

Gitterbjelkelag – komfortegenskaper ved frie spenn og kontinuerte bjelker

Resultater fra Moderne Bjelkelag og andre prosjekter

Anders Homb
Januar 2013rev

Innhold

- Enkle spenn
- Moderne Bjelkelag
- Måle- og beregningsresultater
- Doble spenn
- Demping
- Innflytelse fra delevegger
- Oppsummering

Spennvidde-tabeller

- **Baseres på komfort-kriteriet**
- **Vanlige bjelkelag**
- for $f_o > 10$ Hz:

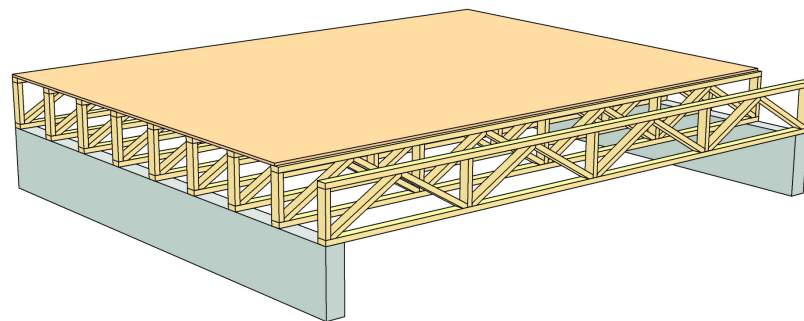
$$\frac{f_o}{\Lambda^{0.44}} > 18.7 \quad \text{eller} \quad \Lambda < \left(\frac{f_o}{18.7} \right)^{2.27}$$

Både nedbøyning og frekvens bestemmes beregningsmessig.

- for $8 < f_o < 10$ Hz:
Kriteriet utprøves i kombinasjon med andre kriterier

Gitterbjelkelag – enkle spenn

- **Byggforsk anvisning 522. 351**
Fagverksbjelker med gurter av
48 x 98 mm konstruksjonsvirke C30
22 mm sponplate direkte på bjelker,
ingen korreksjoner



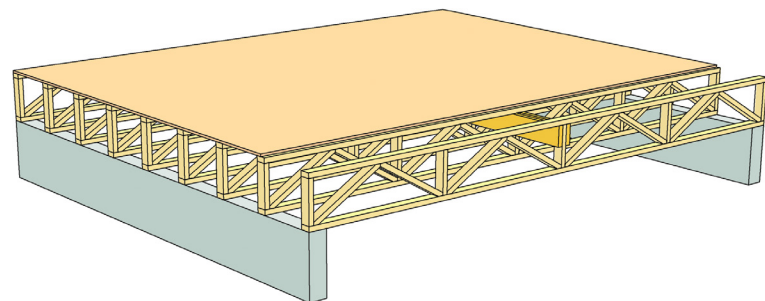
Overgolv: 22 sponplate, uten tverravstiving

Bjelke- høyde (mm)	Lysåpning (m) med c/c 600 mm
300	4,6
350	5,1
400	5,55
450	6,0
500	6,4

Forutsetninger: Se Byggdetaljer 522.351

Gitterbjelkelag – enkle spenn

- **Byggforsk anvisning 522. 351**
Fagverksbjelker med tverravstivende
bjelke, gurter av 48 x 98 mm,
22 mm sponplate direkte på bjelker,
ingen korreksjoner



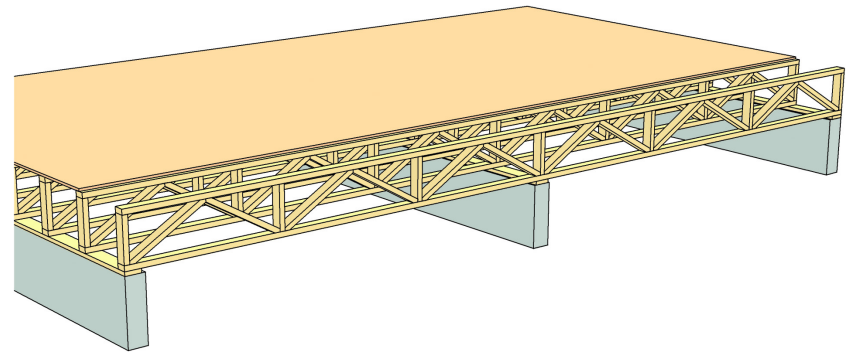
Overgolv: 22 sponplate, med tverravstivende bjelke (størst mulig)

Bjelke- høyde (mm)	Lysåpning (m) med c/c 600 mm
300	5,15
350	5,8
400	6,4
450	7,0
500	7,5

Forutsetninger: Se Byggdetaljer 522.351

Gitterbjelkelag – Moderne Bjelkelag

- **Fra prosjektet**
Fagverksbjelker med gurter av 48 x 98 mm virke C30, 22 mm sponplate direkte på bjelker,
- **Alle varianter – lengde 12 m**
Flyttet stivt midtopplegg for å studere virkningen av kontinuerlig bjelkelag



