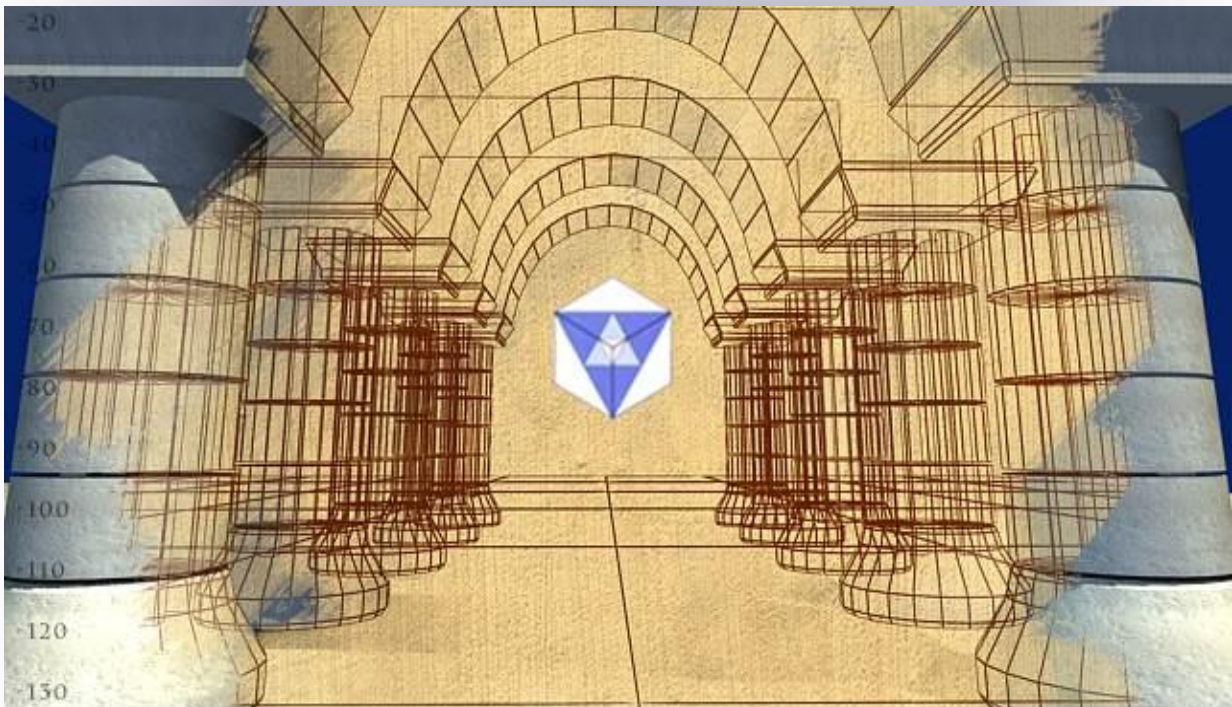


Eurocode en Houten Bekistingconstructies



Stubeco studiecel D10-2

De Studievereniging Uitvoering Betonconstructies (Stubeco) en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het verwerken van de in deze publicatie vervatte gegevens. Nochtans moet niet de mogelijkheid worden uitgesloten dat er zich toch onjuistheden in deze publicatie kunnen bevinden. Degene die van deze publicatie gebruik maakt, aanvaardt daarvan het risico. De Stubeco sluit, mede ten behoeve van al degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze gegevens.

Gehele of gedeeltelijke overname van de inhoud is alleen toegestaan met schriftelijke toestemming van het Stubeco-bestuur.

*Deze publicatie is te downloaden via:
www.stubeco.nl en www.betonacademie.nl*

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	4
2. ALGEMEEN	6
2.1 Systeemdragers	6
2.2 Sterkte eigenschappen.....	6
3. BEREKENING.....	9
3.1 Sterkte hoofdwaarden	9
3.2 Sterkte loodrecht op de vezel	10
4. REKENVOORBEELD	11
4.1 Gegevens voorbeeld som.....	11
4.2 Bepalen E-modulus samengestelde profiel (omrekenmethode).....	13
4.3 Model	13
4.4 Belastingen	13
4.5 Belastingcombinaties	13
4.6 Samenvatting van de uitkomsten van het rekenmodel.....	15
4.7 Rekenwaarde van de weerstand	16
4.8 Toelaatbare maximum doorbuiging	16
4.9 Toelaatbare spanning loodrecht op de vezel	16
4.10 Elastische rek bij druk (indrukking hout)	17
4.11 Vergelijking berekening druk loodrecht op de vezels volgens de Eurocode, wet van Hooke en NEN 6760	18
5. CONCLUSIES	21
BIJLAGE 1: REKENMODEL SYSTEEMDRAGER VLGS. HFD.ST. 4.....	22
BIJLAGE 2: PRODUCTINFORMATIE HOUTEN SYSTEEMDRAGERS.....	32
1. Doka bekistingdragers.....	32
BIJLAGE 3: HOUTEN SYSTEEMDRAGERS: EUROCODE.....	35

1. INLEIDING

Voor u ligt het aanvullende deel van het Stubeco rapport “Eurocode en Houten Bekistingconstructies” van studiecél D10.

Het doel van bovengenoemd rapport is een uniforme richtlijn te verkrijgen voor het toepassen van de rekenregels volgens de Eurocode.

Deel 1 van maart 2013 wordt besloten met de volgende aanbevelingen:

- In dit rapport is geen controle uitgevoerd van systeemdagers. Het verdient aanbeveling om hiervoor nog een aanvullende berekening te maken.
- In eerste instantie wordt de indruk gewekt, dat de hoeveelheid materiaal, dat volgens de Eurocode nodig is om de verticale druk loodrecht op de vezel op te nemen, 2x zoveel is dan volgens het Handboek Uitvoering Betonwerken van Stubeco resp. de NEN. Echter bij het op de juiste wijze toepassen van de rekenregels ontstaan vergelijkbare waarden, maar nog altijd afwijkend ten opzichte van het Handboek Uitvoering Betonwerken van Stubeco. Het verdient aanbeveling om de achtergrond van het ontstaan van de waarden van drukspanning loodrecht op de vezel uit te zoeken.

In onderliggend deel worden deze aanbevelingen uitgewerkt.

Voor de verificatie van onze interpretatie van de rekenregels hebben we wederom gebruik gemaakt van de diensten van prof. dr. ir. A.J.M. Jorissen. Professor Jorissen is verbonden aan de faculteit Bouwkunde van de TU te Eindhoven en is voorzitter van de Nederlandse afdeling die heeft meegewerkt aan de totstandkoming van de Eurocode NEN-EN 1995 serie: Ontwerp en Berekening van Houtconstructies. Ondanks dit kunnen er geen rechten aan ontleend worden.

Tijdens de studie is ons ten aanzien van de systeemdagers duidelijk geworden dat er een verschil in benadering bestaat tussen de algemene benadering vanuit de Eurocode voor het rekenen met staal, beton en hout en het rekenen met systeemonderdelen van leveranciers. Hier doet namelijk de term “safe working load” of “safe working value” zijn intrede, waardoor er niet vanuit het toegepaste materieel wordt gerekend, maar naar een “toelaatbare rekenwaarde” (dus exclusief γ_F) van het betreffende onderdeel. Wij hebben geen onderbouwing van deze waarden kunnen achterhalen. Hetzelfde geldt voor de E-modulus van systeemdagers. Het is niet duidelijk op basis waarvan die bepaald is. De $E(I)$ -waarde van een ligger is een gegeven van de leverancier.

Ten aanzien van de tweede aanbeveling, druk loodrecht op de vezel, is gebleken waarom we daar in het eerste deel van het rapport niet uit konden komen. Het toepassen van de Eurocode is voor meerdere uitleg vatbaar en lastig te doorgronden.

Om te staven of de uitkomsten volgens de EC vergelijkbaar zijn met de NEN hebben we in hoofdstuk 4.11 we een vergelijking gemaakt tussen deze normen. Ook hebben we de oplegdrukken vergeleken met wetenschappelijk verkregen resultaten op basis van de wet van Hooke.

Het is de commissie echter toch gelukt zich door deze materie een weg te vinden die bevredigende resultaten geeft.

Als commissie kunnen we dan ook met gepaste trots melden dat we met deel 1 en 2 van dit rapport erin geslaagd zijn ons doel te verwezenlijken: het toepassen van uniforme rekenregels volgens de Eurocode voor houten bekistingconstructies.

Zoals ook in de inleiding van deel 1 vermeld, waren tijdens het tot stand komen van dit rapport de Eurocodes nog aan aanvullingen en wijzigingen onderhevig. Het is dus mogelijk dat hierdoor een aantal punten in dit rapport niet meer actueel is. De lezer/ gebruiker dient hierop attent te zijn.

Aan dit rapport hebben meegewerkt:

J.J.A. Clephas, voorzitter

A.J. Jeurdink

J. van den Nouweland

L. Zwetheul, redacteur

C.J. Tol, KoKo-coördinator

Volker Infra, Vianen

Heijmans Infra B.V., Rosmalen

Vogels Constructeur Uitvoering B.V., Helmond

oud-medewerker Van Hattum en Blankevoort B.V.,
Woerden.

Ballast Nedam Infra Speciale Projecten, Nieuwegein

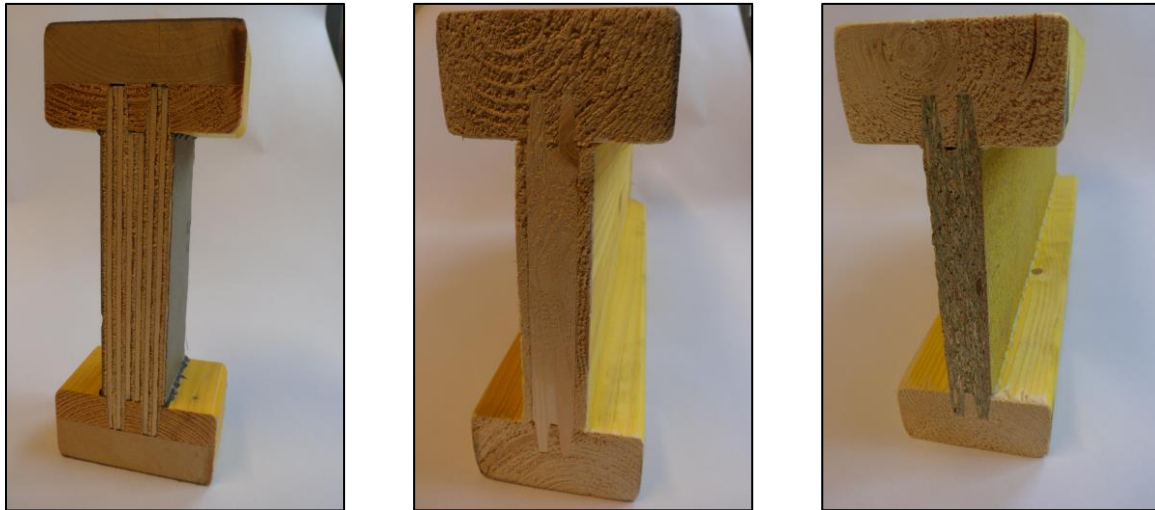
2. ALGEMEEN

2.1 Systeemdragers

In het bouwproces is een diversiteit van producten gangbaar, gefabriceerd en geleverd door diverse partijen.

Tevens is er een productontwikkeling gaande, waarbij fabrikanten zoeken naar een optimum tussen productieprocessen, materiaalgebruik en sterkte-eigenschappen.

Hierbij kunnen in de samengestelde dragers diverse houtsoorten / materialen worden gebruikt. Commerciële aspecten spelen hierbij zeker een rol.



Figuur 1: dwarsdoorsneden van systeemdragers

Het is niet mogelijk om alle producten te beschrijven, maar in dit rapport wordt ingegaan op de in de Nederlandse bouw “meest gangbare” producten. In Bijlage 2 zijn beknopt de gegevens van een aantal dragers opgenomen.

CE-Markering.

CE markering geeft aan dat een product voldoet aan de Europese wetgeving en vrij op de Europese markt mag worden verhandeld. Een fabrikant die een CE-markering aanbrengt, verklaart dat zijn product voldoet aan alle Europese richtlijnen voor dat product (richtlijnen over veiligheid, gezondheid en milieu).

Tot de productgroepen waarvoor een CE-markering is vereist behoren o.a.: machines, persoonlijke beschermingsmiddelen, elektr(on)ische apparatuur en **bouwproducten**.

Een CE-markering geeft niet aan, dat de dragers sterk genoeg zijn. Geeft alleen aan, dat ze zijn gefabriceerd overeenkomstig de procedures van ISO en de Europese normen.

2.2 Sterkte eigenschappen

De diverse leveranciers van systeemdragers hanteren een genormeerde berekenings- en testmethodiek om tot product- of sterkte-eigenschappen te komen van hun dragers.

De diverse modificatiefactoren welke in de norm gebruikt worden spelen hier een rol, maar zijn voor derden niet altijd duidelijk of inzichtelijk.

De leveranciers verwijzen naar Eurocode NEN-EN 13377:2002 (en); “Houten bekisting-dragers - Eisen, classificatie en beoordeling”

In deze norm worden een aantal zaken beschreven: (annexen)

- A. Testen en berekeningsmethoden om constructieve parameters vast te stellen;
- B. Statistische analyses van testresultaten om tot karakteristieke waarden te komen;
- C. Minimum eisen voor de controle op het productieproces;
- D. Testprocedures voor liggers met "lijven";
- E. Waarden om in constructieve berekeningen te gebruiken voor praktisch gebruik;
- F. Voortgaande productie inspecties.

Met name annex E is in het kader van dit rapport interessant.

In **E.2** wordt de ontwerpwaarde X_d benoemd: (Zie ook NEN-EN-1995-1-1 art. 2.4.1.)

Rekenwaarde $X_d = k_{mod} \cdot X_k / \gamma_M$ waarin:

- X_k = De karakteristieke waarde van de materiaaleigenschap.
- γ_M = Partiële factor voor de materiaaleigenschappen
(Zie Tabel 2.3 in NEN-EN 1995-1-1)

Voor hout moet 1,3 aangehouden worden.

- k_{mod} = Modificatiefactor die de invloed van de belastingduur en vochteigenschappen in rekening brengt.
De norm NEN-EN 1995-1-1, art. 2.3.2.1, stelt:

Onder gebruikelijke omstandigheden in de bouw worden bekistingsdragers toegepast in klimaatklasse 2, waarbij een vochtigheidsgehalte (geen klimatologische) heerst van maximaal 20%. (De belastingduurklasse wordt op "kort" gesteld).

Voor geprefabriceerde bekistingdragers moet voor k_{mod} de waarde 0,9 aangehouden worden, tenzij plaatselijke omstandigheden een lagere waarde vereisen.

Zie ook tabel 3.1 van NEN-EN-1995-1-1.

In **E.3** wordt de waarde "**Safe working value**" genoemd.

Safe working value werd traditioneel de toelaatbare waarde voor de betreffende drager genoemd.

Indien deze waarde wordt vermenigvuldigd met de partiële belasting coëfficiënt γ_F moet de uitkomst kleiner of gelijk zijn aan de uiterste ontwerpwaarde. (E_d).

Ofwel, de "Safe working value" van een drager kan berekend worden door de uiterste ontwerpwaarde van de belasting van de drager te delen door γ_F . Voor deze waarde wordt 1,5 aangehouden.

In **E.4** worden tabellen gegeven voor deze "Safe working value" betreffende:

- Oplegreacties
- Dwarskrachten
- Buigende momenten.

De waarden zijn gebaseerd op de hiervoor genoemde paragrafen E2 en E3.

