

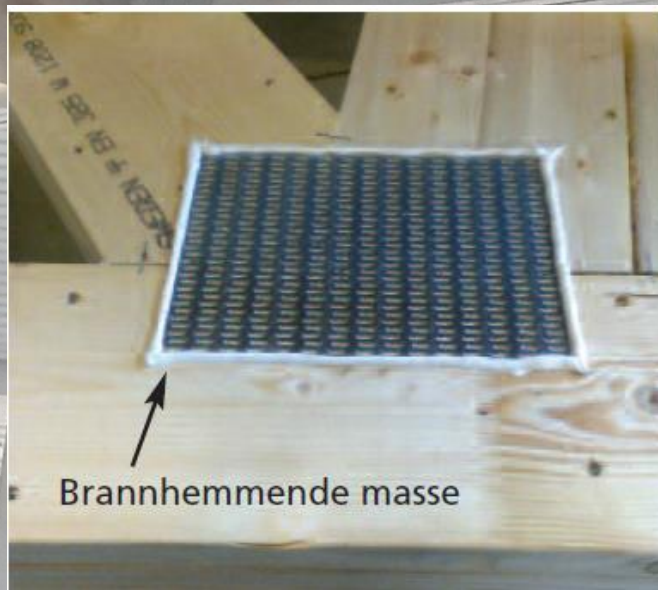
**Koblede takstoler i
kombinasjon med
Lett-tak systemet –
brann – stabilitet etc.**

***Nils Ivar Bovim, Lett-Tak
Takstolseminar 3. - 4. febr. 2015***

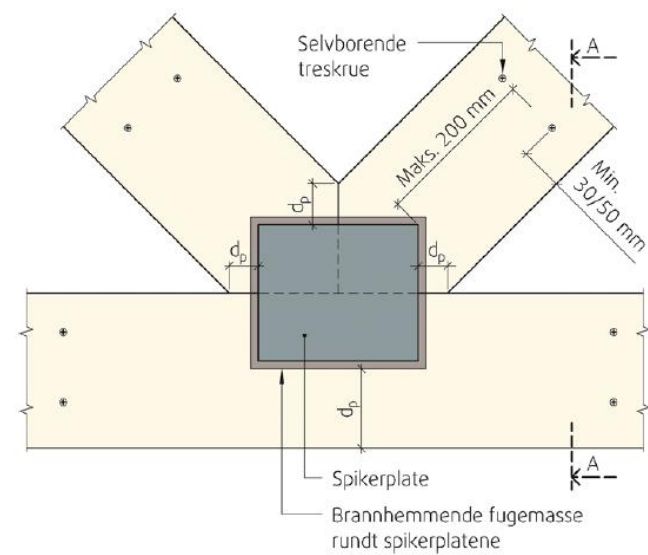


*Montasje av Lett-tak
over Telenor Arena
på Fornebu*

Maxbo, Gran på Hadeland – koblete takstoler i kombinasjon med Lett-Tak elementer, 2013



Brannhemmende masse

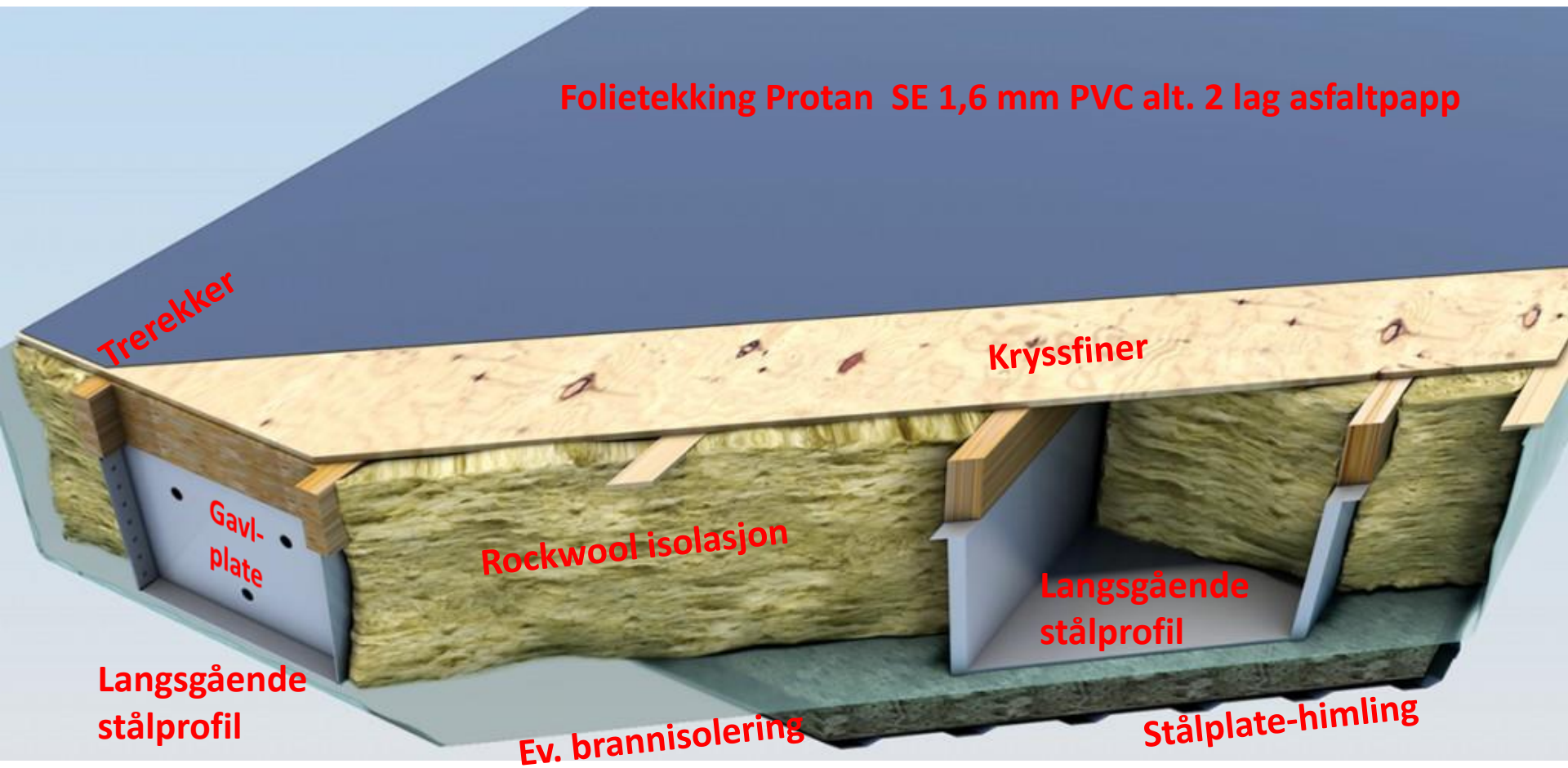


Lett-Tak har egne produksjon- og montasjeavdelinger

- Produksjonskapasitet 300 000 m² pr. år
- Avansert produkt, full kontroll fra produksjon til ferdig tak
- En rekke prosjekter også i Sverige, Danmark, Island, Tyskland (eks. den nye Swedbank Arena)
- Egenvekt 0,4 - 0,5 kN/m²
- Isolasjon: U-verdier 0,18 – 0,09 [W/m²K]

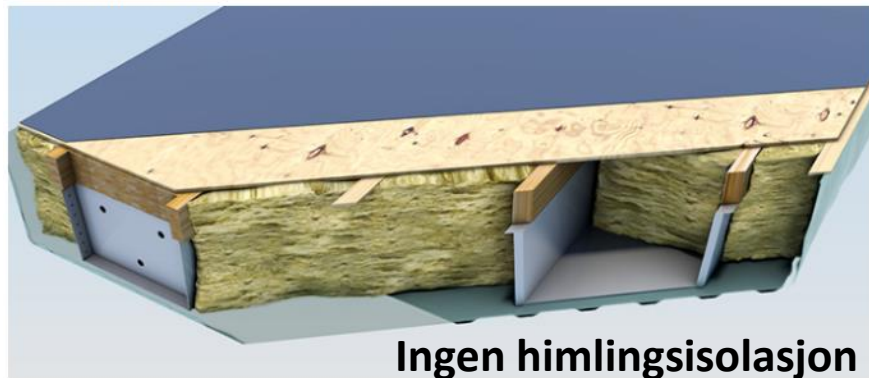
Gjennomskåret Lett-Tak element

- Samvirke-element, SINTEF TG-2215, ETA under utarbeidelse
- Takelement bredde 2,4 m og maks lengde 18 m
- 2 stålprofiler med høyde fra 130 til 360 mm, tykkelse 1,0 til 2,0 mm
- Trerekker 48 x 71, 96 eller 121 mm (pussede kantsider)
- Finsk kryssfiner, normalt 15 mm, alt. 18 eller 21 mm tykkelse

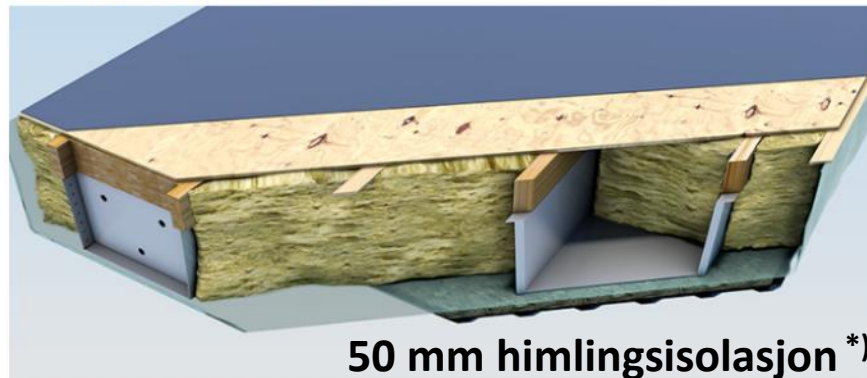


Brannegenskaper Lett-Tak

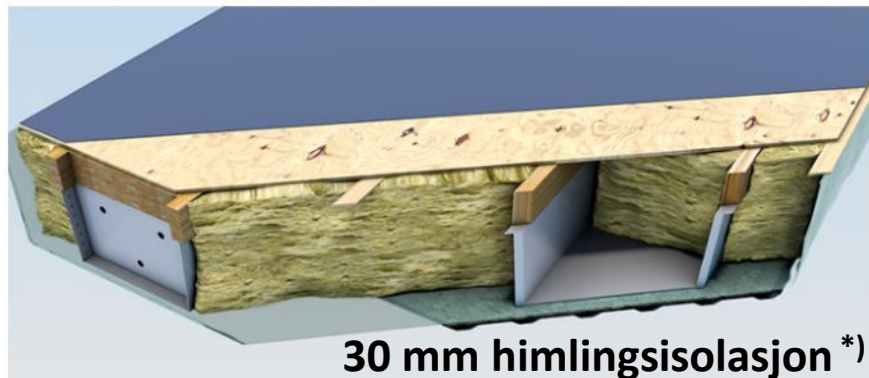
Brannmotstand REI-15



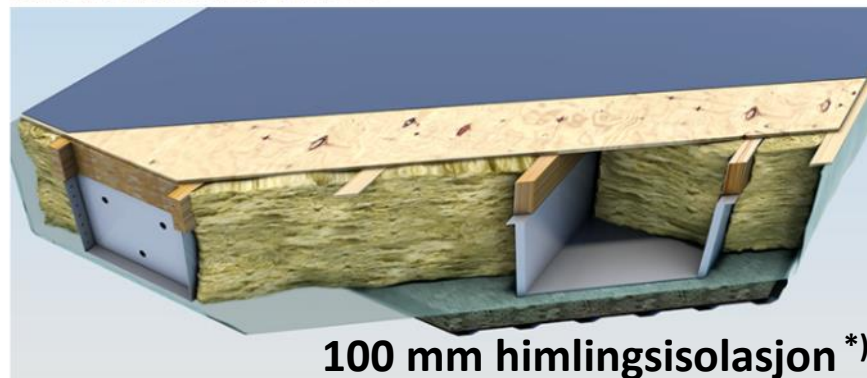
Brannmotstand REI-60



Brannmotstand REI-30



Brannmotstand REI-90



*) Rockwool Bygg 90, NS-EN 13162 densitet min. 90 kg/m³, $\lambda_D = 0,034$ W/mK

Angitt brannmotstandstid gjelder for brann fra underside, ev. brann fra overside, ref. Teknisk Godkjenning 2215, SINTEF Certification

Brannmotstand Lett-Tak elementer

Brannmotstand	Tiltak for å oppnå motstand	Merknader, begrensninger
Tilsvarende REI15	Ingen himlingsisolasjon	Brann fra over- og undersiden.
Tilsvarende REI30	30 mm himlingsisolasjon steinull 90 kg/m ³	Brann fra over- og undersiden.
Tilsvarende REI60	Himling av perforerte stålplater og 50 mm steinull 90 kg/m ³	Brann fra over- og undersiden. Kan benyttes i brannklasse 2 som hoved- og sekundærbæresystem.