Gitterbjelkelag – Moderne Bjelkelag

- **Målte varianter**

KOB 6+6

BBS 6+6 bærebjelke på søyler

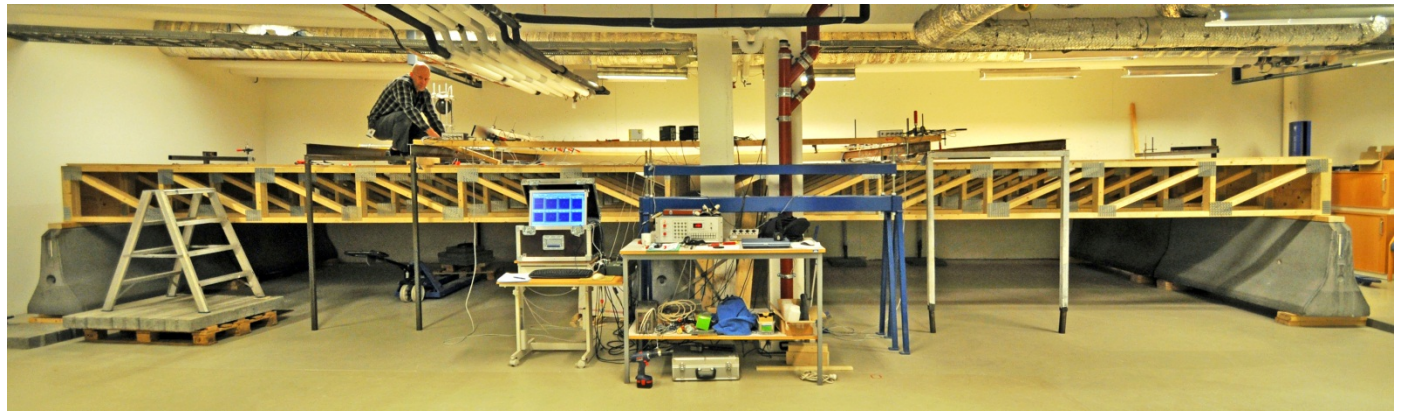
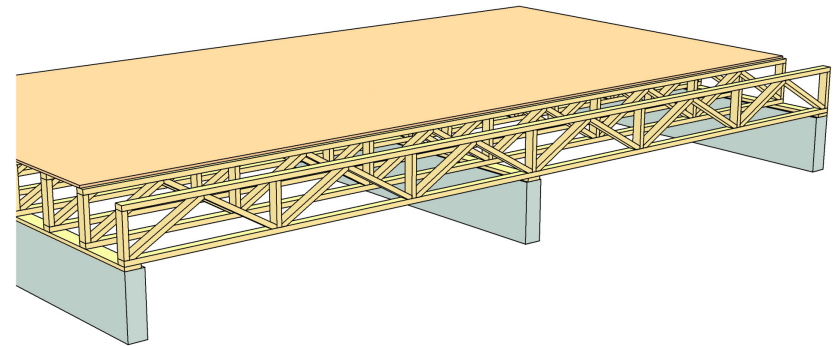
KOB 5+7