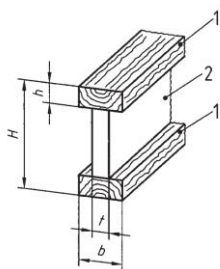


Table E.1 — Safe working loads for panel web beams
Nominal beam depth, minimum flange width, EI , and safe working loads

1	2	3	4	5	6	7
class	depth H (mm)	Minimum flange width b (mm)	EI (kNm ²)	Q (kN)	A (kN)	M (kNm)
P16	160	65	200	8,5	17	2,7
P20	200	80	450	11,0	22	5,0
P24	240	80	700	13,0	26	6,5

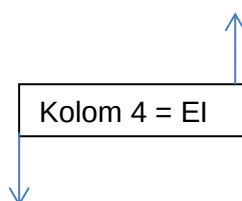
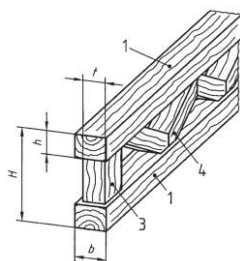


Table E.2 — Safe working loads and stiffness values for lattice web beams
Nominal beam depth, minimum flange width and safe working loads

1	2	3	4	5	6	7	8	9
class	depth H (mm)	Minimum flange width b (mm)	EI (kNm ²)	Q (kN)	A (kN)		M (kNm)	
					at nodes	in between nodes	at nodes	In between nodes
L24	240	80	800	13	28	20	7,0	4,0

For explanation of symbols, see 3.2.

Symbols not explained in 3.2:

Q safe working value of shear force

A safe working value of bearing force

M safe working value of bending moment

De waarde voor de toelaatbare kracht loodrecht op de vezel wordt verkregen overeenkomstig paragraaf E.2, waarbij de waarde voor de druk is gebaseerd op hout klasse C24 conform EN338.

Met dit gegeven kan het vereiste oplegoppervlak berekend worden!

N.B.: Zie ook hoofdstuk 5, Conclusies, onder punt 4.

3. BEREKENING

3.1 Sterkte hoofdwaarden

Op basis van voorgaande uitgangspunten zijn door de leveranciers berekeningsvoorbeelden gegeven.

De Safe working values wijken hierbij niet af van de traditioneel gegeven waarden.

Het betreft een “omrekening” naar de uiterste ontwerpwaarden (R_d) gebaseerd op de EN 13377.

Zie ook Bijlage 2.

Veiligheidsniveau:

De meeste van de in dit rapport beoordeelde constructies zullen vallen onder CC2.

De vraag is - gezien het feit dat dit een hoger veiligheidsniveau oplevert ten opzichte van de benadering volgens de normenserie NEN6700 – of het rekenen in CC1 tevens een optie kan zijn.

Dit is een te overwegen keuze bij het ontwerpen van de constructie.

Tabel B1 Zie Nationale Bijlage! NEN-EN 1990

CC3 Grote gevolgen

CC2 Middelmattige gevolgen

CC1 Geringe gevolgen

Volgens bijlage B3.3 van NEN-EN 1990 kan een betrouwbaarheidsdifferentiatie worden bereikt via een vermenigvuldigingsfactor K_{FI} , toegepast op de partiële factoren

Tabel B3

Betrouwbaarheidsklasse		
RC1	RC2	RC3
0,9	1,0	1,1

In onderstaande tabel is reeds rekening gehouden met deze factor:

Tabel NB.5 — Partiële factoren voor gevolgklassen 1 en 3 voor belastingen (STR/GEO) (groep B)

CC	Blijvende en tijdelijke ontwerp situaties	Blijvende belastingen		Overheersende veranderlijke belasting	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende	
		Ongunstig	Gunstig		Belangrijkste (indien aanwezig)	Andere
1	(Vgl. 6.10a)	$1,2 G_{k,j,sup}^a$	$0,9 G_{k,j,inf}$		$1,35 \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$1,35 \psi_{0,i} Q_{k,i} (i > 1)$
	(Vgl. 6.10b)	$1,1 G_{k,j,sup}^b$	$0,9 G_{k,j,inf}$	$1,35 Q_{k,1}$		$1,35 \psi_{0,i} Q_{k,i} (i > 1)$
3	(Vgl. 6.10a)	$1,5 G_{k,j,sup}^a$	$0,9 G_{k,j,inf}$		$1,65 \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$1,65 \psi_{0,i} Q_{k,i} (i > 1)$
	(Vgl. 6.10b)	$1,3 G_{k,j,sup}^b$	$0,9 G_{k,j,inf}$	$1,65 Q_{k,1}$		$1,65 \psi_{0,i} Q_{k,i} (i > 1)$

- Voor berekeningen van systeemdagers wordt door de commissie geadviseerd om te rekenen in CC2, omdat voor het berekenen van de sterkte-eigenschappen volgens NEN-EN 13377 de waarde 1,5 voor γ_F wordt aangehouden. Zoals aangegeven in deel 1 van dit rapport en de Eurocode kan de constructeur hier van afwijken.
- Bij toetsen in de ULS (UGT) kan dan vergeleken worden met de waarden $F_{R;d}$ van de betreffende dragers.
- Bij toetsen in de SLS (BGT) kan vergeleken worden met de Safe working values. (Dit is afwijkend van zowel de vervallen NEN 6770 als de Euro Code)
- Oplegspanningen loodrecht op de vezel.
Zie opmerkingen in paragraaf 3.2

3.2 Sterkte loodrecht op de vezel

Uitgangspunt is een oplegging van de dragers (kinderbinten) via een tooglat op de onderslagen.

Er is dus krachtsafdracht in 2 richtingen: Zie onderstaande figuur 6.2

1. Oplegspanning drager; Betreft een "discrete" oplegging.
2. Oplegspanning tooglat Betreft een "continue" oplegging.

Bij de berekening is de factor $k_{c;90}$ van invloed, met de volgende interpretatie:

In NEN-EN 1995-1-1+C1+A1:2011 is in afbeelding 6.2 de factor $K_{c;90}$ toegelicht.

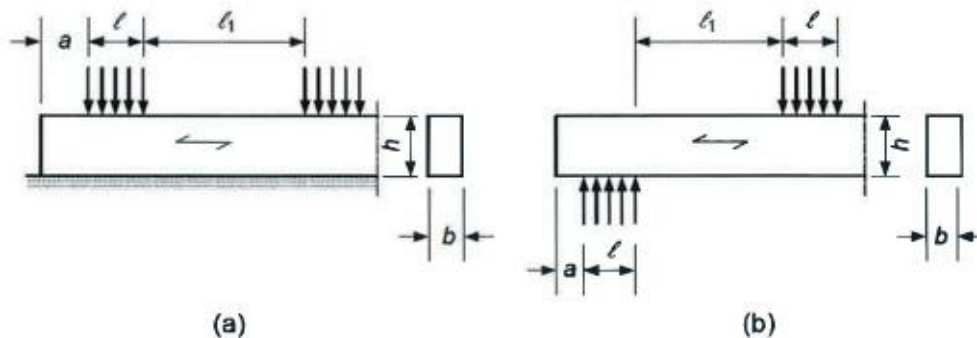


Figure 6.2 – Member on (a) continuous and (b) discrete supports

DRAFTING NOTE: Paragraphs (5) to (7), figures 6.3 and 6.4 and expressions (6.5) to (6.10) are void.

Figuur (a): De doorlopende ondersteuning met hoogte "h" is de tooglat, waarbij de opleg-lengte "l" gelijk is aan de breedte van de systeendrager

Figuur (b): . De overspanning met de afmetingen $b \times h$ betreft de systeendrager

Deze is opgelegd op de dragende tooglat met een breedte "l".

Bij deze interpretatie van afbeelding 6.2 mag volgens artikel 6.1.5. de factor $k_{c;90}$ worden verhoogd naar:

Tooglat:	Figuur a	$K_{c;90} = 1,25$	(bij $l_1 \geq 2h$)
Systeendrager:	Figuur b	$K_{c;90} = 1,50$	(bij $l_1 \geq 2h$)

Volgens artikel 6.1.5 geldt:

$$\sigma_{c;90;d} = k_{c;90} \cdot f_{c;90;d} \quad (\text{formule 6.3}), \text{ waarbij } \sigma_{c;90;d} = \frac{F_{c;90;d}}{A_{\text{eff}}} \quad (\text{formule 6.4})$$

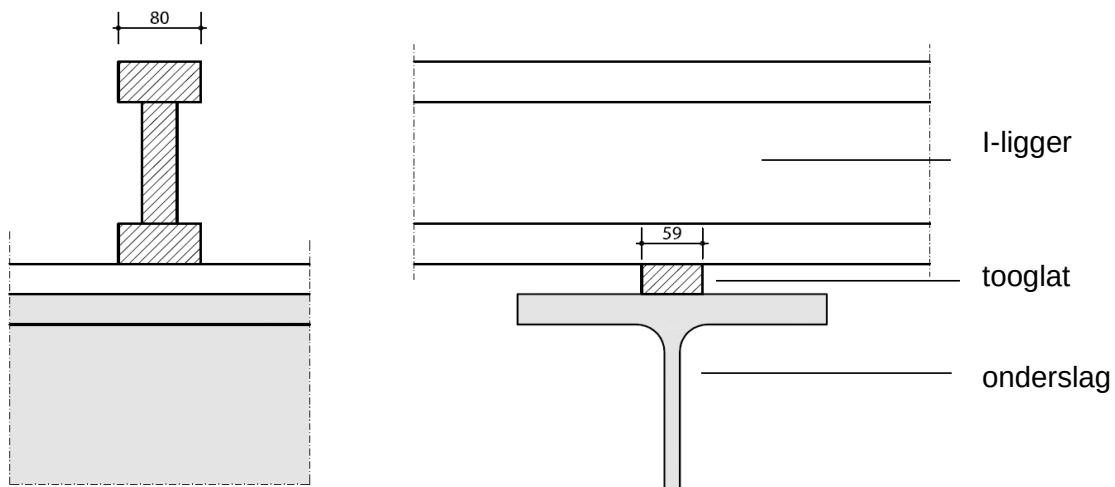
Het effectieve oppervlak A_{eff} wordt bepaald, waarbij rekening wordt gehouden met een effectieve contactlengte evenwijdig aan de vezelrichting, waarbij de werkelijke contactlengte "l" aan elke zijde is vermeerderd met 30 mm. Deze 30 mm moet echter wel aanwezig.

$$\begin{aligned} \text{Dus: } a &> 30\text{mm} \\ \frac{1}{2}l_1 &> 30\text{mm} \\ l &> 30\text{mm} \end{aligned}$$

N.B.: Zie ook hoofdstuk 5, Conclusies, onder punt 4.

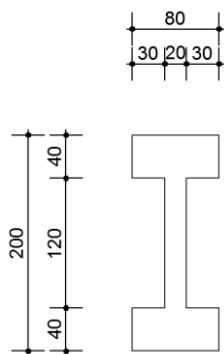
4. REKENVOORBEELD

Berekeningsopzet: controle van een kinderbint met een H vormige doorsnede



4.1 Gegevens voorbeeld som

- Dikte betonnen dek 800 mm.
- Soortelijke massa vloeibaar beton: 26 kN/m^3 .
- Soortelijke massa hout: $6,5 \text{ kN/m}^3$.
- Eigen gewicht plaat $0,10 \text{ kN/m}^2$.
- Onderslagen hart op hart 1100 mm.
- Kinderbinten (I-dragers) hart op hart 350 mm.
- Tooghout (-lat) breedte 59 mm. Hoogte variabel ($h < 57 \text{ mm}$ of $h \geq 57 \text{ mm}$).
- Houtafmeting I-drager $80 \times 200 \text{ mm}$, samengestelde profiel doorsnede (indicatief).



Statische waarden kinderbinten, afm. $80 \times 200 \text{ mm}$..

$$W_y = 446,9 \times 10^3 \text{ mm}^3.$$

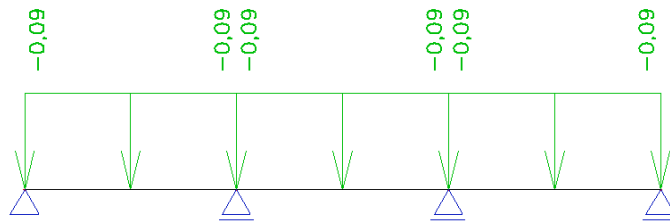
$$I_y = 4469,3 \times 10^4 \text{ mm}^4.$$

$$EI = 450 \text{ kNm}^2$$

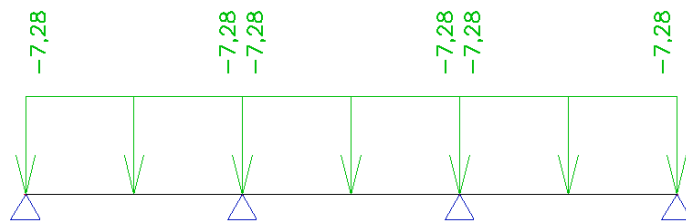
Dit zijn fictieve waarden, zonder afrondingsstralen.

- Veranderlijke belastingen toepassen volgens NEN-EN 1991-1-6, § 4.11.2.

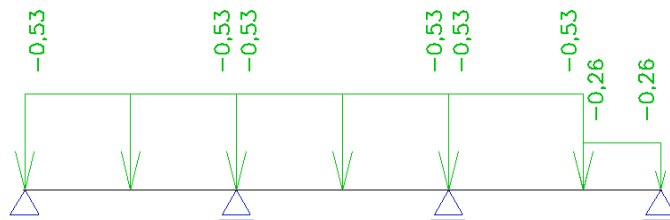
- Belasting gevallen:
 - EG bekisting.



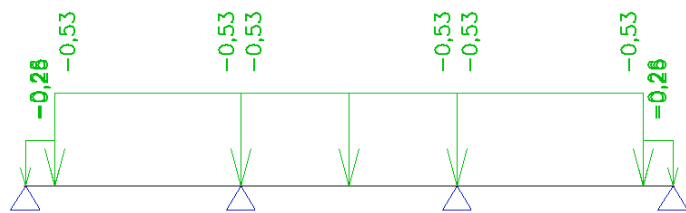
- Massa beton. (veranderlijke belasting)



- Veranderlijke belasting links.



- Veranderlijke belasting midden.



- Belasting combinaties: 2 belastingcombinaties BGT en 4 belastingcombinaties UGT volgens NEN-EN1990, groep B.
 - Vervormingseis: maximum doorbuiging $w_{\max} \leq \frac{1}{400} l_{th}$
- (project- of onderdeel-specifiek)
- Berekening voor CC2, waarvoor geldt: $K_{Fi} = 1,0$
 - In deze som is i.v.m. de duidelijkheid er voor gekozen het eigengewicht niet automatisch mee te laten nemen door de rekensoftware.

Doel is: controle van de kinderbinten h.o.h. 350 mm.

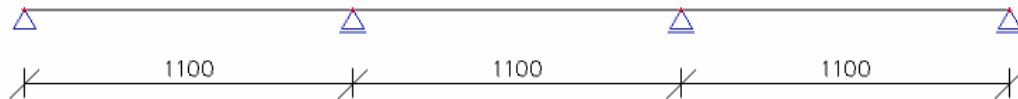
4.2 Bepalen E-modulus samengestelde profiel (omrekenmethode)

De EI van de samengestelde profiel is een gegeven waarde volgens de documentatie van de leveranciers.

Aangehouden voor deze berekening $EI = 450 \text{ kNm}^2$;

$$E = \frac{EI}{I} = \frac{450 \cdot 10^9}{4469,3 \cdot 10^4} = 10,1 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$$

4.3 Model



4.4 Belastingen

$G_{k,j,1}$: Eigen gewicht van de plaat: $0,10 \times 0,35 = 0,035 \text{ kN/m}^1$.

$G_{k,j,1}$: Eigen gewicht van de I-drager: $(0,200 \times 0,080) - (0,120 \times 0,060) \times 6,5 = 0,057 \text{ kN/m}^1$.

$Q_{k,i,1}$: Massa gewicht van vloebaar beton: $0,80 \times 26 \times 0,35 = 7,280 \text{ kN/m}^1$.

$Q_{k,i,2}$: Veranderlijke belasting (VB)= personen en handgereedschappen:

VB buiten werkvlak: $0,75 \times 0,35 = 0,260 \text{ kN/m}^1$.

VB binnen werkvlak: $1,50 \times 0,35 = 0,530 \text{ kN/m}^1$.

