

flora nova



constructiewerken

Molenstraat 41b | 4061AB | Ophemert
T: 0344-651324 | M: 06-54 963 971 | F: 0344-652074
E: [REDACTED]@flora-nova.nl | W: www.flora-nova.nl

Flora Nova Constructiewerken
Molenstraat 41B
4061 AB Ophemert

Constructieberekening Marker Wadden

versie 4

Verantwoording

Titel: Marker Wadden - vlonders en brug
Projectnummer: ZZ1702871
Documentnummer: 20180102-MW-VS-4
Status: Definitief
Versie: 4
Datum: 9-5-2018
Kenmerk: [REDACTED]/02
Auteur(s): [REDACTED]
Email adres: werkvoorbereiding@flora-nova.nl
Gecontroleerd: [REDACTED]

Deze rapportage, inclusief bijlagen, mag alleen in zijn geheel worden gereproduceerd.

De resultaten van de keuringen volgens dit rapport dienen ten allen tijden te worden gecontroleerd en goedgekeurd door een externe constructeur.

INHOUDSOPGAVE

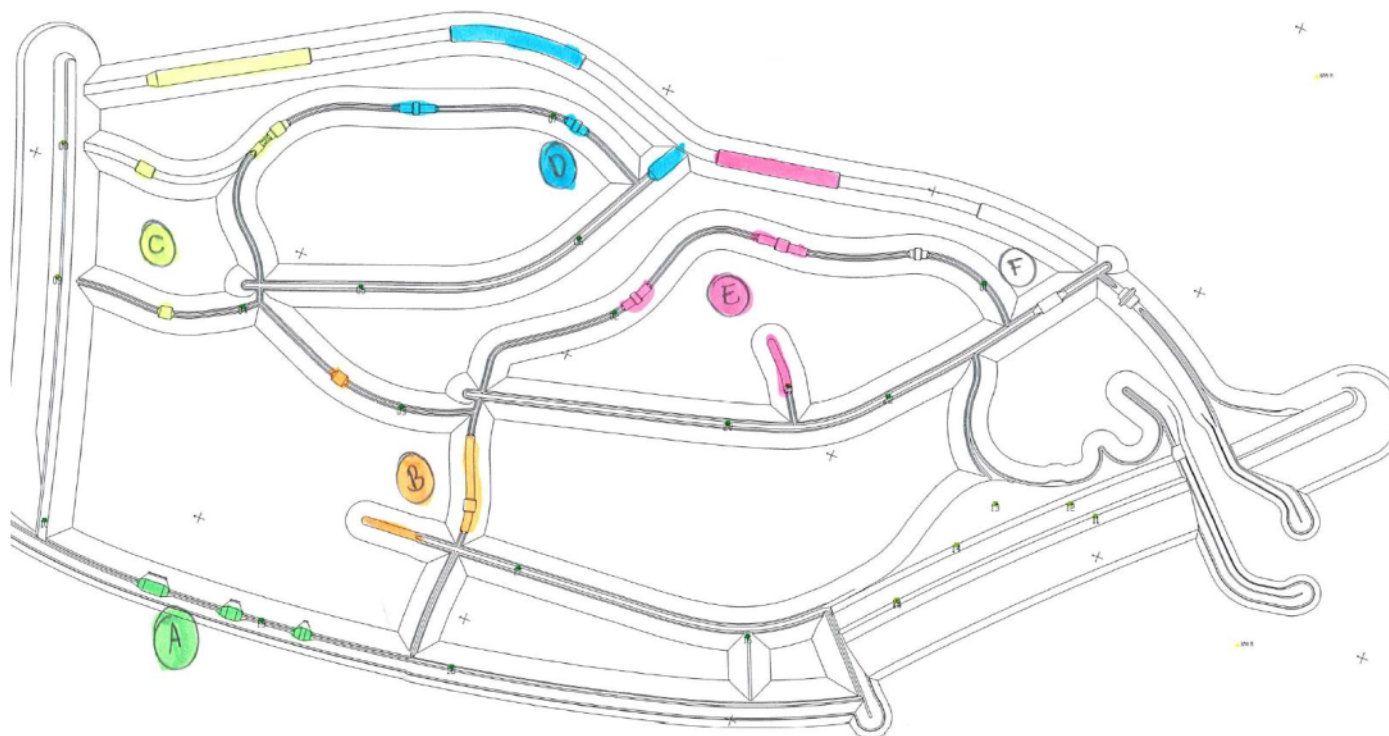
1. Inleiding	4
2. Ontvangen documenten	5
3. Overige documenten	5
4. Normen en voorschriften	5
5. Conclusies	5
6. Ontwerpgegevens	5
7. Belastingcombinaties	7
8. Houten dekdelen vlonderpaden smal	9
9. Houten liggers vlonderpaden smal	11
10. Houten kespens vlonderpaden smal	13
11. Houten dekdelen vlonderpaden breed	15
12. Houten liggers vlonderpaden breed	17
13. Houten kespens vlonderpaden breed	19
14. Houten dekdelen brug	21
15. Houten liggers brug	23
16. Houten kespens brug	25