KOB 4+8 uten/med tverravstiver

KOB 3+9

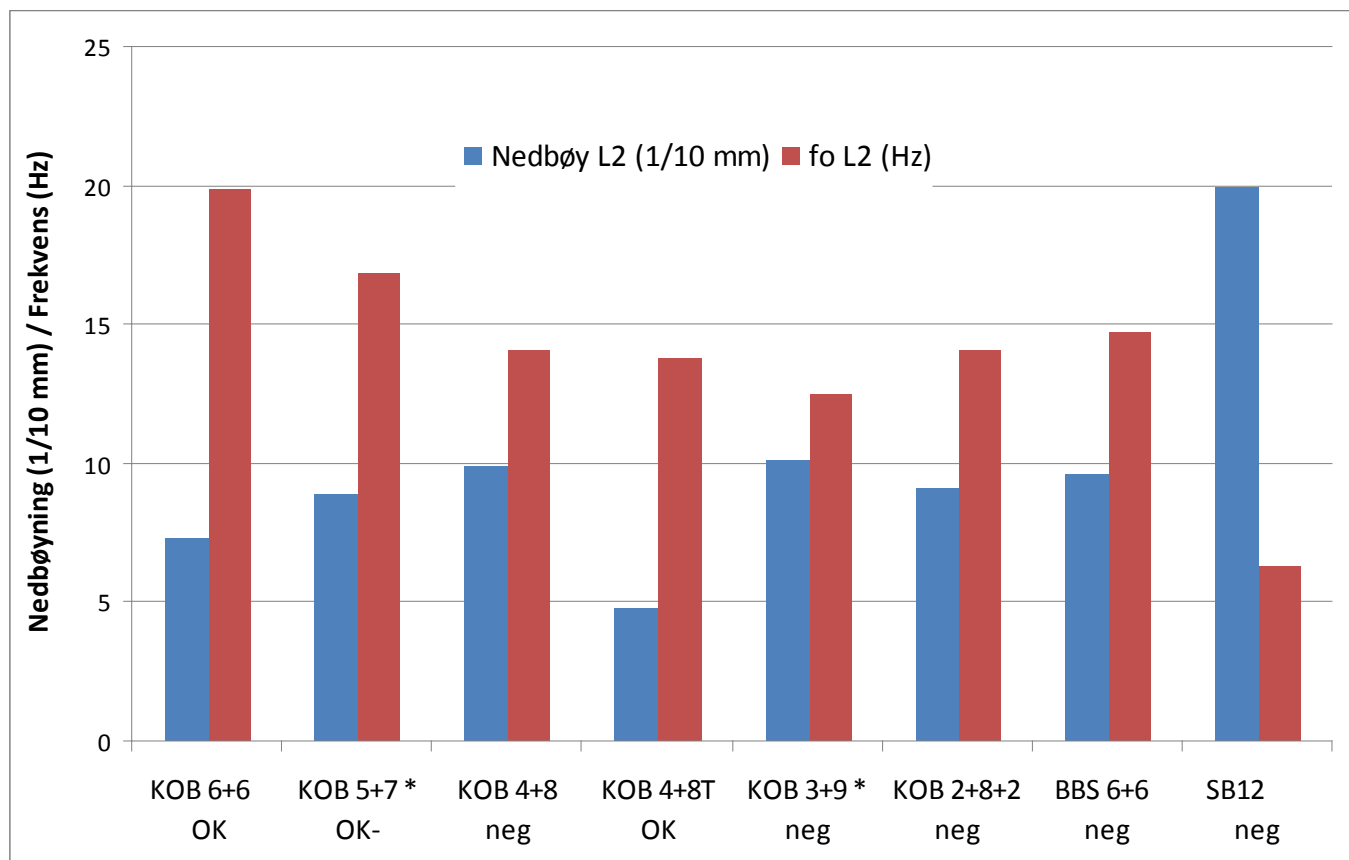
KOB 2+8+2

SB 12 enkelt
spenn



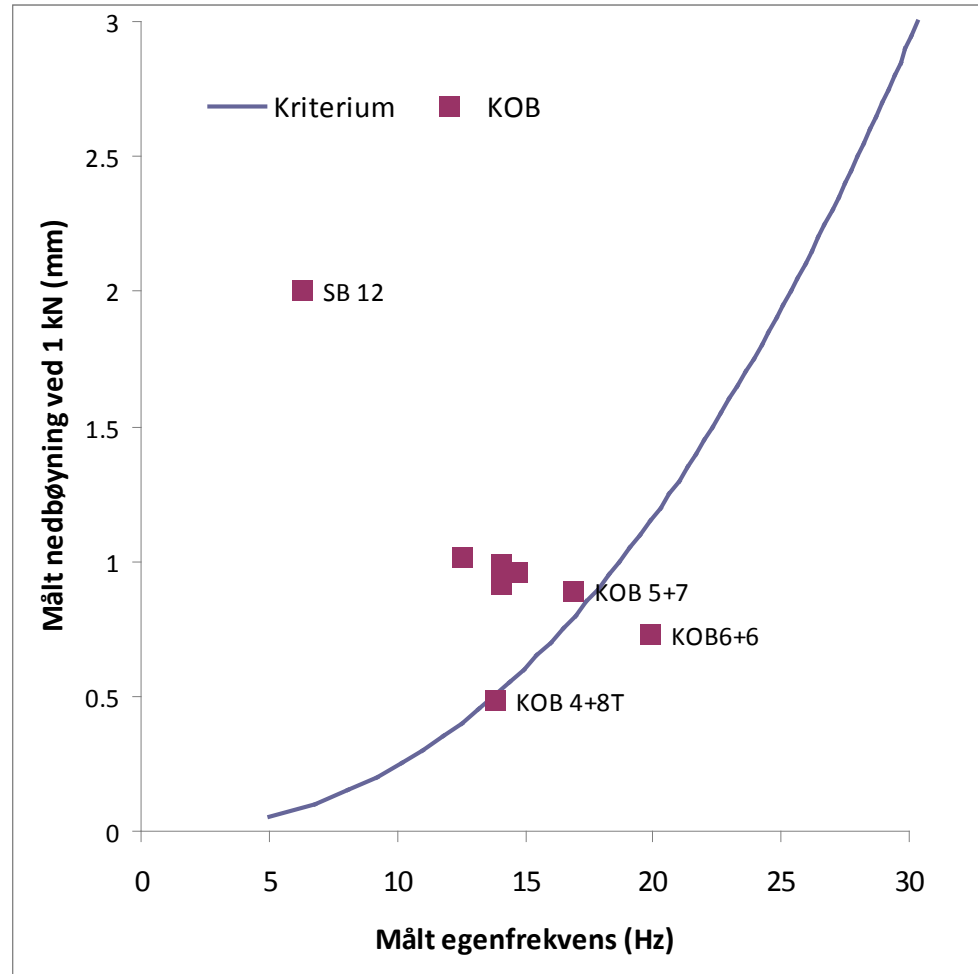
Gitterbjelkelag – Moderne Bjelkelag

- **Resultater:** Målt nedbøyning og egenfrekvens



Gitterbjelkelag – Moderne Bjelkelag

- Resultater fra målinger vurdert i komfort-kriteriet



Gitterbjelkelag – beregninger

- **Enkle spenn**
- Nedbøyning:
BTAB, COMSOL og HDiTre.excel
- Eigenfrekvens:
COMSOL, analytisk og HDiTre-excel
For begge parametrene: Akseptabel
overensstemmelse med målinger

Sammenligning resultater			
	Målt løb	Beregnet analytisk	Beregnet COMSOL
Nedbøyning, Δ_1	1,09 mm	0,98 mm	0,89 mm
Eigenfrekvens, f_0	12,5 Hz	12,8 Hz	14,0 Hz