Veranderlijke belasting ingevoerd volgens NEN-EN 1991-1-6, § 4.11.2

4.5 Belastingcombinaties

Belastingcombinaties vast te stellen voor:

- ULS (Ultimate Limit States) = UGT (Uiterste Grens Toestand)
- SLS (Serviceability Limit States) = BGT (Bruikbaarheids Grens Toestand)

ULS (Ultimate Limit States)

Formule 6.10a geeft volgens tabel A1.2(B) van NEN-EN 1990/NB:

$$\sum_{j \geq 1} 1,35 G_{k,j} + \sum_{i > 1} 1,5 \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

of: $\sum_{j \geq 1} 0,9 G_{k,j} + \sum_{i > 1} 1,5 \psi_{0,i} Q_{k,i}$

Formule 6.10b geeft volgens tabel A1.2(B) van NEN-EN 1990/NB:

$$\sum_{j \geq 1} (0,89 \times 1,35) G_{k,j} + 1,5 Q_{k,1} + \sum_{i > 1} 1,5 Q_{k,i} =$$
$$\sum_{j \geq 1} 1,2 G_{k,j} + 1,5 Q_{k,1} + \sum_{i > 1} 1,5 Q_{k,i}$$

of: $\sum_{j \geq 1} 0,9 G_{k,j} + 1,5 Q_{k,1} + \sum_{i > 1} 1,5 Q_{k,i}$

Dit geeft de volgende belastingcombinaties:

Formule 6.10a; VB links	$(K_{FI}) \times 1,35_{\gamma} \times G_{kji;1} + (K_{FI}) \times 1,35_{\gamma} \times G_{kji;2} + (K_{FI}) \times 1,5_{\gamma} \times 1,0_{\psi} \times Q_{kji>1,l}$
Formule 6.10a; VB midden	$(K_{FI}) \times 1,35_{\gamma} \times G_{kji;1}^{G_{k,j,1}} + (K_{FI}) \times 1,35_{\gamma} \times G_{k,j,2}^{G_{k,j,2}} + (K_{FI}) \times 1,5_{\gamma} \times 1,0_{\psi} \times Q_{k,i,2,r}^{Q_{k,i,2,r}}$
Formule 6.10b; VB links	$(K_{FI}) \times 1,2_{\gamma} \times G_{k,j,1}^{G_{k,j,1}} + (K_{FI}) \times 1,2_{\gamma} \times G_{k,j,2}^{G_{k,j,2}} + (K_{FI}) \times 1,5_{\gamma} \times Q_{k,i,1}^{Q_{k,i,1}} + (K_{FI}) \times 1,5_{\gamma} \times 1,0_{\psi} \times Q_{k,i,2,l}^{Q_{k,i,2,l}}$
Formule 6.10b; VB midden	$(K_{FI}) \times 1,2_{\gamma} \times G_{k,j,1}^{G_{k,j,1}} + (K_{FI}) \times 1,2_{\gamma} \times G_{k,j,2}^{G_{k,j,2}} + (K_{FI}) \times 1,5_{\gamma} \times Q_{k,i,1}^{Q_{k,i,1}} + (K_{FI}) \times 1,5_{\gamma} \times 1,0_{\psi} \times Q_{k,i,2,r}^{Q_{k,i,2,r}}$

K_{FI} mag worden meegenomen doch alleen voor ongunstig werkende belastingen in fundamentele combinaties. Zie voor evt. toepassing Nationale Bijlage bij: NEN-EN 1990+A1+A1/C2 dec. 2011

K_{FI} ; rekenvoorbeeld = 1,0 (CC2)

$\psi_{0,1} = 1,0$ Volgens NEN-EN1991-1-6 Annex A1, art. A1.1

Uitgeschreven levert dit de volgende vergelijking op:

6.10a; VB links	$1,0 \times 1,35_{\gamma} \times (0,035_1 + 0,057_2) + 1,0 \times 1,5_{\gamma} \times 1,0_{\psi} \times (0,26 \text{ of } 0,53)$
6.10a; VB midden	$1,0 \times 1,35_{\gamma} \times (0,035_1 + 0,057_2) + 1,0 \times 1,5_{\gamma} \times 1,0_{\psi} \times (0,26 \text{ of } 0,53)$
6.10b; VB links	$1,0 \times 1,2_{\gamma} \times (0,035_1 + 0,057_2) + 1,0 \times 1,5_{\gamma} \times 7,28 + 1,0 \times 1,5_{\gamma} \times 1,0_{\psi} \times (0,26 \text{ of } 0,53)$
6.10b; VB midden	$1,0 \times 1,2_{\gamma} \times (0,035_1 + 0,057_2) + 1,0 \times 1,5_{\gamma} \times 7,28 + 1,0 \times 1,5_{\gamma} \times 1,0_{\psi} \times (0,26 \text{ of } 0,53)$

SLS (Serviceability Limit States)

Formule 6.14b

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Dit geeft de volgende belastingcombinaties:

Formule 6.10a; VB links	$1,0_{\gamma} \times G_{k,j,1}^{G_{k,j,1}} + 1,0_{\gamma} \times G_{k,j,2}^{G_{k,j,2}} + 1,0_{\gamma} \times 1,0_{\psi} \times Q_{k,i,2,l}^{Q_{k,i,2,l}}$
Formule 6.10a; VB midden	$1,0_{\gamma} \times G_{k,j,1}^{G_{k,j,1}} + 1,0_{\gamma} \times G_{k,j,2}^{G_{k,j,2}} + 1,0_{\gamma} \times 1,0_{\psi} \times Q_{k,i,2,r}^{Q_{k,i,2,r}}$
Formule 6.10b; VB links	$1,0_{\gamma} \times G_{k,j,1}^{G_{k,j,1}} + 1,0_{\gamma} \times G_{k,j,2}^{G_{k,j,2}} + 1,0_{\gamma} \times Q_{k,i,1}^{Q_{k,i,1}} + 1,0_{\gamma} \times 1,0_{\psi} \times Q_{k,i,2,l}^{Q_{k,i,2,l}}$
Formule 6.10b; VB midden	$1,0_{\gamma} \times G_{k,j,1}^{G_{k,j,1}} + 1,0_{\gamma} \times G_{k,j,2}^{G_{k,j,2}} + 1,0_{\gamma} \times Q_{k,i,1}^{Q_{k,i,1}} + 1,0_{\gamma} \times 1,0_{\psi} \times Q_{k,i,2,r}^{Q_{k,i,2,r}}$

Uitgeschreven levert dit de volgende vergelijking op:

6.10a; VB links	$1,0_{\gamma} \times (0,035_1 + 0,057_2) + 1,0_{\gamma} \times 1,0_{\psi} \times (0,26 \text{ of } 0,53)$
6.10a; VB midden	$1,0_{\gamma} \times (0,035_1 + 0,057_2) + 1,0_{\gamma} \times 1,0_{\psi} \times (0,26 \text{ of } 0,53)$
6.10b; VB links	$1,0_{\gamma} \times (0,035_1 + 0,057_2) + 1,0_{\gamma} \times 7,28 + 1,0 \times 1,0_{\gamma} \times 1,0_{\psi} \times (0,26 \text{ of } 0,53)$
6.10b; VB midden	$1,0_{\gamma} \times (0,035_1 + 0,057_2) + 1,0_{\gamma} \times 7,28 + 1,0 \times 1,0_{\gamma} \times 1,0_{\psi} \times (0,26 \text{ of } 0,53)$

De eerste twee combinaties SLS zijn niet meegenomen in het model daar deze niet maatgevend zijn.

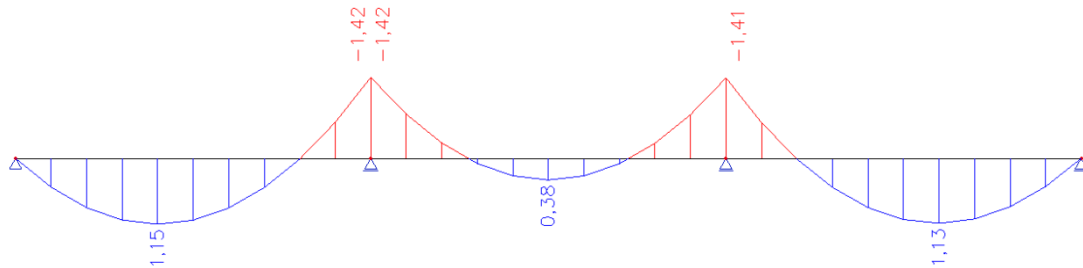
Deze combinaties zijn in het rekenmodel, zie Bijlage 1, verder gebruikt voor het bepalen van de maximale buigende momenten, dwarskrachten, oplegreacties en vervormingen.

In dit rekenmodel is de belasting ingevoerd voor een onderlinge kinderbintafstand van 0,35 m.

4.6 Samenvatting van de uitkomsten van het rekenmodel

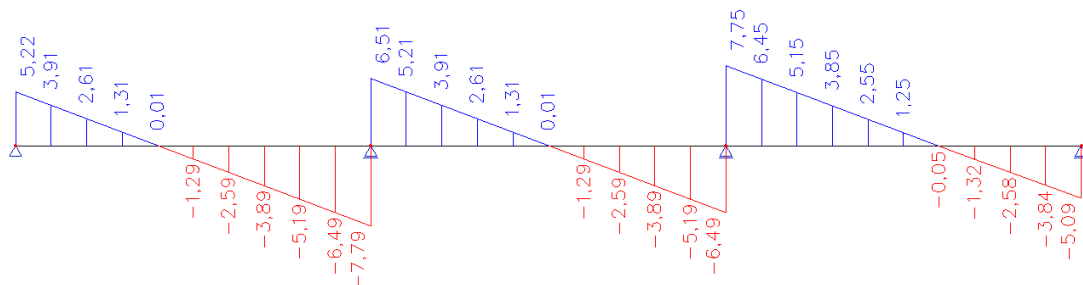
Maximaal optredende moment:

$$M_{Ed} = 1,42 \text{ kNm}$$



Maximaal optredende dwarskracht:

$$V_{Ed} = 7,79 \text{ kN}$$



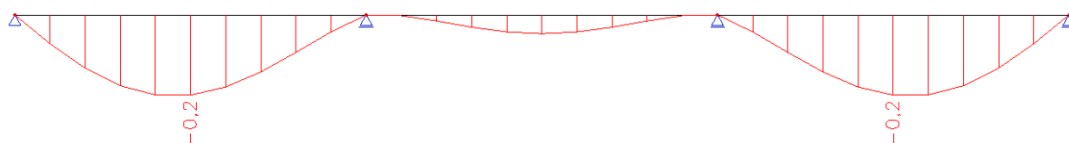
Maximale reactie:

$$R_{Ed} = 14,30 \text{ kN (let op: dit is rekenwaarde!)}$$



Maximale doorbuiging:

$$w_{optr.} = 0,2 \text{ mm}$$



Bepalen drukspanning bij oplegging op tooglat:

Drukspanning loodrecht op de vezel bij oplegging op tooglat ($b = 59 \text{ mm}$)

Rekenwaarde oplegreactie $R_{Ed} = 14,30 \text{ kN}_{UGT}$.

Volgens wijzigingsblad A1 van NEN-EN 1995-1-1 A1 nov. 2011, art. 6.1.5 geldt:

$$\sigma_{c,90,s;d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}}$$

$$F_{c,90,d} = R_{Ed} = 14,30 \text{ kN.}$$

De oplegglengte evenwijdig aan de vezel mag volgens bovenstaand artikel aan beide zijden van de oplegging worden vergroot met max. 30 mm.

$$A_{ef} = 59 \times (80+30+30) = 59 \times 140 \text{ mm}^2.$$

$$\sigma_{c,90,s;d} = \frac{14,30 \times 10^3}{59 \times 140} = 1,73 \text{ N/mm}^2.$$

4.7 Rekenwaarde van de weerstand

De weerstand (dwarskracht en moment) is afhankelijk van de gegevens in de documentatie van de leveranciers, volgens NEN-EN 1990 A1/C2 dec. 2011, art. 6.3.5 (3)
Zie ook tabel E.1 op blz. 8.

Voor deze berekening wordt aangehouden:

Dwarskracht:

$$V_{Rd} = 16,5 \text{ kN}$$

Moment:

$$M_{Rd} = 7,5 \text{ kNm}$$

4.8 Toelaatbare maximum doorbuiging

De toelaatbare doorbuiging is projectspecifiek en vaak vooraf vastgesteld in bestek of ontwerpisen. Zeker bij utiliteitsbouwprojecten is overleg met de hoofdconstructeur aan te bevelen.

Voor dit voorbeeld wordt aangehouden:

$$w_{\max} \leq \frac{1}{400} l_{th} = \frac{1}{400} \times 1100 \\ = 2,75 \text{ mm}.$$

4.9 Toelaatbare spanning loodrecht op de vezel

De toelaatbare spanning is tevens project specifiek omdat het afhangt van het toegepaste profiel en de gegevens van de leverancier.

Uit de genoemde tabel 1 van de NEN-EN 338 volgt klasse: C24, zie blz. 8

Karakteristieke spanning C24 is: $f_{c,90,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$

Maximum toelaatbare spanning, voor dit voorbeeld, moet voldoen aan:

$$\sigma_{c,90;d} \leq k_{c,90} \times f_{c,90;d}$$

$$\text{waarbij druk loodrecht op de vezel } f_{c,90;d} = \frac{f_{c,90,k} \times k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{2,5 \times 0,90}{1,3} = 1,73 \text{ N/mm}^2$$

- k_{mod} is een modificatiefactor, die de invloed van de belastingsduur en het vochtgehalte in rekening brengt. De waarde voor k_{mod} is te vinden in NEN-EN 1995 1-1 A1/C1 nov. 2011, tabel 3.1
- De aanbevolen waarde voor γ_M is 1,3 volgens tabel 2.3 van NEN-EN 1995-1-1 A1/C1, nov. 2011 en volgens NEN-EN 13377.
- $k_{c,90}$ is een factor die rekening houdt met de belastingsconfiguratie, de splijtmogelijkheid en de mate van drukvervorming. Volgens art. 6.1.5 (2) van de NEN-EN 1995 1-1 A1/C1 nov. 2011, behoort de waarde voor $k_{c,90}$ gelijk te zijn aan 1,0. Een hogere waarde kan toegepast worden afhankelijk van de wijze van oplegging en de samenstelling van het profiel, doch met een maximum van 1,75. In dit rekenvoorbeeld wordt 1,5 aangehouden i.v.m. een discreet steunpunt.

Invullen levert dan:

$$f_{c,90;d} \times k_{c,90} = 1,73 \times 1,5 = 2,60 \text{ N/mm}^2$$

Controle:

- Optredende dwarskracht	= 7,79 kN	< 16,5 kN	(akkoord)
- Optredende moment	= 1,42 kNm	< 7,5 kNm	(akkoord)
- Optredende druk loodrecht op de vezel $\sigma_{c;90;s;d}$	= 1,73 N/mm ²	< 2,60 N/mm ²	(akkoord)
- Vervorming w_{opt}	= 0,2 mm	< 2,75 mm	(akkoord)

4.10 Elastische rek bij druk (indrukking hout)

Als handvat voor de mate van indrukking van een houten profiel met een bepaalde houtklasse, kan de volgende globale rekenmethodiek worden aangehouden.

Wet van Hooke: $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$

$\Rightarrow \sigma = f_{c;90;k} \Rightarrow$ volgens EN 338 voor C18: $f_{c;90;k} = 2,2 \frac{N}{mm^2}$

$\Rightarrow \varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$

Uit wet van Hooke volgt: $\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$

$E = E_{90,mean}$ volgens EN 338 is $E_{90,mean} = 300 \text{ N/mm}^2$

$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{2,2}{300} = 0,0073$

$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta h}{0,35h} \Rightarrow \Delta h = \varepsilon \cdot 0,35h$

$\Delta l = \Delta h$

$l = h_e = 0,35h$

Δh is de indrukking van de hout als gevolg van de druk

h = hoogte balk

$\Delta h_{max} = \varepsilon \cdot 0,35h \Rightarrow 0,0073 \cdot (0,35 \cdot 200) = 0,51 \text{ mm} \Rightarrow$ voor houtklasse C18

Toelichting:

Uit bovenstaande is ook de 30 mm spreiding af te leiden bij een minimale balkhoogte van 57 mm.