Fra brannrapport SINTEF:

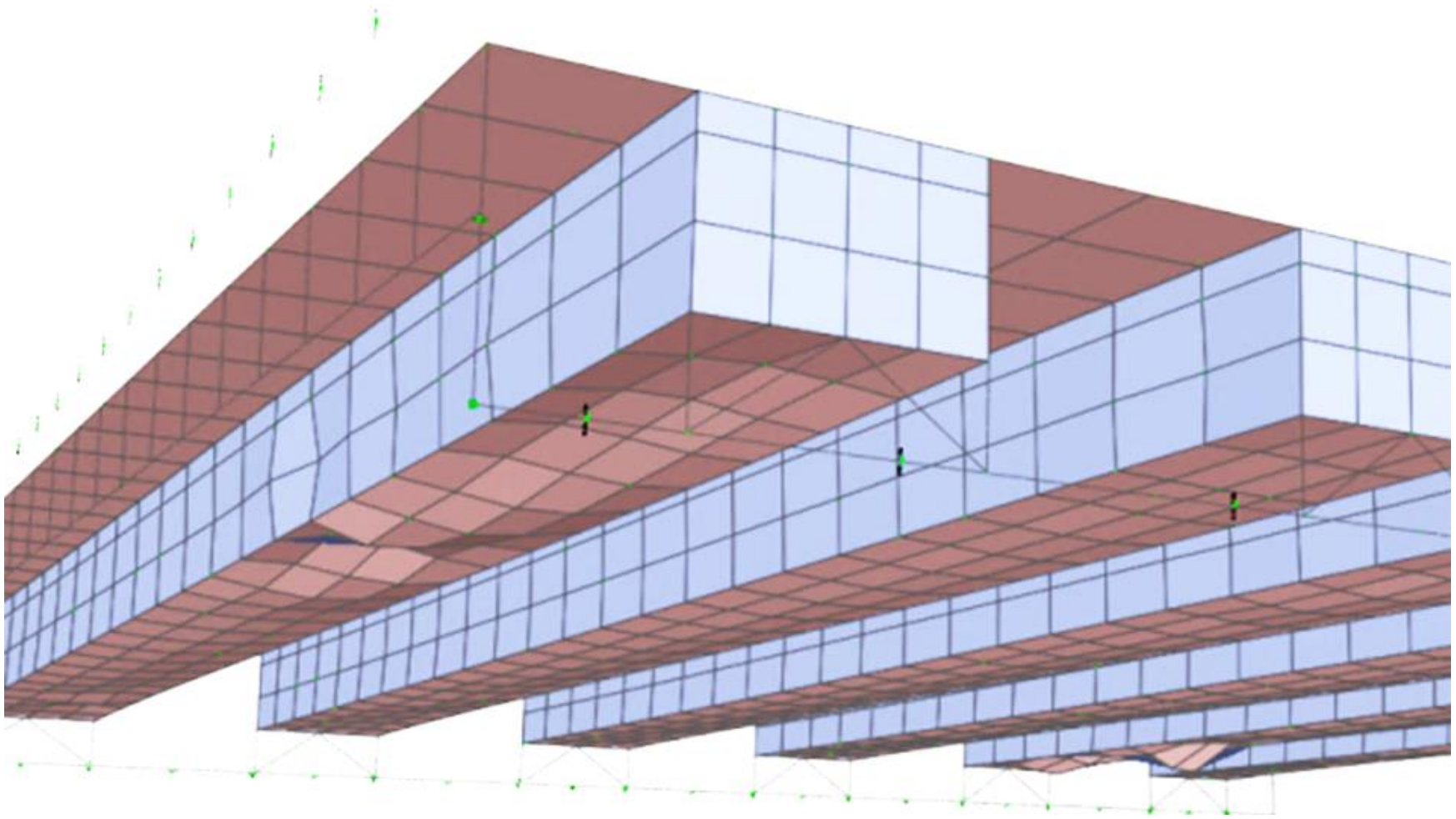
- Brannmotstandstestene fra 2012 og 2013 viser at Lett-Tak takelementer har brannmotstand tilsvarende REI 60.
- Det tok lang tid før temperaturen ved trematerialet inne i konstruksjonen ble høy nok til at treet kan antenne; i testen fra 2013 lå temperaturen under 200°C i over 60 minutter, mens den i testen fra 2012 lå under 300°C i over 55 minutter. Antennelse kan skje med stikkflamme rundt 225°C, men trematerialet er godt beskyttet med isolasjon som hindrer flammer og oksygen å nå inn til treet og dermed hindrer antennelse. Testen fra 2012 viser at selv om temperaturen når 600°C etter 60 minutter antennes ikke treet. Muligheten for at trematerialet skal antenne i løpet av 60 minutter er altså hindret. Det ble heller ikke observert synlige flammer under testene, som tyder på at trekonstruksjonen inne i tverrsnittet ikke antente.

Konklusjon, brannklasse 1 og 2:

Lett-Tak elementer med 50 mm himlingsisolering kan fungere både mht vertikale laster og som stabiliserende system for hele bygget

Kontinuerlig utvikling har vært avgjørende

- Avanserte beregninger basert på tynnplateteori for stål, delvis (spikret) eller fullt (lim) statisk samvirke mellom stål og tre, samt trerekker og finer



Kontinuerlig utvikling har vært avgjørende
Mange fullskalatester i egen regi



Fullskalatest 4 stk 10 m Lett-Tak elementer 14.1.2015

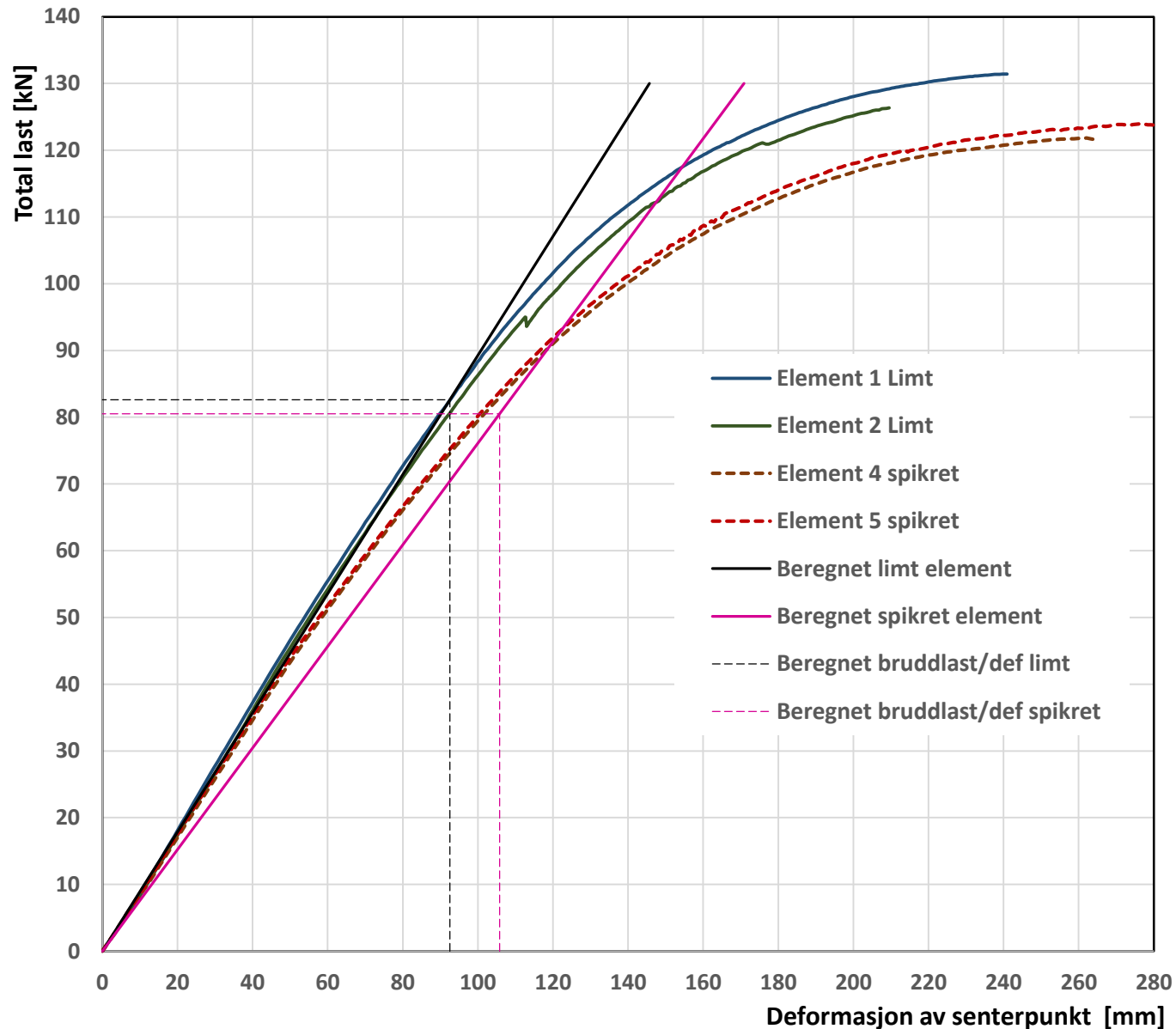


Fullskalatest 4 stk 10 m Lett-Tak elementer 14.1.2015



Fullskalatest 4 stk 10 m Lett-Tak elementer 14.1.2015

Test element 1, 2, 4 og 5 bruddlast og senterdeformasjon



Masteroppgave UMB 2009 – Forsøk med 2 stk. 50 m² takskiver

Test av skruer for elementskjøter og for feste av elementer til limtre-bærekonstruksjon. Tester i full skala for å dokumentere stivhets- og styrkeegenskapene for skivekonstruksjoner med to typer takelementer.

Studenter: Eigil Furulund og Kristian Thorrud

Veileder: Nils Ivar Bovim

I samarbeid med: Lett-Tak Systemer AS, Larvik

Elementer løftes inn i lab'en



Montasje i lab



Ferdig prøvestykke på 50 m²



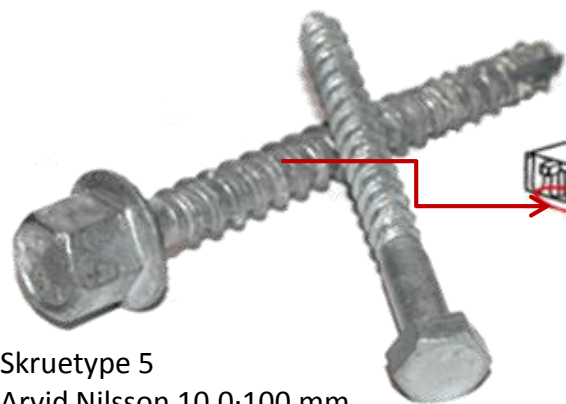
Forsøk med 2 stk. 50 m² takskiver



Test av enkeltforbindere

Test av tre ulike plateskruer i enkeltsnittede forbindelser og to forskjellige kryssfinértykkelser, 15 og 21 mm.