1. Inleiding

Voor het project de Marker Wadden is Flora Nova Constructiewerken gevraagd om de houten constructies uit te werken in werktekeningen en sterkteberekeningen. De constructies op de Marker Wadden zijn onder te verdelen in twee groepen, namelijk de Uitkijktorens (beton-staal-hout) en de vlonderpaden en steigers. Dit rapport heeft betrekking op de vlonderpaden en steigers. Deze constructies worden opgebouwd uit hout (met uitzondering van de stalen buispalen bij steiger 1).

Over het gehele eiland worden vlonderpaden aangebracht. De vlonderpaden zijn onderverdeeld in twee typen, namelijk vlonder smal (2m breed) en type breed (3,5m breed). De smalle vlonderpaden worden belast met personen en een quad van 500kg (verdeeld over 4 gelijke punten). De brede vlonders worden belast met personen en een auto van maximaal 3500kg. (verdeeld over 4 gelijke punten). Een uitzonderlijk element vormt de brug in deelgebied F. De brug wordt uitgevoerd inclusief leuning en een vrije doorgang van 3 bij 5 meter.

Op onderstaande afbeelding is de locatie van de vlonders te zien. Het eiland is onderverdeeld in de deelgebieden A t/m F. In gebied A zijn uiteindelijk geen vlonders meer geplaatst. In gebied B, C en F zijn brede (3,5m breed) vlonders aanwezig. Het gaat om de vlonders B3, C1 en F1. De overige vlonders zijn smal (2m breed).



Figuur 1 - Overzicht vlonders per deelgebied

Voor wat betreft de materialisatie van de vlonders en de steigers kan het volgende worden gezegd;

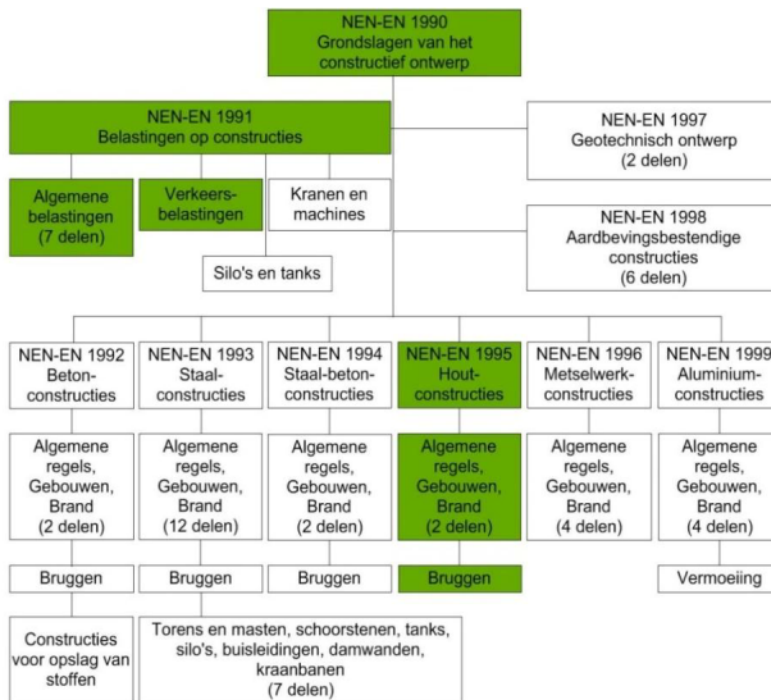
- De palen en kespens van de vlonders zijn van hardhout en de liggers, dek en zijwanden van Douglas/Lariks hout.
- De palen en kespens van de brug zijn van hardhout en de liggers, dek en leuning van Douglas/Lariks hout.