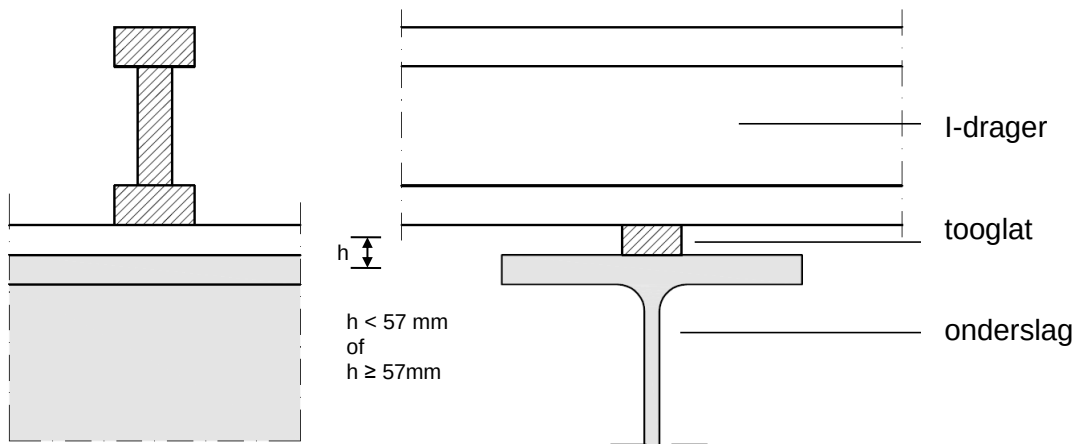
Indrukking van het hout vindt plaats in een gebied direct onder de last. Uit testen is gebleken, dat deze invloed reikt tot 0,35h van de balkhoogte.

De spreiding onder de last is 1:1,5

Spreiding is dan: $0,35 \times 57 \times 1,5 = 30 \text{ mm}$.

Bij een kleinere balkhoogte kan de spreiding zich niet ontwikkelen.

4.11 Vergelijking berekening druk loodrecht op de vezels volgens de Eurocode, wet van Hooke en NEN 6760



Uitgangspunten NEN-EN

$$f_{c;90;d} = \frac{f_{c;90;k} \times k_{mod}}{\gamma_m}$$

$$F_{R;90;d} = f_{c;90;d} \times A_{eff} \times k_{c;90}$$

Drager

1. Berekening volgens NEN-EN 1995-1-1

Hout kwaliteit drager: C24 (via omrekenmethode bepaald)

$$f_{c;90;d} = \frac{2,5 \times 0,90}{1,30} = 1,73 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{eff} = (59 + (2 \times 30)) \times 80 = 9.520 \text{ mm}^2$$

$$k_{c;90} = 1,5 \text{ (Discreet steunpunt; naaldhout; } l_1 \geq 2h; \text{ Artikel 6.1.5 – opm. (4))}$$

$$F_{R;90;d} = f_{c;90;d} \times A_{eff} \times k_{c;90}$$

$$F_{R;90;d} = 1,73 \times 9520 \times 1,5 = 24.704 \text{ N}$$

2. Berekening volgens wet van Hooke (Jorissen)

$$A_{eff} = 59 \times 80 = 4720 \text{ mm}^2$$

$$F_{R;90;k} = \left(1,75 + (0,015 \times a)\right) \times A_{eff} \times f_{c;90;d}$$

Dit is een empirische formule, gebaseerd op testresultaten van de TUE.

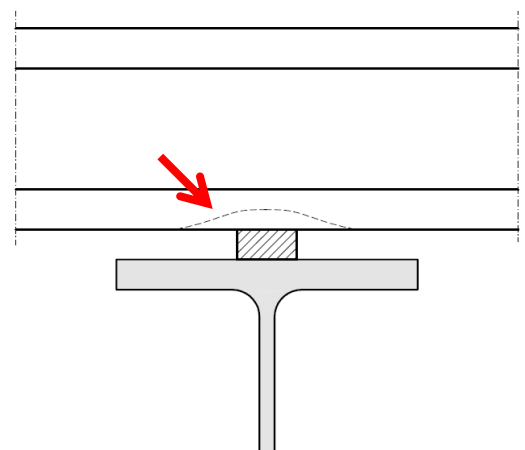
$$f_{c;90;d} = 1,73 \text{ N/mm}^2 \text{ (zie boven onder 1, Berekening volgens NEN-EN 1995-1-1).}$$

$$F_{R;90;k} = \left(1,75 + (0,015 \times 30)\right) \times 4720 \times 1,73 = 17960 \text{ N}$$

3. Berekening volgens NEN6760

$$f_{c;90;k} = 4,40 \text{ N/mm}^2 \text{ (} 2 \times 2,2 \text{ N/mm}^2 \text{)}$$

$$k_{con} = 1,29 \text{ (zie rapportage D10 – 01)}$$



$$\text{opleg lengte} < 150 \text{ mm} \Rightarrow k_{con} = 4 \sqrt{\frac{150}{l}} \leq 1,8 \Rightarrow 4 \sqrt{\frac{150}{59}} = 1,26$$

$$F_{c;90;d} = \frac{1,26 \times 4,4 \times 0,85 \times 1,0}{1,2} \times (59 \times 80) = 18.535 \text{ N}$$

Tooglat (C18, b=59mm)

1. Berekening volgens NEN-EN 1995-1-1

Tooglat < 57mm. Spreiding mag dus niet worden meegerekend.

$$f_{c;90;d} = \frac{2,2 \times 0,90}{1,25} = 1,584 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{eff} = 80 \times 59 = 4.720 \text{ mm}^2$$

$$k_{c;90} = 1,25 \text{ (continue steunpunt; naaldhout; } l_1 \geq 2h; \text{ Artikel 6.1.5 – opm. (4))}$$

$$F_{R;90;d} = f_{c;90;d} \times A_{eff} \times k_{c;90}$$

$$F_{R;90;d} = 1,584 \times 4720 \times 1,25 = 9346 \text{ N}$$

Tooglat ≥ 57 mm. Hier mag wel de spreiding worden meegerekend.

$$f_{c;90;d} = \frac{2,2 \times 0,90}{1,25} = 1,584 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{eff} = (80 + (2 \times 30)) \times 59 = 8.260 \text{ mm}^2$$

$$k_{c;90} = 1,25 \text{ (continue steunpunt; naaldhout; } l_1 \geq 2h; \text{ Artikel 6.1.5 – opm. (4))}$$

$$F_{R;90;d} = f_{c;90;d} \times A_{eff} \times k_{c;90}$$

$$F_{R;90;d} = 1,584 \times 8260 \times 1,25 = 16355 \text{ N}$$

2. Berekening volgens wet van Hooke (Jorissen)

(Alleen toepasbaar bij tooglat ≥ 57 mm)

$$A_{eff} = 59 \times 80 = 4720 \text{ mm}^2$$

$$f_{c;90;d} = 1,584 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{R;90;k} = (1,75 + (0,015 \times a)) \times A_{eff} \times f_{c;90;d}$$

$$F_{R;90;k} = (1,75 + (0,015 \times 30)) \times 4720 \times 1,584 = 16450 \text{ N}$$

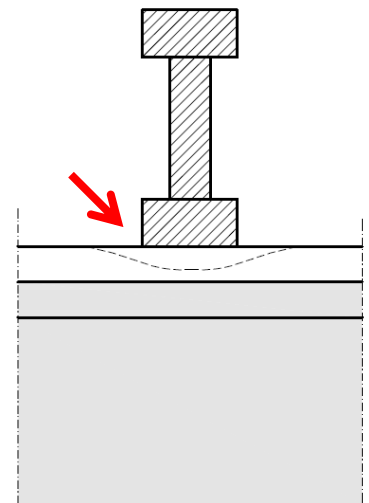
3. Berekening volgens NEN6760

$$f_{c;90;k} = 4,40 \text{ N/mm}^2 \text{ (} 2 \times 2,2 \text{ N/mm}^2 \text{)}$$

$$k_{con} = 1,29 \text{ (zie rapportage D10 – 01)}$$

$$\text{opleg lengte} < 150 \text{ mm} \Rightarrow k_{con} = 4 \sqrt{\frac{150}{l}} \leq 1,8 \Rightarrow 4 \sqrt{\frac{150}{80}} = 1,17$$

$$F_{c;90;d} = \frac{1,17 \times 4,4 \times 0,85 \times 1,0}{1,2} \times (59 \times 80) = 17211 \text{ N}$$



Vergelijking				
	drager	%	tooglat	%
NEN-EN	24704N	100%	16355N	100%
NEN6760	18535N	75%	17211N	105%
Hooke (Jorissen)	17960N	73%	16450N	101%

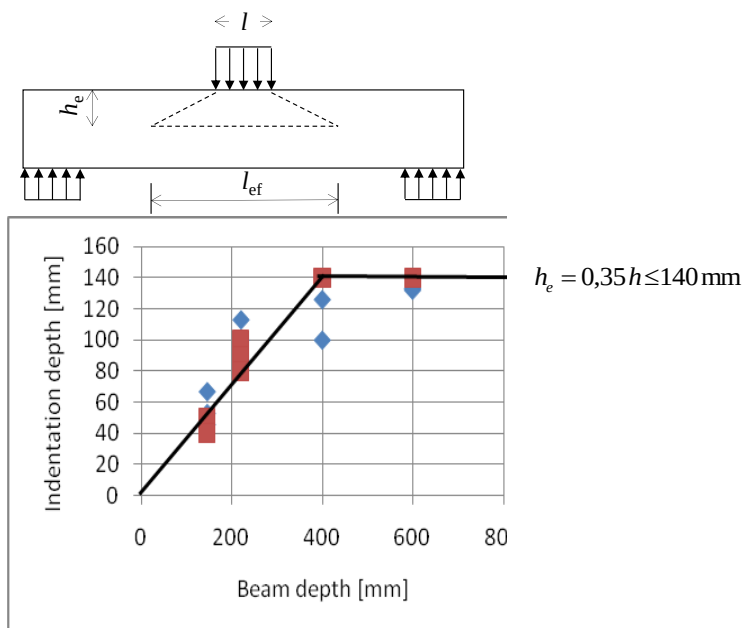
Conclusie:

De waarden verkregen via de NEN-EN 1995-1-1 rekenmethodiek liggen hoger dan de waarden welke voorheen verkregen werden via de NEN6760.

In de NEN-EN1995-1-1 wordt de invloed van de hoogte van een profiel niet in rekening gebracht. Voor rechthoekig gezaagd hout is de hoogtefactor k_h te berekenen volgens NEN-EN 1995-1-1, art. 3.2(2) om de karakteristieke waarden $f_{m,k}$ en $f_{t,0,k}$ te bepalen.

Duidelijk is echter geworden, na diverse gesprekken met dhr. Jorissen, dat de hoogte van een houtafmeting aanzienlijke invloed kan hebben op de capaciteit van een houten profiel. Een houten profiel moet minimaal 57mm hoogte kennen om spreiding van belastingen via de vezels te kunnen laten plaats vinden. Kleiner kan, maar dan mag o.a. geen extra lengte in rekening worden gebracht om de oppervlakte spanning te kunnen berekenen.

Dit is gebaseerd op figuur 1, waarin tot uiting wordt gebracht dat de druk loodrecht niet over de volle hoogte voelbaar is; de indrukking beperkt zich tot 0,35 maal de hoogte. De spreiding bedraagt 1:1,5 zodat $1,5 \cdot 0,35 \cdot 57 = 30$ mm. Hiermee wordt de vraag over 30 mm dik tooghout meteen beantwoord: in principe geldt de formule hier niet – de spreidingsbreedte van 30 mm kan hier niet worden gehaald; echter Eurocode 5 verdisconteert dit hoogte effect niet. Het is op basis van figuur 1 wel mogelijk de formule wat algemener te maken (hoogte effect op te nemen).



5. CONCLUSIES

Na bestudering van de gebruikte rekenmethodiek voor het bepalen van de draagkracht van houten systeemliggers kunnen de navolgende conclusies worden getrokken:

1. Geconstateerd wordt, dat er een diversiteit van systeembruggen in de bouwpraktijk gebruikt wordt. Systeembruggen verschillen onderling van: samenstelling, materialen, homogeniteit en geometrie. Ook per drager kunnen er verschillende houtsoorten of –samenstellingen toegepast zijn. Een eenduidige elasticiteitsmodulus is dus niet te definiëren.
2. Volgens NEN-EN-1995 worden houtconstructies op spanningsniveau getoetst. Voor dragers wordt echter, krachtens NEN-EN-13377, getoetst op capaciteit van de drager. Genoemd wordt “safe working load” (minimaal vereiste waarden worden genoemd), welke uiteindelijk vertaald wordt naar rekenwaarde van de weerstand ($= R_d$).
3. Een vergelijking van rekenresultaten van oplegspanningen tussen de NEN-EN-1995 en NEN6760 levert ordergrootte vergelijkbare waarden op. (Een academische studie is in het vergelijking betrokken, met “gunstiger” waarden.) Dit is ook al geconcludeerd in het eerste deel van dit rapport.
4. Bij de totstandkoming van het rapport zijn wij gestuit op een nog onbeantwoorde vraag, waarbij nadere toelichting van de samenstellers van de Euronorm gewenst is:
 - Zie blz. 8 van dit rapport.
In NEN EN 13377 staat in hoofdstuk 4 het volgende:
“To obtain the required bearing area, the lateral compression strength class C24 with $5,3 \text{ N/mm}^2$ in accordance with EN 338:1995 shall be used”
Niet duidelijk is wat met deze zin bedoeld wordt. Er wordt verwezen naar EN 338 uit 1995. De waarde $5,3 \text{ N/mm}^2$ (van C24) is hierin niet terug te vinden. Verder is het niet duidelijk wat de relatie is tussen “vereiste oppervlakte van de opleggingen” en “druksterkte in langsrichting (lateral)”.
5. Bij art. 6.1.5 uit de NEN EN 1995 staan een aantal voorwaarden genoemd, waarbij er, ten behoeve van het uitrekenen van druk loodrecht op de vezel, met spreiding gerekend mag worden:
 - $a > 30 \text{ mm}$
 - $\frac{1}{2} I_1 > 30 \text{ mm}$
 - $I > 30 \text{ mm}$

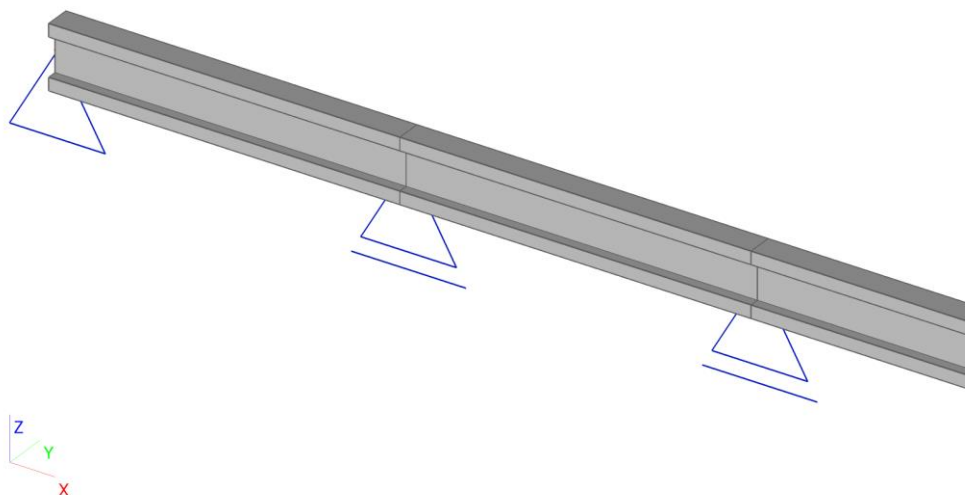
Deze laatste voorwaarde betekent, dat als de last wordt ingeleid door een object met dikte $< 30 \text{ mm}$ er niet met spreiding gerekend mag worden. In de praktijk worden er nog wel eens ondersteunende schenkelkisten toegepast, met een dikte van 18 mm . In dit geval wordt er dus geen spreiding toegepast.