Komfortkontroll av hulldekker i tre:

Arnold - 020212

Input for gitterbjelkene:

Lysåpning = 7900 mm
 Høyde drager - HD = 550 mm
 Centeravstand = 600 mm
 Trekvalitet = C30 Heltretverrsnitt:
 Gurtbredde i mm = 98 OBS! Tverrstiver
 Gurthøyde i mm = 48

Input for plater og plankedekke:

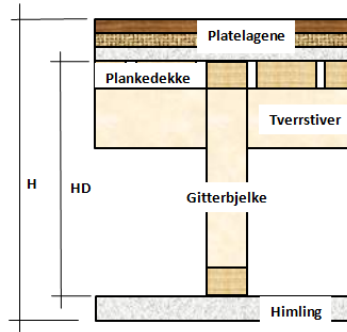
Ta bort plankedekket: Nei
 Undre platelag: 22 mm Sponplate
 Flensmedvirkning: Ja
 Midterste platelag: 24 mm Trefiberplate
 Øvre platelag: 22 mm Sponplate
 Himling: 13 mm Branngjips - 2 lag

Input for midtre tverrstiver:

Trekvalitet: C30 mm
 Tykkelse: 48 mm
 Høyde: 98 mm

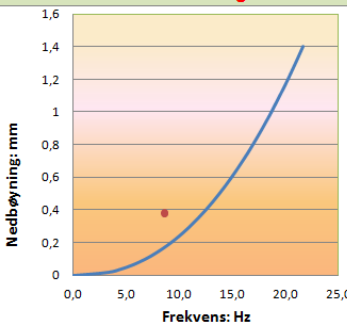
Input for øvrige tverrstiver:

Trekvalitet: C30 mm
 Tykkelse: 48 mm
 Høyde: 98 mm
 C/C-avstand: 1100 mm
 Ekstra vekt: 26 kg/m²
Flatemasse: 130,6 kg/m²



Totalhøyde H: 644 mm

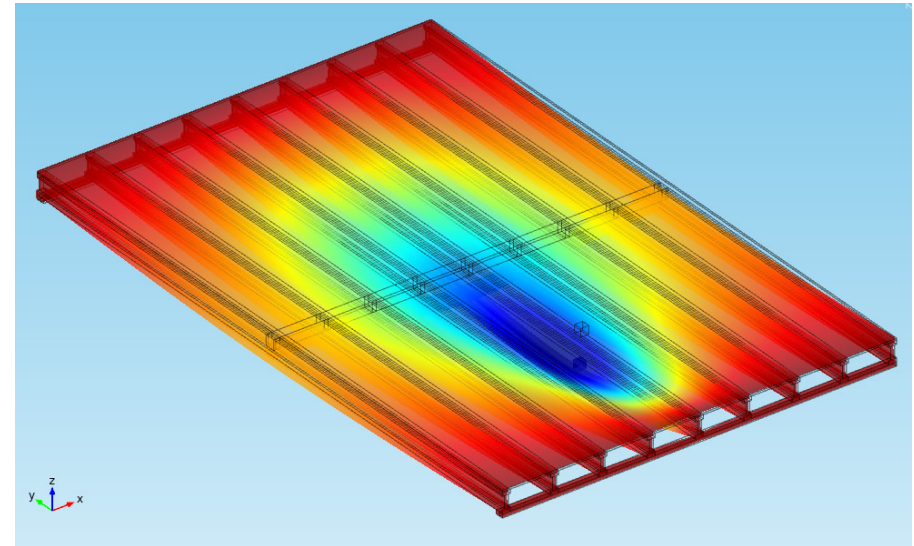
Gulvet er for dårlig!!