2. Ontvangen documenten

- Ontwerptekening: -52812492-TEK-UO-0016 rev 0.7 Wandelpaden en opgangen.pdf
 -015-1523-MAR DO 1op250 brug haven 31 maart 2016.pdf
- Sterkteberekening: -17.110-03-MEM_Vlonders_v1.0.pdf

3. Overige documenten

4. Normen en voorschriften



5. Conclusies

- Vlonderpaden smal: Palen in opgebrachte zanddam, minimaal 2/3 in de grond, Kespen Azobé 60x120x2000mm, Liggers Douglas 60x175x3200mm, Dekdelen Douglas 40x150x2500mm.
- Vlonderpaden breed: Palen in opgebrachte zanddam, minimaal 2/3 in de grond, Kespen Azobé 75x150x3500mm, Liggers Douglas 100x250x3200mm, Dekdelen Douglas 70x150x3500mm.
- Brug jachthaven: Palen in opgebrachte zanddam, minimaal 2/3 in de grond, Kespen en schoren Azobé 60x150x2500mm, Liggers Douglas 100x250x5000mm, Dekdelen Douglas 40x150x2500mm.

6. Ontwerpgegevens

6.1 Algemeen (cfr. NEN-EN 1990+NB bruggen)

Gevolgklasse **CC1**

Betrouwbaarheidsklasse **RC1**

K_{fi} factor **0,9**

Ontwerplevensduurklasse **3** *50 jaar stalen onderdelen, 25 jaar houten onderdelen*

Gebruiksklasse	<i>gr1</i>	$\psi_0 = 0,8$	$\psi_1 = 0,8$	$\psi_2 = 0,4$
	<i>gr2</i>	$\psi_0 = 0,8$	$\psi_1 = 0,8$	$\psi_2 = 0,0$
	<i>geconc. bl.</i>	$\psi_0 = 0,0$	$\psi_1 = 0,8$	$\psi_2 = 0,0$

6.2 Materiaal (cfr. NEN-EN 338: 2016 -Hout voor constructieve toepassingen - Sterkteklassen-)

6.2.1 Materiaal; Vlonders en Brug (NEN-EN 1995-1-1:2005/NB:2011)

Hout	Kespen	Liggers	Dek
Houtsoort	FSC Azobé	Douglas	Douglas
Houtsterkteklasse	D70	C18	C18
buiging	$F_{m,0,k} = 70 \text{ N/mm}^2$	$F_{m,0,k} = 18 \text{ N/mm}^2$	18 N/mm^2
trek; parallel	$F_{t,0,k} = 42 \text{ N/mm}^2$	$F_{t,0,k} = 10 \text{ N/mm}^2$	11 N/mm^2
trek; loodrecht	$F_{t,90,k} = 0,6 \text{ N/mm}^2$	$F_{t,90,k} = 0,4 \text{ N/mm}^2$	$0,4 \text{ N/mm}^2$
druk; parallel	$F_{c,0,k} = 34 \text{ N/mm}^2$	$F_{c,0,k} = 18 \text{ N/mm}^2$	18 N/mm^2
druk; loodrecht	$F_{c,90,k} = 13,5 \text{ N/mm}^2$	$F_{c,90,k} = 2,2 \text{ N/mm}^2$	$2,2 \text{ N/mm}^2$
schuifsterkte	$F_{v,k} = 5,0 \text{ N/mm}^2$	$F_{v,k} = 3,4 \text{ N/mm}^2$	$3,4 \text{ N/mm}^2$
volumiek gewicht	$\rho_k = 10800 \text{ N/m}^3$	$\rho_k = 3.200 \text{ N/m}^3$	3.800 N/m^3
E-modulus	$E_{0,mean} = 20 \text{ kN/mm}^2$	$E_{0,mean} = 9,0 \text{ kN/mm}^2$	$9,0 \text{ kN/mm}^2$
E-modulus _{rep} *	$E_{0,ser,rep} = 18 \text{ kN/mm}^2$	$E_{0,ser,rep} = 8,1 \text{ kN/mm}^2$	$7,2 \text{ kN/mm}^2$

