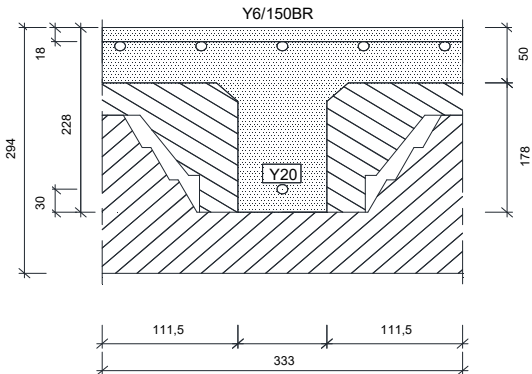
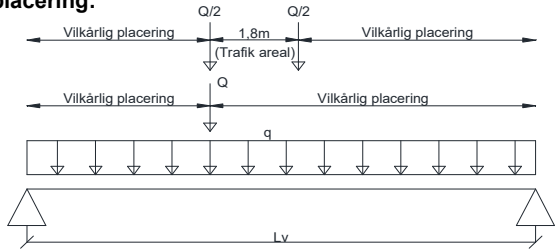


Sag: Vesthellinga 14, Norge		Sagsnummer: 15474	Udført: NM	Dato: 11.02.2019
OP-DECK®		q _k = + 2,5 kN/m ² (NYTTELAST) 0,4 kN/m ² (PERMANENT LAST UDOVER OP-deck) Q _k = 2,0 kN (PUNKTLAST)		
Spænd (L _v) [m]	5,4	Tværsnit: Lastplacering:		
Betontykkelse (h _t) [mm]	228			
Flangetykkelse (h _b) [mm]	50			
Kropshøjden (h ₁) [mm]	178			
Kropstykkelser (b ₁) [mm]	110			
Armering A _{s,p} /333	Y20			
Afstand A, fra dæk bund til CL af Ekstra armering [mm]	30			
Anbefalet stødlængde for A [mm] ¹⁰	860			
Rionet top A _{s,t}	Y6/150BR			
Afstand fra dæk top til CL af rionet [mm] ¹¹	18			
Anbefalet stødlængde for A _{s,t} [mm]	390			
Langtidsdeformation [mm] ¹²	9,8			
Korttidsdeformation [mm]	10,1			
Vejledene betonbehov [m ³ /m ²]	0,11			
Transmissionskoefficient af dæk , U [W/m ² K]	0,14			
Egenfrekvens [Hz] ¹³ (Kan være problematisk)	7,6			
Behov for mellemunderstøtning under udstøbningsfasen ¹⁴	2,7			
Skal minimum understøttes pr. [m]				
Noter:				
1. Bæreevnerne er baseret på Eurocode 2 med tilhørende dansk NAD.				
2. Minimum vederlag på stål eller beton = 60 mm.				
3. Minimum vederlag på mursten eller blokke = 75 mm.				
4. Minimum betontyngelindertrykstyrke = 35 MPa. Der henvises til DS2446.				
5. Minimum dæklag bestemmes i henhold til Eurocode 2 med tilhørende dansk NAD.				
6. Brandsikring er ikke medtaget og skal undersøget særskilt.				
7. Udførelsen skal ske i henhold til DS2427.				
8. Geometrien er gældende for et standard dæk.				
9. Armering som ribbestål klasse B, F _{yk} = 550MPa.				
10. Stød skal placeres forskudt ihenhold til DS/EN 1991-1-1, hvis mere end 25 % af stød placeres i samme tværsnit skal stødlængden forøges med 50 %.				
11. Minimumsafstand for Passiv Miljøklasse				
12. Deformationer fra udstøbning ikke medtaget.				
13. Egenfrekvensen er vejledende og regnet ud fra egenvægten af OP-DECK +20kg/m ² .				
14. Fjernelse af mellemunderstøtninger må først ske efter rådføring med leverandøren.				

Tværsnit:



Lastplacering:



Sag: Vesthellinga 14, Norge

0

Data til dimensionering af OP-DECK®

Materiale Data			
Betontrykstyrke k	f_{cktryk}	35	MPa
Stålstyrke k	f_{yk}	550	MPa
Stålstyrke k OP-DECK	$f_{yk,op}$	320	Mpa
Elasticitetsmodul, stål	E_s	210000	MPa
Betonstrækstyrke	f_{ctm}	3,2	MPa
Betonstrækstyrke k	$f_{ctk,0,05}$	2,2	MPa
	ϵ_{yd}	0,003	
Betontryk hældning	θ	36°	
	α_0	5,9	
	α_∞	23	

Koefficienter		
Betontrykstyrke	γ_{ctryk}	1,45
Stålstyrke armering	γ_s	1,2
Betonstrækstyrke	$\gamma_{ctræk}$	1,7
Stålstyrke op-deck	γ_s	1,1
Lasttype	A: Boligformål	▼
Nyttelast	ψ_0	0,5
Nyttelast	ψ_1	0,3
Nyttelast	ψ_2	0,2
Kontrolklasse	Normal	

Regningsmæssige styrker			
Betontrykstyrke	f_{cd}	24,1	Mpa
Stålstyrke	f_{yd}	458,3	Mpa
Stålstyrke k OP-DECK	$f_{yd,op}$	290,9	Mpa
Betonstrækstyrke	$f_{ctm,R}$	1,3	Mpa

Forudsætninger	
- Følgende ark regner på et 333 mm bredt OP-deck. - Forudsætningerne for beregningerne er gældende Eurocodes og tilhørende danske Nationale Annekser, hermed kan de anvendte data være forkerte hvis der regnes på projekter uden for Danmarks grænser.	

Programdata:	
Opdateret	Version
2017.02.17	OPD-1.B

Beregning af OP-deck®-plade

Designgrundlag og forudsætninger

Max spændvidde: (MAX 8 m) 5,4 m

Karakteristisk last

Følgende laster er oplyst og anvendt i beregningen:

Lodrette laster - karakteristiske værdier			
1.	Egenvægt OP-DECK®- plade	0,18	kN/m ²
2.	Egenvægt beton	2,8	kN/m ²
3.			kN/m ²
4.	Gulv	0,375	kN/m ²
g	Samlet permanent last	3,3	kN/m ²

Nyttelast			
	Fladelast for Boligformål (ligger normalt i intervallet 1,5 - 3 kN/m ²)		kN/m ²
Q	Punktlast for Boligformål (ligger normalt i intervallet 2 - 2 kN)	2	kN
q	Overskrivning af fladelast størrelsen (ellers skal cellen være tom)	2,5	kN/m ²
	Overskrivning af punktlast størrelsen (ellers skal cellen være tom)		kN

	Udstøbningslast	1	kN/m ²
--	-----------------	---	-------------------

Regningsmæssig last

Følgende lastkombinationer anvendes til brudberegninger:

Fladelast:

$$\text{STR}(q): q_d = 1,0 \times g + 1,5 \times q = 7,1 \text{ kN/m}^2$$

Punktlast:

$$\text{STR}(Q): Q_d = 1,5 \times Q = 3,0 \text{ kN}$$

Følgende lastkombination anvendes til deformationsberegninger:

DEF:

Fladelast:

$$\text{DEF}(p_{ka}) = g + q = 5,8 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Karakteristisk last}$$

$$\text{DEF}(p_{hy}) = g + \psi_1 \times q = 4,1 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Hyppig last}$$

$$\text{DEF}(p_{kv}) = g + \psi_2 \times q = 4,9 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Kvasi-permanent last}$$

Punktlast:

$$\text{DEF}(P_{ka}) = \psi_0 \times Q = 1,0 \text{ kN} \quad \text{Karakteristisk last}$$

Bæreevne for OP-DECK

En samlet dæktykkelse på 294 mm vælges

Ønsket flange højde,

$H_0 =$ 50 mm

OK

Ønsket kropbrede,

$B_1 =$ 110 mm

Ønsket kropshøjde,

$H_1 =$ 178 mm

Ønsket armeringsdimension

$A_s =$ Y20

Miljøklasse

Passiv Miljøklasse

Passiv miljøklasse: er tørt miljø, hvor korrosion ikke forekommer.(INDENDØRS)

Anvendes der forskydningsarmering?

NEJ

Egenfrekvens for dæk

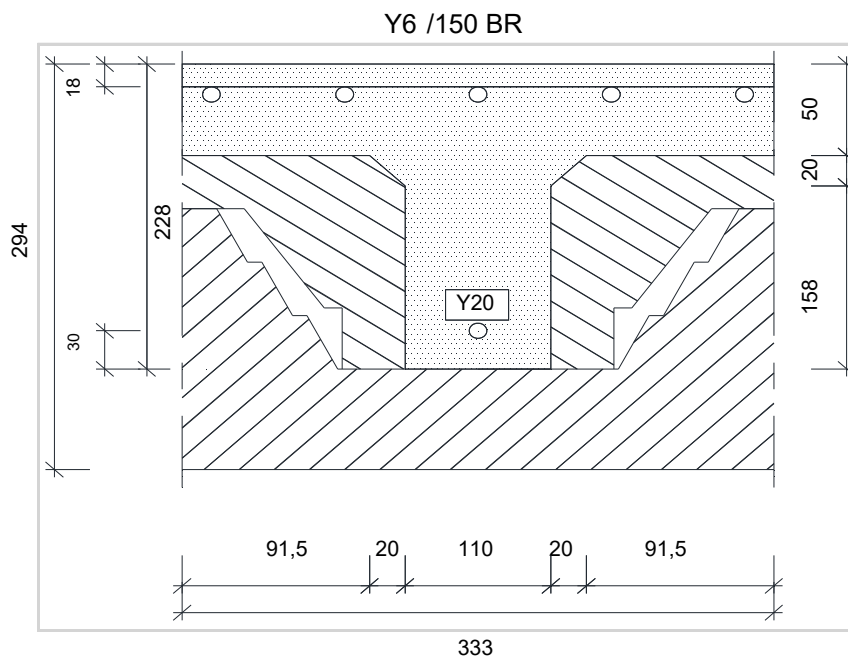
7,6 Hz Kan være problematisk

Dimensioner på valgte dæk:

Densitet: 25 kN/m³

Areal beton: 0,037 m²

Egenvægt: 0,916 kN/m



Resultater:

Moment, udnyttelsesgrad (Udregninger kan ses senere i dette dokument)

$M_{Ed,max} / M_{Rd,min} = 0,3 \leq 1$ OK!

Forskydning, udnyttelsesgrad (Udregninger kan ses senere i dette dokument)

$T_{Ed,max} / T_{Rd,min}$ eller $V_{Ed,max} / V_{Rd,min} = 0,69 \leq 1$ OK!

Nedbøjning, udnyttelsesgrad (Udregninger kan ses senere i dette dokument)

$U_{maks} / U_{tilladelig} = 0,94 \leq 1$ OK!

Beregning af OP-DECK®

Momentbelastning (STR)

$M_{Ed,f}$	$= 1/8 \times q_d \times L^2$	=	8,56 kNm
$M_{Ed,p}$	$= 1/4 \times Q_d \times L + 1/8 \times g/3 \times L^2$	=	8,07 kNm

Momentbæreevne

Momentbæreevne -

M_{Rd}	$= \mu \times b_f \times D^2 \times \eta \times f_{cd} =$	27,22 kNm	>	8,56 kNm	OK!
----------	---	-----------	---	----------	-----

Da der regnes med transformeret tværsnit skal det undersøges om dette er tilladelig

$$\omega^* d < h_0$$

OK!