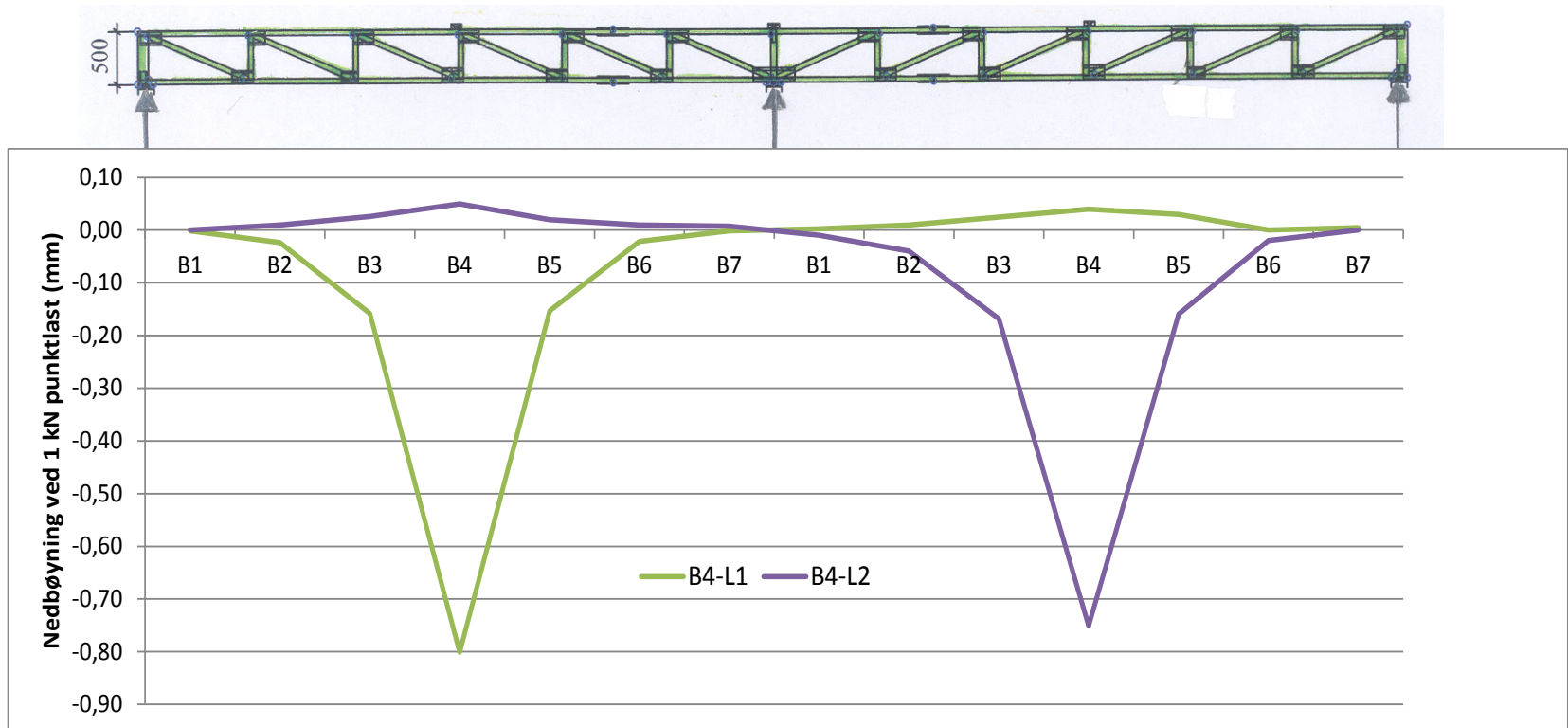
Det tas ikke ansvar for feil bruk av programmet!

Gitterbjelkelag – beregninger

- **Doble spenn**
- Nedbøyning:
COMSOL: Modellert med redusert stivhet i steget gir: **God overensstemmelse med målinger**
- Eigenfrekvens:
COMSOL: **God overensstemmelse med målinger**
Analytisk: **Betydelig overestimering**



Gitterbjelkelag – resultat KOB 6+6



- **Nedbøyning midt i spennet:** I nærheten av beregnet (0.72 mm)
Oppløft motsatt spenn: Lavt (både målt og beregnet)

Gitterbjelkelag – doble spenn

- **Hvor mye øke spennet med kontinuerlig bjelke?**
- **Spennvidder, fra Byggdetaljer 522.351**
 - faktor 1,05 ved to tilnærmet like spenn
- **Fra målinger, vanlig bjelkelag KOB 5+7**
 - akseptabelt med lysåpning = 6,9 m
 - tabellverdi enkelt spenn = 6,4 m **gir faktor = 1,075**
- **Fra målinger, med maks. tverrøstiver KOB 4+8T**
 - akseptabelt med lysåpning = 7,9 m
 - tabellverdi enkelt spenn = 7,5 m **gir faktor = 1,05**

Gitterbjelkelag – foreløpige tabeller

- Vanlig bjelkelag, faktor 1,075**

- forutsetter helt stivt opplegg, bruddlast m.m. ikke kontrollert

Bjelke- høyde (mm)	22 mm sponplate, lysåpning med c/c 600		Lydløsning, lysåpning med c/c 600	
	Enkelt spenn (m)	To tilnærmet like spenn (m)	Enkelt spenn (m)	To tilnærmet like spenn (m)
300	4,6	4,95	4,1	4,4
350	5,1	5,45	4,55	4,85
400	5,55	5,95	4,95	5,3
450	6,0	6,45	5,3	5,7
500	6,4	6,85	5,7	6,1

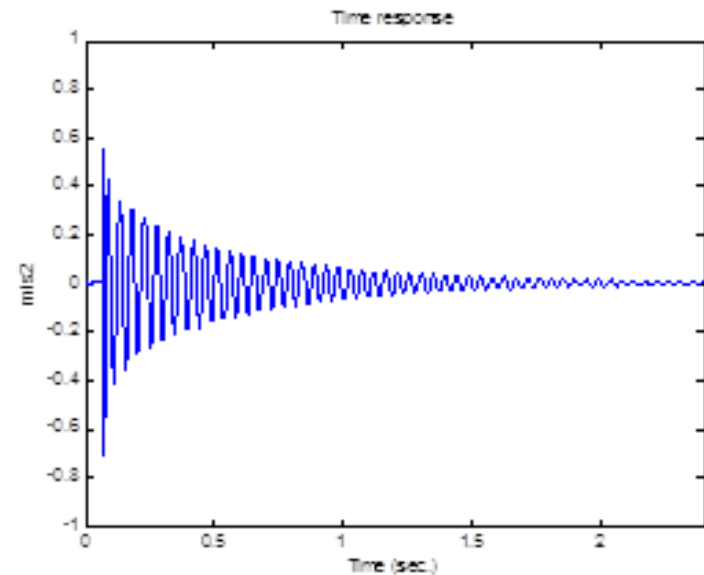
- Bjelkelag med maksimal tverravstiver, faktor = 1,05**

- forutsetter helt stivt opplegg, bruddlast m.m. ikke kontrollert

Bjelke- høyde (mm)	22 mm sponplate, lysåpning med c/c 600		Lydløsning, lysåpning med c/c 600	
	Enkelt spenn (m)	To tilnærmet like spenn (m)	Enkelt spenn (m)	To tilnærmet like spenn (m)
300	5,15	5,4	4,6	4,8
350	5,8	6,1	5,15	5,4
400	6,4	6,7	5,7	6,0
450	7,0	7,35	6,2	6,5
500	7,5	7,9	6,7	7,05

Damping – hva kan forventes?

