

# Retningslinjer for forankring av prefabrikkerte elementer i tre (TES-elementer) til fasader ved oppgradering

Prosjektrapport 114

2013



SINTEF Byggforsk

Svein Terje Kolstad og Berit Time

# **Retningslinjer for forankring av prefabrikkerte elementer i tre (TES-elementer) til fasader ved oppgradering**

Prosjektrapport 114 – 2013

Prosjektrapport nr. 114

Svein Terje Kolstad og Berit Time

**Retningslinjer for forankring av prefabrikkerte elementer i tre  
(TES-elementer) til fasader ved oppgradering**

Prosjektnr.: 102000603

Emneord:

Prefabrikkerte elementer, tre, forankring, bæreevne

ISSN 1504-6958

ISBN 978-82-536-1321-5 (pdf)

Omslagsillustrasjon: Trebyggeriet

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2013

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](http://www.sintef.no/byggforsk)

## Forord

---

Arbeidet i denne prosjektrapporten er utført innenfor prosjektet *smartTES – Innovation in timber construction for the modernisation of the building envelope* ([www.tesenergyfacade.com](http://www.tesenergyfacade.com) )

En spesiell takk til Tore Myrland Jensen for kvalitetssikring av rapporten.

Trondheim, 30. januar 2013

Berit Time  
Prosjektleder  
SINTEF Byggforsk

## **Sammendrag**

---

Denne rapporten omhandler prinsipp for beregning av lastpåvirkning og kontroll av bæreevne for innfesting av trebaserte isolerte fasadeelementer (også kalt TES-elementer) ved oppgradering av bygninger.

## Innhold

---

<b>FORORD</b> .....	<b>3</b>
<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>4</b>
<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>6</b>
1.1 FORMÅL OG OMFANG.....	6
1.2 BAKGRUNN.....	6
1.3 HENVISNINGER .....	6
1.4 DOKUMENTASJON AV PRODUKTEGENSKAPER.....	7
<b>2 PREFABRIKerte TRE-BASERTE FASADEELEMENTER (TES-ELEMENTER).....</b>	<b>8</b>
2.1 OPPBYGNING .....	8
2.2 EKSISTERENDE BYGNING OG BÆRESYSTEM .....	8
2.3 PRINSIPP FOR MONTERING AV TES-ELEMENTER .....	9
<b>3 LASTER OG LASTVIRKNINGER</b> .....	<b>10</b>
3.1 LASTSITUASJON FOR ANBEFALT INNFESTING .....	10
3.2 LASTER PÅ FASADEELEMENTER .....	10
<b>4 FORANKRING AV FASADEELEMENTER TIL BETONGVEGG</b> .....	<b>12</b>
4.1 GENERELT OM FORANKRING AV FASADEELEMENTER TIL BETONGVEGGER .....	12
<b>5 KAPASITETSKONTROLL AV FASADEELEMENTER</b> .....	<b>14</b>
5.1 GENERELT OM KAPASITETSKONTROLL AV FASADEELEMENTER .....	14
<b>LITTERATUR</b> .....	<b>15</b>

## 1 Innledning

---

### 1.1 Formål og omfang

Denne rapporten angir retningslinjer for forankring av isolerte trebaserte fasadeelementer (TES-elementer) til eksisterende bygg ved oppgradering. Det er vist prinsipp for beregning av lastpåvirkning og kontroll av bæreevne for innfesting av TES elementer til eksisterende bæresystem i betong.

### 1.2 Bakgrunn

Dersom vi skal nå de politiske mål om drastisk reduksjon av energiforbruket i bygninger, må det utvikles løsninger som effektivt kan forbedre varmeisolasjon i vegger og tak i eksisterende bygninger fordi 80 % av de bygningene vi skal leve med i 2050 allerede er bygd. Prosjektet smartTES, en videreutvikling av prosjektet TES Energy Facade sitt mål er å utvikle prefabrikkerte trebaserte elementer (TES-elementer) til forbedring av energi-effektiviteten i bygninger. Prosjektet utvikler også kunnskap knyttet til planlegging og bruk av TES-elementer til oppgradering av bygninger. Se også prosjektets nettside [www.tesenergyfacade.com](http://www.tesenergyfacade.com).