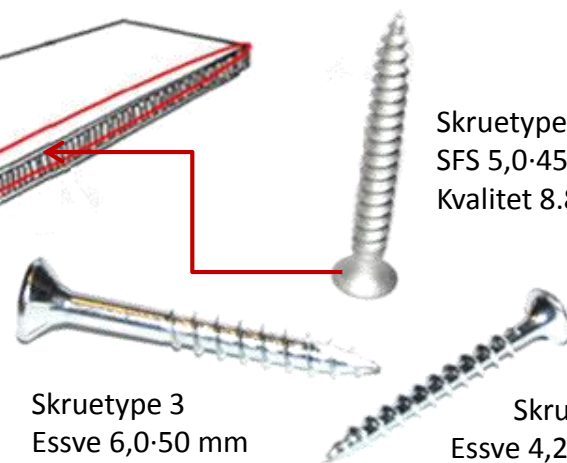
Treskruer



Skruetype 5
Arvid Nilsson 10,0·100 mm
Kvalitet 8.8

Skruetype 4
Tingstad 8,0·80 mm
Kvalitet 8.8

Plateskruer

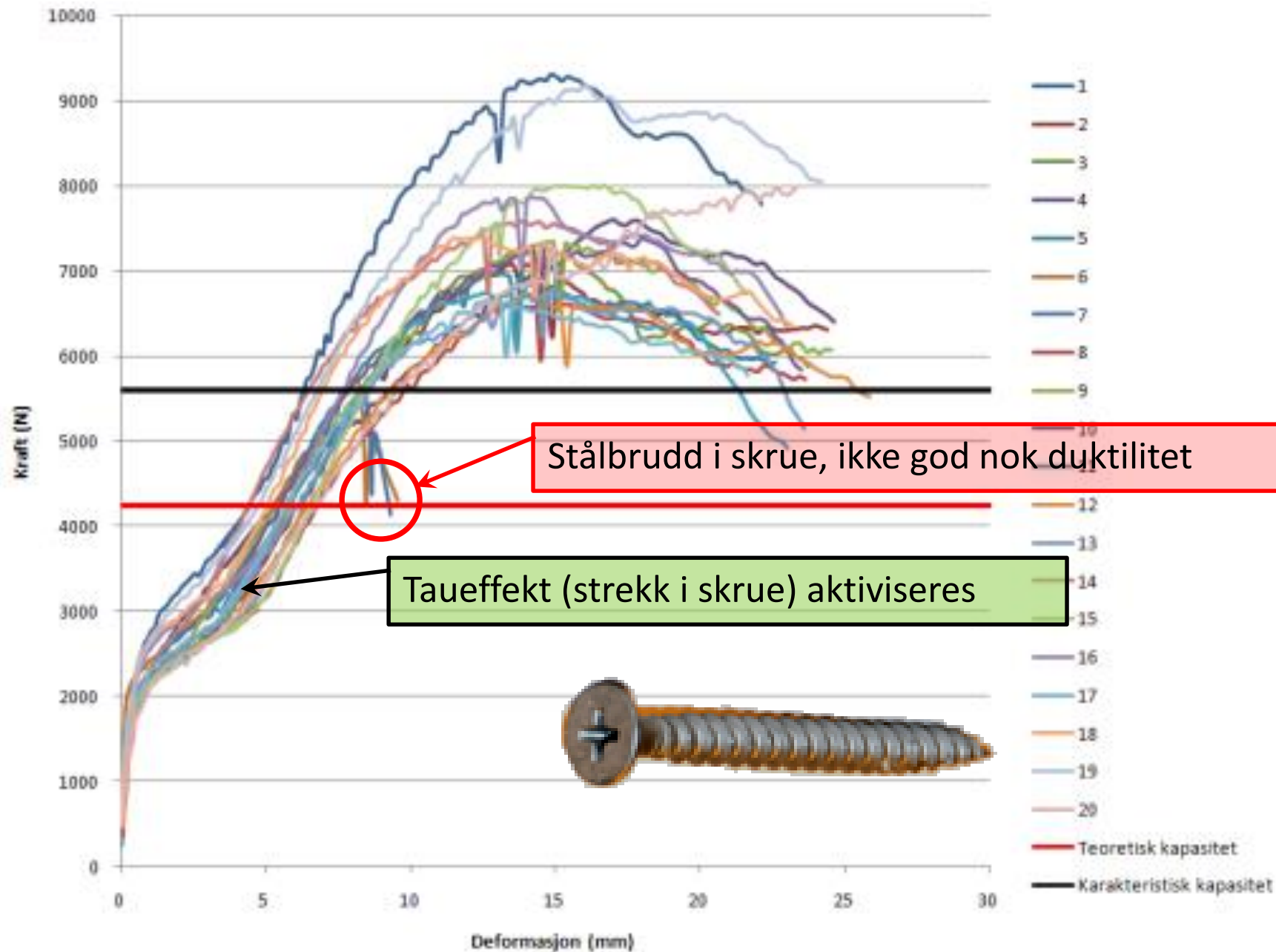


Skruetype 2
SFS 5,0·45 mm
Kvalitet 8.8

Skruetype 3
Essve 6,0·50 mm
Kvalitet S355

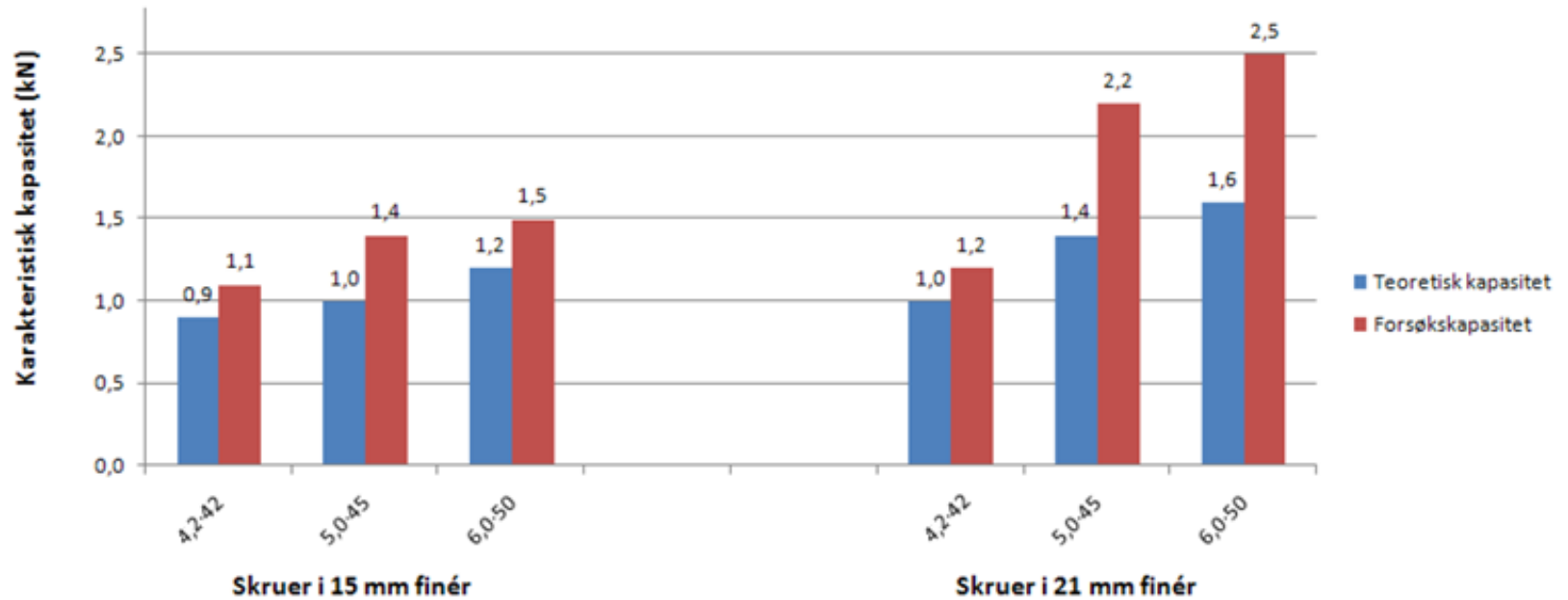
Skruetype 1
Essve 4,2·42 mm
Kvalitet 5.8

Tverrbelastede 5,0 x 45 mm skruer, lasker av 15 mm finér



Plateskruer i finér

Forsøkene viser høyere kapasiteter enn teoretisk (EC 5)
for samtlige forbindere.



Skruer i skivekonstruksjoner

- Noen skruer får sprøe brudd, de tåler ikke bøyning !
- Test alltid noen skruer for hånd for tilstrekkelig duktilitet !
- Kan de bøyes 20-25° uten brudd er de ok !

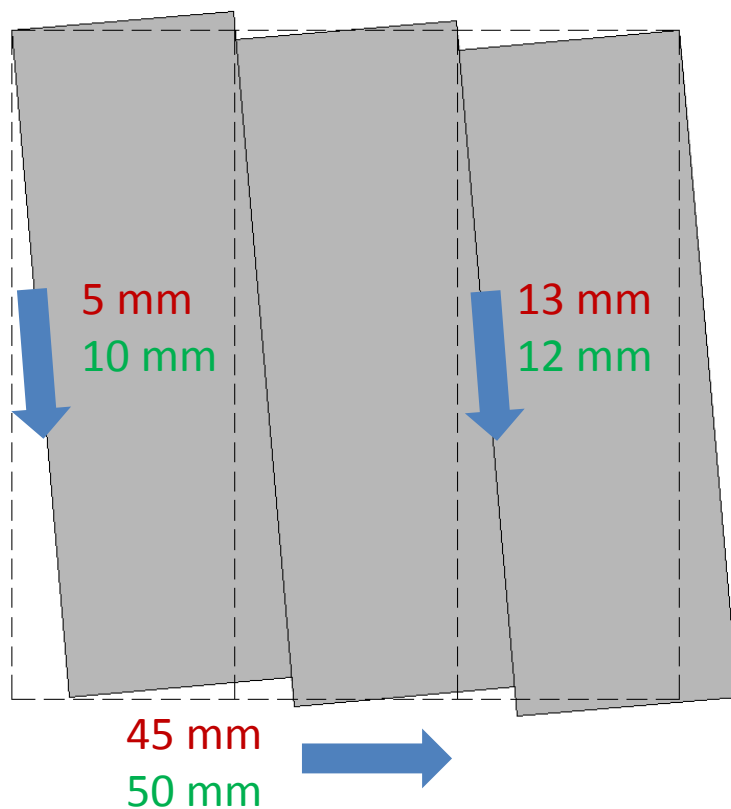


Bruddeformasjoner

3 stk. 10,0-100 mm treskruer i hver gavlprofil

200 mm senteravstand i finérskjøtene

	Bruddlast	Skruer
210 mm elementer:	8,3 kN/m	4,2-42 mm
310 mm elementer:	10 kN/m	5,0-45 mm

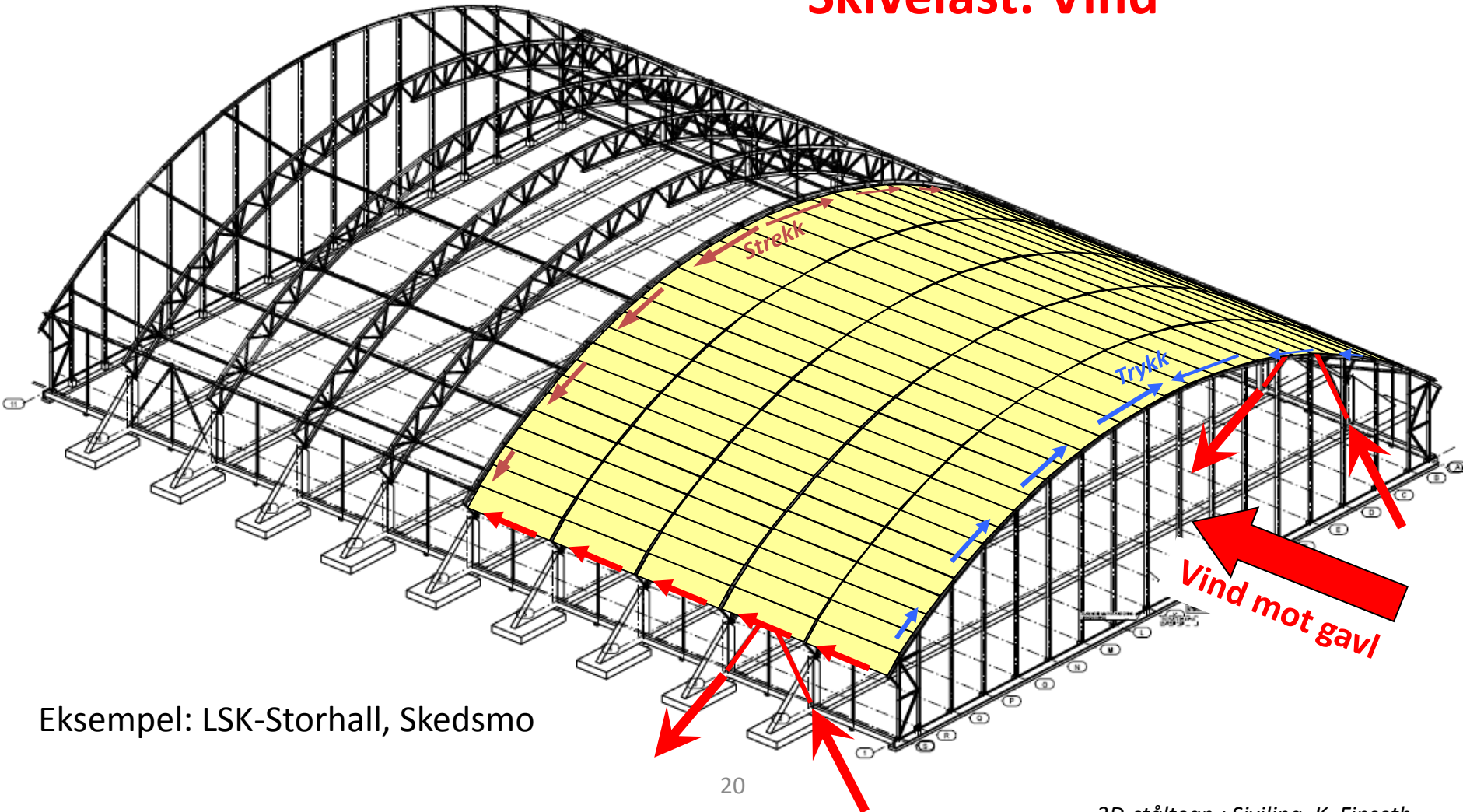


Eks. skivekapasitet – kN pr.meter oppleggslengde

Platetype, Spikertype Spikeravstand langs kanter / inne på platen	Dim. skjærkapasitet i skiveplanet i bruddgrensetilstand
9 mm gips GU , skiferspiker 2,5-35 Spikeravstand 100 / 250 mm	3,0 kN/m
13 mm gipsplater innv. , gipsplatespiker 2,3-35 Spikeravstand 100 / 200 mm	5,0 kN/m
13 mm gipsplater innv. , gipsplateskruer 3,0-38 Skrueavstand 200 / 300 mm	3,5 kN/m
12 mm Asphalt Vindtett fiberpl , skiferspiker 2,8-45 Spikeravstand 100 / 300 mm	5,0 kN/m
12 mm Asphalt Vindtett fiberpl , skiferspiker 2,8-45 Spikeravstand 150 / 200 mm	3,3 kN/m
12 mm sponplater innv. , platespiker 2,3-40 Spikeravstand 100 / 200 mm	7,0 kN/m
11 mm trefiberplater innv. , platespiker 2,3-40 Spikeravstand 100 / 200 mm	7,0 kN/m
Hor.skive av Lett-Tak elementer , skruer 3,9 (5,0) Skrueavstand elementskjøt 100 mm (67 mm)	17,0 kN/m (30 kN/m)

Takskiver i buehall

Skivelast: Vind



Eksempel: LSK-Storhall, Skedsmo

Belastning på stabiliserende konstruksjon

Ugunstigste form på forhåndsutbøyning
mht. den stabiliserende konstruksjon
(fagverk eller skive)

$$q = k_1 \cdot \frac{N}{30 \cdot L} \quad \text{og} \quad k_1 = \min\left(1, 0; \sqrt{\frac{15}{L}}\right)$$

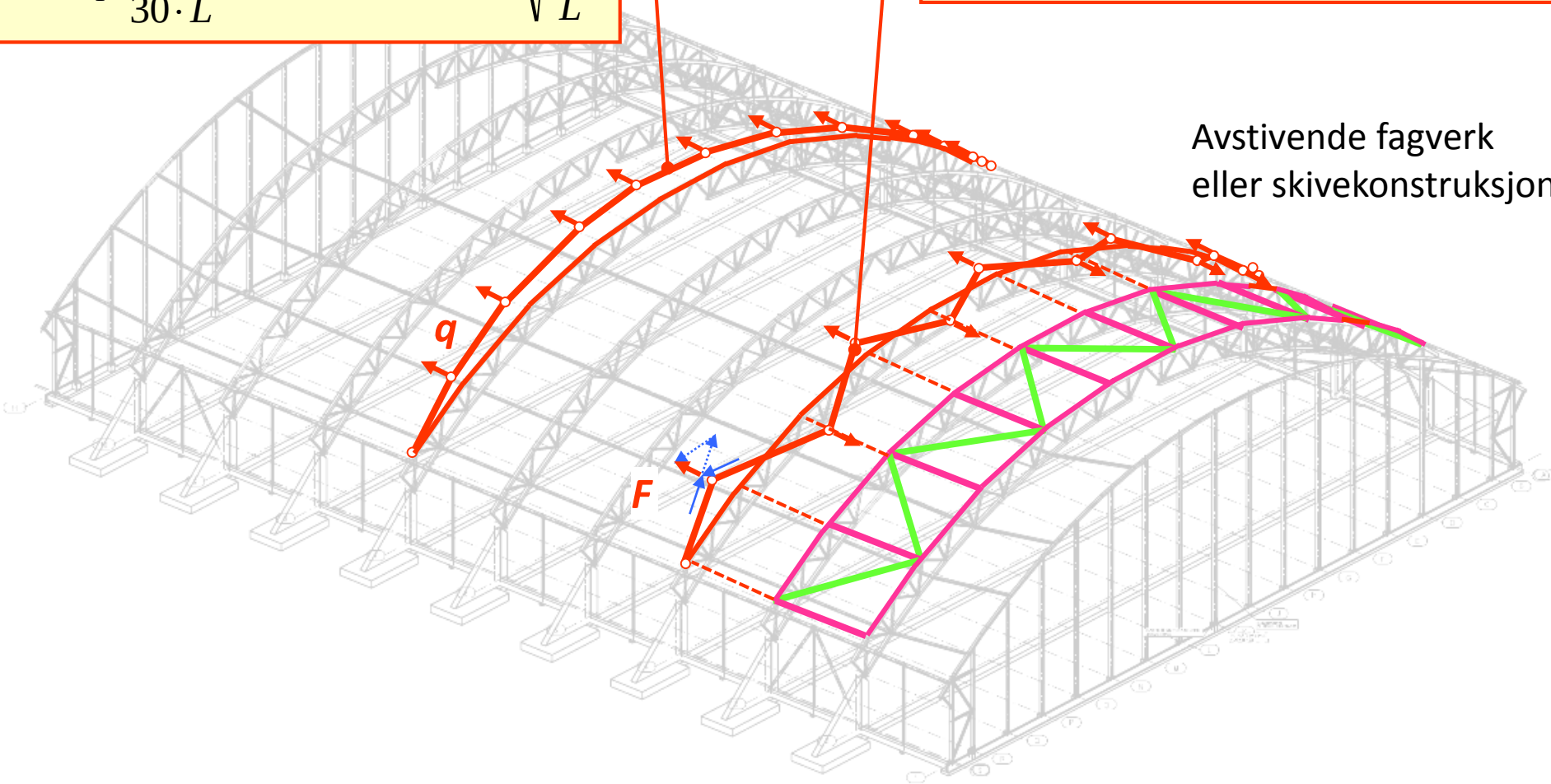
Ugunstigste form på forhåndsutbøyning
mht. dimensjoner i innfesting og over-
førings-elementer