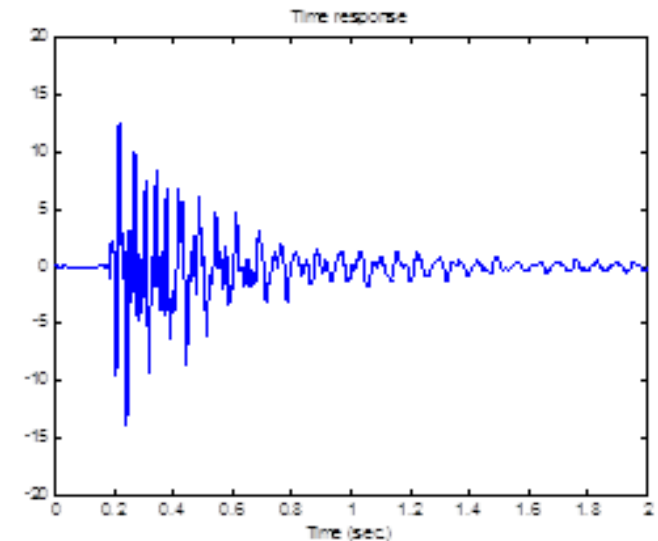
- **Bjelkelag i lab med enkle overgolv, spalteggolv eller enkeltbjelker**
 - tåpsfaktor mellom 2 og 4 %: dvs. **liten damping**



Demping – hva kan forventes?

- **Bjelkelag i forsøkshus (2004)**

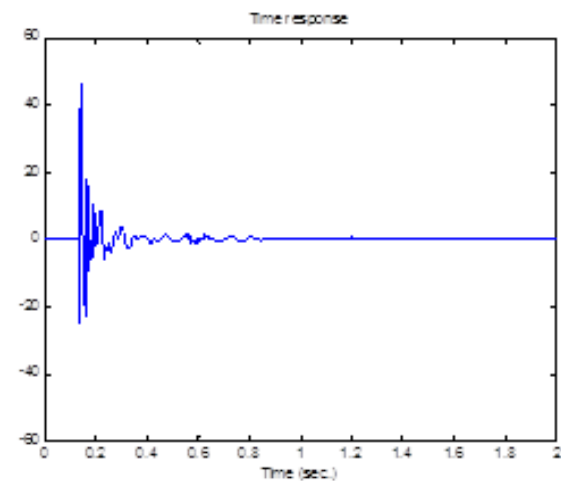
- flytende golv på heller eller spaltegolv, avstand til vegger ~ 4 m
tapsfaktor 6 til 8 %: **moderat demping**



Demping – hva kan forventes?