### 1.3 Henvisninger

Lov om planlegging og byggesaksbehandling, PBL

Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift), TEK10

Standarder:

- NS-EN 1990 + NA *Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner*
- NS-EN 1991-1-1 + NA *Eurokode 1: Laster på konstruksjoner – Del 1-1: Allmenne laster – Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger*
- NS-EN 1991-1-3 + NA *Eurokode 1: Laster på konstruksjoner – Del 1-3: Allmenne laster – Snølaster*
- NS-EN 1991-1-4 + NA *Eurokode 1: Laster på konstruksjoner – Del 1-4: Allmenne laster – Vindlaster*
- NS-EN 1995-1-1 + NA *Eurokode 5: Prosjektering av trekonstruksjoner- Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger.*

Byggdetaljer

- 471.031 *Egenlaster for bygningsmaterialer, byggevarer og bygningsdeler*
- 471.043 *Vindlaster på bygninger*
- 471.044 *Vindlaster på bygninger. Forenklet beregning av vindhastighetstrykk*
- 520.241 *Vindforankring og vindavstivning av småhus av tre*
- 523.254 *Utfyllende bindingsverk*
- 573.144 *Forankring i betong*

Referanse for illustrasjoner:

- *TES EnergyFaçade – prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope* gefördert von: Woodwisdom Net Forschungsprojekt von 2008-2009. <http://www.tesenergyfacade.com/>
- *Trebyggeriet AS: Metodebeskrivelse for prosjektering, prefabrikasjon og montasje av fasadeelementer for Fredrik Selmersvei 4*

#### **1.4 Dokumentasjon av produktegenskaper**

TEK10 krever at produktegenskaper som er av betydning for de grunnleggende kravene til byggverk skal være dokumentert før produktet omsettes og brukes.

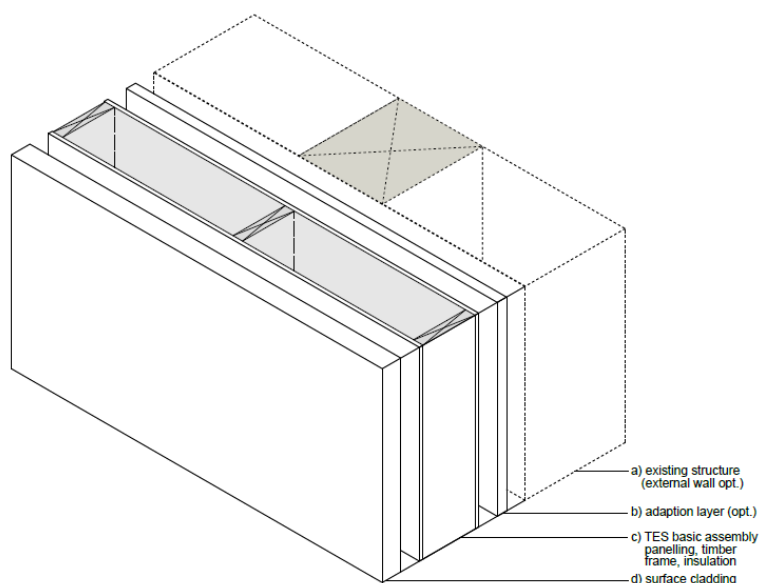
Sammensatte og lukkede byggevarer, som TES-elementer, er vanskelig å kontrollere på byggeplass. De har også stor betydning for kvaliteten til byggverket som helhet. Slike byggevarer plasseres i et lavt system for samsvarsbekreftelse, og omfanget av produkt-dokumentasjonen blir da mer omfattende enn for enklere byggevarer. Det betyr at et teknisk kontrollorgan må ivareta flere funksjoner, som for eksempel å utføre innledende typetesting av produktets relevante egenskaper, foreta innledende produksjonskontroll, overvåke produsentens system for produksjonskontroll og/eller utarbeide en teknisk godkjenning, f.eks. en SINTEF Teknisk Godkjenning.



## 2 Prefabrikkerte tre-baserte fasadeelementer (TES-elementer)

### 2.1 Oppbygning

TES-elementer er prefabrikkerte elementer som består av isolert stenderverk i tre, innvendig er det et platelag og utvendig er det vindsperre og utlekta kledning. Elementene er selvbærende, men monteres vanligvis til eksisterende bærekonstruksjon. Mellom TES-elementet og den eksisterende veggen monteres vanligvis et mykt materialsjikt for å hindre hulrom og for å ta opp ujevnheter.