$$F = k_2 \cdot N$$

k_2 er 1 – 2% avh. av montasjenøyaktighet

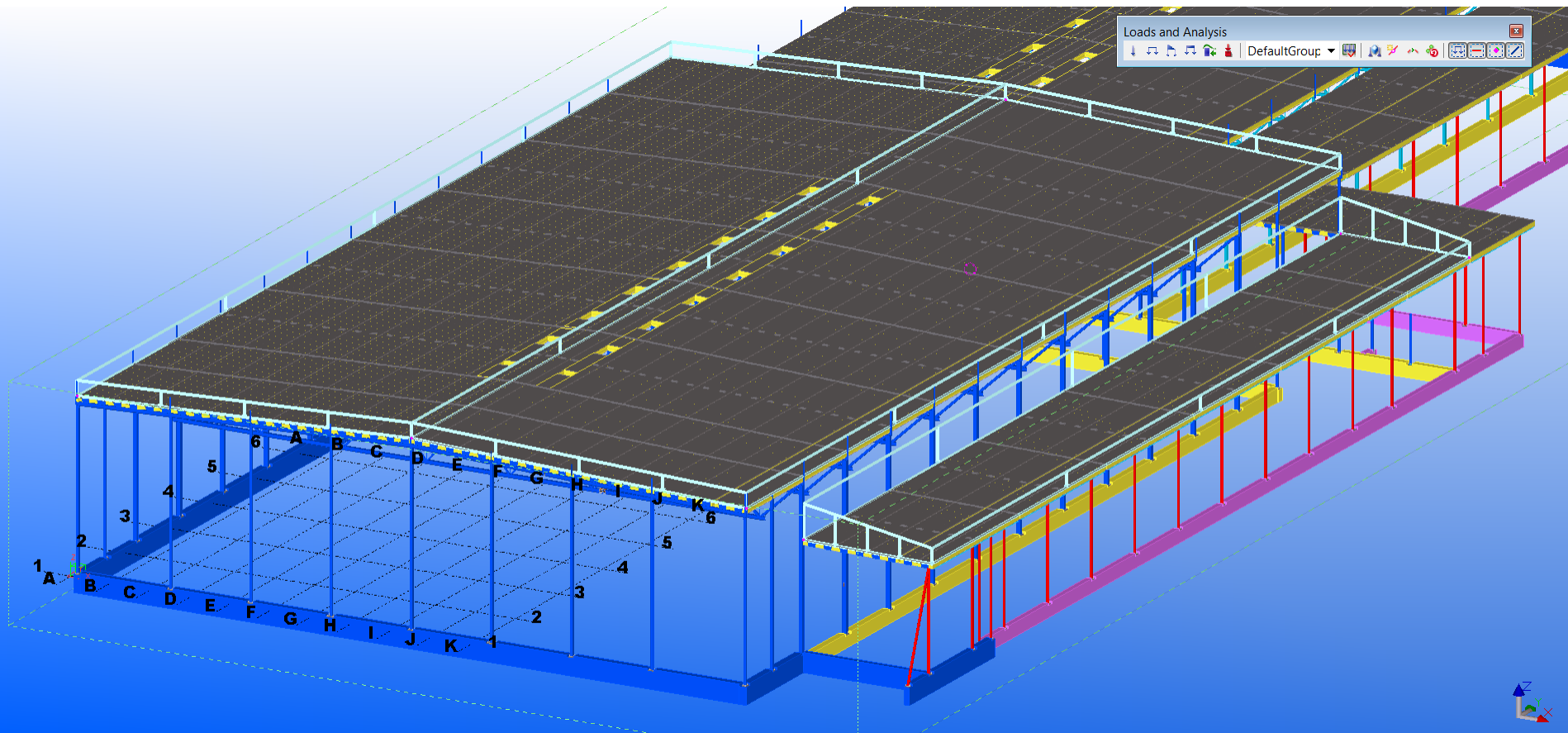
Avstivende fagverk
eller skivekonstruksjon

Eksempel: LSK-Storhall, Skedsmo



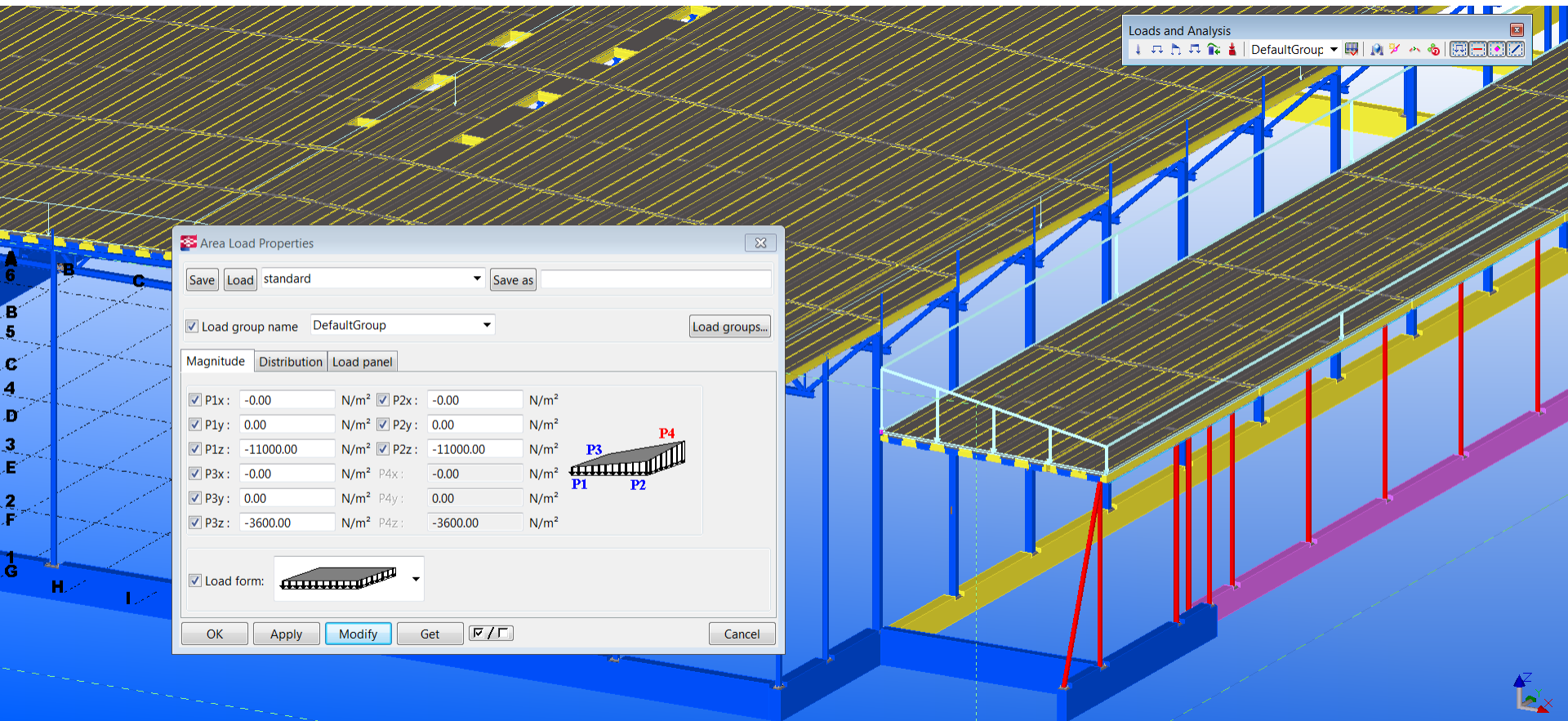
Prosjekteringsverktøy –Lett-Tak

Tekla som prosjekteringsverktøy med egenutviklet modul for Lett-Tak elementer
Mulig å utnytte som inndata-verktøy for bæreevne-, skive- og jordskjelvsanalyse



Videre utvikling – analyser Lett-Tak

Tekla som inndata-verktøy for bæreevne-, skive- og jordskjelvsanalyse

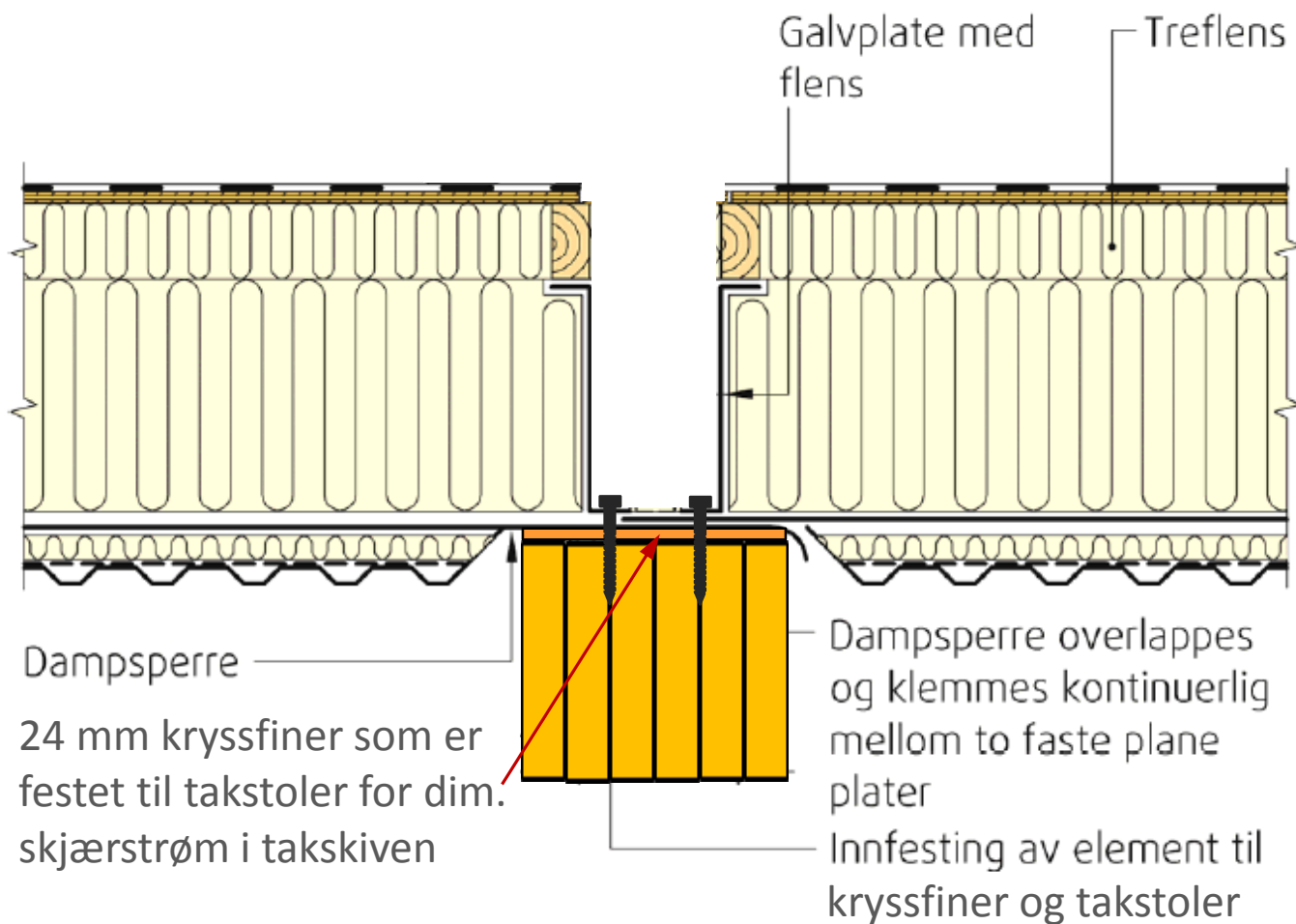


Montasje på koblede takstoler, Maxbo Gran 2013

Montasje



Endeopplegg, detalj montasje på takstoler

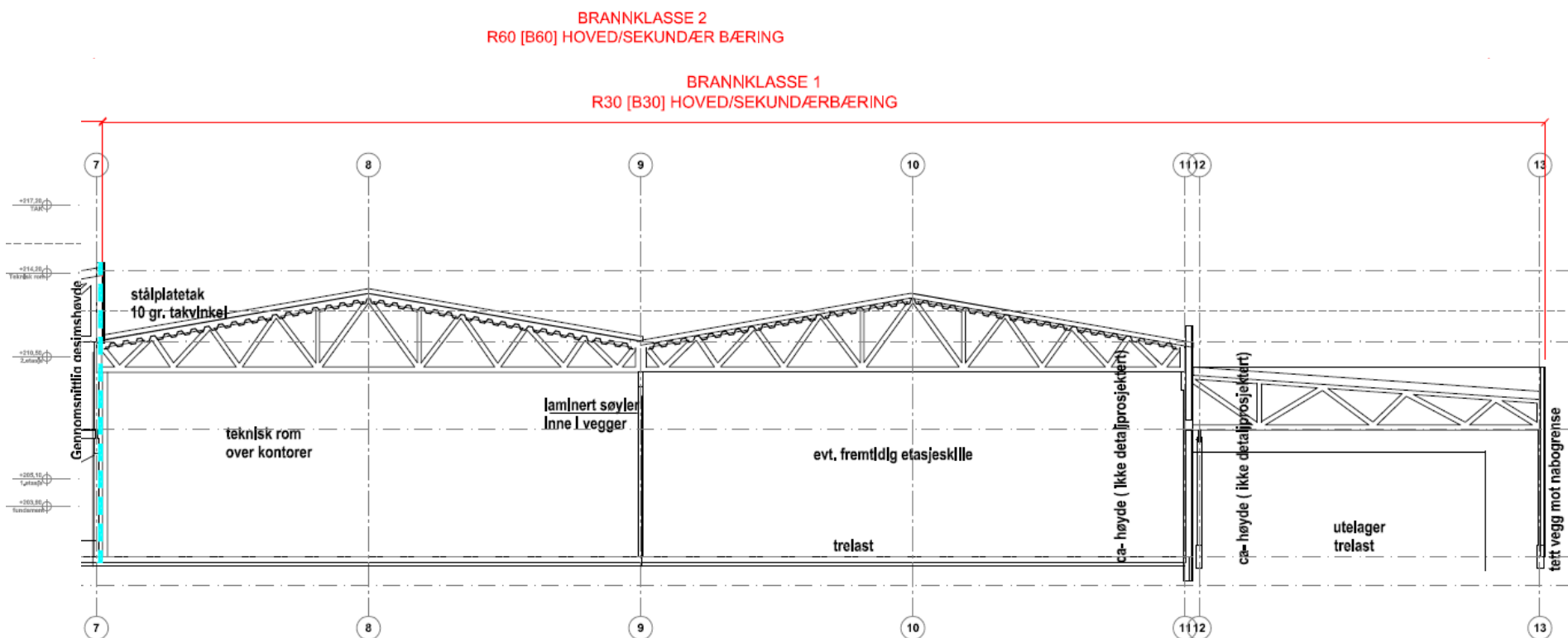


Maxbo, Gran– koblede takstoler med Lett-Tak elementer

Fra brannrapport for bygget:

- Dersom bygningsdeler hvor det stilles krav om brannmotstand er understøttet og stabilisert av andre bygningsdeler, må disse ha minst like god brannmotstand.
- Takkonstruksjonen er å anse som sekundært bærende bygningsdel, når den ikke er en del av byggets hovedbæresystem eller medvirker til å stabilisere dette.
- PreTre og Moelven dimensjonerer sine leveranser av tre og brannsikrer knutepunkter og ståldetaljer etter relevant standard.