Effektiv bredde

$b_f = \min(b_1 + 2 \times (0,07 \times L) + 0,2 \times (b_2 - b_1); b)$	=	333 mm
--	---	--------

η	(Tabelopslag)	=	1	
λ	(Tabelopslag)	=	0,8	
$\varepsilon_{cu3}(\%)$	(Tabelopslag)	=	0,35	
$\varepsilon_{c3}(\%)$	(Tabelopslag)	=	0,175	
$d = h_1 + h_0 - AAs$		=	198,0 mm	
$\omega = A_s \times f_{yd} / (b_f \times d \times \eta \times f_{cd})$		=	0,090	
$\omega^* = A_s \times f_{yd} / (b_1 \times d \times \eta \times f_{cd})$		=	0,274	
$\omega \geq \omega_{min}$	ω_{min}	=	0,025	OK!
$\omega \leq \omega_{bal}$	ω_{bal}	=	0,79	OK!
$\omega \leq \omega_{max}$	ω_{max}	=	8,35	OK!
$\mu = \omega \times (1 - 0,5 \times \omega)$		=	0,086	

Forskydning:

Forskydningskraft

$$V_{ed} = \max \left\{ 0,5 \times L \times (q_d + g)/3 \text{ eller } Q_d \times 0,96 + 0,5 \times L \times g/3 \right\} = 8,8 \text{ KN pr Sektion}$$

Forskydningsbæreevne uden armering

$$V_{Rd,c} = \max(\tau_{Rd,c}; \tau_{Rd,min}) \times (B_w \times d) = 12,8 \text{ KN pr Sektion}$$

OK!

Den regningsmæssige værdi af forskydningsstyrken kan sættes til: DS/EN 1992-1-1

$$\tau_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{(1/3)} + 0,1 \cdot \sigma_{cp} = 0,39 \text{ MPa}$$

dog som minimum

$$\tau_{Rd,min} = 0,035 \cdot k^{(3/2)} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0,59 \text{ MPa}$$

og maksimalt

$$\tau_{Rd,max} = \frac{1}{2} \cdot v_v \cdot f_{cd} = 6,4 \text{ MPa}$$

hvor:

$$k = \min \left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}}; 2,0 \right) = 2,00$$

$$\rho_l = \min \left(\frac{A_{sl}}{b_w \cdot d}; 0,02 \right) = 9,36E-04$$

$$v_v = 0,53$$

Forskydningsarmering: (Afsnittet anvendes ikke)

En p6 ønskes anvendt

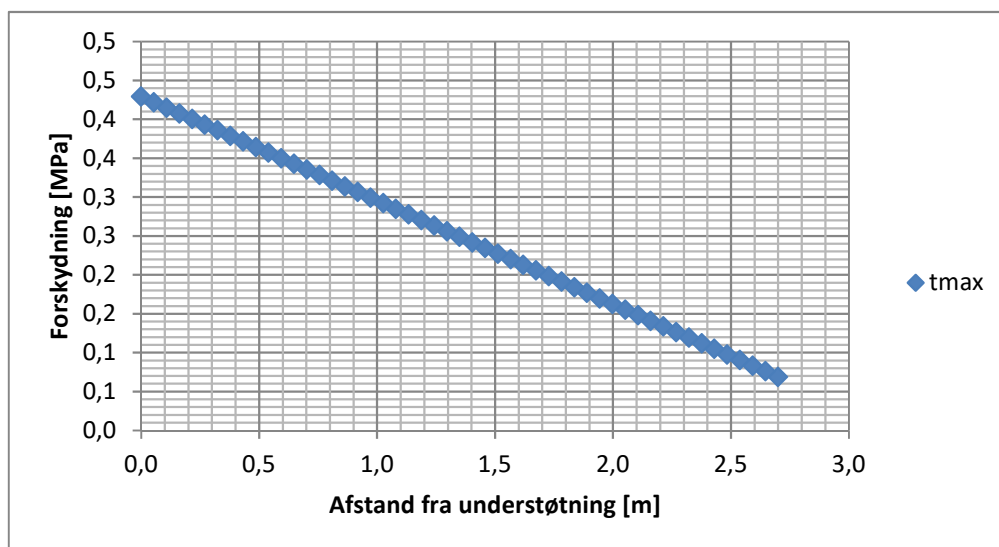
Bøjler p6 i to snit

$$A_{sw} = 56,55 \text{ mm}^2$$

Max bøjleafstand svarende til minimumsarmeringen

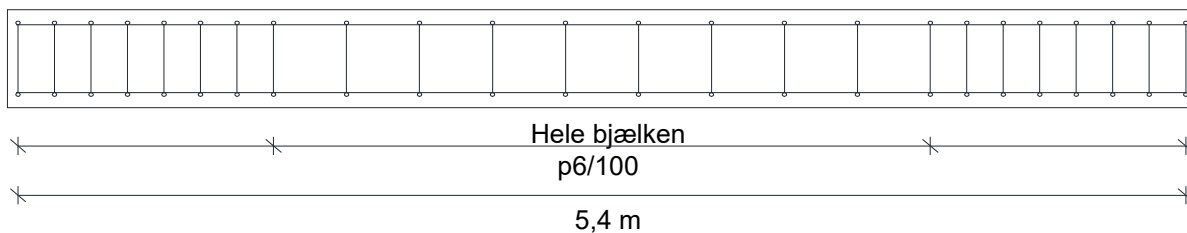
$$S \leq \begin{cases} 0,75 \cdot d \\ 15,9 \cdot \frac{A_{sw}}{b_w} \cdot \frac{f_{yk}}{\sqrt{f_{ck}}} \end{cases} = 148,5 \text{ mm}$$

Max forskydning langs bjælken



Max forskydningsspændinger i bjælken med fladelast samt en vilkårlig placeret punktlast. Der ses kun på halvdelen af bjælken, forskydningen vil være symmetrisk om centerlinjen.

Bøjleplacering:



Eftervisning af hele bjælken:

$$s = 250 \text{ mm}$$

$$\cot(\theta) = 1$$

$$\tau_{min,d} = A_{sw} \times f_{yd} / (s \times b_w) \times \cot(\theta) = 0,94 \text{ MPa} \geq 0,43 \text{ MPa}$$

Oversidearmingering:

Oversidearmingering.

Placering fra overside (min 15+ ø/2)

$$Y6 / 150 \text{ BR} = 188 \text{ mm}^2/\text{m} \\ 18 \text{ mm}$$

Armeringsareal PR profil

$$62,8 \text{ mm}^2$$

Punktlast QR

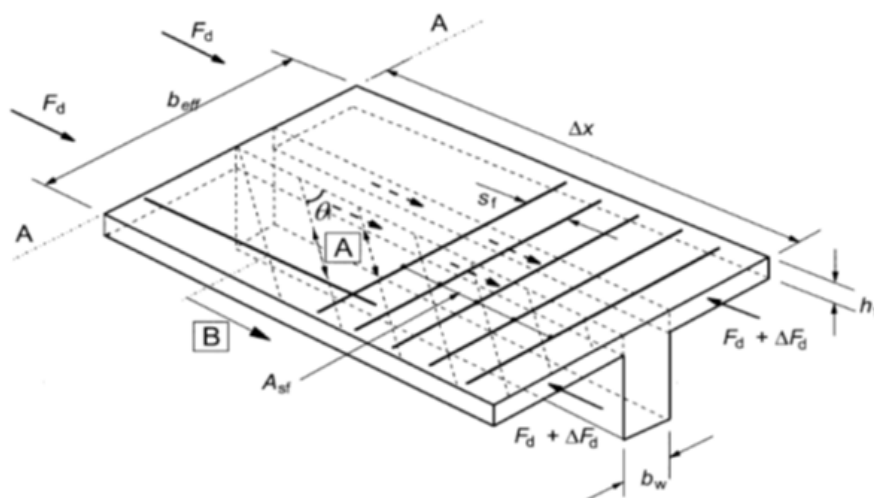
Q_d

$$3 \text{ kN}$$

Trædeflade punktlast: tb x tl

$$50 \times 50$$

Armering i flanger i T-bjælke



Normalkraften i flangen over længden Δx.

På strækningen fra understøtningen til Lsp/4:

$$\Delta F_D = \frac{3}{16} \cdot \frac{P_d / 3 \cdot L_{sp}}{z} \cdot \frac{b_f - b_w}{b_f} = 8,4 \text{ kN}$$

På strækningen fra Lsp/4 til Lsp/2:

$$\Delta F_D = \frac{1}{16} \cdot \frac{P_d / 3 \cdot L_{sp}}{z} \cdot \frac{b_f - b_w}{b_f} = 2,8 \text{ kN}$$

Længdeforskydningsspændingen max

$$\tau_{Ed} = \frac{\Delta F_{D, MAX}}{\Delta x \cdot h_f} = 0,12 \text{ Mpa}$$

Tværarmering pr. m

$$A_{sf} = \frac{\tau_{Ed}}{f_{yd}} \cdot \frac{h_f}{\cot \theta} \cdot 1000 \text{ mm} = 9,9 \text{ mm}^2/\text{m} \leq 62,8 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ OK!}$$

Nødvendige længdearmering

$$A_{sf} = \frac{\tau_{Ed} \cdot h_f}{f_{yd}} \cdot \frac{b_f - b_w}{2} \cdot \cot \theta = 2,1 \text{ mm}^2/\text{m} \leq 62,8 \text{ mm}^2/\text{m} \quad \text{OK!}$$

Undersøgelse om der vil ske trykbrud

$$\sigma_c = \tau_{Ed} \cdot \left(\cot \theta + \frac{1}{\cot \theta} \right) \leq v \cdot f_{cd} \quad 0,3 \leq 8,2 \quad \text{OK!}$$

$$v = 0,34 \quad (\text{tabel opslag})$$

Tværarmeringen er tilstrækkelig

OK!

Momenteftervisning af flange (lokal eftervisning)

Momentbelastning fra punktlast

$$M_{fl} = (1/4 \times Q_d \times 0,333 \text{ eller } 1/4 \times Q_d/2 \times 0,333) = 0,25 \text{ kNm}$$

Momentbærevne

$$M_{flrd} = 1/4 \times 8 \times 2 \times H_0 \times H_0^2 \times f_{ctm,R} \times 10^{-6} = 0,66 \text{ kNm} \quad \text{OK!}$$

Gennemlokning uden armering (lokal eftervisning)

Gennemlokningsbæreevne uden armering med en trædeflade af lasten på 50 mm x 50 mm

Forskydningsspændinger

$$\tau_{Ed} = \frac{Q_d}{2 \cdot (t_b + t_l + 2 \cdot \pi \cdot d) \cdot d} = 0,07 \text{ MPa} \quad \text{OK!}$$

hvor

$$d = 50 \text{ mm}$$

Tilladelige forskydningsspændinger uden armering

$$\tau_{Rd,min} = 0,035 \cdot k^{(3/2)} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0,59 \text{ MPa}$$

Bæreevne af op-deck stålplade under udstøbning.

inertimoment (topplade)	$I_{op-dstål}$	3,82E+06 mm ⁴ /m
max arm		106 mm
modstandsmoment min	$W_{op-dstål}$	36084 mm ³ /m

bæreevne ved gældende spænd

$$W_{op-dstål} \times f_{ydop} \times 0,9 \times 10^{-6} / (1/8 \times (L_{sp})^2) = 2,6 \text{ kN/m}^2$$

Bæreevne krav under udstøbning

$$P_{ud} = 1,2 \times 0,18 + 1,5 \times (q_{bt} + 1,5) = 5,8 \text{ kN/m}^2$$

Understøtningskrav min.

$$L_{und} = \sqrt{\frac{W_{opdstål} \cdot 0,9 \cdot f_{ydop} \cdot 10^{-6}}{\frac{1}{8} \cdot P_{ud}}} = 3,8 \text{ m}$$

Anbefalet understøtnings interval pr:

2,70 m

Transmissionskoefficient af dæk , U

Gennemsnitværdi uden linjetab

Varmeledningsevne, λ

Beton	$\lambda_b =$	2 W/mk		
Pir skum	$\lambda_{pir} =$	0,02 W/mk		
Polystyren (Sundolit S80)	$\lambda_1 =$	0,038 W/mk	tykkelse =	mm
	$\lambda_2 =$	W/mk	tykkelse =	mm
	$\lambda_3 =$	W/mk	tykkelse =	mm

Isolansen, R

Opdeck plade min	$R_{op} =$	3,5 m ² K/W
Beton krop	$R_{bk} =$	0,089 m ² K/W
Beton flange	$R_{bf} =$	0,025 m ² K/W
Pir skum	$R_{pir} =$	8,9 m ² K/W
Polystyren (Sundolit S80)	$R_1 =$	0 m ² K/W