149. Layers of a typical TES façade.

Fig 1 Prinsippell oppbygning av TES-elementer

### 2.2 Eksisterende bygning og bæresystem

Vertikalt bæresystem på eksisterende bygning kan skilles i to typer:

- A. Bæring ved hjelp av innvendige søyler/vegger (skjelett)
- B. Bæring ved hjelp av yttervegger (skall)

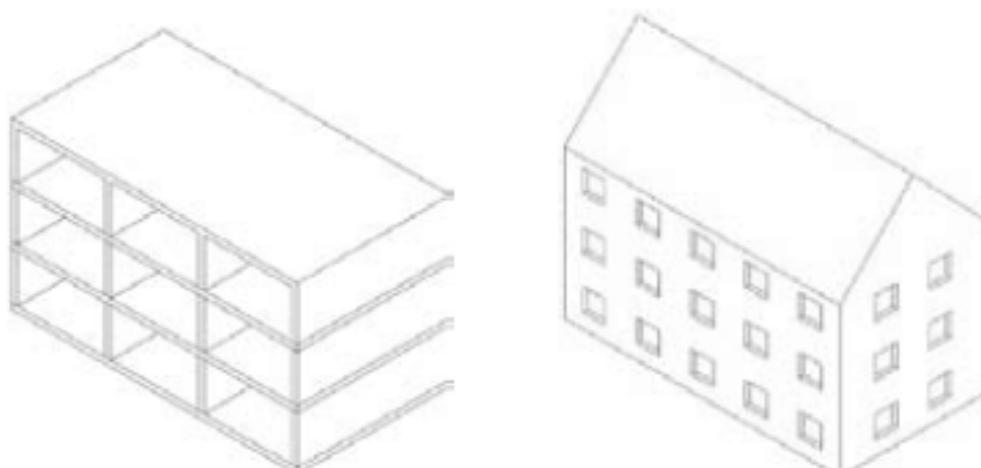


Fig 2 Ulike hovedbæresystem for eksisterende bygning

### 2.3 Prinsipp for montering av TES-elementer

Aktuelle prinsipper for montering av TES elementer er:

1. Hengende fra toppen, egenlasten av elementene tas opp i toppen av bygningen
2. Etasjevis montering
3. Stående, vertikallaster fra elementene overføres til fundament/eksisterende konstruksjon i nederst på bygningen
4. Stående etasjevis, vertikallast fra hvert etasjeelement tas opp i hver etasjeskiller

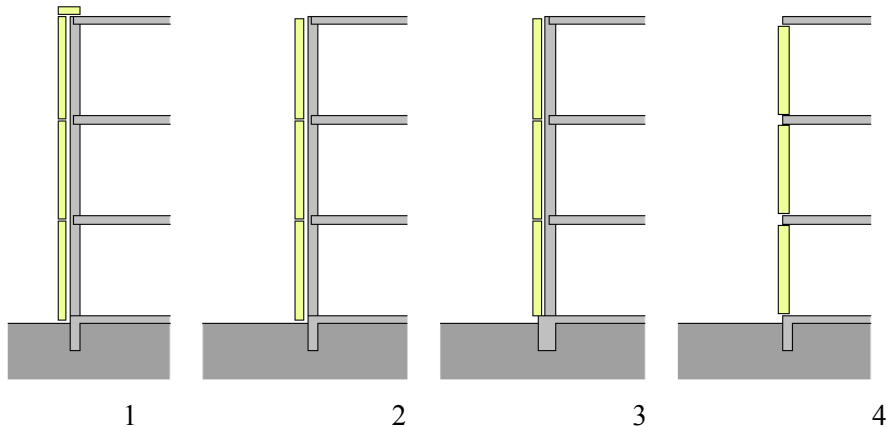


Fig 3 Ulike prinsipper for forankring av TES elementer

1-3 er typisk aktuelle for bæresystem A gitt i seksjon 3.2, mens prinsipp 4 er typisk aktuelt for bæresystem B gitt i seksjon 3.2.