RIB skal ut fra disse funksjonskravene dimensjonere og detaljere materialene/detaljene for brann i ulykkesgrensetilstand på lik linje med annen statisk dimensjonering og kunne dokumentere dette for alle konstruksjoner.



Maxbo, Gran på Hadeland – koblede takstoler i
kombinasjon med Lett-Tak elementer, 2013





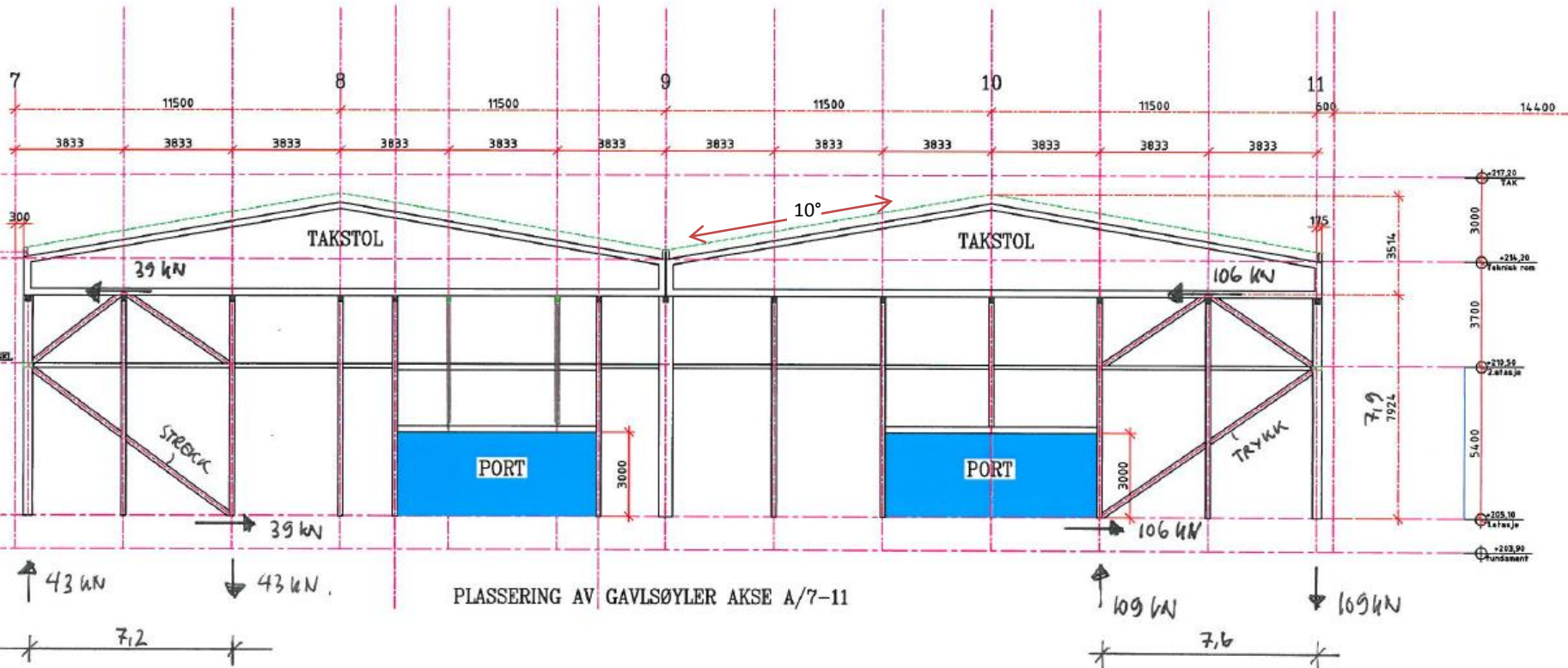
Maxbo, Gran på Hadeland – koblede takstoler i
kombinasjon med Lett-Tak elementer, 2013

Vindkryss i gavler og
langvegger fører ytre krefter
ned til fundament



← Vind.

10°



PLASSERING AV GAVLSØYLER AKSE A/7-11

AKSE A og H

ALLE LASTER I



Maxbo, Gran på Hadeland – koblede takstoler i
kombinasjon med Lett-Tak elementer, 2013

Maxbo, Gran på Hadeland –
koblede takstoler i kombinasjon
med Lett-Tak elementer

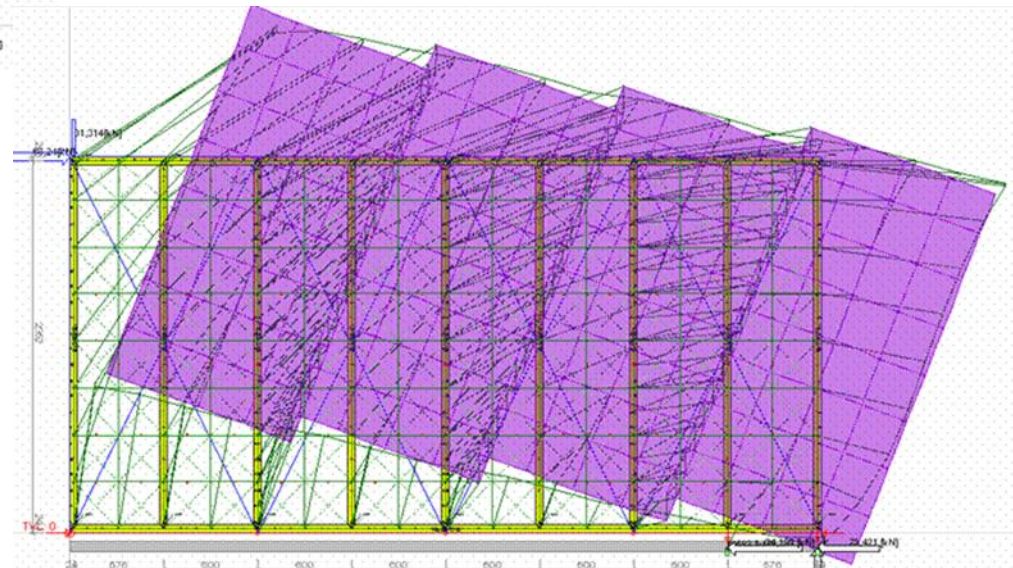
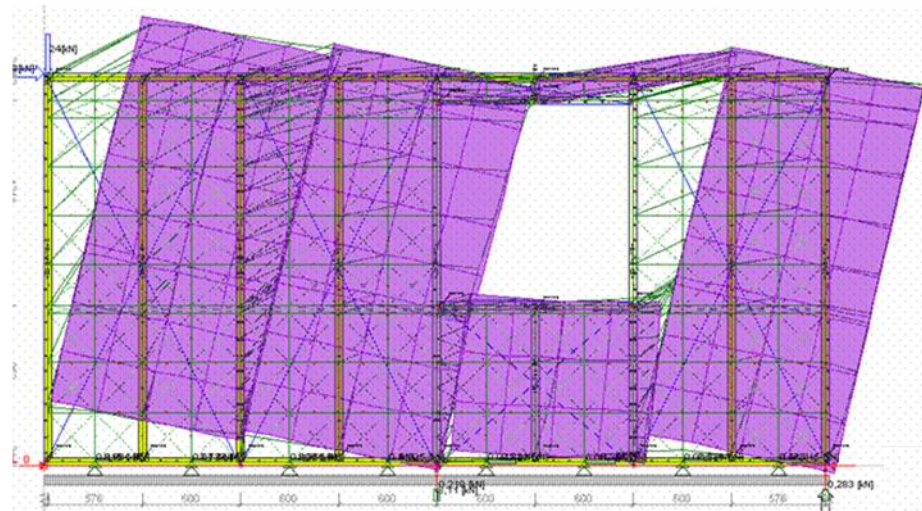


Maxbo, Gran på Hadeland – koblete takstoler i
kombinasjon med Lett-Tak elementer, 2013



Korrekt analyse av skiver kan være komplisert, avansert FE-analyseprogram finnes for vegger

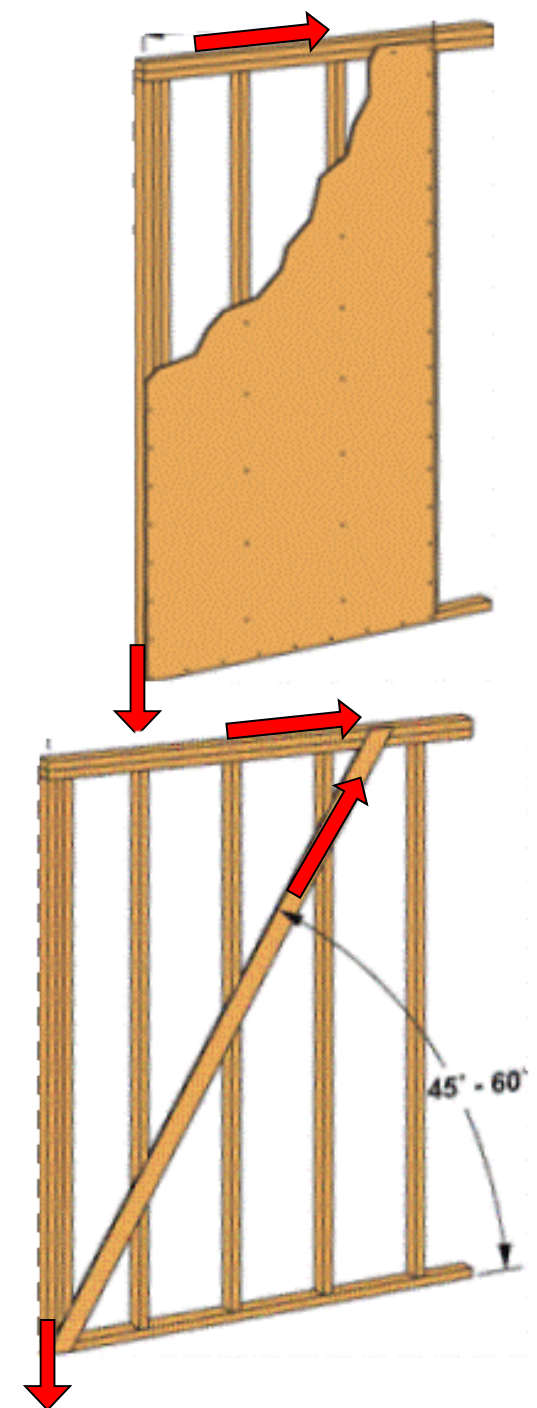
Simulering av avstivende vegger med WallPanel

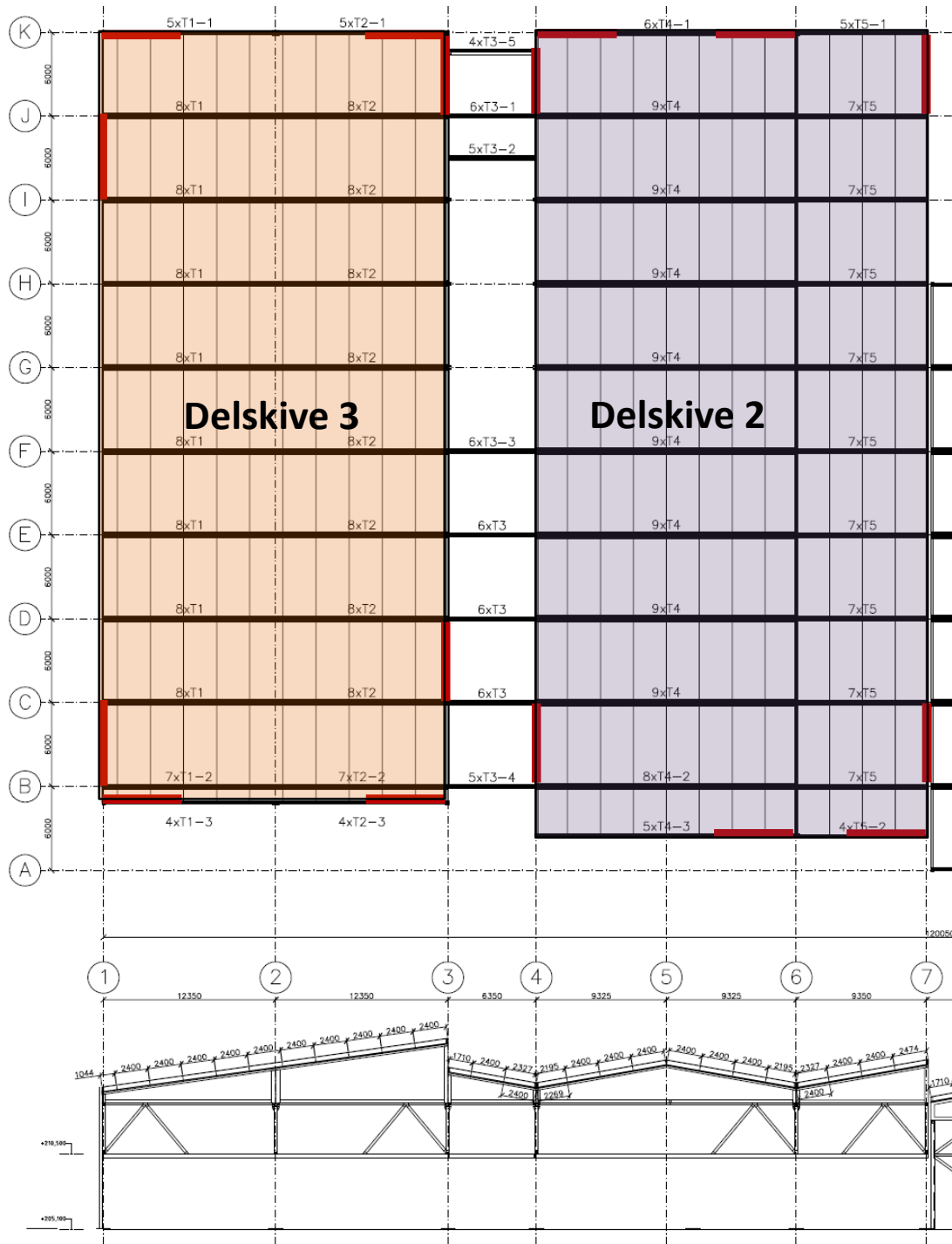


Skiver eller vindkryss ?