$$*E\text{-modulus}_{rep} = E_{0,mean} \times K_{mod \text{ elasticiteit}}$$

klimaatklasse	2*	2*	3**
k_{mod}	kort = 0,8	kort = 0,8	= 0,65
Y_m	= 1,3	= 1,3	= 1,3
K_h	= 1,0	= 1,0	= 1,3
k_{def}	= 0,8	= 0,8	= 2,0
$k_{mod \text{ elasticiteit}}$	= 0,9	= 0,9	= 0,8

*Kespen en liggers in klimaatklasse 2. Buiten overdekt.

**Dekdelen in klimaatklasse 3. Buiten zonder dak.

6.3 Afmetingen

6.3.1 Afmetingen; Vlonder smal (2m breed, B1, B2, C2/3, D1, D2, E1, E2, E3, E4)

Vlonderlengte (kortste vlonder)	$l = 48,00 \text{ m}$
Lengte kespen (hart op hart palen)	$l = 1,50 \text{ m}$
Doorsnede afmetingen; kespen	$b = 60 \quad h = 120 \text{ mm}$
Liggerlengte (hart op hart kespen)	$l = 2,94 \text{ m}$
Hart op hart afstand liggers	$l = 0,47 \text{ m}$
Doorsnede afmetingen; hoofdliggers	$b = 60 \quad h = 175 \text{ mm}$
Lengte dek delen	$l = 2,00 \text{ m}$
Doorsnede afmetingen; dek delen	$b = 150 \quad h = 40 \text{ mm}$

6.3.2 Afmetingen; Vlonder breed (3,5m breed, B3, C1, F1)

Vlonderlengte	$l = 25,60 \text{ m}$
Lengte kespen (hart op hart palen)	$l = 1,50 \text{ m}$
Doorsnede afmetingen; kespen	$b = 75 \quad h = 150 \text{ mm}$
Liggerlengte (hart op hart kespen)	$l = 2,93 \text{ m}$
Hart op hart afstand liggers	$l = 0,47 \text{ m}$
Doorsnede afmetingen; hoofdliggers	$b = 100 \quad h = 250 \text{ mm}$
Lengte dek delen	$l = 3,50 \text{ m}$
Doorsnede afmetingen; dek delen	$b = 150 \quad h = 70 \text{ mm}$

6.3.3 Afmetingen; Brug (2,5m breed, F)

Bruglengte	$l = 56,30 \text{ m}$
------------	-----------------------

Lengte kespen (hart op hart palen)		$l =$	2,00 m
Doorsnede afmetingen; kespen	$b =$	60	$h =$ 150 mm
Liggerlengte (hart op hart kespen)		$l =$	4,74 m
Hart op hart afstand liggers		$l =$	0,48 m
Doorsnede afmetingen; hoofdliggers	$b =$	100	$h =$ 250 mm
Lengte dek delen		$l =$	2,50 m
Doorsnede afmetingen; dek delen	$b =$	150	$h =$ 40 mm

6.4 Belastingen (cfr. NEN-EN 1991-2+C1+NB)

6.4.1 Opgelegde belasting; Vlonder smal (2m breed, B1, B2, C2/3, D1, D2, E1, E2, E3, E4)

Belastinggroep	<i>gr1</i>		
Belastingduurklasse	<i>Kort</i>		
Gelijkmatig verdeelde belasting	<i>verticaal (2,0 + 120/(L+30))</i>	$q_{fk,I} =$	3,54 kN/m ²
Belasting dienstvoertuig*	<i>1050kg op vier vlakken van 0,25 x 0,25 m</i>	$Q_{servw,I} =$	2,63 kN
Incidentele belastingen	<i>Gezien de locatie van de vlonder, is het niet mogelijk deze te betreden met andere dienst- of wel blusvoertuigen. Deze belastingen worden dan ook buiten beschouwing gelaten.</i>		

*In overleg met opdrachtgever is bepaald dat de wielbelasting van het dienstvoertuig, de Polaris, overeenkomt met een puntbelasting van 2,63kN op een vlak van 0,25x0,25m. (dienstvoertuig van opdrachtgever + 4 inzittenden).