### 2.4 Tilleggslaster på eksisterende bygning og bæresystem

Montering av TES elementer vil gi økte laster på eksisterende bygning og dens bæresystem. Videre kan det være aktuelt å gjøre endringer som kan påvirke bæreevnen til eksisterende bygning. Det må derfor utføres beregninger for å sjekke om dette er akseptabelt, og dette kan også påvirke valgt av prinsipp for monteringa av TES-elementene.

### 3 Laster og lastvirkninger

---

#### 3.1 Lastsituasjon for anbefalt innfesting

Det anbefales at hvert fasadeelement festes til eksisterende bærekonstruksjon slik at det ikke overføres krefter fra et element til et annet. Slik får man en rydding lastsituasjon, og usikkerhet med hensyn til hvor store krefter eller bevegelser som overføres til/fra tilstøtende elementer bortfaller. Det anbefales videre at forankringen til betongvegg gjøres slik at det ikke oppstår tvangskrefter ved endringer i fukt og temperatur (se kap. 3.2 nedenfor). Selve forankringen bør dermed velges slik at bevegelser kan opptas. (Alternativt må forankrings-systemet kunne ta opp fastholdingskreftene).

Hvis fasadeelementene festes til hverandre (eller inntil hverandre) kan krefter overføres fra element til element. I dette tilfellet kan laster overføres som trykkrefter vertikalt nedover via fasadeelementene til sokkel under nederste element. Forankringen av horisontale krefter til betongvegg kan gjøres uavhengig av eventuell vertikale bevegelser ved bruk av slisser ved innfestingen. Ved store vegg høyder kan det bli store lengdeendringer i elementene, og det må kontrolleres at disse er akseptable.

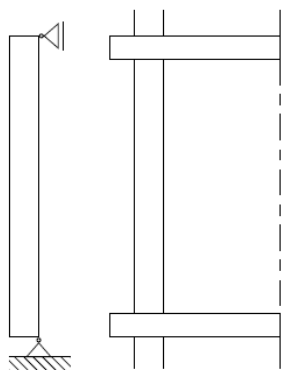


Fig 4 Prinsipp for innfesting av TES elementer: I bunnen tar innfestingen opp horisontal last og all vertikal last. I toppen tar infestingen opp horisontal last.

#### 3.2 Laster på fasadelementer

Laster på konstruksjoner er generelt gitt i NS-EN 1991-1-1 til -4 (Eurokode 1).

Fasadeelementer er normalt påvirket av følgende laster:

- Vindlast
- Egenlast
- Eventuelle tvangskrefter

I spesielle tilfeller kan det også være aktuelt å ta hensyn til snølast.

**Vindlast** er tidsavhengig og virker direkte på de ytre overflatene av en lukket konstruksjon.

Vindtrykket eller -suget utøver krefter normalt på overflaten til konstruksjonen eller på deler av konstruksjonen. Vindlast på bygninger defineres basert på NS-EN 1991-1-4 og er også beskrevet i Byggdetaljer 471.043. Generelt beregnes vindlast basert på byggested, omliggende terreng (ruhet) og byggets utforming.

**Egenlaster** beregnes ut fra oppbygningen av konstruksjonen og materialenes tyngdetett og dimensjoner. Egenlaster på bygninger defineres basert på NS-EN 1991-1-1, og egenlaster for bygningsmaterialer, byggevarer og bygningsdeler er beskrevet i Byggedetaljer 471.031.

Fukt- og temperaturrendringer vil gi utvidelse/krymp av materialer. Effekter av dette må vurderes ved valg av innfestingsmetode og lastberegning for fasadeelementer. Ved fasadeelementer som ikke er fastholdt mot utvidelse/krymp vil det ikke oppstå **tvangskrefter**. For fasadeelementer som er forankret slik at utvidelse/krymp blir forhindre, vil slike tvangskrefter oppstå. Slike fastholdningskrefter vil virke i veggplanet.

Tvangskrefter på tvers av elementene (ut av planet) kan oppstå f.eks. hvis fasadeelementer blir festet inntil betongvegg som ikke er plan. Ved store ujevnheter kan det være aktuelt å gjøre individuelle tilpassinger for hvert element for å redusere slike tvangskrefter.