Overgangsisolans

Indre	$R_{si} =$	0,10 m ² K/W
Opadrettet varmestrøm		
Ydre	$R_{se} =$	0,04 m ² K/W

R samlet ved krop

$$R_{sk} = R_{se} + R_{bf} + R_{bk} + R_{op} + R_{si} + R_{sx} = 3,75 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

R samlet ved flange

$$R_{sk} = R_{se} + R_{bf} + R_{pir} + R_{op} + R_{si} + R_{sx} = 12,57 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

Transmissionskoefficient, U

$$U_{samlet} = \frac{\frac{1}{R_{sk}} \cdot 3 \cdot t_{kr} + \frac{1}{R_{sf}} \cdot 3 \cdot (333 \text{ mm} - t_{kr})}{1000 \text{ mm}} = 0,14 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

Deformationer, Betondæk

Da bjælken er simpelt understøttet, undersøges revnet tværsnit med mindste værdi af α , da træk kun forekommer i undersiden af profilet:

Transformeret areal:	$\alpha =$	5,9
	$A.t =$	38454 mm ²
Statisk moment om oversiden:	$S.o:$	3514129 mm ³

Afstand y_0 fra overside til transformeret tyngdepunkt:

$$y_0 = S.o/A.t = 91,4 \text{ mm}$$

Transformeret tværsnit: $I.t = 2E+08 \text{ mm}^4$

I.flange =	51461450 mm ⁴
I.krop =	1,21E+08 mm ⁴
I.armring =	22700606 mm ⁴

Undersøger om træk i undersiden af profil er større end f_{ctm} :

$$\sigma_u = \frac{M_k}{I_t} \cdot (h - y_0) = 4,92 \text{ Mpa} > 3,2 \text{ Mpa}$$

=>

revnet tværsnit

Længde af simpelt understøttet bjælke: Spændvidde, $L = 5400 \text{ mm}$

$K = 10$ For simpelt understøttet bjælke

Belastninger

Permanent:

3,3 kN/m ²	Korttidslast, $p_{hy} =$	$(g + \psi_1 \cdot q) / 3 = 1,4 \text{ kN/m}$
	Korttidslast, $P_p =$	$\psi_0 \cdot Q = 5 \text{ kN}$

Nyttelast:

2,5 kN/m ²	Karakteristisk last, $p_{ka} =$	$(g + q) / 3 = 1,9 \text{ kN/m}$
2 kN	Langtidslast, $p_{kv} =$	$(g + \psi_2 \cdot q) / 3 = 1,3 \text{ kN/m}$

Momenter

$M_p =$	4,62 kNm
$M_{h_maks} =$	6,58 kNm
$M_k =$	7,05 kNm

$d = h_w + h_f - \text{højde til } A_s = 198,0 \text{ mm}$

*Trykzonehøjde x , hvor $x > 1,25 \cdot h_f$:

			Langtid	korttid
$a =$	$0,5 \cdot b_w$	$=$	55	55
$b =$	$h_f \cdot x \cdot b_f - h_f \cdot x \cdot b_w + \alpha \cdot x \cdot A_s$	$=$	18376	13004
$c =$	$h_f^2 \cdot x \cdot (b_f - b_w) - \alpha \cdot x \cdot A_s \cdot d$	$=$	-1709431	-645751
$x =$	$\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$	$=$	75,8	42,1

**Betontryk når $x > 1,25 \cdot h_f$:

$x =$	Permanent	Hyppig	Karakteristisk	
	2,26	5,26	Permanent	Korttid
			3,45	5,63

$$\sigma_c = \frac{M}{\frac{1}{2} b_f x \left(d - \frac{1}{3} x \right) - \frac{1}{2} \frac{(x - h_f)^2}{x} (b_f - b_w) \left[d - h_f - \frac{1}{3} (x - h_f) \right]}$$

For evt. revnet tværsnit:

For:	M_p	M_h	M_k	
	$t = \infty$	$t = 0$	$t = \infty$	$t = 0$
α [-]	23,0	5,9	23	5,9
ρ [-]	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048
β [-]	0,37	0,21	0,37	0,21
x [mm]	74	42	74	42
$x > 1,25 h_f$?	ja	nej	ja	nej
=> regnes som:	tynd plade	tyk plade	tynd plade	tyk plade
Trykzonehøjde:	76	42	76	42
ϕ_b [-]	-	0,098	-	0,098
γ [-]	1,7	3,7	1,7	3,7
Betontryk, σ_c [Mpa]:	2,3	5,1	3,4	5,5
Armeringsspænding, σ_s [Mpa]:	84	114	128	122
Nedbøjning:				
For revnet, $u = \frac{1}{K} \cdot \frac{\alpha \cdot M}{E_s \cdot I_t} \cdot l^2$ For urevnet, $u = \frac{1}{K} \cdot \frac{\alpha \cdot \sigma_c}{E_s \cdot x} \cdot l^2$	9,8	10,1	15,0	10,8
Krav:	l/300	l/500	l/250	l/250
	18,0	10,8	21,6	21,6
	ok	ok	ok	ok

OK!

hvor:

α [-] = Tabelopslag

$$\rho$$
 [-] = $\frac{A_s}{b_f \cdot d}$

$$\beta$$
 [-] = $\alpha \cdot \rho \cdot \left[\sqrt{\frac{2}{\alpha \cdot \rho} + 1} - 1 \right]$

$$x$$
 [mm] = $\beta \cdot d$

$$\phi_b$$
 [-] = $\frac{1}{6} \beta (3 - \beta)$

$$\gamma$$
 [-] = $\frac{(1 - \beta)}{\beta}$

$$\text{Betontryk, } \sigma_c \text{ [Mpa]: } \frac{M}{\phi_b b_f d^2}$$

$$\text{Armeringsspænding, } \sigma_s \text{ [Mpa]: } \alpha \cdot \gamma \cdot \sigma_c \text{ eller } \alpha \cdot \sigma_c \cdot \frac{(d - x)}{x} \text{ ved } *$$

Egenfrekvenser af dæk

Bestemmelse af egenfrekvensen gøres ud fra afsnit 2.3 i Teknisk stål
Formlen bestemmer egenfrekvensen af en bjælke.

Udsvingstal K=	9,87
Længde l=	5,4 m
Elasticitetsmodul armeret beton E=	30000 MPa
(Masse+20kg/m ²)/m μ=	295,00 kg/m
Inertimoment I=	2,0E+08 mm ⁴ /m

Cykliske egenfrekvens

$$\omega_n = \frac{K}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu}} = 47,7 \text{ rad/s}$$

Frekvens

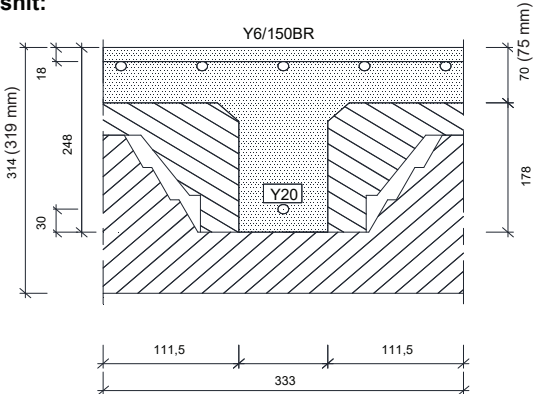
$$f = \frac{\omega_n}{2 \cdot \pi} = 7,6 \text{ Hz} \quad \text{Kan være problematisk}$$

Erfaringstal for egenfrekvenser EN1990 EC0

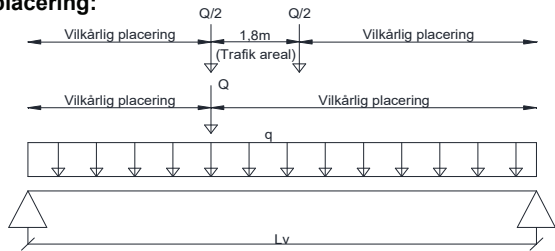
Bolig	8 Hz	<	Normalt tilfredsstillende værdi
		><	Kan være problematisk
	5 Hz	>	Ofte ikke tilfredsstillende

Sag: Vesthellinga 14, Norge		Sagsnummer: 15474	Udført: NM	Dato: 11.02.2019
OP-DECK®		q _k = + 2,5 kN/m ² (NYTTELAST) 0,4 kN/m ² (PERMANENT LAST UDOVER OP-deck)		
		Q _k = 2,0 kN (PUNKTLAST)		
Spænd (L _v) [m]	5,4	Tværsnit: Lastplacering:		
Betontykkelse (h _t) [mm]	248			
Flangetykkelse (h _b) [mm]	70 (75 mm)			
Kropshøjden (h ₁) [mm]	178			
Kropstykkelser (b ₁) [mm]	110			
Armering A _{s,p} /333	Y20			
Afstand A, fra dæk bund til CL af Ekstra armering [mm]	30			
Anbefalet stødlængde for A [mm] ¹⁰	860			
Rionet top A _{s,t}	Y6/150BR			
Afstand fra dæk top til CL af rionet [mm] ¹¹	18			
Anbefalet stødlængde for A _{s,t} [mm]	390			
Langtidsdeformation [mm] ¹²	8,6			
Korttidsdeformation [mm]	8,2			
Vejledene betonbehov [m ³ /m ²]	0,13			
Transmissionskoefficient af dæk , U [W/m ² K]	0,14			
Egenfrekvens [Hz] ¹³ (Normalt tilfredsstillende værdi)	8,0			
Behov for mellemunderstøtning under udstøbningsfasen ¹⁴	2,7			
Skal minimum understøttes pr. [m]				
Noter:				

Tværsnit:



Lastplacering:



Sag: Vesthellinga 14, Norge

0

Data til dimensionering af OP-DECK®

Materiale Data			
Betontrykstyrke k	f_{cktryk}	35	MPa
Stålstyrke k	f_{yk}	550	MPa
Stålstyrke k OP-DECK	$f_{yk,op}$	320	Mpa
Elasticitetsmodul, stål	E_s	210000	MPa
Betonstrækstyrke	f_{ctm}	3,2	MPa
Betonstrækstyrke k	$f_{ctk,0,05}$	2,2	MPa
	ϵ_{yd}	0,003	
Betontryk hældning	θ	36°	
	α_0	5,9	
	α_∞	23	

Koefficienter		
Betontrykstyrke	γ_{ctryk}	1,45
Stålstyrke armering	γ_s	1,2
Betonstrækstyrke	$\gamma_{ctræk}$	1,7
Stålstyrke op-deck	γ_s	1,1
Lasttype	A: Boligformål ▼	
Nyttelast	ψ_0	0,5
Nyttelast	ψ_1	0,3
Nyttelast	ψ_2	0,2
Kontrolklasse	Normal	

Regningsmæssige styrker			
Betontrykstyrke	f_{cd}	24,1	Mpa
Stålstyrke	f_{yd}	458,3	Mpa
Stålstyrke k OP-DECK	$f_{yd,op}$	290,9	Mpa
Betonstrækstyrke	$f_{ctm,R}$	1,3	Mpa

Forudsætninger	
- Følgende ark regner på et 333 mm bredt OP-deck. - Forudsætningerne for beregningerne er gældende Eurocodes og tilhørende danske Nationale Annekser, hermed kan de anvendte data være forkerte hvis der regnes på projekter uden for Danmarks grænser.	