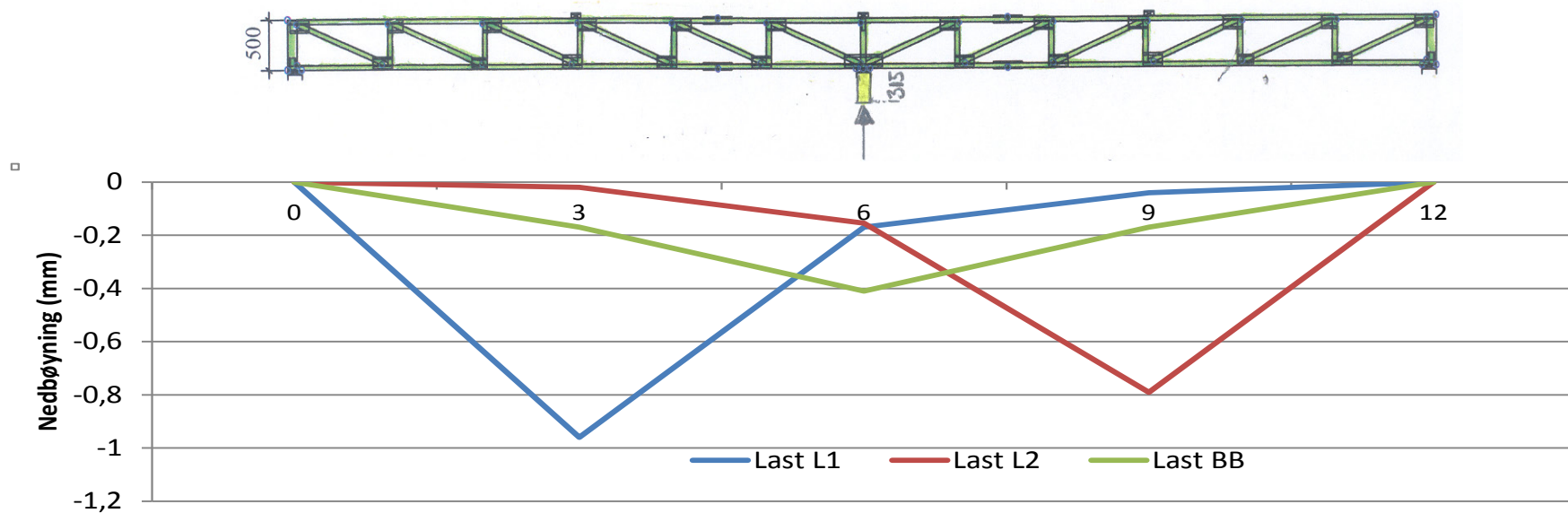
- **Bjelkelag i felt**

- Husnes: fra ca. 3 % for "rådekke" med plank til ca. 7 % med lydgvlv
- Nesøya: fra ca. 4 til 8 % avh. av løsning/avstand til delevvegger
- Valderhaug: fra 3-4 % for enkeltbjelke/rådekke til 13-14 %
(**høy demping**) med ferdig lydgvlv, delevvegger og pipeløp



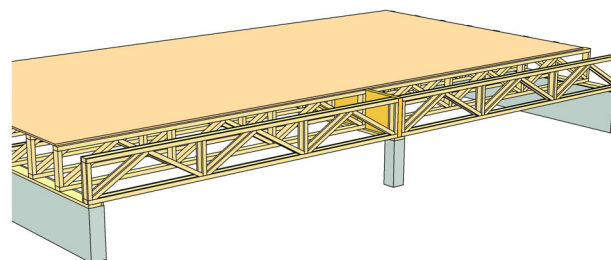
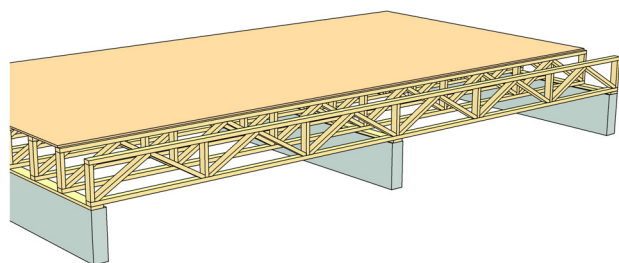
Bærebjelke isteden for stiv bærevegg

- Resultater fra måling av BBS 6+6



Bærebjelke isteden for stiv bærevegg

- Sammenligning KOB 6+6 med BBS 6+6



Måleresultater

Variant 6 + 6	Gjennomsnitt L1 & L2	
	Nedbøyning (mm)	Egenfrekvens (Hz)
KOB Stiv bærevegg	0,76	20,2
BBS Bærebjelke på søyler	0,88	14,7 (20,3)
BBS Korrigert for nedbøy* på bærebjelke	0,79	-

* Målt gjennomsnitt $\Delta = 0,16$ mm

Last over midtre bærebjelke $\Delta = 0,4$ mm

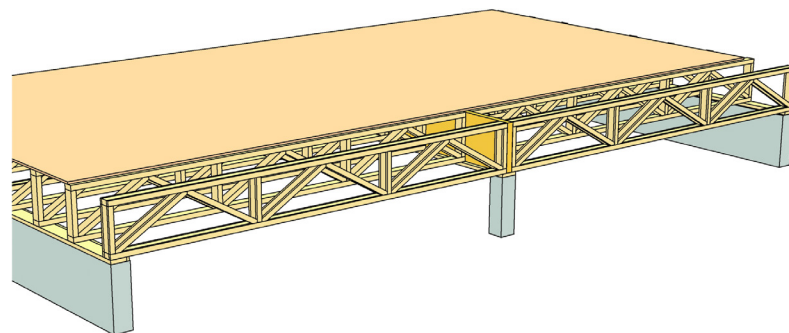
Bærebjelke isteden for stiv bærevegg

- **Foreløpige resultater**

- selv med statisk dimensjonert bærebjelke
- bærebjelke dynamisk sett for liten stivhet
- øker nedbøyning og reduserer egenfrekvens
(svært spennvidde- og lastavhengig)

- **Eksemplet BBS 6+6**

- komfortkriteriet ikke oppfylt
(mens KOB 6+6 har god margin)



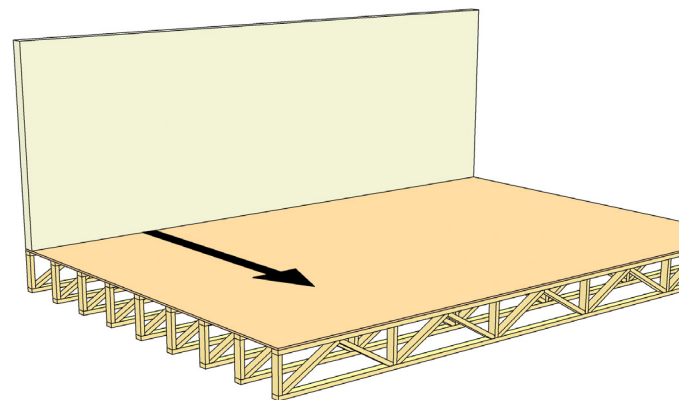
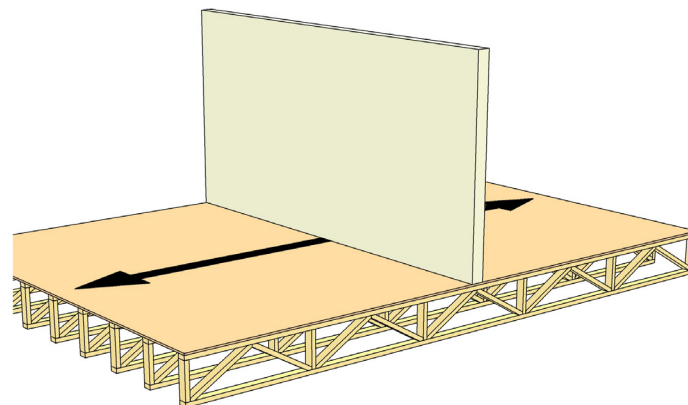
Resultater fra Skottland