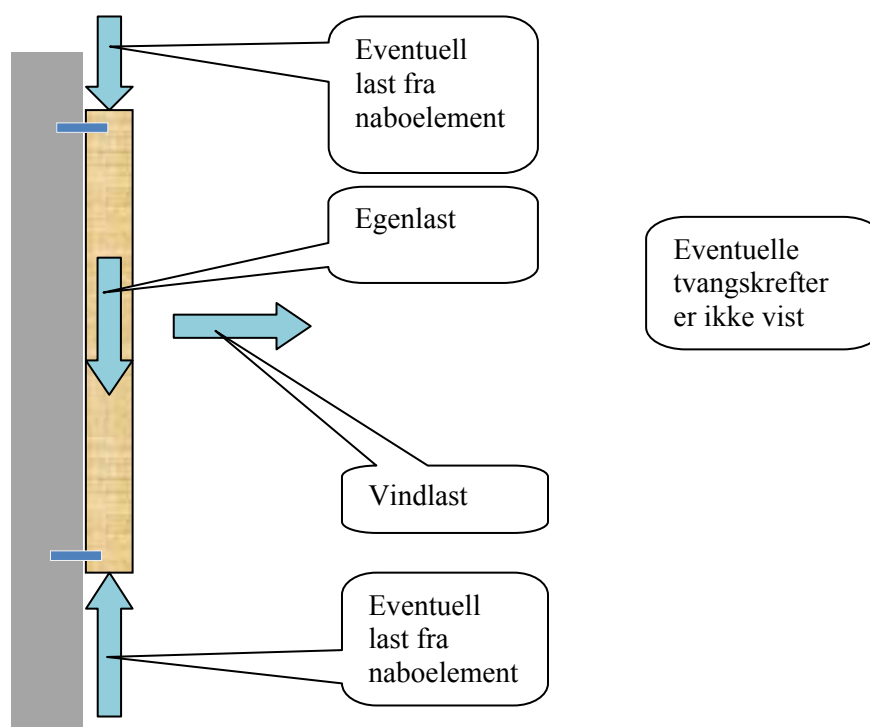


Fig 5 Ytre laster på fasadeelement

For å synliggjøre effekten av endring i fukt- og temperatur på bevegelser/tvangskrefter er det regnet på et eksempel med et veggelement med høyde 12 m og med stendere (C24) dimensjon 48 mm x 300 mm. For sammenligning vil typisk egenlast for et slikt veggelement være 5 kN fordelt pr stender med senteravstand 0,60 m.

- Ved en økning i middeltemperatur i stenderne på 10 °C vil det oppsto en forlengelse av stenderen på 6 mm hvis elementet er fritt til å bevege seg. Nødvendig kraft for å totalt forhindre forlengelse av stenderen i dette tilfellet er 53 kN. (Basert på en temperaturutvidelseskoeffisient på  $5 \cdot 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ ).
- Ved en økning i midlere trefuktighet i stenderne på 3 % vil det oppsto en forlengelse av stenderen på 4 mm hvis elementet er fritt til å bevege seg. Nødvendig kraft for å totalt forhindre forlengelse av stenderen i dette tilfellet er 32 kN. (Basert på en lengdeutvidelse på 0,01 % for 1 % fuktighetsøkning).

Ut ifra størrelsen på kreftene som er nødvendig for å forhindre forlengelse, anbefales det å benytte en innfestingsmetode som tillater en viss forlengelse av elementene slik at man kan se bort ifra krefter nødvendig for å hindre forlengelser. For ikke å få store bevegelser, er det fornuftig å begrense lengde (høyden) på elementene, og ikke sammenkoble elementene slik at bevegelser blir akkumulert.

Ved montering (oppeising etc.) vil elementene bli utsatt for krefter som må tas hensyn til. Dette må vurderes spesielt for det enkelte prosjekt basert på aktuell monteringsmåte.

## 4 Forankring av fasadeelementer til betongvegg

### 4.1 Generelt om forankring av fasadelementer til betongvegger

Forankring i betong er beskrevet i Byggedetaljer 573.144. Forankringskapasitet til festemidlene i betong fastsettes ved prøving, og grunnlaget for utregning av kapasiteten er retningslinjene gitt i ETAG "Metal anchors for use in Concrete". Kapasiteten av forankringen er avhengig av både stålets kapasitet og betongens kapasitet, og tar hensyn til bl.a. om betongen er risset/urisset, avstand mellom forankringen, kantavstander og betongens og stålets styrkeegenskaper. Generelt avhenger sikkerhetsnivået av belastningstype og hvor alvorlig bruddkonsekvensene vil være.