6.4.2 Opgelegde belasting; Vlonder breed (3,5m breed, B3, C1, F1)

Belastinggroep	<i>gr1</i>		
Belastingduurklasse	<i>Kort</i>		
Gelijkmatig verdeelde belasting	<i>verticaal (2,0 + 120/(L+30))</i>	$q_{fk,II} =$	4,16 kN/m ²
Belasting dienstvoertuig*	<i>3500kg op vier vlakken van 0,20 x 0,20 m</i>	$Q_{servw,II} =$	8,75 kN
Incidentele belastingen	<i>Gezien de locatie van de vlonder, is het niet mogelijk deze te betreden met andere dienst- of wel blusvoertuigen. Deze belastingen worden dan ook buiten beschouwing gelaten.</i>		

*In overleg met opdrachtgever is bepaald dat de wielbelasting van het dienstvoertuig, een personenauto overeenkomt met een puntbelasting van 8,75kN op een vlak van 0,25x0,25m.

6.4.3 Opgelegde belasting; Brug (2,5m breed, F)

Belastinggroep	<i>gr1</i>		
Belastingduurklasse	<i>Kort</i>		
Gelijkmatig verdeelde belasting	<i>verticaal (2,0 + 120/(L+30))</i>	$q_{fk,III} =$	3,39 kN/m ²
Belasting dienstvoertuig*	<i>1050kg op vier vlakken van 0,25 x 0,25 m</i>	$Q_{servw,III} =$	2,63 kN
Incidentele belastingen	<i>Gezien de locatie van de brug, is het niet mogelijk deze te betreden met andere dienst- of wel blusvoertuigen. Deze belastingen worden dan ook buiten beschouwing gelaten.</i>		

*In overleg met opdrachtgever is bepaald dat de wielbelasting van het dienstvoertuig, de Polaris overeenkomt met een puntbelasting van 2,63kN op een vlak van 0,25x0,25m. (dienstvoertuig van opdrachtgever + 4 inzittenden).

7. Belasting combinaties

7.1 Belastingcombinaties (cfr. NEN-EN 1990+A1+A1/C2+NB)

Gevolgsklasse	<i>CC1</i>
Betrouwbaarheidsklasse	<i>RC1</i>
Fundamentele combinaties	BC1 $M_d = \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times \Psi_0 \times M_q$
	BC2 $M_d = 0,89 \times \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times M_q$
	BC3 $M_d = 0,89 \times \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times M_q$
	$\gamma_{f,g} = 1,2$