Programdata:	
Opdateret	Version
2017.02.17	OPD-1.B

Beregning af OP-deck®-plade

Designgrundlag og forudsætninger

Max spændvidde: (MAX 8 m) 5,4 m

Karakteristisk last

Følgende laster er oplyst og anvendt i beregningen:

Lodrette laster - karakteristiske værdier			
1.	Egenvægt OP-DECK®- plade	0,18	kN/m ²
2.	Egenvægt beton	3,3	kN/m ²
3.			kN/m ²
4.	Gulv	0,375	kN/m ²
g	Samlet permanent last	3,8	kN/m ²

Nyttelast			
	Fladelast for Boligformål (ligger normalt i intervallet 1,5 - 3 kN/m ²)		kN/m ²
Q	Punktlast for Boligformål (ligger normalt i intervallet 2 - 2 kN)	2	kN
q	Overskrivning af fladelast størrelsen (ellers skal cellen være tom)	2,5	kN/m ²
	Overskrivning af punktlast størrelsen (ellers skal cellen være tom)		kN

	Udstøbningslast	1	kN/m ²
--	-----------------	---	-------------------

Regningsmæssig last

Følgende lastkombinationer anvendes til brudberegninger:

Fladelast:

$$\text{STR}(q): q_d = 1,0 \times g + 1,5 \times q = 7,6 \text{ kN/m}^2$$

Punktlast:

$$\text{STR}(Q): Q_d = 1,5 \times Q = 3,0 \text{ kN}$$

Følgende lastkombination anvendes til deformationsberegninger:

DEF:

Fladelast:

$$\text{DEF}(p_{ka}) = g + q = 6,3 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Karakteristisk last}$$

$$\text{DEF}(p_{hy}) = g + \psi_1 \times q = 4,6 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Hyppig last}$$

$$\text{DEF}(p_{kv}) = g + \psi_2 \times q = 4,9 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Kvasi-permanent last}$$

Punktlast:

$$\text{DEF}(P_{ka}) = \psi_0 \times Q = 1,0 \text{ kN} \quad \text{Karakteristisk last}$$

Bæreevne for OP-DECK

En samlet dæktykkelse på 314 mm vælges

Ønsket flange højde,

$H_0 =$ 70 mm

OK

Ønsket kropbrede,

$B_1 =$ 110 mm

Ønsket kropshøjde,

$H_1 =$ 178 mm

Ønsket armeringsdimension

$A_s =$ Y20

Miljøklasse

Passiv Miljøklasse

Passiv miljøklasse: er tørt miljø, hvor korrosion ikke forekommer.(INDENDØRS)

Anvendes der forskydningsarmering?

NEJ

Egenfrekvens for dæk

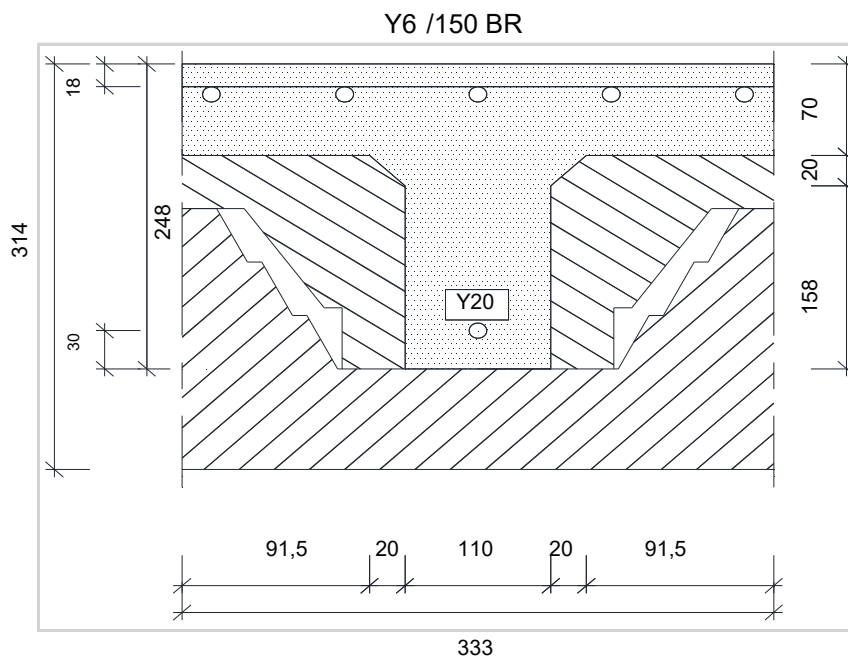
8,0 Hz **Normalt tilfredsstillende værdi**

Dimensioner på valgte dæk:

Densitet: 25 kN/m³

Areal beton: 0,043 m²

Egenvægt: 1,082 kN/m



Resultater:

Moment, udnyttelsesgrad (Udregninger kan ses senere i dette dokument)

$M_{Ed,max} / M_{Rd,min} = 0,3 \leq 1$ **OK!**

Forskydning, udnyttelsesgrad (Udregninger kan ses senere i dette dokument)

$T_{Ed,max} / T_{Rd,min}$ eller $V_{Ed,max} / V_{Rd,min} = 0,71 \leq 1$ **OK!**

Nedbøjning, udnyttelsesgrad (Udregninger kan ses senere i dette dokument)

$U_{maks} / U_{tilladelig} = 0,76 \leq 1$ **OK!**

Beregning af OP-DECK®

Momentbelastning (STR)

$M_{Ed,f}$	$= 1/8 \times q_d \times L^2$	=	9,17 kNm
$M_{Ed,p}$	$= 1/4 \times Q_d \times L + 1/8 \times g/3 \times L^2$	=	8,67 kNm

Momentbæreevne

Momentbæreevne -

M_{Rd}	$= \mu \times b_f \times D^2 \times \eta \times f_{cd} =$	30,10 kNm	>	9,17 kNm	OK!
----------	---	-----------	---	----------	-----

Da der regnes med transformeret tværsnit skal det undersøges om dette er tilladelig

$$\omega^* d < h_0$$

OK!

Effektiv bredde

$b_f = \min(b_1 + 2 \times (0,07 \times L) + 0,2 \times (b_2 - b_1) ; b)$	=	333 mm
---	---	--------

η	(Tabelopslag)	=	1	
λ	(Tabelopslag)	=	0,8	
$\varepsilon_{cu3}(\%)$	(Tabelopslag)	=	0,35	
$\varepsilon_{c3}(\%)$	(Tabelopslag)	=	0,175	
$d = h_1 + h_0 - AAs$		=	218,0 mm	
$\omega = A_s \times f_{yd} / (b_f \times d \times \eta \times f_{cd})$		=	0,082	
$\omega^* = A_s \times f_{yd} / (b_1 \times d \times \eta \times f_{cd})$		=	0,249	
$\omega \geq \omega_{min}$	ω_{min}	=	0,025	OK!
$\omega \leq \omega_{bal}$	ω_{bal}	=	0,79	OK!
$\omega \leq \omega_{max}$	ω_{max}	=	8,35	OK!
$\mu = \omega \times (1 - 0,5 \times \omega)$		=	0,079	

Forskydning:

Forskydningskraft

$$V_{ed} = \max \left\{ 0,5 \times L \times (q_d + g)/3 \text{ eller } Q_d \times 0,96 + 0,5 \times L \times g/3 \right\} = 9,7 \text{ KN pr Sektion}$$

Forskydningsbæreevne uden armering

$$V_{Rd,c} = \text{Max}(T_{Rd,c} ; T_{Rd,min}) \times (B_w \times d) = 13,6 \text{ KN pr Sektion}$$

OK!

Den regningsmæssige værdi af forskydningsstyrken kan sættes til: DS/EN 1992-1-1

$$\tau_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{(1/3)} + 0,1 \cdot \sigma_{cp} = 0,37 \text{ MPa}$$

dog som minimum

$$\tau_{Rd,min} = 0,035 \cdot k^{(3/2)} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0,57 \text{ MPa}$$

og maksimalt

$$\tau_{Rd,max} = \frac{1}{2} \cdot v_v \cdot f_{cd} = 6,4 \text{ MPa}$$

hvor:

$$k = \min \left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}} ; 2,0 \right) = 1,96$$

$$\rho_l = \min \left(\frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} ; 0,02 \right) = 8,92E-04$$

$$v_v = 0,53$$

Forskydningsarmering: (Afsnittet anvendes ikke)

En p6 ønskes anvendt

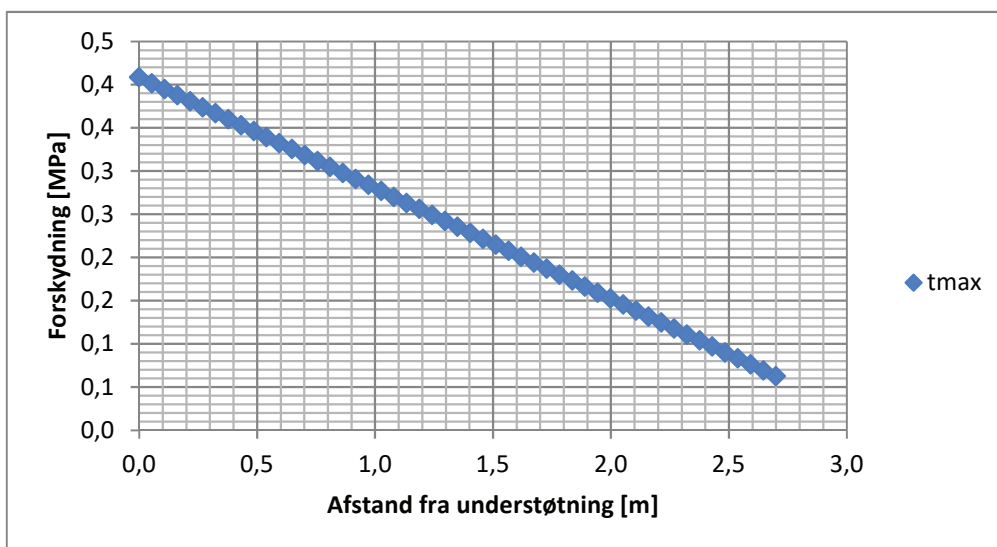
Bøjler p6 i to snit

$$A_{sw} = 56,55 \text{ mm}^2$$

Max bøjleafstand svarende til minimumsarmeringen

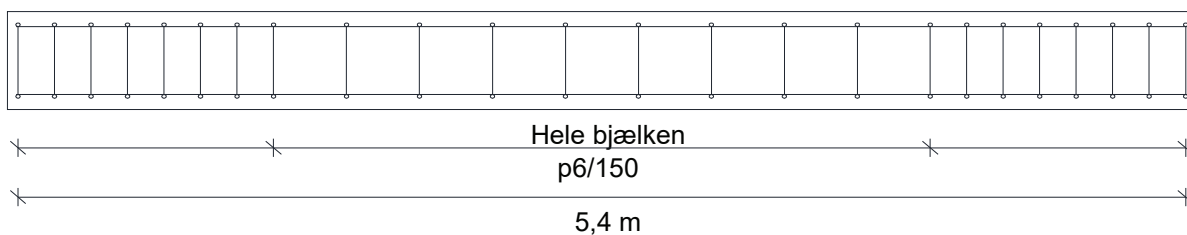
$$S \leq \begin{cases} 0,75 \cdot d \\ 15,9 \cdot \frac{A_{sw}}{b_w} \cdot \frac{f_{yk}}{\sqrt{f_{ck}}} \end{cases} = 163,5 \text{ mm}$$

Max forskydning langs bjælken



Max forskydningsspændinger i bjælken med fladelast samt en vilkårlig placeret punktlast. Der ses kun på halvdelen af bjælken, forskydningen vil være symmetrisk om centerlinjen.

Bøjleplacering:



Eftervisning af hele bjælken:

$$s = 250 \text{ mm}$$

$$\cot(\theta) = 1$$

$$\tau_{min,d} = A_{sw} \times f_{yd} / (s \times b_w) \times \cot(\theta) = 0,94 \text{ MPa} \geq 0,41 \text{ MPa}$$

Oversidearmingering:

Oversidearmingering.