BIJLAGE 1: REKENMODEL SYSTEEMDRAGER VLGS. HFD.ST. 4

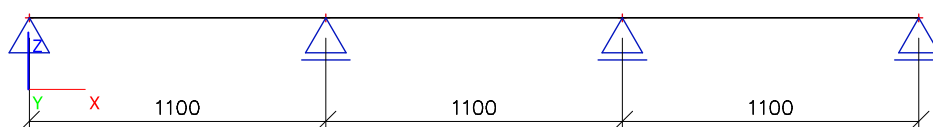
1. Inhoudsopgave

1. Inhoudsopgave
2. Rekenmodel
3. Maatvoering
4. Gegevens
 - 4.1 Doorsneden
 - 4.2 Belastinggevallen
 - 4.2.1 Belastinggevallen – BG 1
 - 4.2.2 Belastinggevallen – BG 2
 - 4.2.3 Belastinggevallen – BG 3
 - 4.2.4 Belastinggevallen – BG 4
 - 4.3 Combinaties
 - 4.4 Lijnlasten op staven
5. Interne krachten
 - 5.1 UGT 1 links
 - 5.1.1 V_z UGT
 - 5.1.2 M_y UGT
 - 5.2 UGT 1 midden
 - 5.2.1 V_z UGT
 - 5.2.2 M_y UGT
 - 5.3 UGT 2 links
 - 5.3.1 V_z UGT
 - 5.3.2 M_y UGT
 - 5.4 UGT 2 midden
 - 5.4.1 V_z UGT
 - 5.4.2 M_y UGT
6. Vervormingen
 - 6.1 Vervormingen BGT links
 - 6.2 Vervormingen BGT midden
7. Reacties
 - 7.1 Reacties UGT links
 - 7.2 Reacties UGT midden

2. Rekenmodel



3. Maatvoering



4. Gegevens

Aandachtspunt: bij alle rekensoftwareprogramma's is voor houtklasse C24 de elasticiteitsmodulus $E = 11000 \text{ N/mm}^2$. Dit geeft een lagere waarde voor de doorbuiging. De waarden van eigenschappen moeten volgens NEN338-Tabel 1 aangehouden worden.

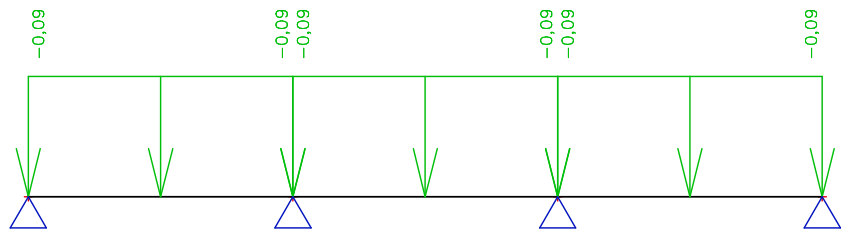
4.1. Doorsneden

>	Naam	CS3 - H profiel	
	Uitgebreid	200; 80; 80; 40; 40; 20	
	Type	I ng	
	Material	Samengesteld profiel - kinderbint	
I _y [mm ⁴]			4,4693e+07
I _z [mm ⁴]			3,4933e+06
W _{ely} [mm ³]			4,4693e+05
W _{elz} [mm ³]			8,7333e+04
>	Afbeelding		

4.2 Belastinggevallen

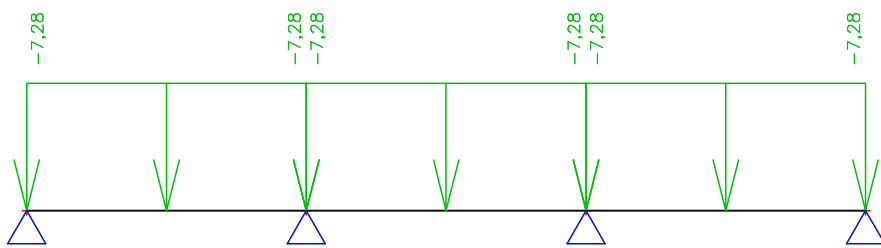
4.2.1 Belastinggevallen – BG 1

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype
BG1	EG plaat + kinderbint	Permanent	LG1	Standaard



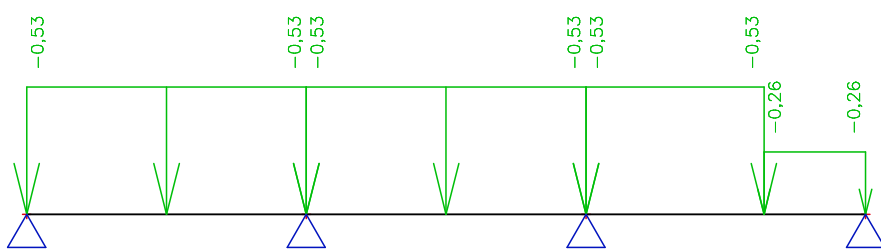
4.2.2 Belastinggevallen – BG 2

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype
BG2	EG betondek	Permanent	LG1	Standaard



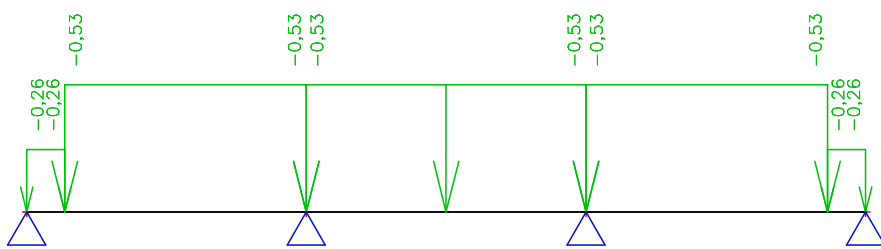
4.2.3 Belastinggevallen – BG 3

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Duur
BG3	VB links	Variabel	LG2	Statisch	Kort



4.2.4 Belastinggevallen – BG 4

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Duur
BG4	VB midden	Variabel	LG2	Statisch	Kort



4.3 Combinaties

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
BGT links.1	Lineair - BGT	BG2 - EG betondek	1,00
		BG1 - EG plaat + kinderbint	1,00
		BG3 - VB links	1,00
UGT 1 links form. 6.10a.1	Lineair - UGT	BG1 - EG plaat + kinderbint	1,35
		BG3 - VB links	1,50
BGT midden.1	Lineair - BGT	BG2 - EG betondek	1,00
		BG1 - EG plaat + kinderbint	1,00
		BG4 - VB midden	1,00
UGT 1 midden form. 6.10a.1	Lineair - UGT	BG1 - EG plaat + kinderbint	1,35
		BG4 - VB midden	1,50
UGT 2 links form. 6.10b.1	Lineair - UGT	BG2 - EG betondek	1,50
		BG1 - EG plaat + kinderbint	1,20
		BG3 - VB links	1,50
UGT 2 midden form. 6.10b.1	Lineair - UGT	BG2 - EG betondek	1,50
		BG1 - EG plaat + kinderbint	1,20
		BG4 - VB midden	1,50

4.4 Lijnlasten op staven

Naam	Staat	Type	Rich	P1 [kN/m]	x1	Coör	Oors
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling		x2	Loc	
Lijnlast1	S1	Kracht	Z	-7,28	0,000	Rela	Vanaf begin
	BG2 - EG betondek	LCS	Gelijkmatig		1,000	Lengte	
Lijnlast2	S2	Kracht	Z	-7,28	0,000	Rela	Vanaf begin
	BG2 - EG betondek	LCS	Gelijkmatig		1,000	Lengte	
Lijnlast3	S3	Kracht	Z	-7,28	0,000	Rela	Vanaf begin
	BG2 - EG betondek	LCS	Gelijkmatig		1,000	Lengte	
Lijnlast4	S1	Kracht	Z	-0,09	0,000	Rela	Vanaf begin
	BG1 - EG plaat + kinderbint	LCS	Gelijkmatig		1,000	Lengte	
Lijnlast5	S2	Kracht	Z	-0,09	0,000	Rela	Vanaf begin
	BG1 - EG plaat + kinderbint	LCS	Gelijkmatig		1,000	Lengte	
Lijnlast6	S3	Kracht	Z	-0,09	0,000	Rela	Vanaf begin
	BG1 - EG plaat + kinderbint	LCS	Gelijkmatig		1,000	Lengte	
Lijnlast7	S1	Kracht	Z	-0,53	0,000	Rela	Vanaf begin
	BG3 - VB links	LCS	Gelijkmatig		1,000	Lengte	
Lijnlast8	S3	Kracht	Z	-0,26	700,000	Abso	Vanaf begin
	BG3 - VB links	LCS	Gelijkmatig		1100,000	Lengte	
Lijnlast9	S2	Kracht	Z	-0,53	0,000	Rela	Vanaf begin
	BG3 - VB links	LCS	Gelijkmatig		1,000	Lengte	
Lijnlast10	S1	Kracht	Z	-0,26	0,000	Abso	Vanaf begin
	BG4 - VB midden	LCS	Gelijkmatig		150,000	Lengte	
Lijnlast11	S2	Kracht	Z	-0,53	0,000	Rela	Vanaf begin
	BG4 - VB midden	LCS	Gelijkmatig		1,000	Lengte	
Lijnlast12	S3	Kracht	Z	-0,26	950,000	Abso	Vanaf begin
	BG4 - VB midden	LCS	Gelijkmatig		1100,000	Lengte	
Lijnlast13	S1	Kracht	Z	-0,53	150,000	Abso	Vanaf begin
	BG4 - VB midden	LCS	Gelijkmatig		1100,000	Lengte	
Lijnlast14	S3	Kracht	Z	-0,53	0,000	Abso	Vanaf begin
	BG4 - VB midden	LCS	Gelijkmatig		950,000	Lengte	
Lijnlast15	S3	Kracht	Z	-0,53	0,000	Abso	Vanaf begin
	BG3 - VB links	LCS	Gelijkmatig		700,000	Lengte	

5. Interne krachten

6. 5.1 UGT 1 links

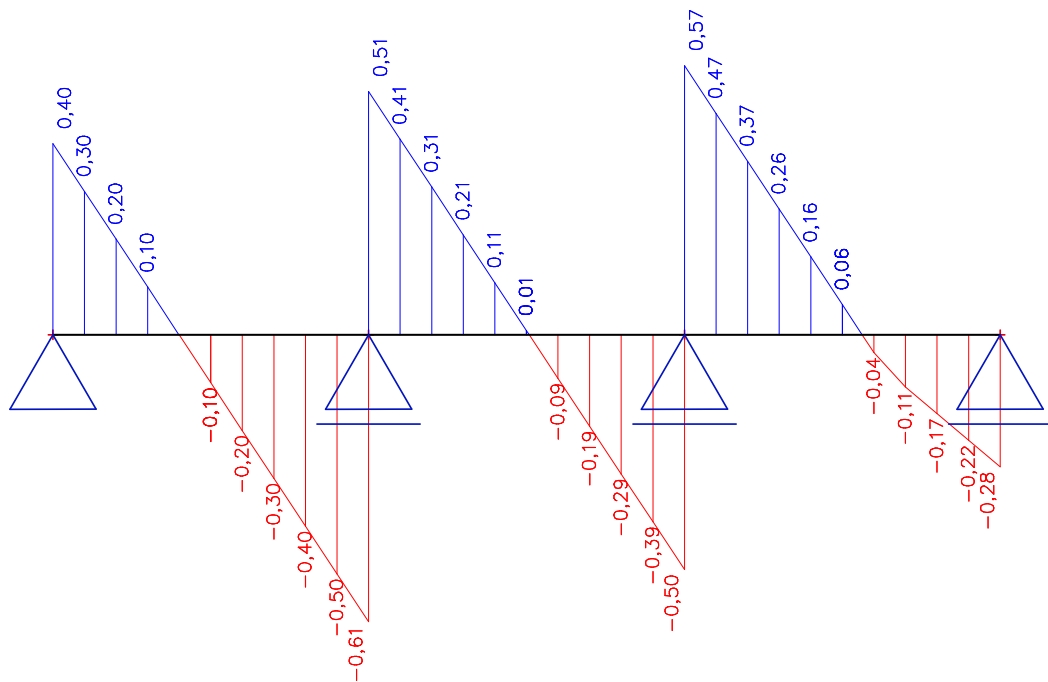
Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS

Selectie : Alle

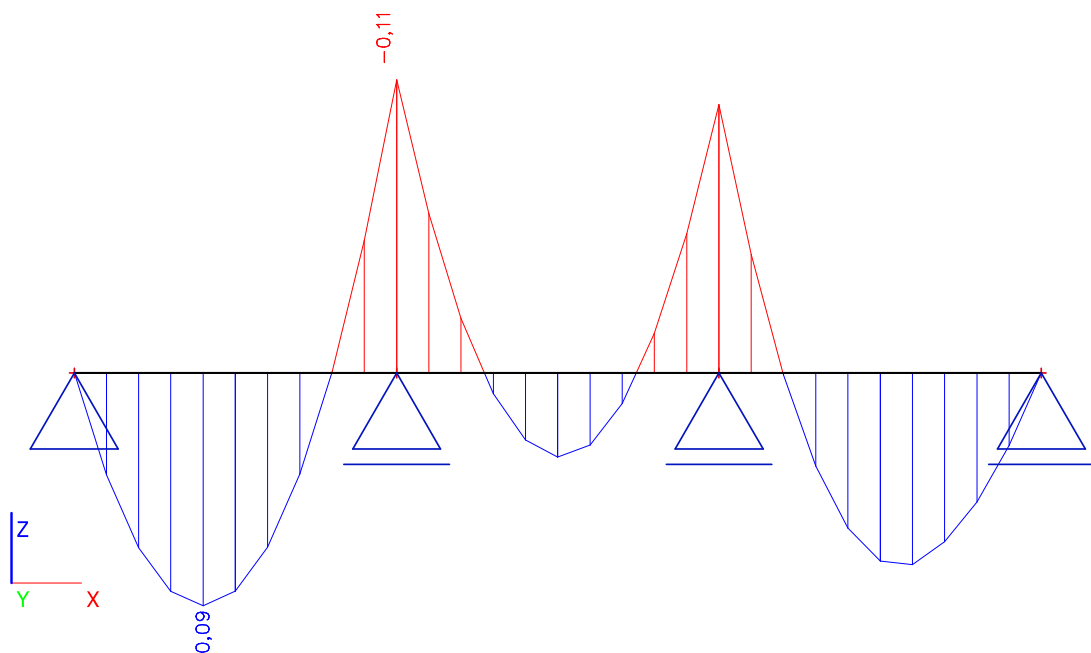
Combinaties : UGT 1 links form. 6.10a

Staaf	BG	dx [mm]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	UGT 1 links form. 6.10a/1	0,000	0,00	0,40	0,00
S1	UGT 1 links form. 6.10a/1	1100,000	0,00	-0,61	-0,11
S3	UGT 1 links form. 6.10a/1	0,000	0,00	0,57	-0,10
S1	UGT 1 links form. 6.10a/1	440,000	0,00	0,00	0,09