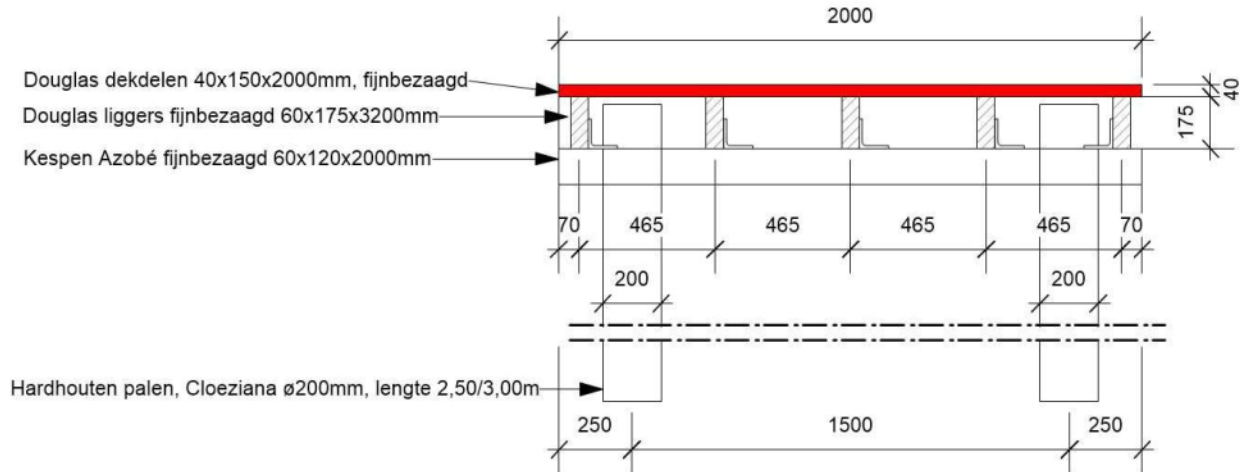
$$Y_{f,q} = 1,35$$

$$Y_{f,Q} = 1,00$$

7.2 Beoordelingscriteria (cfr. NEN-EN 1990+A1+A1/C2+NB)

Uiterste grenstoestand	<i>rekenspanning < rekenwaarde bezwijkspanning</i>
Bruikbaarheidsgrenstoestand 1	<i>doorbuiging houten ligger < L/300</i>
Bruikbaarheidsgrenstoestand 2	<i>doorbuiging houten ligger < L/200</i>

8. Houten dekdelen vlonder smal (2m breed, B1, B2, C2/3, D1, D2, E1, E2, E3, E4)



8.1 Inwendige krachten

eigen gewicht

$$G_{k,d} = \rho_k \times b \times h / 1000000 = 23 \text{ N/m}$$

$$M_g = 1/8 \times G_{k,d} \times L^2 = 0,6 \text{ Nm}$$

opgelegde belasting; verdeeld

$$Q_{fk} = b \times q_{fk,l} = 531 \text{ N/m}$$

$$M_q = 1/8 \times Q_{fk} \times L^2 = 14 \text{ Nm}$$

opgelegde belasting; geconcentreerd
 op 0,25x0,25m

$$Q_{servw,l} = 2.625 \text{ N}$$

$$M_Q = 1/2 \times Q_{servw,l} \times L/2 - 1/2 \times Q_{servw,l} \times 0,25/4 = 223 \text{ Nm}$$

8.2 Belastingcombinaties (cfr. NEN-EN 1990+A1+A1/C2+NB)

$$M_d = \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times \Psi_0 \times M_q = 16,2 \text{ Nm}$$

$$M_d = 0,89 \times \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times M_q = 20,0 \text{ Nm}$$

$$M_d = 0,89 \times \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,Q} \times M_Q = 223,78 \text{ Nm}$$

$$\gamma_{f,g} = 1,20$$

$$\gamma_{f,q} = 1,35$$

$$\gamma_{f,Q} = 1,00$$

8.3 Buiging (cfr. NEN-EN1993-1-1:2016+NB)

$$\text{Optredende buigspanning} = M_d / W = 5,6 \text{ N/mm}^2$$

$$W = 1/6 \times b \times h^2 = 40.000,0 \text{ mm}^3$$

$$M_d = 223.783,1 \text{ Nmm}$$

$$K_h = 1,3$$

$$\text{Buigsterkte} = F_{m,0,d} = K_{mod} \times K_h \times F_{m,0,k} / \gamma_m = 12 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Unity check} = 0,48 \quad \text{Voldoet}$$

8.4 Doorbuiging (cfr. NEN-EN1993-1-1:2016+NB)

$$\text{Doorbuigingsformules 1 } U_{inst,Qservw} = (5 \times M_Q \times L^2) / (48 \times E_{0,ser,rep} \times I) \quad \text{*benaderingsformule}$$

$$\text{Doorbuigingsformules 2 } U_{inst,g} = (5 \times P_g \times L^4) / (384 \times E_{0,ser,rep} \times I)$$

$$U_{fin,g} = U_{inst,g} + U_{creep,g}$$

$$U_{creep,g} = U_{inst,g} \times K_{def}$$

$$U_{creep, Qservw} = U_{inst, Qservw} \times \Psi_2 \times K_{def}$$

$$U_{fin} = U_{fin, g} + U_{fin, Qservw}$$

$$\text{Axiaal kwadratisch opp. moment} = 1/12 \times b \times h^3 = 800.000 \text{ mm}^4$$

