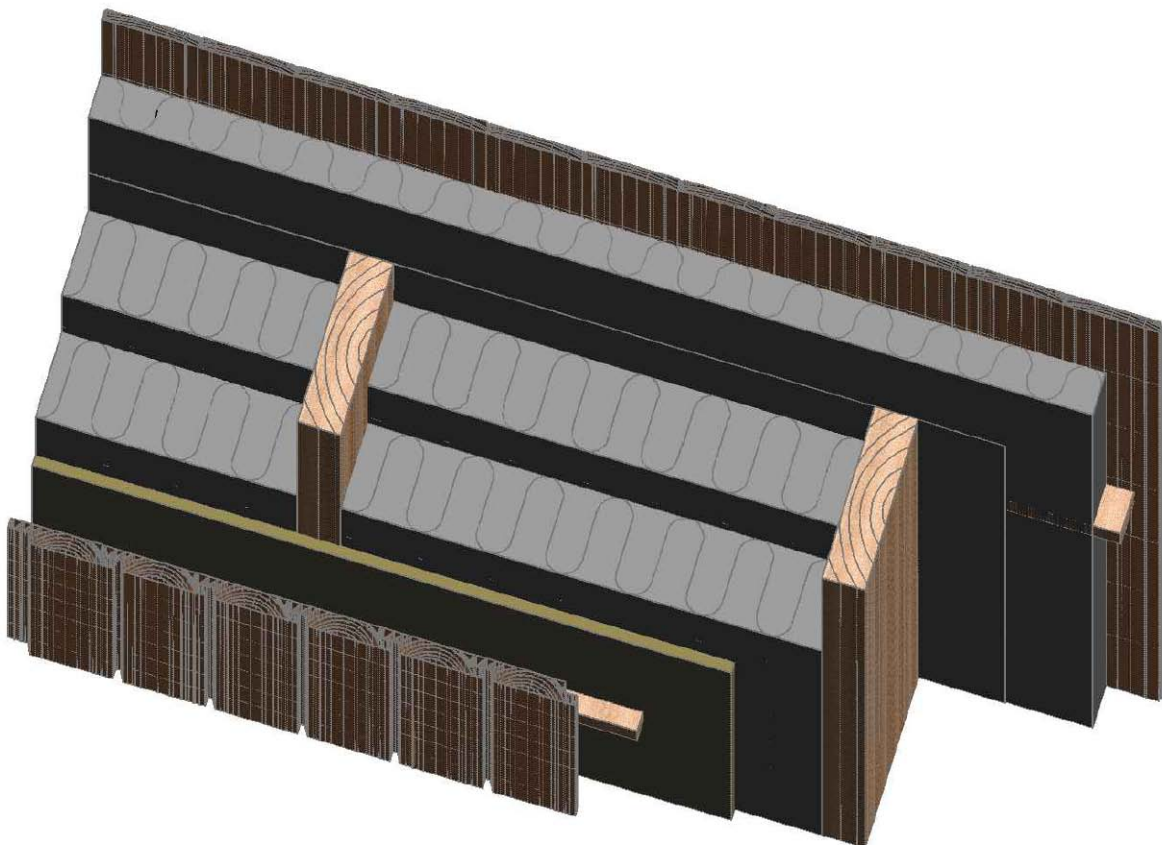
Veggløsning med 200 mm isolasjon

- 36 mm/48 mm x 198 mm
- 36 mm/48 mm x 148 mm + 48 mm x 48 mm

Veggløsning med 250 mm isolasjon

- 36 mm/48 mm x 198 mm + 48 mm x 48 mm
- 48 mm x 123 mm + 48 mm x 123 mm

Totalt sett virker en veggløsning med 36/48 mm x 198 mm stender og 48 mm x 48 mm som innvendig utlekting, enten vertikalt eller horisontalt, og med inntrukket dampsperre som den mest sannsynlige bindingsverksoppbygging ved innføringen av TEK-07. Prinsippet er vist i Figur 5.



Figur 5. Yttervegg med innvendig horisontal utlekting og inntrukket dampsperre.

Referanser

- Bramming, J. 2006. Fysiske og mekaniske egenskaper hos norsk gran og furu – en aktivitet i SSFF-prosjektet – Physical and mechanical properties in Norwegian spruce and pine – An activity in the SSFF project. Treteknisk rapport nr. 65. Norsk Treteknisk Institutt, 2006.
- SINTEF Byggforsk. 1997. Byggforskserien Byggdetaljer nr 471.031 Egenlaster for bygningsmaterialer, byggevarer og bygningsdeler.
- SINTEF Byggforsk. 1998. Byggforskserien Byggdetaljer nr 471.008 Beregning av U-verdier etter NS-EN ISO 6946
- SINTEF Byggforsk. 1999. Byggforskserien Byggdetaljer nr 471.016 Kuldebroer. Metoder for å bestemme kuldebroverdi.
- SINTEF Byggforsk. 2003a. Byggforskserien Byggdetaljer nr 471.010 Varmekonduktivitet og varmemotstand for bygningsmaterialer.
- SINTEF Byggforsk. 2003b. Byggforskserien Byggdetaljer nr 471.012 U-verdier. Vegger over terreng.
- SINTEF Byggforsk. 2007. Byggforskserien Byggdetaljer nr 523.255 Bindingsverk av tre. Varmeisolering og tetting.
- SINTEF Byggforsk. 2008. Byggforskserien Byggdetaljer nr 471.017 Kuldebroer. Tabeller med kuldebroverdier.
- Standard Norge. 1998/1999. NS 3491-1:1998/ A1:1999. Prosjektering av konstruksjoner – Dimensjonerende laster – Del 1: Egenlaster og nyttelaster (innbefattet rettelsesblad A1:1999).
- Standard Norge. 1999/2008. NS 3470-1:1999/ A1:2008. Prosjektering av trekonstruksjoner – Beregnings- og konstruksjonsregler – Del 1: Allmenne regler.
- Standard Norge. 2002. NS 3491-4:2002. Prosjektering av konstruksjoner – Krav til pålitelighet.
- Standard Norge. 2003. NS-EN 338:2003. Konstruksjonstrevirke – Styrkeklasser.
- Standard Norge. 2004. NS 3491-4:2004. Prosjektering av konstruksjoner – Dimensjonerende laster – Del 4: Vindlaster.
- Standard Norge. 2007. NS-EN ISO 6946. Bygningskomponenter og -elementer – Varmemotstand og varmegjennomgang – Beregningsmetode (ISO 6946:2007).

- Standard Norge. 2008. NS-EN ISO 10211:2007. Kuldebroer i bygningskonstruksjoner – Varmestrømmer og overflatetemperaturer – Detaljerte beregninger (ISO 10211:2007).
- Standard Norge. 2008. NS-EN ISO 10456:2007. Byggematerialer og -produkter – Hygrotermiske egenskaper – Tabulerte dimensjonerende verdier og prosedyrer for bestemmelse av deklarererte og praktiske verdier (ISO 10456:2007).
- Statens bygningstekniske etat. 1997. Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk (TEK).
<http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-19970122-0033.html>.
- Uvsløkk, S. 2008. Selvuttørkingsmekanismer for kompakte tak. Prosjektrapport 19. SINTEF Byggforsk, 2008.