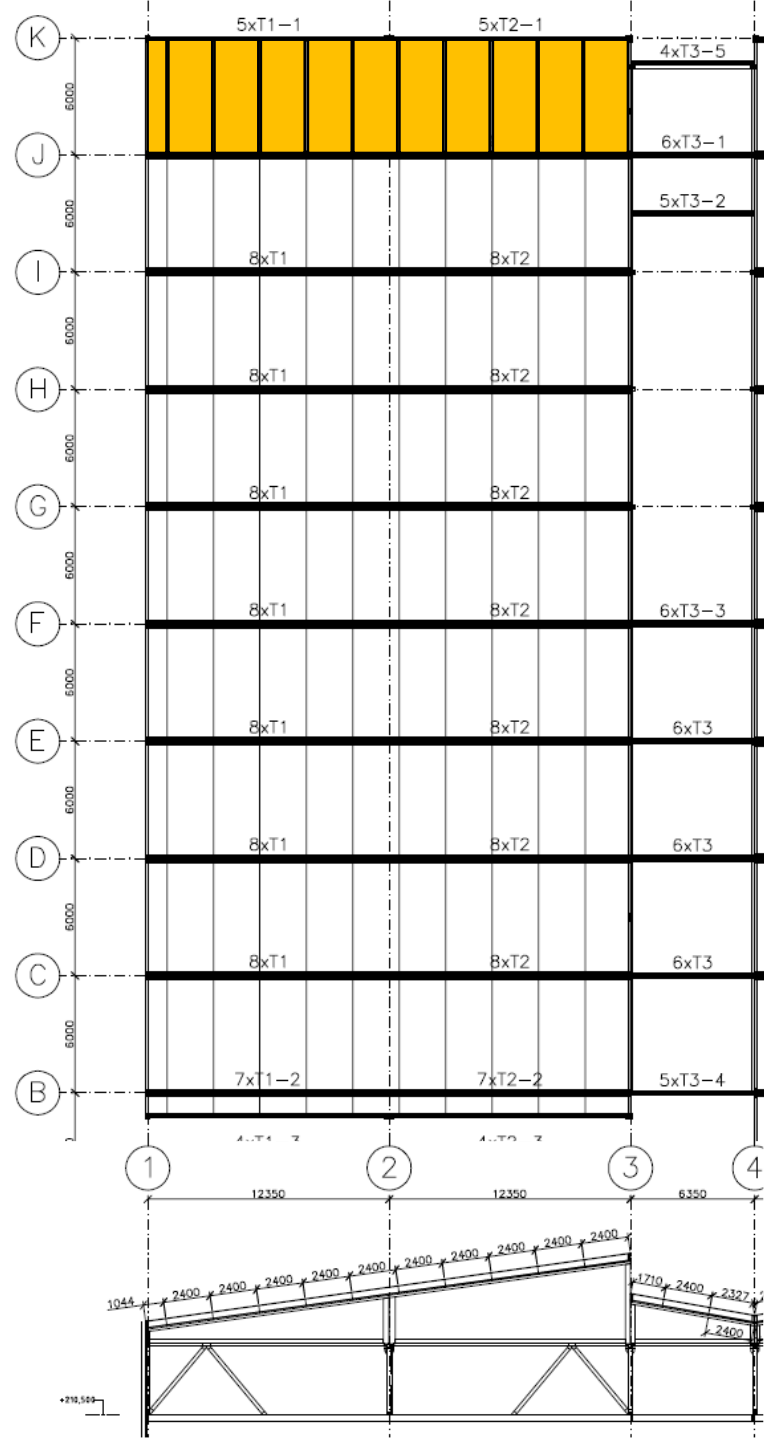
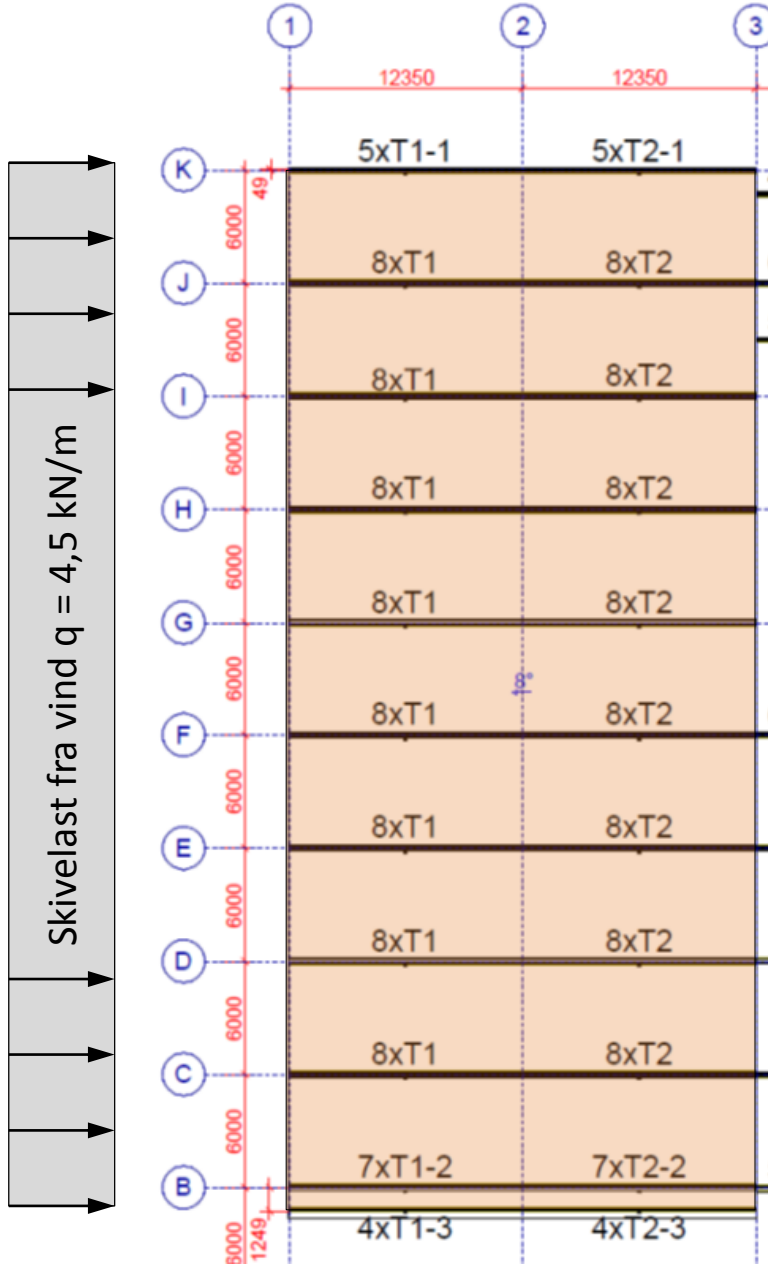
1. Stabilisering av bygninger med trebaserte skivekonstruksjoner egner seg godt sammen med lette bindingsverkkonstruksjoner. Skivekonstruksjonene fordeler forankringskreftene langs bygningsdelenes render.
2. Avstiving med vindkryss konsentrerer kreftene i vegghjørner og -ender. Her kreves det større virkesdimensjoner for å få plass til forbindelsene.

I begge tilfeller kreves forankringer til fundament eller underliggende etasje for å hindre oppløft av avstivningskonstruksjonene.

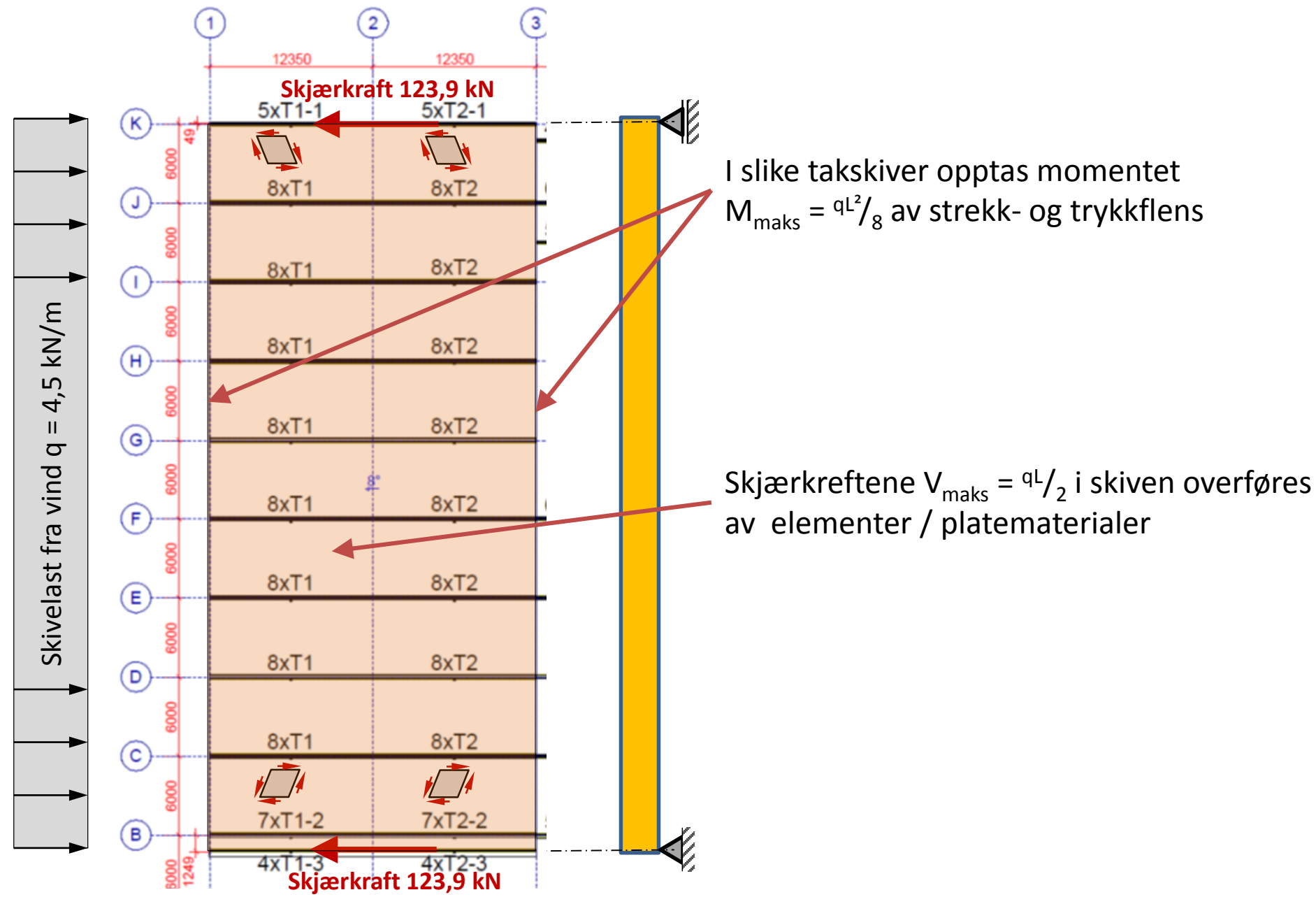




Delskive 3, elementplan

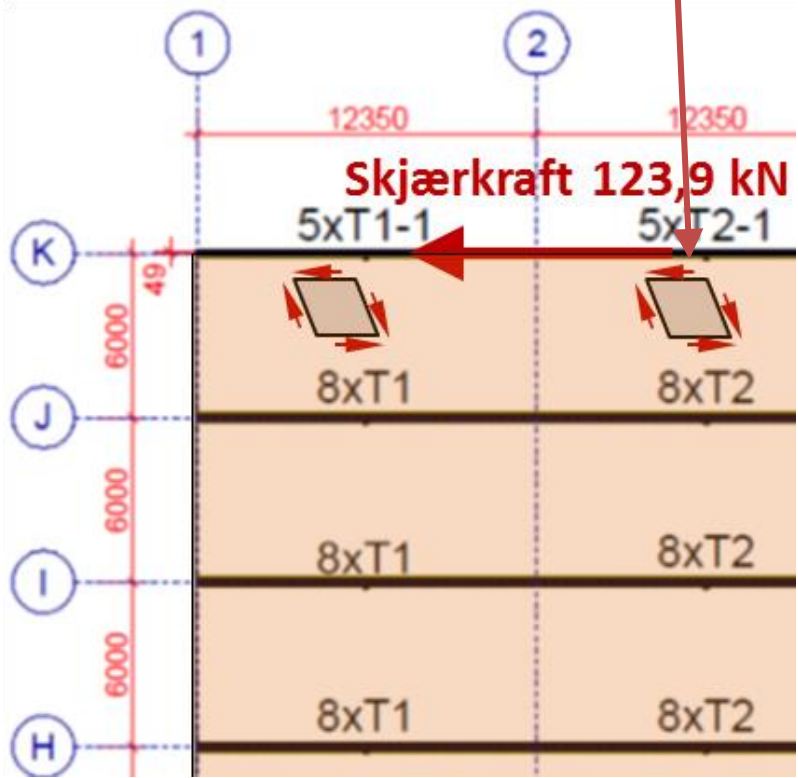
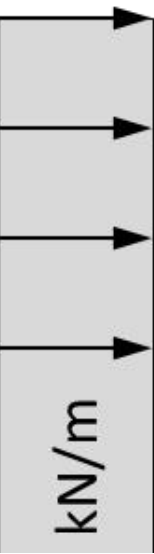


Vi betrakter delskive 3 – akse 1 – 3, en «høy I-bjelke», spenner fra akse K til B+1,25