Placering fra overside (min 15+ $\varnothing/2$)

$$Y6 / 150 \text{ BR} = 188 \text{ mm}^2/\text{m} \\ 18 \text{ mm}$$

Armeringsareal PR profil

$$62,8 \text{ mm}^2$$

Punktlast QR

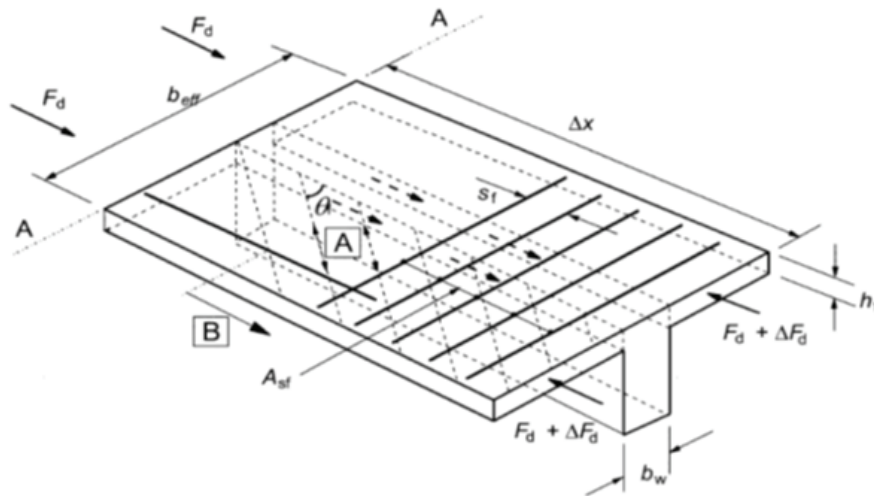
Q_d

$$3 \text{ kN}$$

Trædeflade punktlast: tb x tl

$$50 \times 50$$

Armering i flanger i T-bjælke



Normalkraften i flangen over længden Δx.

På strækningen fra understøtningen til Lsp/4:

$$\Delta F_D = \frac{3}{16} \cdot \frac{P_d / 3 \cdot L_{sp}}{z} \cdot \frac{b_f - b_w}{b_f} = 8,2 \text{ kN}$$

På strækningen fra Lsp/4 til Lsp/2:

$$\Delta F_D = \frac{1}{16} \cdot \frac{P_d / 3 \cdot L_{sp}}{z} \cdot \frac{b_f - b_w}{b_f} = 2,7 \text{ kN}$$

Længdeforskydningsspændingen max

$$\tau_{Ed} = \frac{\Delta F_{D, MAX}}{\Delta x \cdot h_f} = 0,09 \text{ Mpa}$$

Tværarmering pr. m

$$A_{sf} = \frac{\tau_{Ed}}{f_{yd}} \cdot \frac{h_f}{\cot \theta} \cdot 1000 \text{ mm} = 9,6 \text{ mm}^2/\text{m} \leq 62,8 \text{ mm}^2/\text{m} \quad \text{OK!}$$

Nødvendige længdearmering

$$A_{sf} = \frac{\tau_{Ed} \cdot h_f}{f_{yd}} \cdot \frac{b_f - b_w}{2} \cdot \cot \theta = 2,0 \text{ mm}^2/\text{m} \leq 62,8 \text{ mm}^2/\text{m} \quad \text{OK!}$$

Undersøgelse om der vil ske trykbrud

$$\sigma_c = \tau_{Ed} \cdot \left(\cot \theta + \frac{1}{\cot \theta} \right) \leq v \cdot f_{cd} \quad 0,2 \leq 8,2 \quad \text{OK!}$$

$$v = 0,34 \quad (\text{tabel opslag})$$

Tværarmeringen er tilstrækkelig

OK!

Momenteftervisning af flange (lokal eftervisning)

Momentbelastning fra punktlast

$$M_{fl} = (1/4 \times Q_d \times 0,333 \text{ eller } 1/4 \times Q_d/2 \times 0,333) = 0,25 \text{ kNm}$$

Momentbærevne

$$M_{flrd} = 1/4 \times 8 \times 2 \times H_0 \times H_0^2 \times f_{ctm,R} \times 10^{-6} = 1,81 \text{ kNm} \quad \text{OK!}$$

Gennemlokning uden armering (lokal eftervisning)

Gennemlokningsbæreevne uden armering med en trædeflade af lasten på 50 mm x 50 mm

Forskydningsspændinger

$$\tau_{Ed} = \frac{Q_d}{2 \cdot (t_b + t_l + 2 \cdot \pi \cdot d) \cdot d} = 0,04 \text{ MPa} \quad \text{OK!}$$

hvor

$$d = 70 \text{ mm}$$

Tilladelige forskydningsspændinger uden armering

$$\tau_{Rd,min} = 0,035 \cdot k^{(3/2)} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0,57 \text{ MPa}$$

Bæreevne af op-deck stålplade under udstøbning.

inertimoment (topplade)	$I_{op-dstål}$	3,82E+06 mm ⁴ /m
max arm		106 mm
modstandsmoment min	$W_{op-dstål}$	36084 mm ³ /m

bæreevne ved gældende spænd

$$W_{op-dstål} \times f_{ydop} \times 0,9 \times 10^{-6} / (1/8 \times (L_{sp})^2) = 2,6 \text{ kN/m}^2$$

Bæreevne krav under udstøbning

$$P_{ud} = 1,2 \times 0,18 + 1,5 \times (q_{bt} + 1,5) = 6,6 \text{ kN/m}^2$$

Understøtningskrav min.

$$L_{und} = \sqrt{\frac{W_{opdstål} \cdot 0,9 \cdot f_{ydop} \cdot 10^{-6}}{\frac{1}{8} \cdot P_{ud}}} = 3,6 \text{ m}$$

Anbefalet understøtnings interval pr:

2,70 m

Transmissionskoefficient af dæk , U

Gennemsnitværdi uden linjetab

Varmeledningsevne, λ

Beton	$\lambda_b =$	2 W/mk		
Pir skum	$\lambda_{pir} =$	0,02 W/mk		
Polystyren (Sundolit S80)	$\lambda_1 =$	0,038 W/mk	tykkelse =	mm
	$\lambda_2 =$	W/mk	tykkelse =	mm
	$\lambda_3 =$	W/mk	tykkelse =	mm

Isolansen, R

Opdeck plade min	$R_{op} =$	3,5 m ² K/W
Beton krop	$R_{bk} =$	0,089 m ² K/W
Beton flange	$R_{bf} =$	0,035 m ² K/W
Pir skum	$R_{pir} =$	8,9 m ² K/W
Polystyren (Sundolit S80)	$R_1 =$	0 m ² K/W

Overgangsisolans

Indre	$R_{si} =$	0,10 m ² K/W
Opadrettet varmestrøm		
Ydre	$R_{se} =$	0,04 m ² K/W

R samlet ved krop

$$R_{sk} = R_{se} + R_{bf} + R_{bk} + R_{op} + R_{si} + R_{sx} = 3,76 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

R samlet ved flange

$$R_{sk} = R_{se} + R_{bf} + R_{pir} + R_{op} + R_{si} + R_{sx} = 12,58 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

Transmissionskoefficient, U

$$U_{samlet} = \frac{\frac{1}{R_{sk}} \cdot 3 \cdot t_{kr} + \frac{1}{R_{sf}} \cdot 3 \cdot (333 \text{ mm} - t_{kr})}{1000 \text{ mm}} = 0,14 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

Deformationer, Betondæk

Da bjælken er simpelt understøttet, undersøges revnet tværsnit med mindste værdi af α , da træk kun forekommer i undersiden af profilet:

Transformeret areal:	$\alpha =$	5,9
	$A.t =$	45114 mm ²
Statisk moment om oversiden:	$S.o:$	4346103 mm ³

Afstand y_0 fra overside til transformeret tyngdepunkt:

$$y_0 = S.o/A.t = 96,3 \text{ mm}$$

Transformeret tværsnit: $I.t = 2,5E+08 \text{ mm}^4$

I.flange =	65101093 mm ⁴
I.krop =	1,61E+08 mm ⁴
I.armring =	28829464 mm ⁴

Undersøger om træk i undersiden af profil er større end f_{ctm} :

$$\sigma_u = \frac{M_k}{I_t} \cdot (h - y_0) = 4,56 \text{ Mpa} > 3,2 \text{ Mpa}$$

=> **revnet tværsnit**

Længde af simpelt understøttet bjælke: Spændvidde, $L = 5400 \text{ mm}$

$K = 10$ For simpelt understøttet bjælke

Belastninger

Permanent:

3,8 kN/m ²	Korttidslast, $p_{hy} =$	$(g + \psi_1 \cdot q) / 3 = 1,5 \text{ kN/m}$
	Korttidslast, $P_p =$	$\psi_0 \cdot Q = 5 \text{ kN}$

Nyttelast:

2,5 kN/m ²	Karakteristisk last, $p_{ka} =$	$(g + q) / 3 = 2,1 \text{ kN/m}$
2 kN	Langtidslast, $p_{kv} =$	$(g + \psi_2 \cdot q) / 3 = 1,4 \text{ kN/m}$

Momenter

$M_p =$	5,23 kNm
$M_{h_maks} =$	6,58 kNm
$M_k =$	7,65 kNm

$d = h_w + h_f - \text{højde til } A_s = 218,0 \text{ mm}$

*Trykzonehøjde x , hvor $x > 1,25 \cdot h_f$:

			Langtid	korttid
$a =$	$0,5 \cdot b_w$	$=$	55	55
$b =$	$h_f \cdot x_{bf} - h_f \cdot x_{bw} + \alpha \cdot x \cdot A_s$	$=$	22836	17464
$c =$	$h_f^2 \cdot x \cdot (b_f - b_w) - \alpha \cdot x \cdot A_s \cdot d$	$=$	-2121545	-950422
$x =$	$\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$	$=$	78,2	47,4

**Betontryk når $x > 1,25 \cdot h_f$:

$x =$	Permanent	Hyppig	Karakteristisk	
	2,11	5,38	Permanent	Korttid
			3,09	6,26

$$\sigma_c = \frac{M}{\frac{1}{2} b_f x \left(d - \frac{1}{3} x \right) - \frac{1}{2} \frac{(x - h_f)^2}{x} (b_f - b_w) \left[d - h_f - \frac{1}{3} (x - h_f) \right]}$$

For evt. revnet tværsnit:

For:	M_p	M_h	M_k	
	$t = \infty$	$t = 0$	$t = \infty$	$t = 0$
α [-]	23,0	5,9	23	5,9
ρ [-]	0,0043	0,0043	0,0043	0,0043
β [-]	0,36	0,20	0,36	0,20
x [mm]	78	44	78	44
$x > 1,25 h_f$?	nej	nej	nej	nej
=> regnes som:	tyk plade	tyk plade	tyk plade	tyk plade
Trykzonehøjde:	78	44	78	44
ϕ_b [-]	0,157	0,094	0,157	0,094
γ [-]	1,8	4,0	1,8	4,0
Betontryk, σ_c [Mpa]:	2,1	4,4	3,1	5,1
Armeringsspænding, σ_s [Mpa]:	87	103	127	120
Nedbøjning:				
For revnet, $u = \frac{1}{K} \cdot \frac{\alpha \cdot M}{E_s \cdot I_t} \cdot l^2$ For urevnet, $u = \frac{1}{K} \cdot \frac{\alpha \cdot \sigma_c}{E_s \cdot x} \cdot l^2$	8,6	8,2	12,6	9,6
Krav:	l/300	l/500	l/250	l/250
	18,0	10,8	21,6	21,6
	ok	ok	ok	ok

OK!

hvor:

α [-] = Tabelopslag

$$\rho$$
 [-] = $\frac{A_s}{b_f \cdot d}$

$$\beta$$
 [-] = $\alpha \cdot \rho \cdot \left[\sqrt{\frac{2}{\alpha \cdot \rho} + 1} - 1 \right]$

$$x$$
 [mm] = $\beta \cdot d$

$$\phi_b$$
 [-] = $\frac{1}{6} \beta (3 - \beta)$

$$\gamma$$
 [-] = $\frac{(1 - \beta)}{\beta}$

$$\text{Betontryk, } \sigma_c$$
 [Mpa]: $\frac{M}{\phi_b b_f d^2}$

$$\text{Armeringsspænding, } \sigma_s$$
 [Mpa]: $\alpha \cdot \gamma \cdot \sigma_c \text{ eller } \alpha \cdot \sigma_c \cdot \frac{(d - x)}{x} \text{ ved } *$

Egenfrekvenser af dæk

Bestemmelse af egenfrekvensen gøres ud fra afsnit 2.3 i Teknisk ståbi
Formlen bestemmer egenfrekvensen af en bjælke.