5.1.1 V_z UGT



5.1.2 M_y UGT



5.2 UGT 1 midden

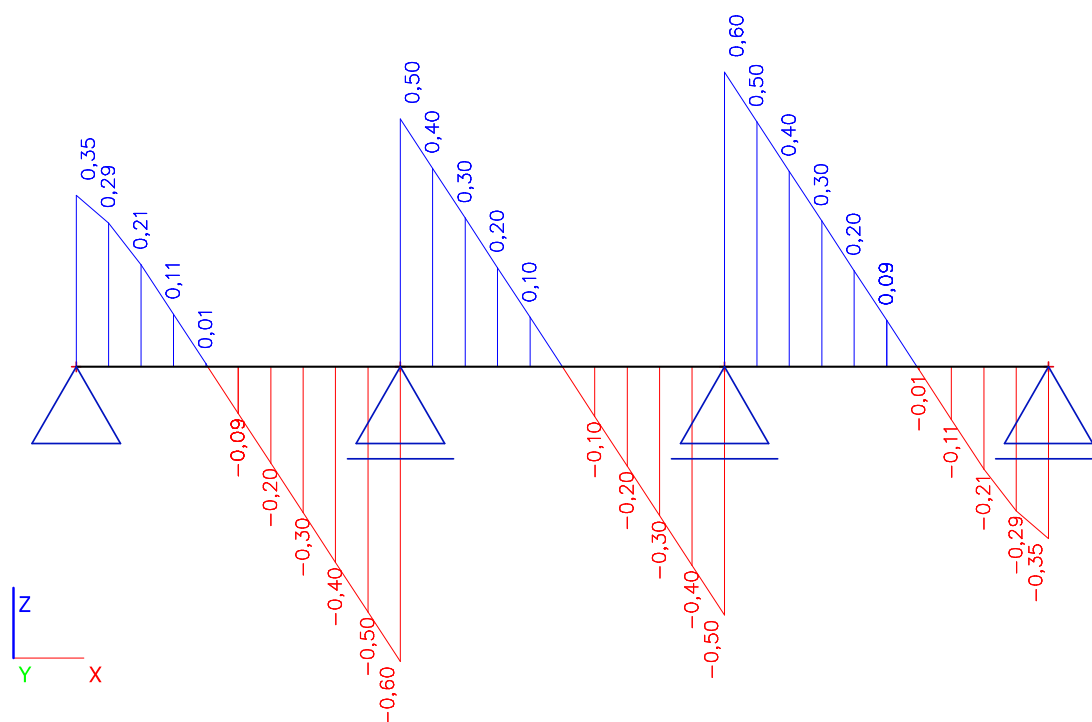
Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS

Selectie : Alle

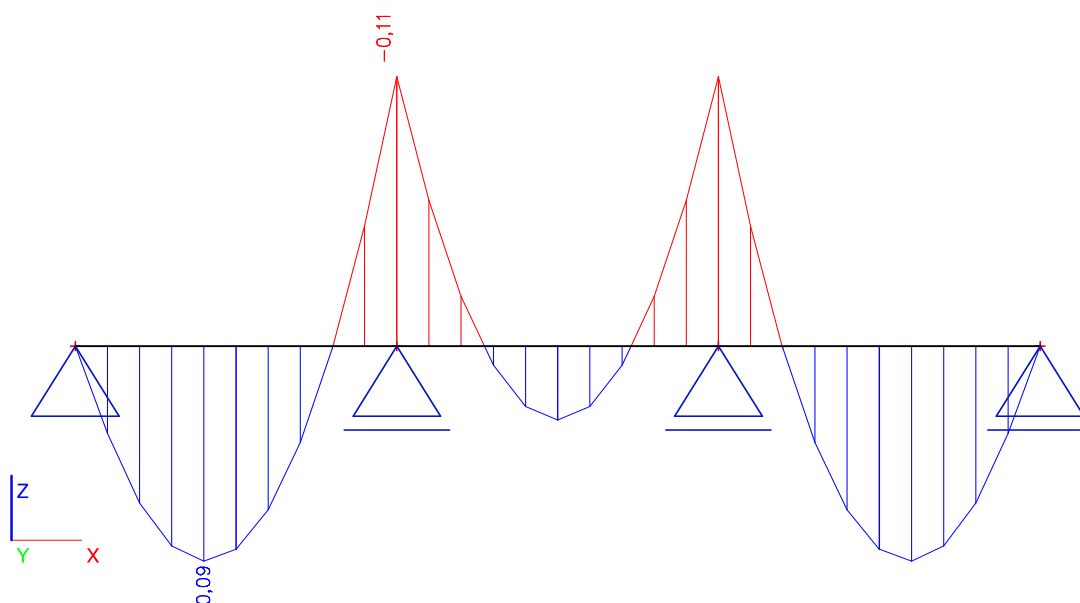
Combinaties : UGT 1 midden form. 6.10a

Staaf	BG	dx [mm]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	UGT 1 midden form. 6.10a/2	0,000	0,00	0,35	0,00
S1	UGT 1 midden form. 6.10a/2	1100,000	0,00	-0,60	-0,11
S3	UGT 1 midden form. 6.10a/2	0,000	0,00	0,60	-0,11
S1	UGT 1 midden form. 6.10a/2	440,000	0,00	0,01	0,09

5.2.1 Vz UGT



5.2.2 MY UGT



5.3 UGT 2 links

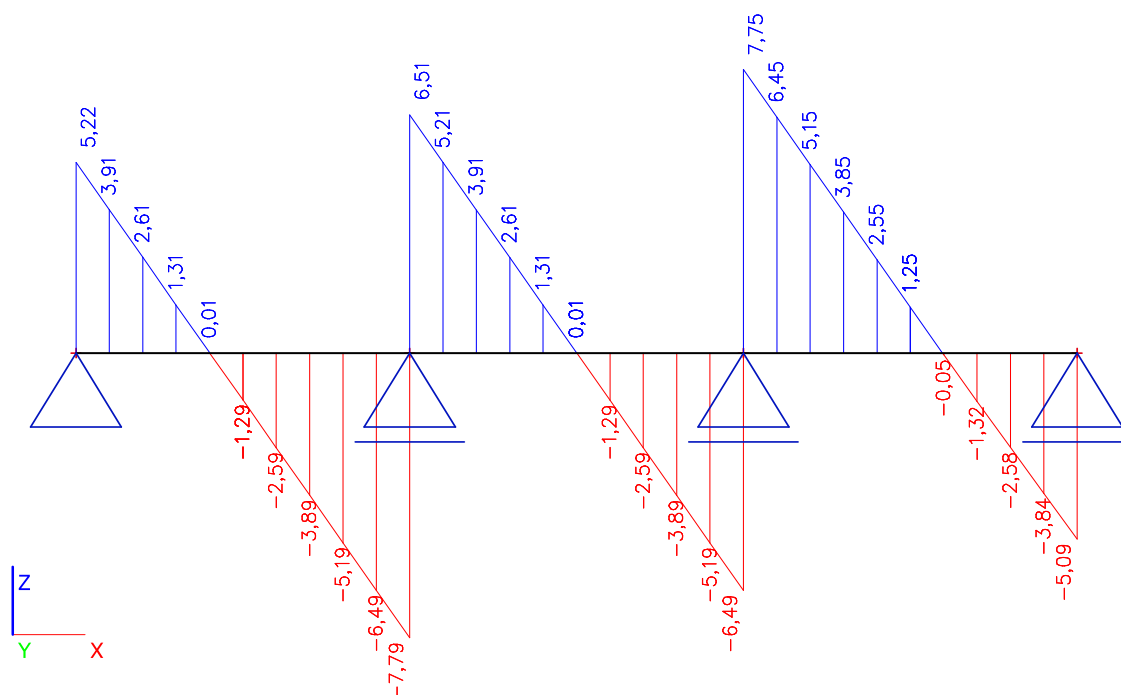
Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS

Selectie : Alle

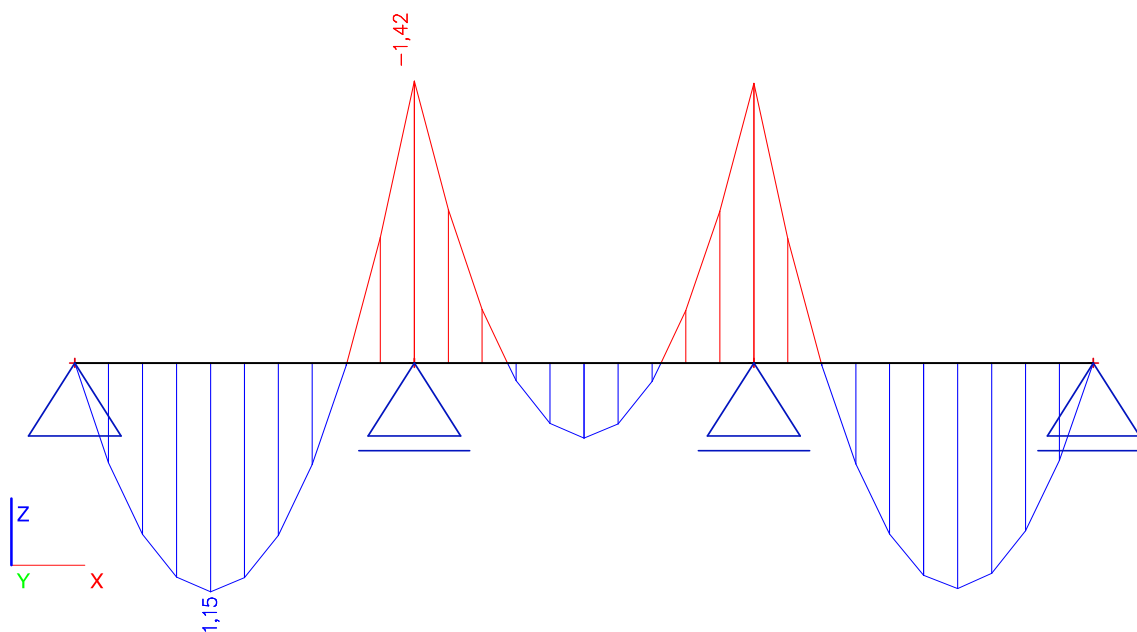
Combinaties : UGT 2 links form. 6.10b

Staaf	BG	dx [mm]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	UGT 2 links form. 6.10b/3	0,000	0,00	5,22	0,00
S1	UGT 2 links form. 6.10b/3	1100,000	0,00	-7,79	-1,42
S3	UGT 2 links form. 6.10b/3	0,000	0,00	7,75	-1,41
S1	UGT 2 links form. 6.10b/3	440,000	0,00	0,01	1,15

5.3.1 VZ UGT



5.3.2 MY UGT



5.4 UGT 2 midden

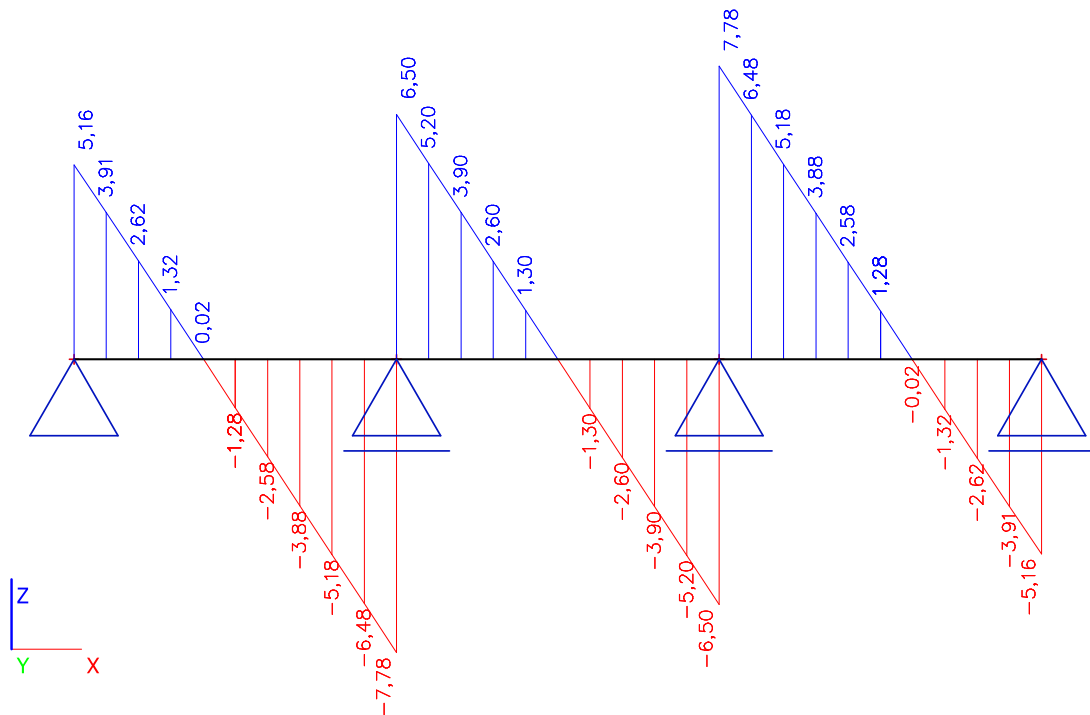
Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS

Selectie : Alle

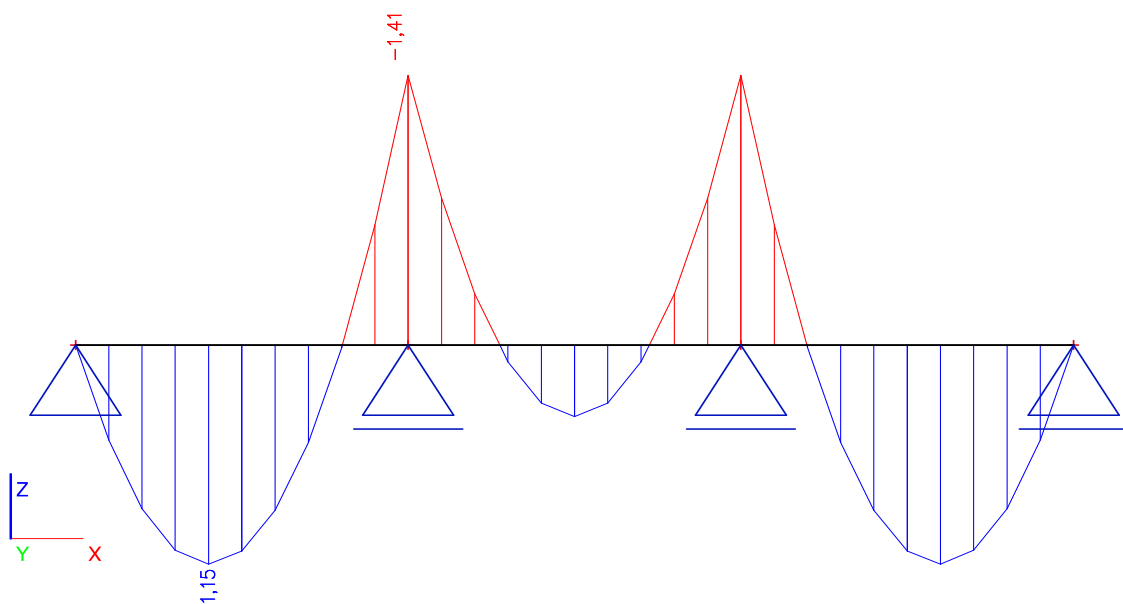
Combinaties : UGT 2 midden form. 6.10b

Staaf	BG	dx [mm]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	UGT 2 midden form. 6.10b/4	0,000	0,00	5,16	0,00
S1	UGT 2 midden form. 6.10b/4	1100,000	0,00	-7,78	-1,41
S3	UGT 2 midden form. 6.10b/4	0,000	0,00	7,78	-1,41
S1	UGT 2 midden form. 6.10b/4	440,000	0,00	0,02	1,15

5.4.1 VZ UGT



5.4.2 MY UGT



6. Vervormingen

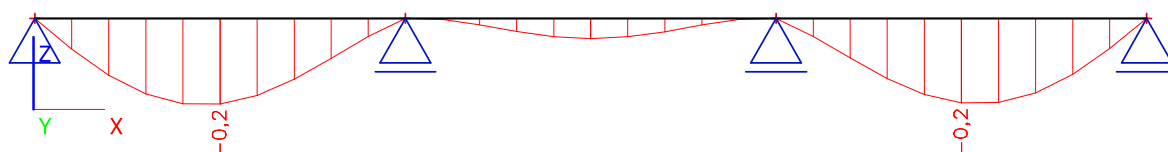
6.1 Vervormingen BGT links

Lineaire berekening, Extreem : Globaal

Selectie : Alle

Combinaties : BGT links

Staaf	BG	dx [mm]	ux [mm]	uz [mm]	fiy [mrad]
S1	BGT links/5	0,000	0,0	0,0	0,6
S1	BGT links/5	549,990	0,0	-0,2	-0,1
S3	BGT links/5	1100,000	0,0	0,0	-0,6