- **Bjelkelag med metall-web**
Spennvidde 4,9 m: diverse bjelkevarianter, himling og tverravstiving
- **Senteravstand, tverravstiver og himling:**
 - liten påvirkning på laveste egenfrekvens
 - liten påvirkning på dempingen
- **Redusert senteravstand og økt antall/dimensjon til tverravstiver:**
 - reduserer utsvinget i tydelig grad og forbedrer derfor vibrasjonsegenskapene



Innflytelse fra delevegger

- **Eksempel: K-bjelkelag i laboratorium**
- **Tverrgående vegg**
 - avstand 2,7 m til opplegg
 - stor avstivingseffekt når vegg er en stiv skive, stivt festet til bjelkelaget
 - øker dempingen lokalt
- **Langsgående understøttelse**
 - 4,8 m til fri kant
 - stor avstivingseffekt for de nærmeste 2 til 3 bjelkene, liten effekt utover
 - øker dempingen lokalt

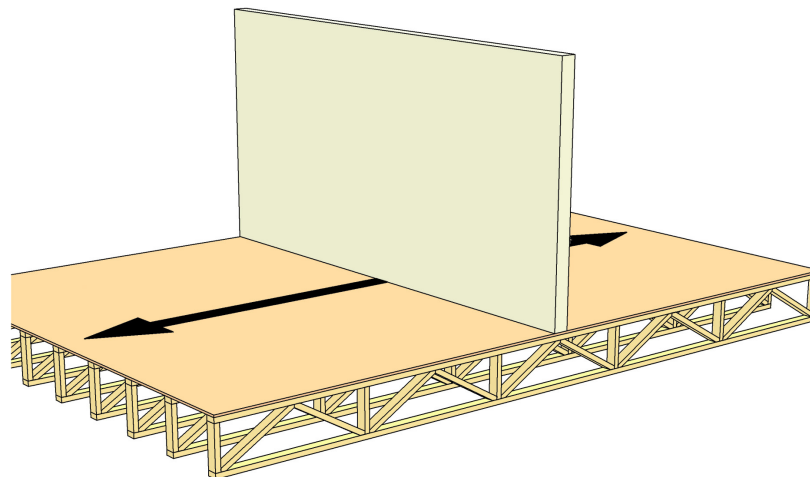


Innflytelse fra delevegger

- **Eksempel: Apaltun**

- **Tverrgående vegg**

- avstand 3,2 m til opplegg
- stor avstivingseffekt
- øker dempingen



- **Oppsummering**

Basis: Ikke-bærende vegg er en stiv skive, stivt festet til bjelkelaget

Løsning tverrgående vegg: Kan regne lettveggen som en maksimal tverravstiver

Løsning langsgående lettvegg: Kan kun regne med en lokalt avstivende og dempende effekt

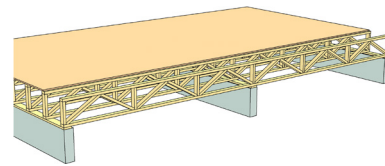
Oppsummering

- **Enkle spenn**

- Komfortkriteriet og beregningsverktøy fungerer ok
- tabellerte verdier tilgjengelig

- **Kontinuerlig bjelke, dobbelt spenn**

- faktor på 1,05 til 1,075 kan benyttes i forhold til tabellert verdi for enkelt spenn
- foreløpige tabellverdier tilgjengelig



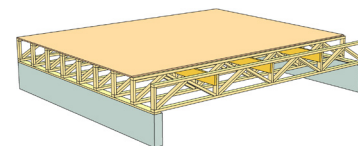
- **Bjelkelag med høy demping**

- gir sikkerhetsfaktor eller kan tillate noe avvik fra komfortkriteriet
- oppnås med flytende golv eller delevegger maks. 4 m fra opplegg

Oppsummering, fts.

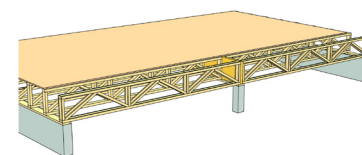
- **Tverravstivere**

- anbefales for bjelkelag over 4 til 5 m
- flere og stivere tverravstivere forbedrer egenskapene



- **Bærebjelke på søyler istedenfor stiv bærevegg**

- OBS: øker nedbøyning og reduserer egenfrekvens
- bør kontrollberegnes i hvert enkelt tilfelle



- **Ikke-bærende vegger på tvers av bjelkelaget**

- kan regne samme virkning som en maksimal tverravstiver, når veggen er stiv i skiveplanet og festet fast til bjelkelaget