Udsvingstal K=	9,87
Længde l=	5,4 m
Elasticitetsmodul armeret beton E=	30000 MPa
(Masse+20kg/m ²)/ m μ=	345,00 kg/m
Inertimoment I=	2,5E+08 mm ⁴ /m

Cykliske egenfrekvens

$$\omega_n = \frac{K}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu}} = 50,4 \text{ rad/s}$$

Frekvens

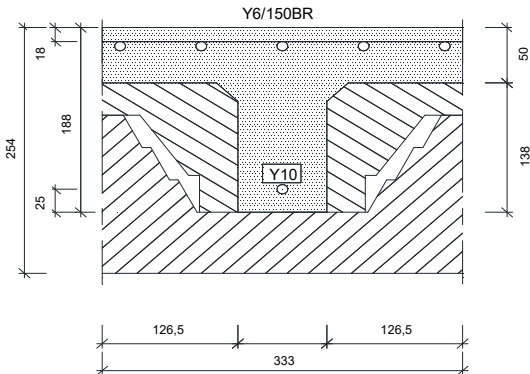
$$f = \frac{\omega_n}{2 \cdot \pi} = 8,0 \text{ Hz} \quad \text{Normalt tilfredsstillende værdi}$$

Erfaringstal for egenfrekvenser EN1990 EC0

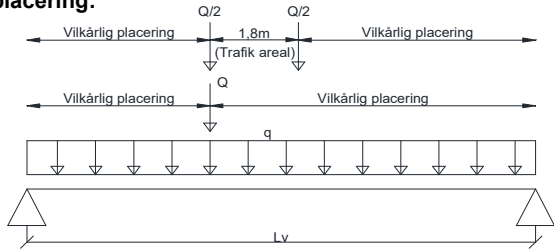
Bolig	8 Hz	<	Normalt tilfredsstillende værdi
		><	Kan være problematisk
	5 Hz	>	Ofte ikke tilfredsstillende

Sag: Vesthellinga 14, Norge		Sagsnummer: 15474	Udført: NM	Dato: 11.02.2019
OP-DECK®		q _k = + 2,5 kN/m ² (NYTTELAST) 0,4 kN/m ² (PERMANENT LAST UDOVER OP-deck) Q _k = 2,0 kN (PUNKTLAST)		
Spænd (L _v) [m]	3,05	Tværsnit: Lastplacering:		
Betontykkelse (h _t) [mm]	188			
Flangetykkelse (h _b) [mm]	50			
Kropshøjden (h ₁) [mm]	138			
Kropstykkelser (b ₁) [mm]	80			
Armering A _{s,p} /333	Y10			
Afstand A, fra dæk bund til CL af Ekstra armering [mm]	25			
Anbefalet stødlængde for A [mm] ¹⁰	430			
Rionet top A _{s,t}	Y6/150BR			
Afstand fra dæk top til CL af rionet [mm] ¹¹	18			
Anbefalet stødlængde for A _{s,t} [mm]	390			
Langtidsdeformation [mm] ¹²	1,5			
Korttidsdeformation [mm]	1,1			
Vejledene betonbehov [m ³ /m ²]	0,08			
Transmissionskoefficient af dæk , U [W/m ² K]	0,14			
Egenfrekvens [Hz] ¹³ (Normalt tilfredsstillende værdi)	17,7			
Behov for mellemunderstøtning under udstøbningsfasen ¹⁴	Ingen			
Skal minimum understøttes pr. [m]				
Noter:				
1. Bæreevnerne er baseret på Eurocode 2 med tilhørende dansk NAD.				
2. Minimum vederlag på stål eller beton = 60 mm.				
3. Minimum vederlag på mursten eller blokke = 75 mm.				
4. Minimum betoncylindertykstyrke = 35 MPa. Der henvises til DS2446.				
5. Minimum dæklag bestemmes i henhold til Eurocode 2 med tilhørende dansk NAD.				
6. Brandsikring er ikke medtaget og skal undersøges særskilt.				
7. Udførelsen skal ske i henhold til DS2427.				
8. Geometrien er gældende for et standard dæk.				
9. Armering som ribbestål klasse B, F _{yk} = 550MPa.				
10. Stød skal placeres forskudt ihenhold til DS/EN 1991-1-1, hvis mere end 25 % af stød placeres i samme tværsnit skal stødlængden forøges med 50 %.				
11. Minimumsafstand for Passiv Miljøklasse				
12. Deformationer fra udstøbning ikke medtaget.				
13. Egenfrekvensen er vejledende og regnet ud fra egenvægten af OP-DECK +20kg/m ² .				
14. Fjernelse af mellemunderstøtninger må først ske efter rådføring med leverandøren.				

Tværsnit:



Lastplacering:



Sag: Vesthellinga 14, Norge

0

Data til dimensionering af OP-DECK®

Materiale Data			
Betontrykstyrke k	f_{cktryk}	35	MPa
Stålstyrke k	f_{yk}	550	MPa
Stålstyrke k OP-DECK	$f_{yk,op}$	320	Mpa
Elasticitetsmodul, stål	E_s	210000	MPa
Betonstrækstyrke	f_{ctm}	3,2	MPa
Betonstrækstyrke k	$f_{ctk,0,05}$	2,2	MPa
	ϵ_{yd}	0,003	
Betontryk hældning	θ	36°	
	α_0	5,9	
	α_∞	23	

Koefficienter		
Betontrykstyrke	γ_{ctryk}	1,45
Stålstyrke armering	γ_s	1,2
Betonstrækstyrke	$\gamma_{ctræk}$	1,7
Stålstyrke op-deck	γ_s	1,1
Lasttype	A: Boligformål	▼
Nyttelast	ψ_0	0,5
Nyttelast	ψ_1	0,3
Nyttelast	ψ_2	0,2
Kontrolklasse	Normal	

Regningsmæssige styrker			
Betontrykstyrke	f_{cd}	24,1	Mpa
Stålstyrke	f_{yd}	458,3	Mpa
Stålstyrke k OP-DECK	$f_{yd,op}$	290,9	Mpa
Betonstrækstyrke	$f_{ctm,R}$	1,3	Mpa

Forudsætninger	
- Følgende ark regner på et 333 mm bredt OP-deck. - Forudsætningerne for beregningerne er gældende Eurocodes og tilhørende danske Nationale Annekser, hermed kan de anvendte data være forkerte hvis der regnes på projekter uden for Danmarks grænser.	

Programdata:	
Opdateret	Version
2017.02.17	OPD-1.B

Beregning af OP-deck®-plade

Designgrundlag og forudsætninger

Max spændvidde: (MAX 8 m) 3,05 m

Karakteristisk last

Følgende laster er oplyst og anvendt i beregningen:

Lodrette laster - karakteristiske værdier			
1.	Egenvægt OP-DECK®- plade	0,18	kN/m ²
2.	Egenvægt beton	2,1	kN/m ²
3.			kN/m ²
4.	Gulv	0,375	kN/m ²
g	Samlet permanent last	2,7	kN/m ²

Nyttelast			
	Fladelast for Boligformål (ligger normalt i intervallet 1,5 - 3 kN/m ²)		kN/m ²
Q	Punktlast for Boligformål (ligger normalt i intervallet 2 - 2 kN)	2	kN
q	Overskrivning af fladelast størrelsen (ellers skal cellen være tom)	2,5	kN/m ²
	Overskrivning af punktlast størrelsen (ellers skal cellen være tom)		kN

	Udstøbningslast	1	kN/m ²
--	-----------------	---	-------------------

Regningsmæssig last

Følgende lastkombinationer anvendes til brudberegninger:

Fladelast:

$$\text{STR}(q): q_d = 1,0 \times g + 1,5 \times q = 6,4 \text{ kN/m}^2$$

Punktlast:

$$\text{STR}(Q): Q_d = 1,5 \times Q = 3,0 \text{ kN}$$

Følgende lastkombination anvendes til deformationsberegninger:

DEF:

Fladelast:

$\text{DEF}(p_{ka}) = g + q$	=	5,2 kN/m ²	Karakteristisk last
$\text{DEF}(p_{hy}) = g + \psi_1 \times q$	=	3,4 kN/m ²	Hyppig last
$\text{DEF}(p_{kv}) = g + \psi_2 \times q$	=	4,9 kN/m ²	Kvasi-permanent last

Punktlast:

$$\text{DEF}(P_{ka}) = \psi_0 \times Q = 1,0 \text{ kN} \quad \text{Karakteristisk last}$$

Bæreevne for OP-DECK

En samlet dæktykkelse på 254 mm vælges

Ønsket flange højde,

$H_0 =$ 50 mm

OK

Ønsket kropbrede,

$B_1 =$ 80 mm

Ønsket kropshøjde,

$H_1 =$ 138 mm

Ønsket armeringsdimension

$A_s =$ Y10

Miljøklasse

Passiv Miljøklasse

Passiv miljøklasse: er tørt miljø, hvor korrosion ikke forekommer.(INDENDØRS)

Anvendes der forskydningsarmering?

NEJ

Egenfrekvens for dæk

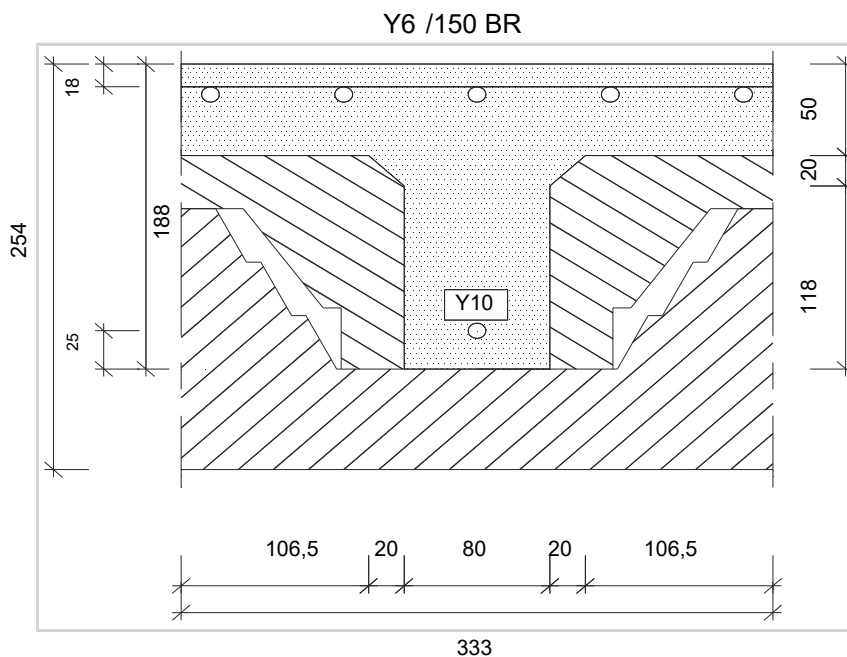
17,7 Hz **Normalt tilfredsstillende værdi**

Dimensioner på valgte dæk:

Densitet: 25 kN/m³

Areal beton: 0,028 m²

Egenvægt: 0,702 kN/m



Resultater:

Moment, udnyttelsesgrad (Udregninger kan ses senere i dette dokument)

$M_{Ed,max} / M_{Rd,min} = 0,6 \leq 1$ **OK!**

Forskydning, udnyttelsesgrad (Udregninger kan ses senere i dette dokument)

$T_{Ed,max} / T_{Rd,min}$ eller $V_{Ed,max} / V_{Rd,min} = 0,57 \leq 1$ **OK!**

Nedbøjning, udnyttelsesgrad (Udregninger kan ses senere i dette dokument)

$U_{maks} / U_{tilladelig} = 0,20 \leq 1$ **OK!**

Beregning af OP-DECK®

Momentbelastning (STR)

$M_{Ed,f}$	$= 1/8 \times q_d \times L^2$	=	2,48 kNm
$M_{Ed,p}$	$= 1/4 \times Q_d \times L + 1/8 \times g/3 \times L^2$	=	3,32 kNm

Momentbæreevne

Momentbæreevne -

M_{Rd}	$= \mu \times b_f \times D^2 \times \eta \times f_{cd} =$	5,79 kNm	>	3,32 kNm	OK!
----------	---	----------	---	----------	-----

Da der regnes med transformeret tværsnit skal det undersøges om dette er tilladelig

$$\omega^* d < h_0$$

OK!