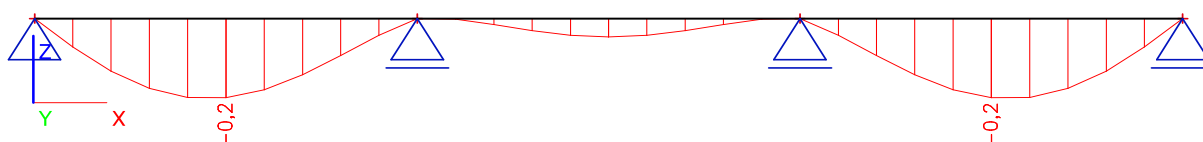
6.2 Vervormingen BGT midden

Lineaire berekening, Extreem : Globaal

Selectie : Alle

Combinaties : BGT midden

Staaf	BG	dx [mm]	ux [mm]	uz [mm]	fiy [mrad]
S1	BGT midden/6	0,000	0,0	0,0	0,6
S1	BGT midden/6	549,990	0,0	-0,2	-0,1
S3	BGT midden/6	1100,000	0,0	0,0	-0,6



7. Reacties

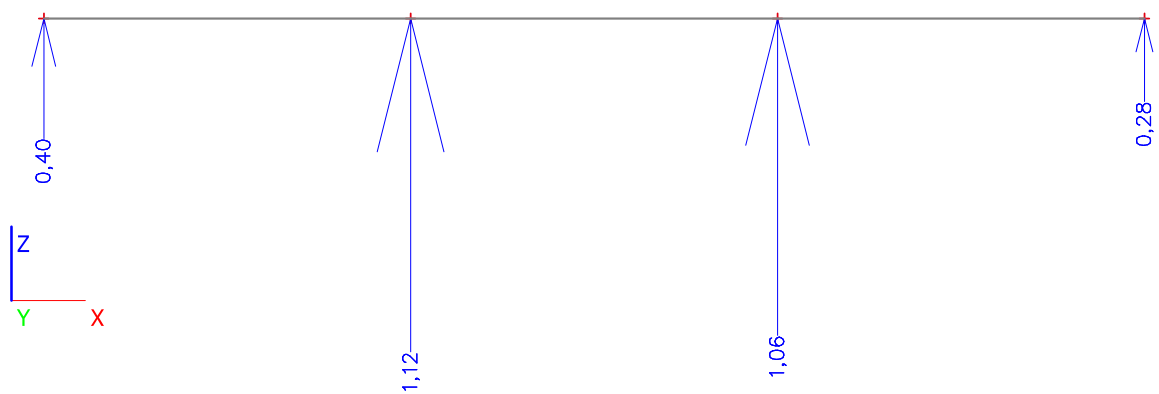
7.1 Reacties UGT links

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Combinaties : BGT links

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BGT links/5	0,00	3,48	0,00
Sn2/K2	BGT links/5	0,00	9,56	0,00
Sn3/K3	BGT links/5	0,00	9,52	0,00
Sn4/K4	BGT links/5	0,00	3,40	0,00



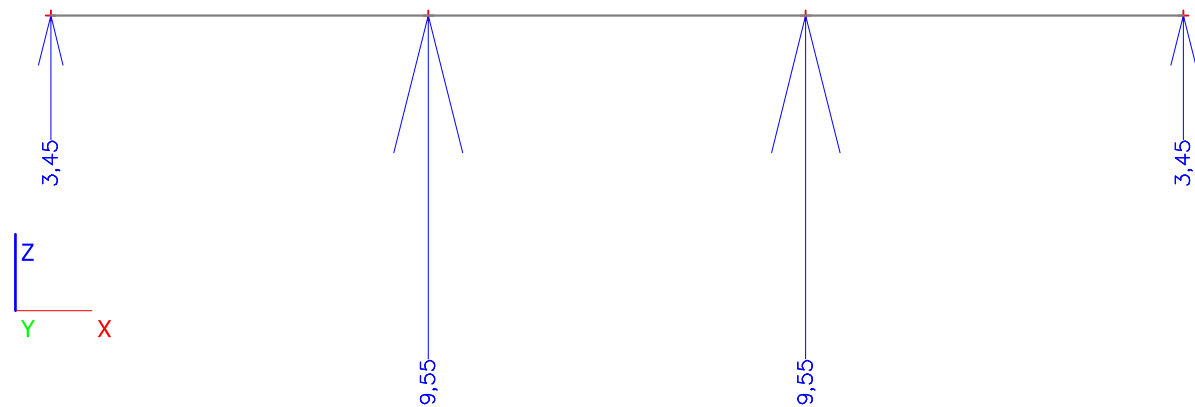
7.2 Reacties UGT midden

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Combinaties : BGT midden

Steunpunt	BG	R _x [kN]	R _z [kN]	M _y [kNm]
Sn1/K1	BGT midden/6	0,00	3,45	0,00
Sn2/K2	BGT midden/6	0,00	9,55	0,00
Sn3/K3	BGT midden/6	0,00	9,55	0,00
Sn4/K4	BGT midden/6	0,00	3,45	0,00



BIJLAGE 2: PRODUCTINFORMATIE HOUTEN SYSTEEMDRAGERS

1. Doka bekistingdragers

Product description

Doka formwork beams

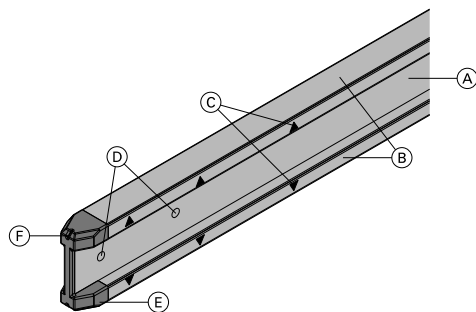
Doka formwork beams are solid-webbed beams made of wood or wood-based material to EN 13377 and in accordance with the approvals issued by the German Institute for Construction Engineering, Berlin (Z-9.1-***), exclusively for use in wall and floor formwork.

Other features include:

- Beam-flange markings in a 50 cm grid for the Dokaflex and Dokaflex 30 tec systems
- Option of adding "customer name" to wording (indicated by the suffix "BS" in the article designation.).
- Wood for flanges is graded by automatic grading machines for maximised dependability

Meanings of the code letters used in the article designation

Code letter	
P	Web made of special flat-pressed sheet
N	Web made of three-ply
top	Innovative polyurethane end reinforcement for highly effective protection of the formwork beam
eco	Tried-and-tested end reinforcement in the form of bevelled ends with plastic rivet in the beam flange



A	Web (yellow)
B	Flange (yellow)
C	Beam-flange markings for the Dokaflex system
D	System holes
E	End reinforcement (blue plastic cap for Doka beam H20 top, rivet for Doka beam H20 eco)
F	Notch for chalking line



The innovative end reinforcement of the Doka beam H20 top significantly reduces damage to the beam ends.

Types of beam

H16 N	H16 P	H20 N	H20 P
Approval Number			
Z-9.1-222	Z-9.1-391	Z-9.1-21	Z-9.1-391
or EN 13377			
Doka beams with no EN mark (i.e. those produced on or before 3rd Nov. 2008) are covered by the above-mentioned DIB (German Institute of Building Technology) Approval. Doka beams with an EN mark (i.e. those produced from 4th Nov. 2008 onward) are covered by EN 13377.			

Overall height tolerance ± 1.0 mm, assuming 12% timber moisture content.

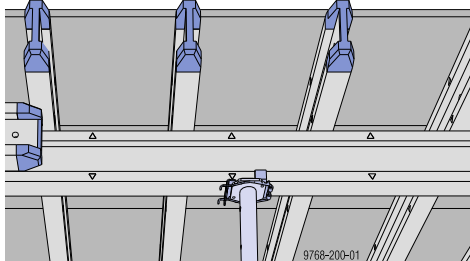
H24 N	H30	H36
Approval Number		
Z-9.1-317	Z-9.1-21	Z-9.1-21

Overall height tolerance ± 1.0 mm, assuming 12% timber moisture content.

Instructions for assembly and use

Doka beams and Doka formwork beams can be used only as formwork beams for floor and wall formwork and only when subjected to the loads occurring in situations of direct support for floor or wall formwork in structural concreting, but not for higher individual loads (e.g. safety beams).

Practical example



In order to maximise durability, it is important to handle the components with due care; this applies particularly when stripping out floor-slab formwork.

You will also find information on correct usage in the in user information for the individual products, for example:

- Large-area formwork Top 50
- Dokaflex
- Doka Xtra



To prevent any staining of the concrete from direct contact with new formwork beams, we recommend covering the formwork beams with a non-woven fabric.

Permissible values from EN 13377, Schedule E

	H20 N and P	H16 P	H16 N	H24	H30*	H36*
perm. Q [kN]	11.0	8.5	7.5	12.5	15.0	17.0
perm. M [kNm]	5.0	2.7	2.7	6.5	13.5	17.0
E · J [kNm ²]	450	250	250	700	1250	1850
perm. span [m]	4.00	3.20	3.20	4.80	6.00	6.00

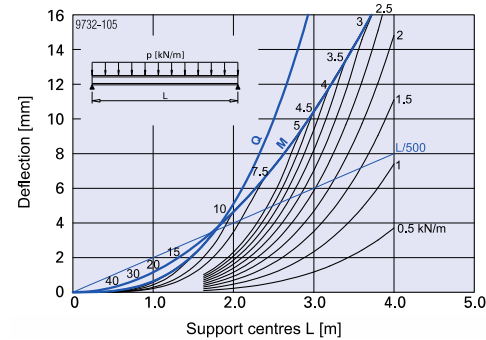
These values allow for a $\gamma_F = 1.5$, a k_{mod} of 0.9 and a $\gamma_M = 1.3$.

Based on a residual moisture content of 20 % or less. The values must be adjusted accordingly if conditions of use differ.

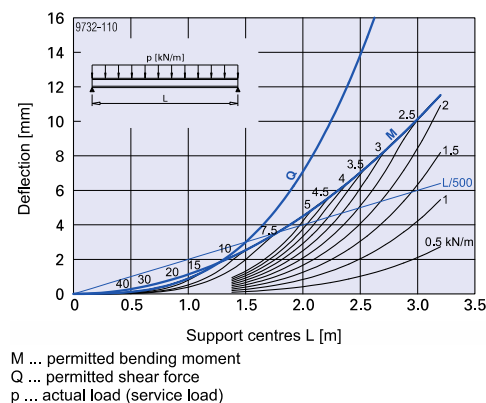
*According to approval issued by the Institute for Construction Engineering, Berlin

Deflection diagrams

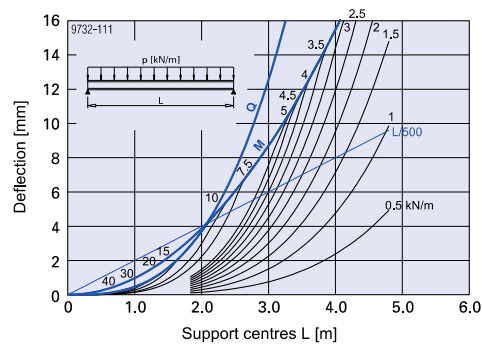
Doka formwork beams H20 N and P



Doka formwork beams H16 N and P

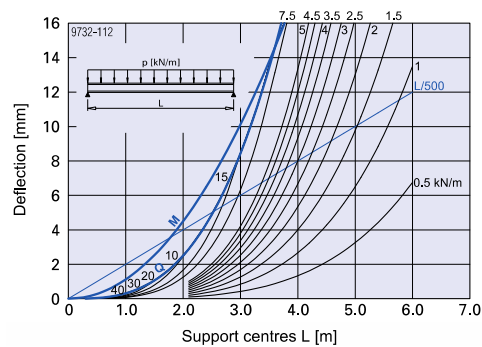


Doka formwork beams H24



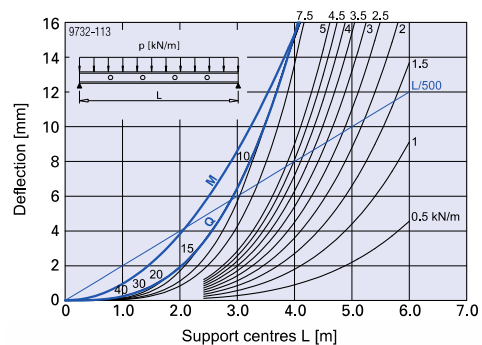
M ... permitted bending moment
Q ... permitted shear force
p ... actual load (service load)

Doka formwork beams H30



M ... permitted bending moment
Q ... permitted shear force
p ... actual load (service load)

Doka formwork beams H36



M ... permitted bending moment
Q ... permitted shear force
p ... actual load (service load)

Possible incorrect usages



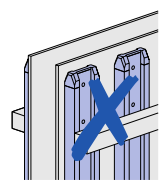
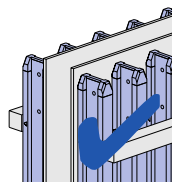
WARNING

➤ Always position Doka formwork beams "upright".

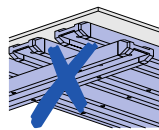
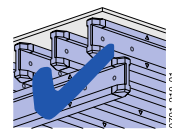
Correct "upright" positioning
(load direction is parallel to web plane).

Incorrect positioning "turned on side"
(load direction at right angles to web plane).

Wall formwork



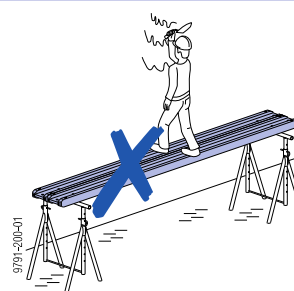
Floor formwork



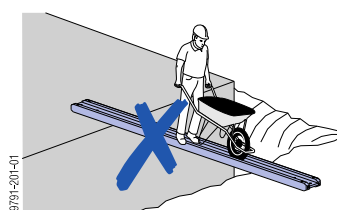
WARNING

➤ The uses illustrated below are prohibited, as are other, similar uses!

Do not use as scaffold flooring.



Do not use as traffic-route flooring.



BIJLAGE 3: HOUTEN SYSTEEMDRAGERS: EUROCODE

Eurocodes bij Doka

In Europa wordt eind 2007 een geharmoniseerde groep normen voor het bouwwezen ingevoerd, de zogenaamde **Eurocodes** (EC). Deze vormen een in heel Europa geldende basis voor productspecificaties, aanbestedingen en rekenkundige controlemethoden.

De EC zijn wereldwijd de best ontwikkelde normen voor het bouwwezen.

De EC worden vanaf eind 2008 standaard in de Doka-groep toegepast en vervangen dan de DIN normen als Doka-standaard voor de productontwikkeling.

Het wijdverspreide " σ_{toel} -concept" (vergelijking van de aanwezige met de toelaatbare spanningen) wordt in de EC door een nieuw veiligheidsconcept vervangen.

De EC plaatsen de invloeden (belastingen) tegenover de weerstand (draagvermogen). De tot nu toe gebruikte veiligheidsfactor in de toelaatbare spanningen wordt nu in meerdere partiële veiligheidscoëfficiënten onderverdeeld.

Het veiligheidsniveau blijft gelijk!

$$E_d \leq R_d$$

E_d **rekenwaarde van het effect van de belasting**
(E ... effect; d ... design)
interne krachten van de invloed F_d
(V_{Ed} , N_{Ed} , M_{Ed})

F_d **rekenwaarde van de belasting**

$$F_d = \gamma_F \cdot F_k$$

(F ... force)

F_k **karacteristieke waarde van de belasting**
"daadwerkelijke belasting"

(k ... characteristic)

bijv. eigen gewicht, effectieve belasting, betondruk, wind

γ_F **partiële veiligheidscoëfficiënt voor de belasting**

(m.b.t. de belasting; F ... force)

bijv. voor eigen gewicht, effectieve belasting, betondruk, wind
waarden uit EN 12812

R_d **rekenwaarde van de weerstand**
(R ... resistance; d ... design)
draagvermogen van de dwarsdoorsnede
(V_{Rd} , N_{Rd} , M_{Rd})

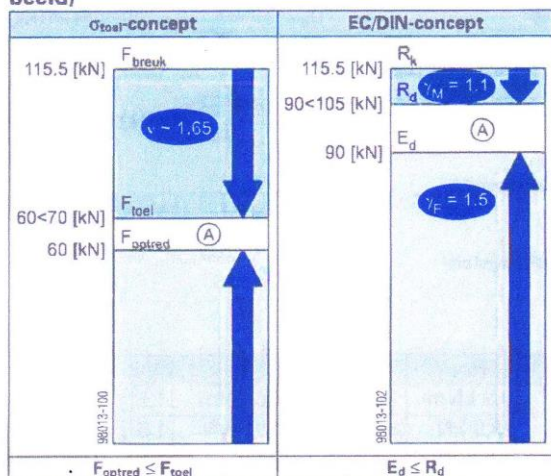
$$\text{staal: } R_d = \frac{R_k}{\gamma_M} \quad \text{hout: } R_d = k_{mod} \cdot \frac{R_k}{\gamma_M}$$

R_k **karacteristieke waarde van een weerstand**
bv. weerstandsmoment

γ_M **partiële veiligheidscoëfficiënt voor een bouwdeeleigenschap**
(m.b.t. het materiaal; M...materiaal)
bijv. voor staal of hout
waarden uit EN 12812

k_{mod} **modificatiefactor** (alleen bij hout – houdt rekening met de vochtigheidsgraad en de duur van de belasting)
bijv. voor Doka-drager H20
waarden vlg. EN 1995-1-1 en EN 13377

Vergelijking van de veiligheidsconcepten (Voorbeeld)



A Benuttingsgraad



De in de Doka-documenten vermelde "toelaatbare waarden" (bijv.: $\sigma_{toel} = 70$ kN) komen niet overeen met de rekenwaarden (bijv.: $V_{Rd} = 105$ kN)!