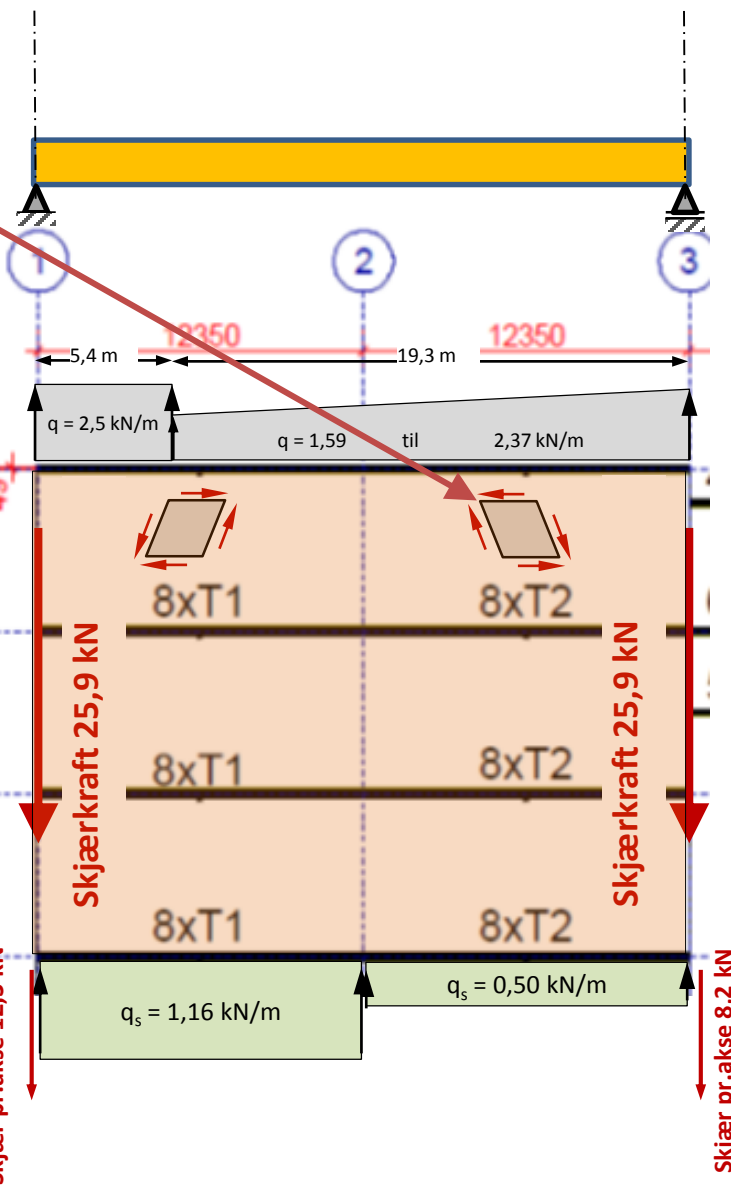


Vindsug i gavler og stabiliseringskrefter påkjenner delskiver i området ved hver gavl

Summert påkjenning på skive gir størst påkjenning her

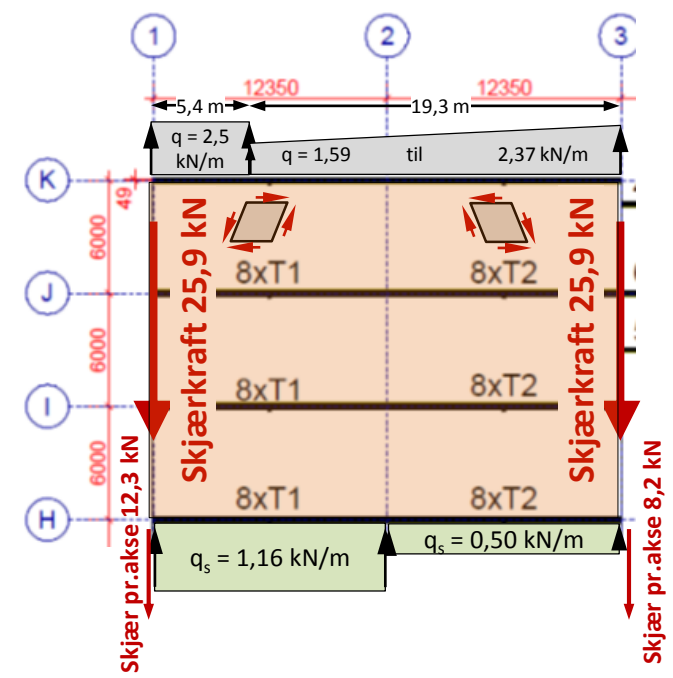
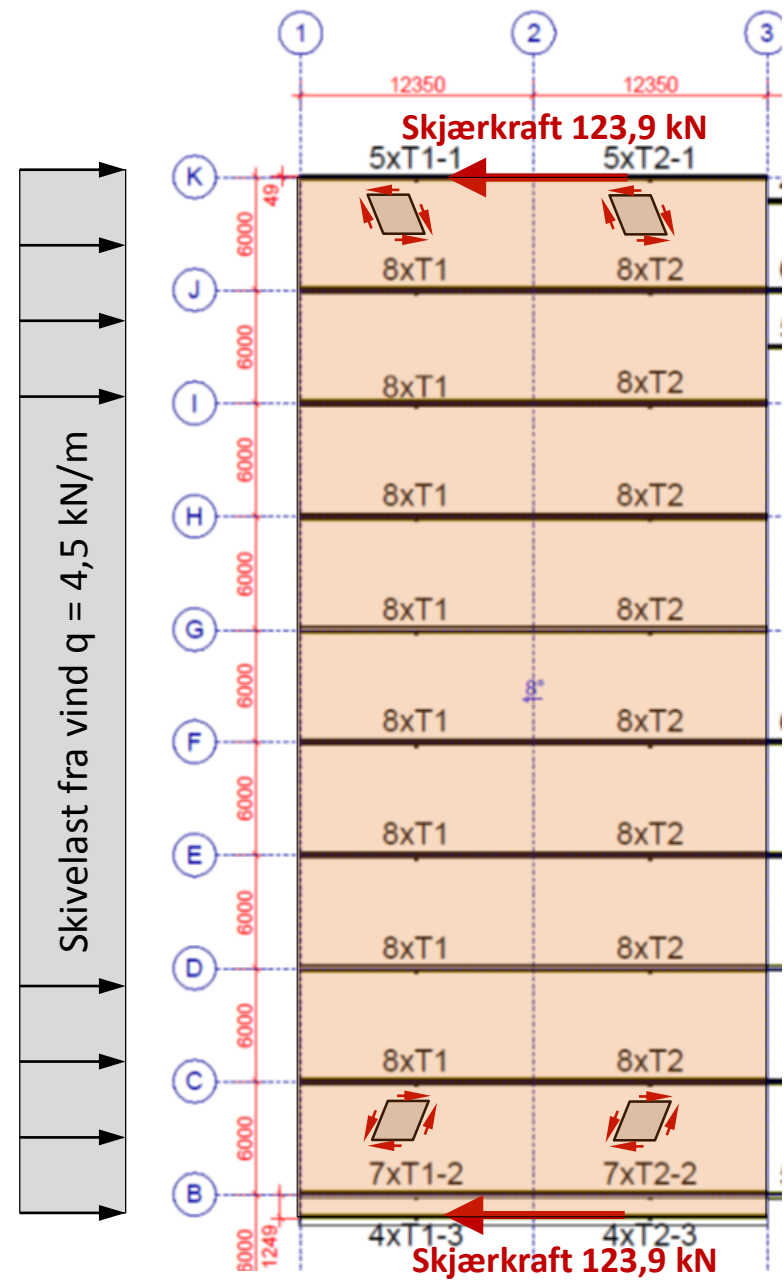


Del av langsgående skive akse B-1,25/E og akse H/K

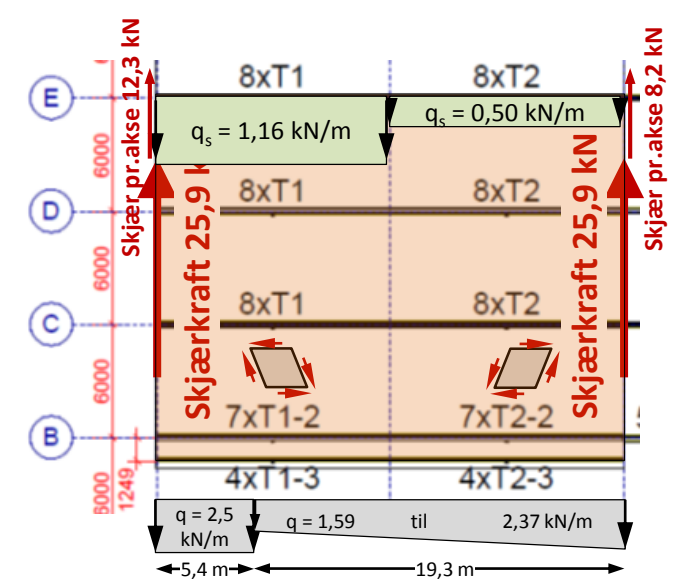


Gavlskiver akse B-1,25/E og akse H/K

Delskive 3 – akse 1 - 3



Gavlskiver akse B-1,25/E og akse H/K



Stabiliserings-påkjenninger fra takstoler

Takstol- type	Antall [stk]	Avstivn. lengde [m]	Oppgitt N _{OG} [kN]	Stabil.- last EC5 [kN/m]	Red.verdi ved dom.vind [kN/m]
T1	8	12,5	68,0	1,45	1,16
T1-1	5	12,5	68,0	0,91	0,73
T1-2	7	12,5	68,0	1,27	1,02
T1-3	4	12,5	68,0	0,73	0,58
T2	8	12,4	29,0	0,62	0,50
T2-1	5	12,4	29,0	0,39	0,31
T2-2	7	12,4	29,0	0,55	0,44
T2-3	4	12,4	29,0	0,31	0,25
T3	6	6,4	22,0	0,69	0,55
T3-1/3	6	6,4	22,0	0,69	0,55
T3-2/4	5	6,4	22,0	0,57	0,46
T3-5	4	6,4	22,0	0,46	0,37
T4	9	18,5	91,0	1,33	1,06
T4-1	6	18,5	91,0	0,89	0,71
T4-2	8	18,5	91,0	1,18	0,94
T4-3	5	18,5	91,0	0,74	0,59
T5	7	9,5	40,0	0,98	0,79
T5-1	5	9,5	40,0	0,70	0,56
T5-2	4	9,5	40,0	0,56	0,45
T6	9	22,7	112,0	1,20	0,96
T6-1	5	22,7	112,0	0,67	0,53
T7	9	23,2	114,0	1,19	0,95
T7-1	5	23,2	114,0	0,66	0,53

Takstolenes overgurter skal avstives av takskiven med Lett-Takelementer. Denne lasten virker på tvers av hver bæreakse og regnes samtidig med vind mot gavl.

De oppgitte aksialkrefter i takstolene er basert på karakteristisk snølast. I lastkombinasjoner med dominerende vindlast skal snølasten reduseres med faktor $\psi_0 = 0,7$.

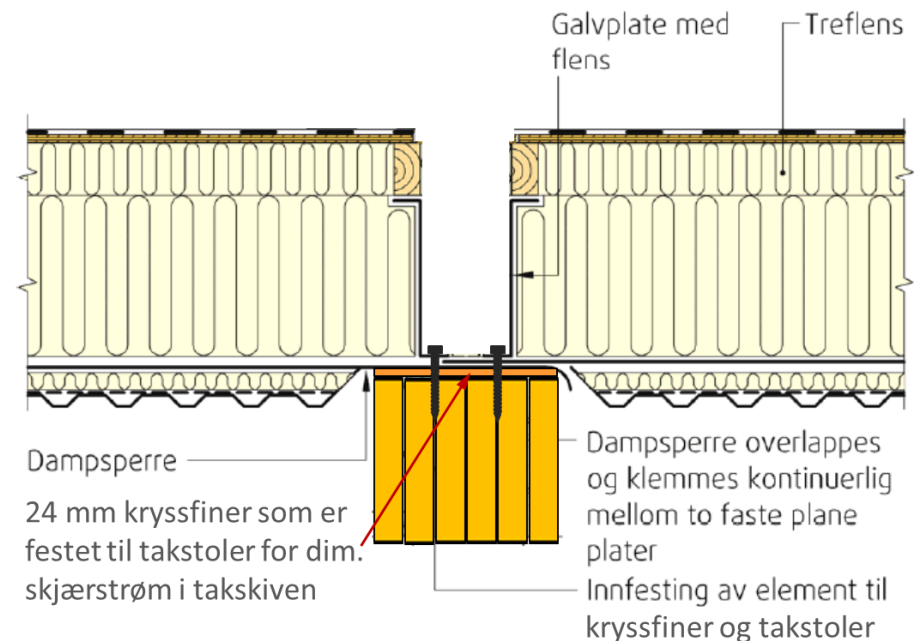
Innfesting av takelementer

Kapasitet av treskruer

Det benyttes 6 mm treskruer til innfesting av elementenes gavler. Disse er 50 mm lange.

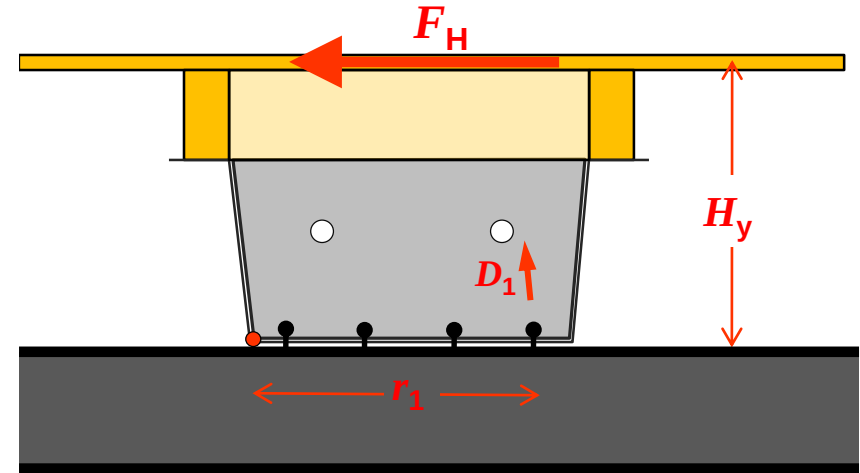
Det er en risiko for at noen av skruene havner delvis i en spekk mellom enkelttakstoler i den underliggende «pakken» av takstoler. Ved påkjenninger på tvers av takstolene (på tvers av fiberretningen) vil dette ikke ha noen effekt, mens det for uttrekk og krefter langs fiberretningen vil kunne gi en mindre reduksjon av kapasiteten.