Effektiv bredde

$b_f = \min(b_1 + 2 \times (0,07 \times L) + 0,2 \times (b_2 - b_1) ; b)$	=	333 mm
---	---	--------

η	(Tabelopslag)	=	1	
λ	(Tabelopslag)	=	0,8	
$\varepsilon_{cu3}(\%)$	(Tabelopslag)	=	0,35	
$\varepsilon_{c3}(\%)$	(Tabelopslag)	=	0,175	
$d = h_1 + h_0 - AAs$		=	163,0 mm	
$\omega = A_s \times f_{yd} / (b_f \times d \times \eta \times f_{cd})$		=	0,027	
$\omega^* = A_s \times f_{yd} / (b_1 \times d \times \eta \times f_{cd})$		=	0,114	
$\omega \geq \omega_{min}$	ω_{min}	=	0,025	OK!
$\omega \leq \omega_{bal}$	ω_{bal}	=	0,79	OK!
$\omega \leq \omega_{max}$	ω_{max}	=	8,35	OK!
$\mu = \omega \times (1 - 0,5 \times \omega)$		=	0,027	

Forskydning:

Forskydningskraft

$$V_{ed} = \max \left\{ 0,5 \times L \times (q_d + g)/3 \text{ eller } Q_d \times 0,96 + 0,5 \times L \times g/3 \right\} = 4,3 \text{ KN pr Sektion}$$

Forskydningsbæreevne uden armering

$$V_{Rd,c} = \text{Max}(\tau_{Rd,c} ; \tau_{Rd,min}) \times (B_w \times d) = 7,6 \text{ KN pr Sektion}$$

OK!

Den regningsmæssige værdi af forskydningsstyrken kan sættes til: DS/EN 1992-1-1

$$\tau_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{(1/3)} + 0,1 \cdot \sigma_{cp} = 0,47 \text{ MPa}$$

dog som minimum

$$\tau_{Rd,min} = 0,035 \cdot k^{(3/2)} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0,59 \text{ MPa}$$

og maksimalt

$$\tau_{Rd,max} = \frac{1}{2} \cdot v_v \cdot f_{cd} = 6,4 \text{ MPa}$$

hvor:

$$k = \min \left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}} ; 2,0 \right) = 2,00$$

$$\rho_l = \min \left(\frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} ; 0,02 \right) = 1,60E-03$$

$$v_v = 0,53$$

Forskydningsarmering: (Afsnittet anvendes ikke)

En p6 ønskes anvendt

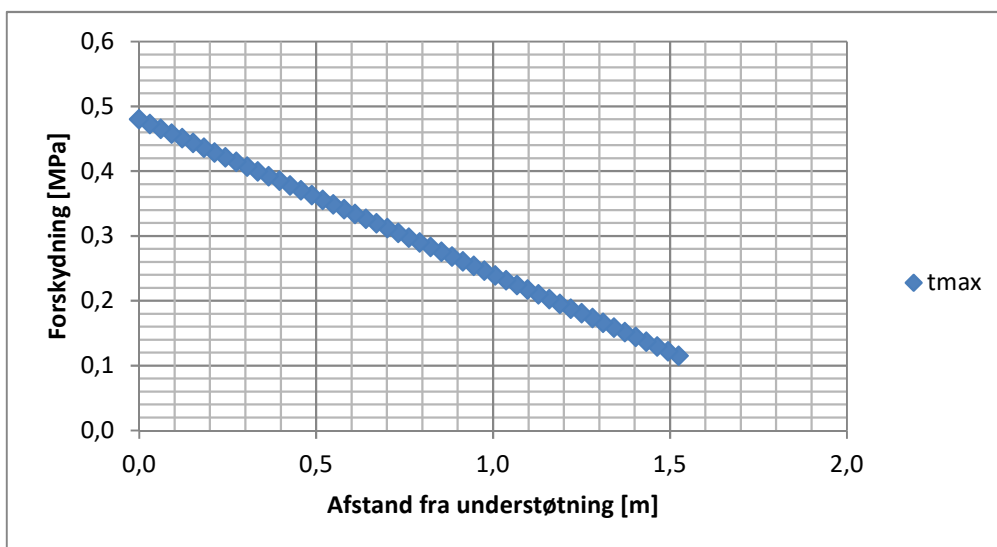
Bøjler p6 i to snit

$$A_{sw} = 56,55 \text{ mm}^2$$

Max bøjleafstand svarende til minimumsarmeringen

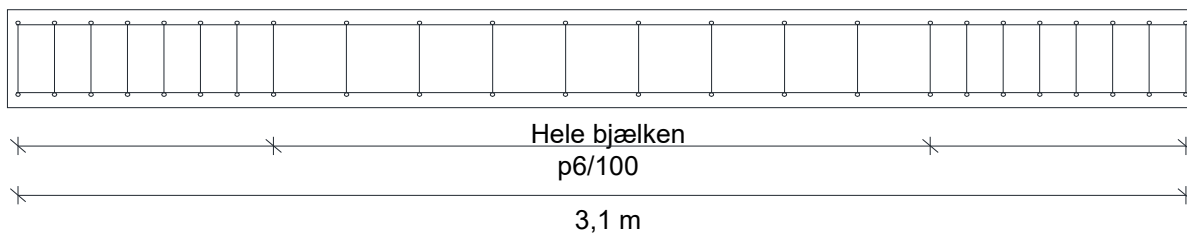
$$S \leq \begin{cases} 0,75 \cdot d \\ 15,9 \cdot \frac{A_{sw}}{b_w} \cdot \frac{f_{yk}}{\sqrt{f_{ck}}} \end{cases} = 122,25 \text{ mm}$$

Max forskydning langs bjælken



Max forskydningsspændinger i bjælken med fladelast samt en vilkårlig placeret punktlast. Der ses kun på halvdelen af bjælken, forskydningen vil være symmetrisk om centerlinjen.

Bøjleplacering:



Eftervisning af hele bjælken:

$$s = 250 \text{ mm}$$

$$\cot(\theta) = 1$$

$$\tau_{min,d} = A_{sw} \times f_{yd} / (s \times b_w) \times \cot(\theta) = 1,30 \text{ MPa} \geq 0,48 \text{ MPa}$$

Oversidearmering:

Oversidearmering.

Placering fra overside (min 15+ $\varnothing/2$)

$$Y6 / 150 \text{ BR} = 188 \text{ mm}^2/\text{m} \\ 18 \text{ mm}$$

Armeringsareal PR profil

$$62,8 \text{ mm}^2$$

Punktlast QR

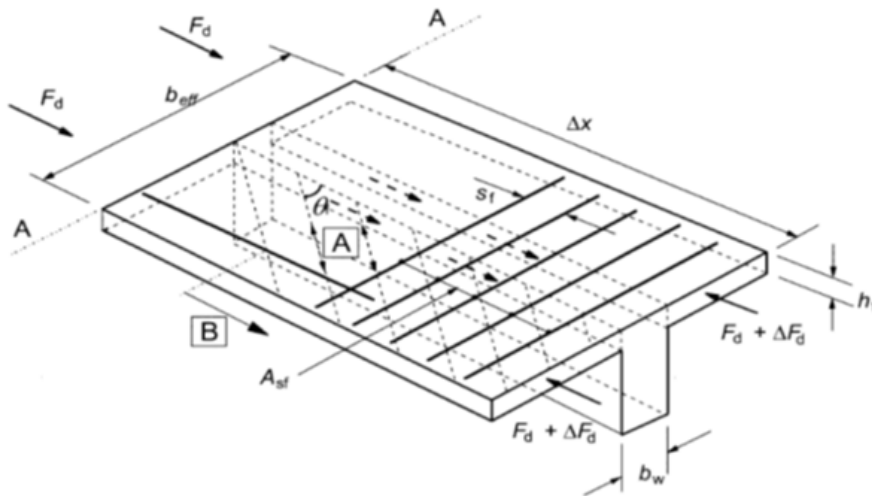
Q_d

$$3 \text{ kN}$$

Trædeflade punktlast: tb x tl

$$50 \times 50$$

Armering i flanger i T-bjælke



Normalkraften i flangen over længden Δx .

På strækningen fra understøtningen til $L_{sp}/4$:

$$\Delta F_D = \frac{3}{16} \cdot \frac{P_d/3 \cdot L_{sp}}{z} \cdot \frac{b_f - b_w}{b_f} = 5,8 \text{ kN}$$

På strækningen fra $L_{sp}/4$ til $L_{sp}/2$:

$$\Delta F_D = \frac{1}{16} \cdot \frac{P_d/3 \cdot L_{sp}}{z} \cdot \frac{b_f - b_w}{b_f} = 1,9 \text{ kN}$$

Længdeforskydningsspændingen max

$$\tau_{Ed} = \frac{\Delta F_{D,MAX}}{\Delta x \cdot h_f} = 0,15 \text{ Mpa}$$

Tværarmering pr. m

$$A_{sf} = \frac{\tau_{Ed}}{f_{yd}} \cdot \frac{h_f}{\cot \theta} \cdot 1000 \text{ mm} = 12,0 \text{ mm}^2/\text{m} \leq 62,8 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ OK!}$$

Nødvendige længdearmering

$$A_{sf} = \frac{\tau_{Ed} \cdot h_f}{f_{yd}} \cdot \frac{b_f - b_w}{2} \cdot \cot \theta = 2,9 \text{ mm}^2/\text{m} \leq 62,8 \text{ mm}^2/\text{m} \quad \text{OK!}$$

Undersøgelse om der vil ske trykbrud

$$\sigma_c = \tau_{Ed} \cdot \left(\cot \theta + \frac{1}{\cot \theta} \right) \leq v \cdot f_{cd} \quad 0,3 \leq 8,2 \quad \text{OK!}$$

$$v = 0,34 \quad (\text{tabel opslag})$$

Tværarmeringen er tilstrækkelig

OK!

Momenteftervisning af flange (lokal eftervisning)

Momentbelastning fra punktlast

$$M_{fl} = (1/4 \times Q_d \times 0,333 \text{ eller } 1/4 \times Q_d/2 \times 0,333) = 0,25 \text{ kNm}$$

Momentbærevne

$$M_{flrd} = 1/4 \times 8 \times 2 \times H_0 \times H_0^2 \times f_{ctm,R} \times 10^{-6} = 0,66 \text{ kNm} \quad \text{OK!}$$

Gennemlokning uden armering (lokal eftervisning)

Gennemlokningsbæreevne uden armering med en trædeflade af lasten på 50 mm x 50 mm

Forskydningsspændinger

$$\tau_{Ed} = \frac{Q_d}{2 \cdot (t_b + t_l + 2 \cdot \pi \cdot d) \cdot d} = 0,07 \text{ MPa} \quad \text{OK!}$$

hvor

$$d = 50 \text{ mm}$$

Tilladelige forskydningsspændinger uden armering

$$\tau_{Rd,min} = 0,035 \cdot k^{(3/2)} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0,59 \text{ MPa}$$

Bæreevne af op-deck stålplade under udstøbning.

inertimoment (topplade)	$I_{op-dstål}$	3,82E+06 mm ⁴ /m
max arm		106 mm
modstandsmoment min	$W_{op-dstål}$	36084 mm ³ /m

bæreevne ved gældende spænd

$$W_{op-dstål} \times f_{ydop} \times 0,9 \times 10^{-6} / (1/8 \times (L_{sp})^2) = 8,1 \text{ kN/m}^2$$

Bæreevne krav under udstøbning

$$P_{ud} = 1,2 \times 0,18 + 1,5 \times (q_{bt} + 1,5) = 4,9 \text{ kN/m}^2$$

Understøtningskrav min.