Ved innfestingsmetode til betongvegger, kan det for eksempel benyttes vinkelstål/stålvinkler og ankre/skruer som er beregnet for innfesting til betong. Slik vil man få et ryddig belastningsbilde for festemidlet til betongen. I dette tilfellet vil lasten på festemidlet hovedsakelig være skjærkrefter og aksialkrefter. Ved bruk av slisser (ovale hull) i vinkelstålet ved innfestingen, vil man redusere usikkerhet med hensyn til hvilke tvangskrefter som kan oppstå.

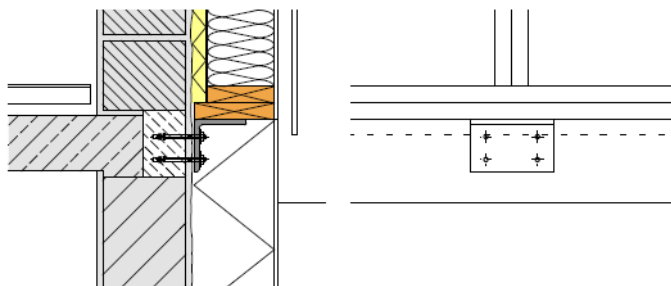


Fig 6 Utvendig innfesting av fasadelement

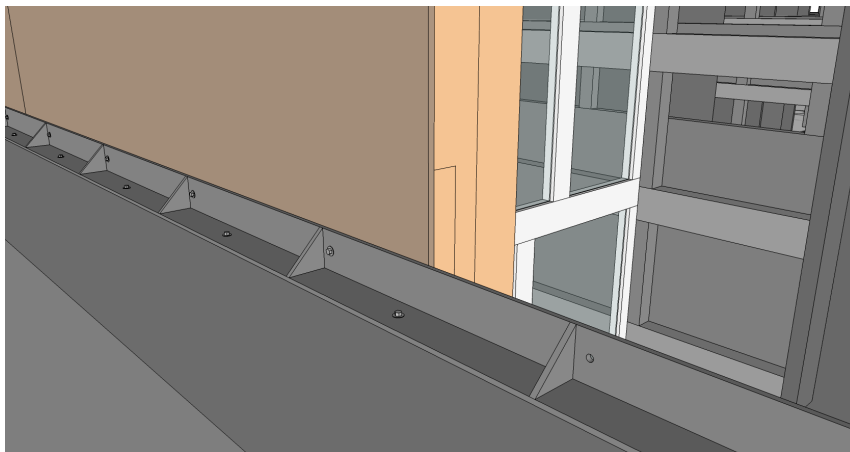


Fig 7 Eksempel på i innvendig innfesting av fasadeelement

Man kan eventuelt velge å bruke ankre/bolter gjennom stenderne i fasadeelementene. Da må man ta hensyn til at vertikalkraften som skal overføres fra veggelementene angriper i en gitt avstand fra betongveggen og dermed gir momentkrefter på ankret/bolten.

Man må også kontrollere kapasiteten til treverket ved innfestingspunktene. Kapasitetskontroll utføres i henhold til kap. 8 i *Mekaniske forbindelser* i NS-EN 1995-1-1 *Eurokode 5: Prosjektering av trekonstruksjoner*. Dette omfatter bl.a. hulltrykkskapasitet, krav til kantavstander og trykk på tvers av fiberretning.

## **5 Kapasitetskontroll av fasadeelementer**

---

### **5.1 Generelt om kapasitetskontroll av fasadelementer**

Kapasitetskontroll av treverket i fasadelementene utføres i henhold til NS-EN 1995-1-1 *Eurokode 5: Prosjektering av trekonstruksjoner*. Dette omfatter bl.a. kapasitetskontroll av stenderne, og det kan her være aktuelt å vurdere tvangskrefter som angitt i kap. 4.2.

## Litteratur

---

- *TES EnergyFaçade – prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope* gefördert von: Woodwisdom Net Forschungsprojekt von 2008-2009. <http://www.tesenergyfacade.com/>
- *Trebyggeriet AS: Metodebeskrivelse for prosjektering, prefabrikasjon og montasje av fasadeelementer for Fredrik Selmersvei 4*



**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.