På sikker side benyttes en reduksjon av skrukapasiteten ved å kun regne med halvparten av innskruingslengden i takstolene under den 24 mm tykke finerpåforingen dvs. samlet innskruingslengde settes til 36 mm.

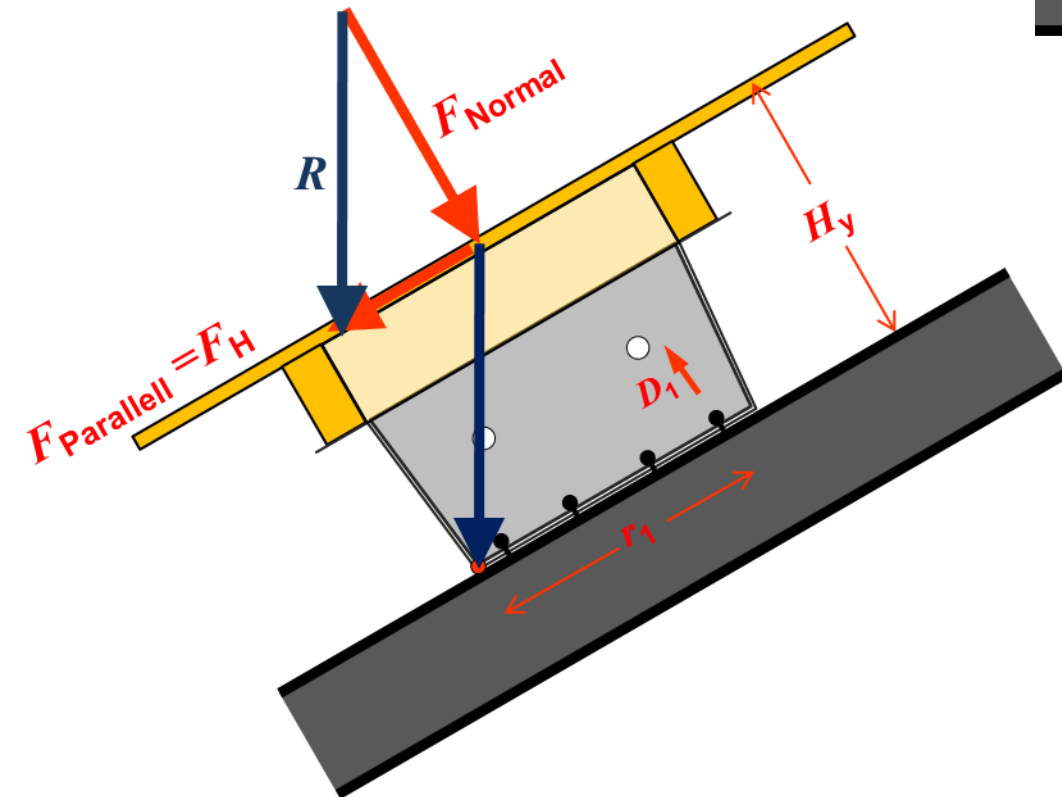


Strekk i forbindere fra skjærstrøm og skrå opplegg

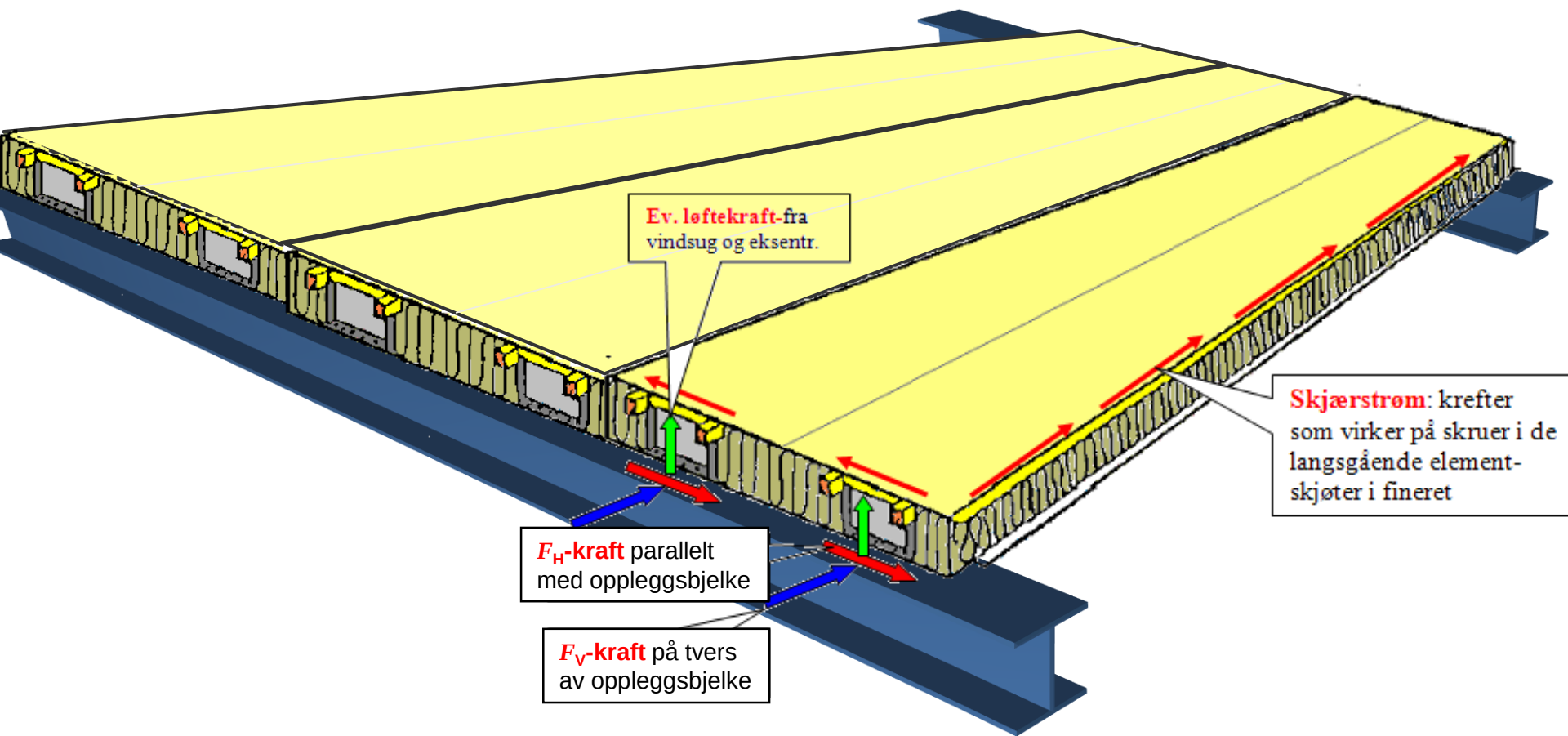
$$D_1 = \frac{6 \cdot M \cdot (n-1)}{450 \cdot n \cdot (2n-1)} = \frac{F_H \cdot H_y \cdot (n-1)}{75 \cdot n \cdot (2n-1)}$$



D_1 – kraften kommer i tillegg til løftekrefter fra sug på tak og ev. innvendig overtrykk



Takskiver med Lett-Tak elementer



Detalj langsider

Langsgående skjærstrømmer overføres til randdragere eller vegger.

Angis med skruetype og skrueavstand i mm.

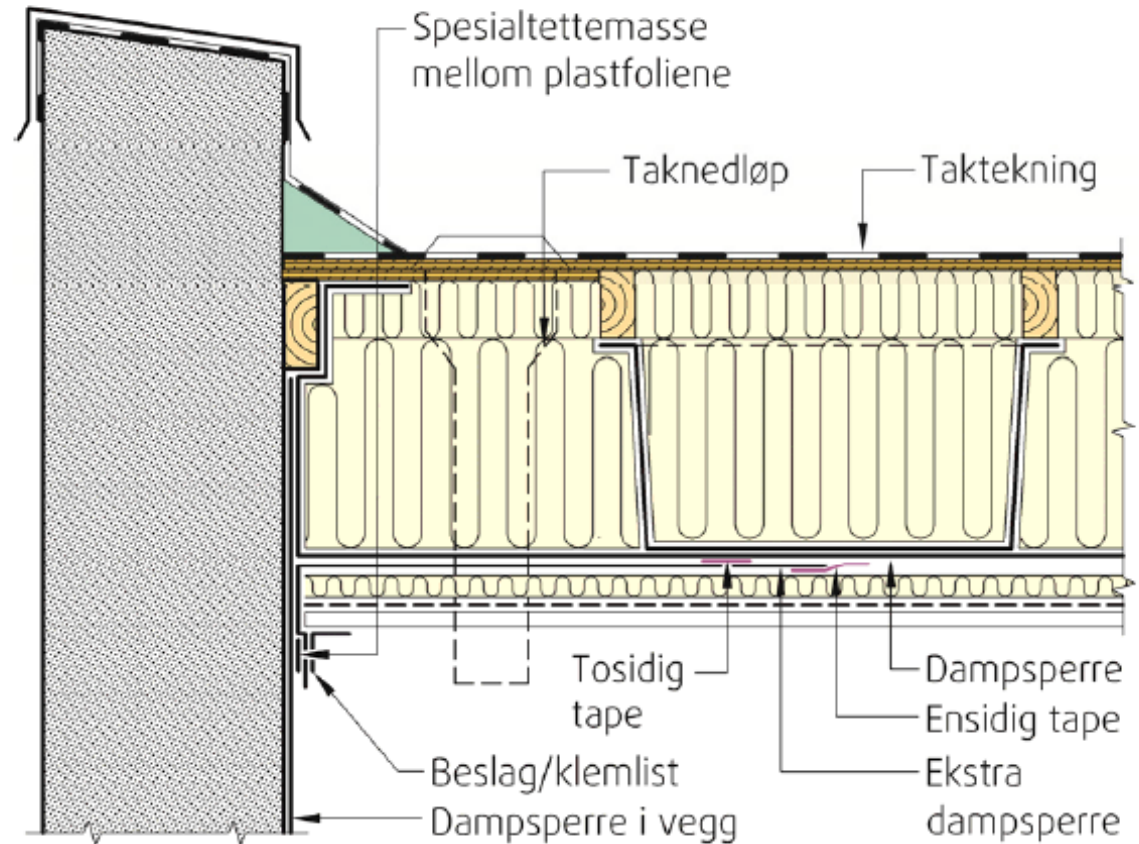


Fig. 3

Prinsipp for utførelse av tilslutning mot yttervegg. Det er forutsatt at vegg er reist før montasjen av takelementene.

Når skjærstrømmer og aksialkrefter er bestemt kan innfestingsberegning av takelementet utføres

Delskive 3, én lastkombinasjon

LETT-TAK SYSTEMER AS
Beregning utført av : Nils Ivar Bovim
Prosjekt : Maxbo, Gran Almenning
Gjelder element(er) : Delskive 3, elem felt B2-C3, akse B+1,25

INNFESTING AV ELEMENT TIL UNDERLIGGENDE KONSTRUKSJON
Dato : 05.06.2013

Beregningsresultater
Lastkombinasjon type: Normal bruddgrense
Lastvarighet : Øyeblikkslast
Vertikal resultant R = 9,86 kN pr. opplegg
Sug fra vind = 0,00 kN pr. opplegg
R-bidrag til F_x = 0,00 kN pr. opplegg
R-bidrag til F_y = 1,37 kN pr. opplegg
Ev. oppløft F_z = 0,00 kN pr. opplegg (+ oppover)
Skjærstrøm (opplbjelke / randdrager) 6,79 kN/m
Horisontalkraft langs stålprofil F_x : 3,44 kN pr. profil i opplegg
Horisontalkraft tvers stålprofil F_y : 9,52 kN pr. profil i opplegg
Oppløft fra sug på element F_z : 0,00 kN pr. profil i opplegg (+ oppover)
Elementopplegg på : Limtre
Forbindertype i elementopplegg : Treskrue Ø6mm L=50/46mm gj., 8.8
Byggskrue 6/50, dim. aksialkap 3,06 kN pr. forbinder
Byggskrue 6/50, dim. kap stålprofil 4,44 kN pr. forbinder
Byggskrue 6/50, dim. kap gavlplate 6,45 kN pr. forbinder
Byggskrue 6/50, innfesting bjelke 1,72 kN pr. forbinder
Antall forbindere for lasttilf.: 7 stk forbindere
Utnyttelsesgrad : 98 %
Forbinder i finerskjøt ev. randdrager : Sponplateskrue ESSVE 3,9/41
Resulterende kraft pr.m for kantforbindere : 6,79 kN/m
Forbinder: ESSVE 3,9/41 dim.kap 1,03 kN pr. skrue
Beregnet forbindeavstand langs kanten 150 mm
Utnyttelsesgrad : 99 %

Element hor.lengde :	6 000 mm
Utstikk, hor.lengde :	0 mm
Element, bredde :	2 400 mm
Stålprofiler, antall :	2 stk
Stålprofiler, høyde :	210 mm
Stålprofil, tykkelse :	1,10 mm
Gavlplatus tykkelse :	2,00 mm
Trelekt høyde :	121 mm
Finerplate, tykkelse :	15,0 mm
Finerlask, tykkelse :	15,0 mm
Oppleggsmaterialets tykkelse (stål) :	8,0 mm
Elementakse helning :	0,0 ° = α
Elementakse rotasjon :	8,0 ° = β

Last på element med lastfaktorer

Egenlast element G :	0,50 kN/m ²
Snølast element S :	2,24 kN/m ² (middel, hor.prosjeksjon)
Vindsug element V :	0,00 kN/m ² (normalt overflaten)
1) Last mot el.gavl :	2,87 kN/m (horisontalprojeksjon)
Skjærstrøm q ₁ fra 1) :	1,77 kN/m (horisontalprojeksjon)
2) Last mot el.side :	0,00 kN/m (horisontalprojeksjon)
Skjærstrøm q ₂ fra 2) :	5,02 kN/m (horisontalprojeksjon)

7 stk Treskrue Ø6mm L=50/46mm gj., 8.8

Konklusjon vedr. innfestinger for hele taket

For hele bygget benyttes på sikker side 10 stk. treskrue Ø6 x 50 / 46 i stålprofiler og 150 mm avstand mellom sponplateskruer ESSVE 3,9x41 i finerskjøter

Utfordringene er mange for den som påtar seg ansvar for beregning av stabilitet av bygg!



Hva er tak og hva er vegg?