$$L_{und} = \sqrt{\frac{W_{opdstål} \cdot 0,9 \cdot f_{ydop} \cdot 10^{-6}}{\frac{1}{8} \cdot P_{ud}}} = 4,1 \text{ m}$$

Anbefalet understøtnings interval pr:

Ingen m

Transmissionskoefficient af dæk , U

Gennemsnitværdi uden linjetab

Varmeledningsevne, λ

Beton	$\lambda_b =$	2 W/mk		
Pir skum	$\lambda_{pir} =$	0,02 W/mk		
Polystyren (Sundolit S80)	$\lambda_1 =$	0,038 W/mk	tykkelse =	mm
	$\lambda_2 =$	W/mk	tykkelse =	mm
	$\lambda_3 =$	W/mk	tykkelse =	mm

Isolansen, R

Opdeck plade min	$R_{op} =$	3,5 m ² K/W
Beton krop	$R_{bk} =$	0,069 m ² K/W
Beton flange	$R_{bf} =$	0,025 m ² K/W
Pir skum	$R_{pir} =$	6,9 m ² K/W
Polystyren (Sundolit S80)	$R_1 =$	0 m ² K/W

Overgangsisolans

Indre	$R_{si} =$	0,10 m ² K/W
Opadrettet varmestrøm		
Ydre	$R_{se} =$	0,04 m ² K/W

R samlet ved krop

$$R_{sk} = R_{se} + R_{bf} + R_{bk} + R_{op} + R_{si} + R_{sx} = 3,73 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

R samlet ved flange

$$R_{sk} = R_{se} + R_{bf} + R_{pir} + R_{op} + R_{si} + R_{sx} = 10,57 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

Transmissionskoefficient, U

$$U_{samlet} = \frac{\frac{1}{R_{sk}} \cdot 3 \cdot t_{kr} + \frac{1}{R_{sf}} \cdot 3 \cdot (333 \text{ mm} - t_{kr})}{1000 \text{ mm}} = 0,14 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

Deformationer, Betondæk

Da bjælken er simpelt understøttet, undersøges revnet tværsnit med mindste værdi af α , da træk kun forekommer i undersiden af profilet:

Transformeret areal:	$\alpha =$	5,9
	$A.t =$	28524 mm ²
Statisk moment om oversiden:	$S.o:$	1814800 mm ³

Afstand y_0 fra overside til transformeret tyngdepunkt:

$$y_0 = S.o/A.t = 63,6 \text{ mm}$$

Transformeret tværsnit: $I.t = 8,5E+07 \text{ mm}^4$

I.flange =	21507091 mm ⁴
I.krop =	58175022 mm ⁴
I.armring =	5128658 mm ⁴

Undersøger om træk i undersiden af profil er større end f_{ctm} :

$$\sigma_u = \frac{M_k}{I_t} \cdot (h - y_0) = 2,93 \text{ Mpa} < 3,2 \text{ Mpa}$$

=>

urevnet tværsnit

Længde af simpelt understøttet bjælke: Spændvidde, $L = 3050 \text{ mm}$

$K = 10$ For simpelt understøttet bjælke

Belastninger

Permanent:

2,7 kN/m ²	Korttidslast, $p_{hy} =$	$(g + \psi_1 \cdot q) / 3 = 1,1 \text{ kN/m}$
	Korttidslast, $P_p =$	$\psi_0 \cdot Q = 5 \text{ kN}$

Nyttelast:

2,5 kN/m ²	Karakteristisk last, $p_{ka} =$	$(g + q) / 3 = 1,7 \text{ kN/m}$
2 kN	Langtidslast, $p_{kv} =$	$(g + \psi_2 \cdot q) / 3 = 1,1 \text{ kN/m}$

Momenter

$M_p =$	1,23 kNm
$M_{h_maks} =$	3,72 kNm
$M_k =$	2,00 kNm

$d = h_w + h_f - \text{højde til } A_s = 163,0 \text{ mm}$

*Trykzonehøjde x , hvor $x > 1,25 \cdot h_f$:

			Langtid	korttid
$a =$	$0,5 \cdot b_w$	$=$	a	40
$b =$	$h_f \cdot x \cdot b_f - h_f \cdot x \cdot b_w + \alpha \cdot x \cdot A_s$	$=$	b	14456
$c =$	$h_f^2 \cdot x \cdot (b_f - b_w) - \alpha \cdot x \cdot A_s \cdot d$	$=$	c	-610696
$x =$	$\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$	$=$	x	38,2
				27,6

**Betontryk når $x > 1,25 \cdot h_f$:

$x =$	Permanent	Hyppig	Karakteristisk	
	1,43	-20,11	Permanent	Korttid
			2,33	-10,82

$$\sigma_c = \frac{M}{\frac{1}{2} b_f x \left(d - \frac{1}{3} x \right) - \frac{1}{2} \frac{(x - h_f)^2}{x} (b_f - b_w) \left[d - h_f - \frac{1}{3} (x - h_f) \right]}$$

For evt. revnet tværsnit:

For:	M_p	M_h	M_k	
	$t = \infty$	$t = 0$	$t = \infty$	$t = 0$
α [-]	23,0	5,9	23	5,9
ρ [-]	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014
β [-]	0,23	0,12	0,23	0,12
x [mm]	37	20	37	20
$x > 1,25 h_f$?	nej	nej	nej	nej
=> regnes som:	tyk plade	tyk plade	tyk plade	tyk plade
Trykzonehøjde:	37	20	37	20
ϕ_b [-]	0,105	0,059	0,105	0,059
γ [-]	3,4	7,2	3,4	7,2
Betontryk, σ_c [Mpa]:	1,3	7,2	2,2	3,8
Armeringsspænding, σ_s [Mpa]:	104	303	169	163
Nedbøjning:				
For revnet, $u = \frac{1}{K} \cdot \frac{\alpha \cdot M}{E_s \cdot I_t} \cdot l^2$ For urevnet, $u = \frac{1}{K} \cdot \frac{\alpha \cdot \sigma_c}{E_s \cdot x} \cdot l^2$				
	1,5	1,1	2,4	0,6
Krav:	l/300	l/500	l/250	l/250
	10,2	6,1	12,2	12,2
	ok	ok	ok	ok

OK!

hvor:

α [-] = Tabelopslag

$$\rho$$
 [-] = $\frac{A_s}{b_f \cdot d}$

$$\beta$$
 [-] = $\alpha \cdot \rho \cdot \left[\sqrt{\frac{2}{\alpha \cdot \rho} + 1} - 1 \right]$

$$x$$
 [mm] = $\beta \cdot d$

$$\phi_b$$
 [-] = $\frac{1}{6} \beta (3 - \beta)$

$$\gamma$$
 [-] = $\frac{(1 - \beta)}{\beta}$

$$\text{Betontryk, } \sigma_c \text{ [Mpa]: } \frac{M}{\phi_b b_f d^2}$$

$$\text{Armeringsspænding, } \sigma_s \text{ [Mpa]: } \alpha \cdot \gamma \cdot \sigma_c \text{ eller } \alpha \cdot \sigma_c \cdot \frac{(d - x)}{x} \text{ ved } *$$

Egenfrekvenser af dæk

Bestemmelse af egenfrekvensen gøres ud fra afsnit 2.3 i Teknisk ståbi
Formlen bestemmer egenfrekvensen af en bjælke.

Udsvingstal K=	9,87
Længde l=	3,05 m
Elasticitetsmodul armeret beton E=	30000 MPa
(Masse+20kg/m ²)/ m μ=	230,89 kg/m
Inertimoment I=	8,5E+07 mm ⁴ /m

Cykliske egenfrekvens

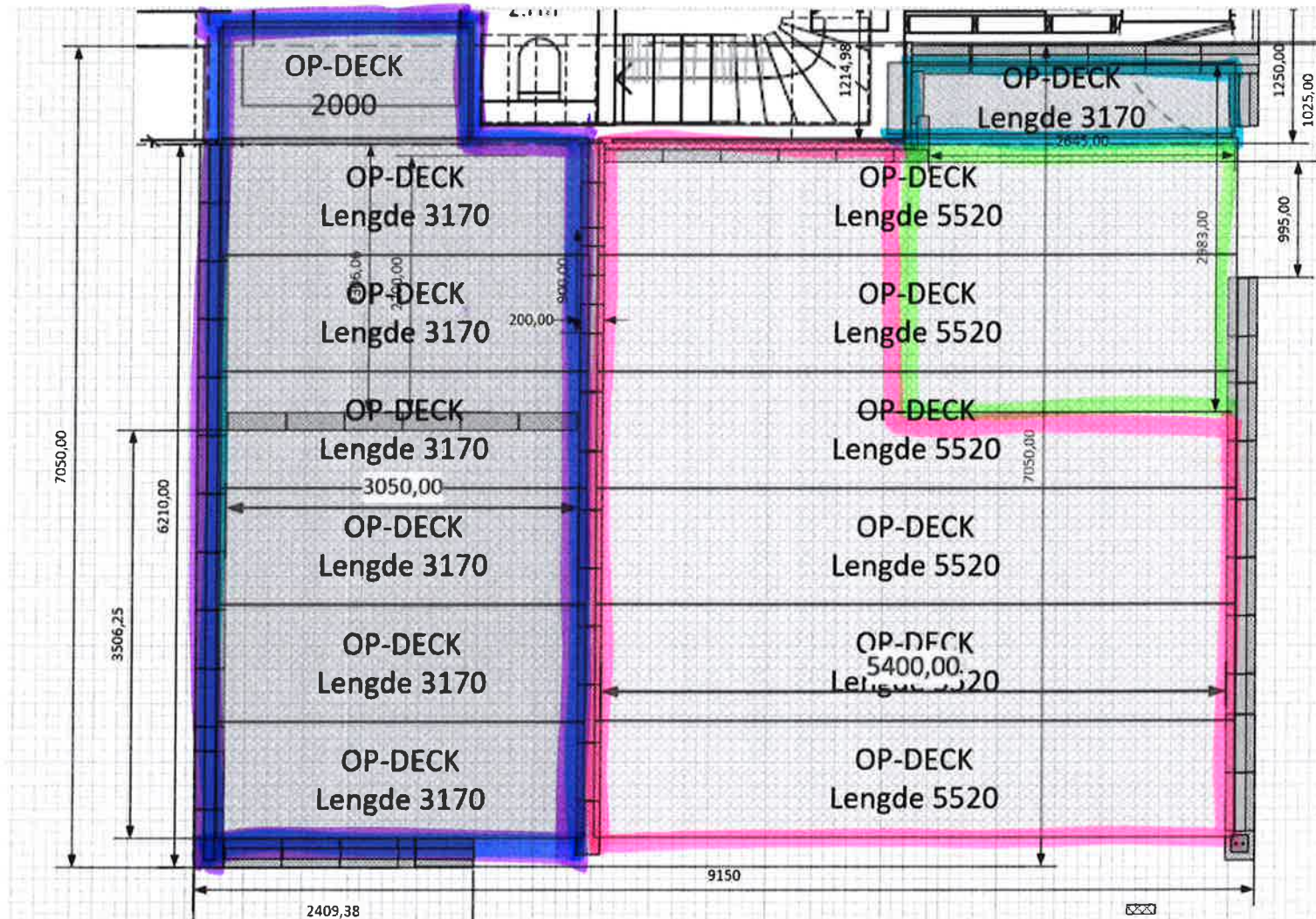
$$\omega_n = \frac{K}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu}} = 111,4 \text{ rad/s}$$

Frekvens

$$f = \frac{\omega_n}{2 \cdot \pi} = 17,7 \text{ Hz} \quad \text{Normalt tilfredsstillende værdi}$$

Erfaringstal for egenfrekvenser EN1990 EC0

Bolig	8 Hz	<	Normalt tilfredsstillende værdi
		><	Kan være problematisk
	5 Hz	>	Ofte ikke tilfredsstillende



1/2000 MM
7/3170 MM
6/5520 MM

254 mm
294 mm
319 mm
294 mm

LAST FRA INGENIØR:

Nyttelast = $2,5 \text{ kN/m}^2$

Egenlast (ud over dæk) = $0,375 \text{ kN/m}^2$

VESTHELLINGA 14