► Voorkom ten allen tijde verwisseling!

► In onze documenten worden nog altijd de toelaatbare waarden aangegeven.

Volgende partiële veiligheidscoëfficiënten werden toegepast:

$$\gamma_F = 1,5$$

$$\gamma_M, \text{ hout} = 1,3$$

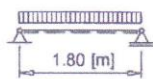
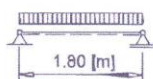
$$\gamma_M, \text{ staal} = 1,1$$

$$k_{mod} = 0,9$$

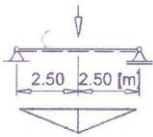
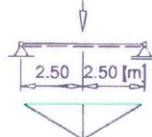
Hiermee kunnen alle ontwerpwaarden voor een EC-berekening uit de toelaatbare waarden worden berekend.

Voorbeelden

Doka-drager H20

$\sigma_{\text{toel}}\text{-concept}$	EC
$Q_{\text{optred}} = 11,5 \text{ [kN/m]}$ 	$Q_d = q_k \cdot \gamma_F = 11,5 \cdot 1,5 = 17,25 \text{ [kN/m]}$ 
Controle van het buigmoment $Q_{\text{optred}} = 11,5 \text{ [kN/m]}$ $M_{\text{optred}} = \frac{11,5 \cdot 1,80^2}{8} = 4,7 \text{ [kNm]}$ $M_{\text{toel}} = 5,0 \text{ [kNm]}$	Controle van het buigmoment $q_k = 11,5 \text{ [kN/m]}$ $M_{Rk} = 10,9 \text{ [kNm]}$ $\gamma_F = 1,5$ $k_{\text{mod}} = 0,9$ $\gamma_M = 1,3$ $q_d = q_k \cdot \gamma_F = 11,5 \cdot 1,5 = 17,25 \text{ [kN/m]}$ $M_{Rd} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{M_{Rk}}{\gamma_M}$ $M_{Ed} = \frac{17,25 \cdot 1,80^2}{8} = 7,0 \text{ [kNm]}$ $M_{Rd} = 0,9 \cdot \frac{10,9}{1,3} = 7,5 \text{ [kNm]}$
Controlevergelijk: $M_{\text{optred}} \leq M_{\text{toel}}$ $4,7 \text{ [kNm]} < 5,0 \text{ [kNm]}$	Controlevergelijk: $M_{Ed} \leq M_{Rd}$ $7,0 \text{ [kNm]} < 7,5 \text{ [kNm]}$
Benuttingsgraad: 94 %	Benuttingsgraad: 94 %

Drager HE-A 240 voor buigkrachten

$\sigma_{\text{toel}}\text{-concept}$	EC
$F_{\text{optred}} = 70,0 \text{ [kN]}$ 	$F_d = \gamma_F \cdot F_k = 105 \text{ [kN]}$ 
Controle van het buigmoment $F_{\text{optred}} = 70,0 \text{ [kN]}$ $\sigma_{\text{toel}} = 14,5 \text{ [kN/cm}^2\text{]}$ $M_{\text{optred}} = \frac{70,0 \cdot 5,0}{4} = 87,5 \text{ [kNm]}$ $W_{el} = 675 \text{ [cm}^3\text{]}$ $M_{\text{toel}} = \frac{675 \cdot 14,5}{100} = 97,9 \text{ [kNm]}$	Controle van het buigmoment $F_k = 70,0 \text{ [kN]}$ $f_y = 235 \text{ [N/mm}^2\text{]} = 23,5 \text{ [kN/cm}^2\text{]}$ $\gamma_F = 1,5$ $f_{y,d} = \frac{f_y}{\gamma_M} = \frac{23,5}{1,1} = 21,4 \text{ [kN/cm}^2\text{]}$ $F_d = 1,5 \cdot 70,0 = 105 \text{ [kN]}$ $W_{el} = 675 \text{ [cm}^3\text{]}$ $M_{Ed} = \frac{105 \cdot 5,0}{4} = 131,3 \text{ [kNm]}$ $M_{Rd} = \frac{675 \cdot 21,4}{100} = 144,5 \text{ [kNm]}$
Controlevergelijk: $M_{\text{optred}} \leq M_{\text{toel}}$ $87,5 \text{ [kNm]} < 97,9 \text{ [kNm]}$	Controlevergelijk: $M_{Ed} \leq M_{Rd}$ $131,3 \text{ [kNm]} < 144,5 \text{ [kNm]}$
Benuttingsgraad: 90 %	Benuttingsgraad: 90 %

Waarden voor typische Doka-standaardelementen

		F_{toel}	R_k	γ_M	k_{mod}	R_d	γ_F
Hout	Doka-drager H20, buigmoment	$M_{\text{toel}} = 5,0 \text{ kNm}$	10,9 kNm	1,3	0,9	7,5 kNm	1,5
	Doka-drager H20, dwarskracht	$Q_{\text{toel}} = 11 \text{ kN}$	23,9 kN	1,3	0,9	16,5 kN	1,5
Staal	Paßbout op afschuiving	$Q_{\text{toel}} = 70 \text{ kN}$	115,5 kN	1,1	—	105,0 kN	1,5
	Betondruk op bekisting Framax Xlife	$P_{\text{toel}} = 80 \text{ kN/m}^2$	132,0 kN/m ²	1,1	—	120,0 kN/m ²	1,5

	Product Information	1.10 VARIO GT 24 Static values
	PI 320 E 1/2	1.10 VARIO GT 24 Statische Werte

Extended static values for static analysis according to the load-resistance-factor design

Values of the design tables (permissible values) remain valid!

Characteristic stiffness

$$EI = 887 \text{ kNm}^2$$

Design values (resistance values)

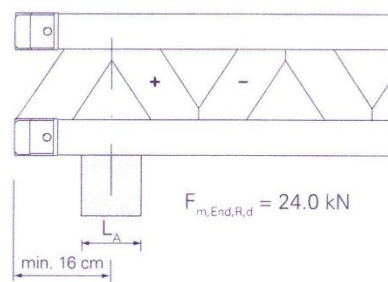
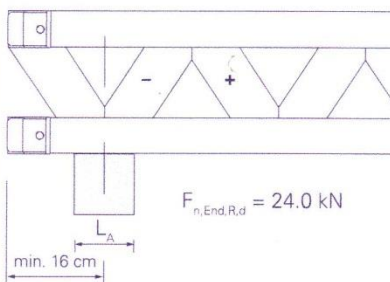
Shear force	$V_{R,d} = 19.5 \text{ kN}$
Reaction force in the truss joints (+/- 2 cm)	$F_{n,R,d} = 42.0 \text{ kN}$
Reaction force between the truss joints	$F_{m,R,d} = 30.0 \text{ kN}$
Bending moment	$M_{R,d} = 10.5 \text{ kNm}$
Moment at support (bearing in the joints)	$M_{n,R,d} = 10.5 \text{ kNm}$
Moment at support (bearing between the joints)	$M_{m,R,d} = 6.0 \text{ kNm}$

Note:
The values mentioned on this
PI-Sheet are not permissible values!

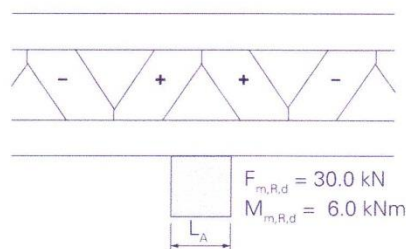
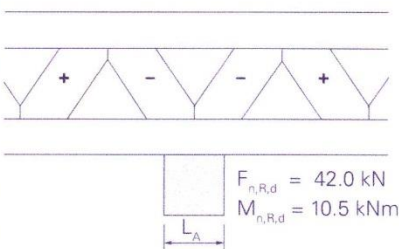
The partial load factor $\gamma_M = 1.3$ and the modification factor $k_{mod} = 0.9$ have been taken into consideration in the rated value.

Permissible values are to be determined through division using the partial load factor $\gamma_F = 1.5$.

End support for single-span and continuous girders



Support for continuous girders and cantilever beams



Responsible / Verantwortlich:
2009-04-21 Lorenz PM

eMail:
heiner.lorenz@peri.de

	Product Information	1.10 VARIO GT 24 Static values
	PI 320 E 2/2	1.10 VARIO GT 24 Statische Werte

Bearing pressure

Reaction force $F_{R,d} = b \cdot L_{eff} \cdot k_c \cdot f_{c,R,d}$

b = bearing width
 L_{eff} = effective bearing length
 $= L_A + 2 \cdot 3 \text{ cm}$, but
 $\leq 2 \cdot L_A$

Material-conditioned coefficient for lateral pressure

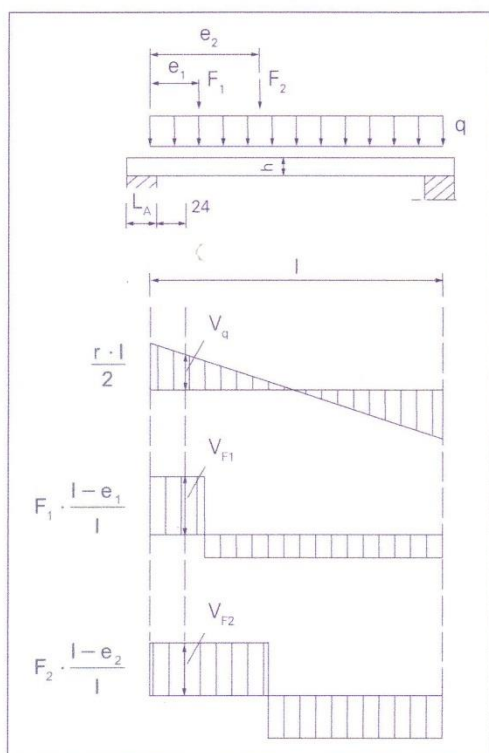
support in the truss joints $k_{c,90,n} = 1.45$

support between the truss joints $k_{c,90,m} = 1.0$

Bearing pressure $f_{c,R,d} = 1.88 \text{ N/mm}^2$

Shear forces to be applied

When calculating, the shear forces (external loads) may be reduced as follows:



$$V_{q,red} = \frac{q \cdot l}{2} \cdot \left(1 - \frac{L_A}{l} - \frac{48 \text{ cm}}{l} \right)$$

$$e_1 < 60 \text{ cm} : V_{F1,red} = F_1 \cdot \frac{l - e_1}{l} \cdot \frac{e_1}{60 \text{ cm}}$$

$$e_2 > 60 \text{ cm} : V_{F2} = F_2 \cdot \frac{l - e_2}{l}$$

$$V_{red} = V_{q,red} + V_{F1,red} + V_{F2}$$

$$\gamma_F \cdot V_{red} \leq V_{R,d} = 19.5 \text{ kN}$$

In addition, the shear force $V = V_q + V_{F1} + V_{F2}$ directly above the support has to meet following formula.

$$\gamma_F \cdot V \leq V_{n,R,d} = 24.0 \text{ kN}$$

For the cantilever beam, $l = 2 \cdot l_k$ applies

Extended static values for static analysis according to the load-resistance-factor design

Values of the design tables (permissible values) remain valid!

Characteristic stiffness

$$EI = 460 \text{ kNm}^2$$

Design values (resistance values)

Shear force

$$V_{R,d} = 16.5 \text{ kN}$$

Reaction force

$$F_{R,d} = 33.0 \text{ kN}$$

Bending moment

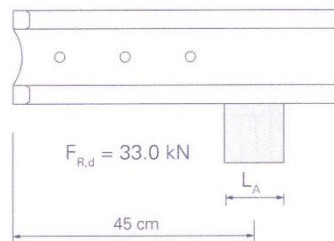
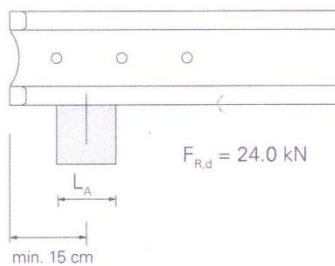
$$M_{R,d} = 7.5 \text{ kNm}$$

Note:
The values mentioned on this
PI-Sheet are not permissible values!

The partial load factor $\gamma_M = 1.3$ and the modification factor $k_{mod} = 0.9$ have been taken into consideration in the rated value.

Permissible values are to be determined through division using the partial load factor $\gamma_F = 1.5$.

End support



Bearing pressure

$$\text{Reaction force } F_{R,d} = b \cdot L_{eff} \cdot k_c \cdot f_{c,R,d}$$

b = bearing width

L_{eff} = effective bearing length

$$= L_A + 2 \cdot 3 \text{ cm, but} \\ \leq 2 \cdot L_A$$

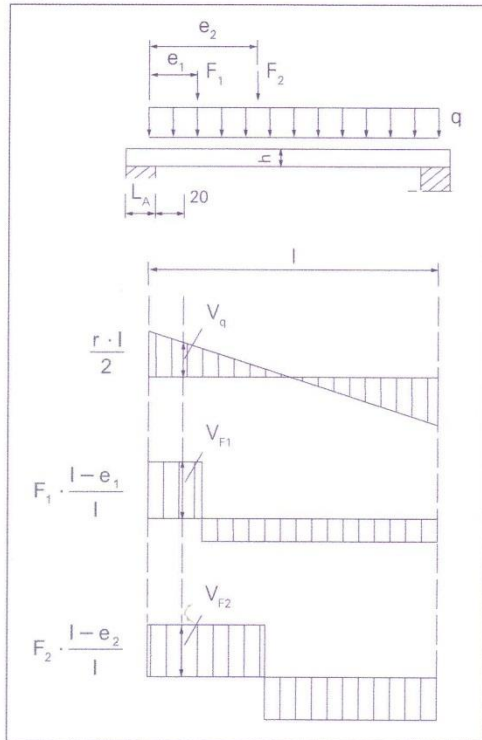
Material-conditioned coefficient for lateral pressure

$$k_{c,90,n} = 1.15$$

Bearing pressure

$$f_{c,R,d} = 1.88 \text{ N/mm}^2$$

Shear forces to be applied



When calculating, the shear forces (external loads) may be reduced as follows:

$$V_{q,red} = \frac{q \cdot l}{2} \cdot \left(1 - \frac{L_A}{l} - \frac{40\text{cm}}{l}\right)$$

$$e_1 < 50\text{cm} : V_{F1,red} = F_1 \cdot \frac{l - e_1}{l} \cdot \frac{e_1}{50\text{cm}}$$

$$e_2 > 50\text{cm} : V_{F2} = F_2 \cdot \frac{l - e_2}{l}$$

$$V_{red} = V_{q,red} + V_{F1,red} + V_{F2}$$

$$\gamma_F \cdot V_{red} \leq V_{R,d} = 16.5 \text{ kN}$$

In addition, the shear force $V = V_q + V_{F1} + V_{F2}$ directly above the support has to meet following formula.

$$\gamma_F \cdot V \leq V_{n,R,d} = 24.0 \text{ kN}$$

For the cantilever beam, $l = 2 \cdot l_k$ applies