Bruikbaarheidsgrenstoestand 1

$$E_{is} = 1/300 \times L = 1,550 \text{ mm}$$

$$U_{inst, Qservw} = 0,872 \text{ mm} < 1,550 \text{ mm} \quad \text{Voldoet}$$

Bruikbaarheidsgrenstoestand 2

$$\text{Blijvende belasting} \quad P_g = G_{k,d} = b \times h \times \rho_k / 1000 = 0,023 \text{ N/mm}$$

$$E_{is} = 1/200 \times L = 2,33 \text{ mm}$$

$$U_{inst, g} = 0,002 \text{ mm}$$

$$U_{creep, g} = 0,005 \text{ mm}$$

$$U_{fin, g} = 0,007 \text{ mm}$$

Dienstvoertuig

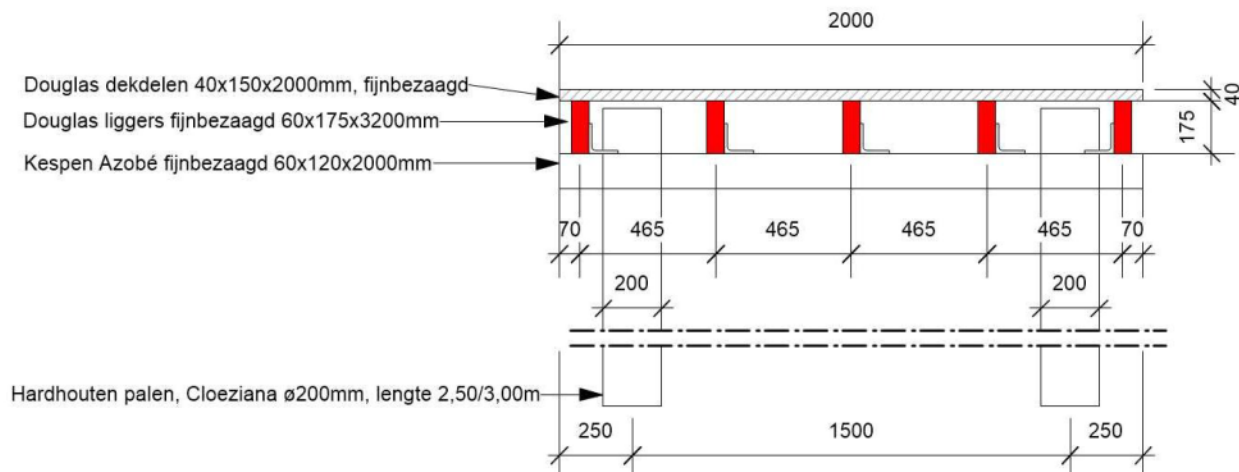
$$\text{Quasi blijvende belasting} \quad U_{inst, Qservw} = 0,872 \text{ mm}$$

$$U_{creep, Qservw} = 0,000 \text{ mm}$$

$$U_{fin, Qservw} = 0,872 \text{ mm}$$

$$U_{fin} = 0,880 \text{ mm} < 2,325 \text{ mm} \quad \text{Voldoet}$$

9. Houten liggers vlonder smal (2m breed, B1, B2, C2/3, D1, D2, E1, E2, E3, E4)



9.1 Inwendige krachten

eigen gewicht

$$\begin{aligned}
 G_{k,l} &= \rho_k \times b \times h / 1000000 = 34 \text{ N/m} \\
 G_{k,d} &= \rho_k \times b \times l / 1000 = 60 \text{ N/m} \\
 G_k &= G_{k,l} + G_{k,d} = 93 \text{ N/m} \\
 M_g &= 1/8 \times G_k \times L^2 = 101 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

opgelegde belasting; verdeeld

$$\begin{aligned}
 Q_{fk} &= b \times q_{fk,l} = 1.645 \text{ N/m} \\
 M_q &= 1/8 \times Q_{fk} \times L^2 = 1.778 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

opgelegde belasting; geconcentreerd
 op 0,25x0,25m

$$\begin{aligned}
 Q_{servw,l} &= 2.625 \text{ N} \\
 M_Q &= 1/2 \times Q_{servw,l} \times L/2 - 1/2 \times Q_{servw,l} \times 0,25/4 = 1.847 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

9.2 Belastingcombinaties (cfr. NEN-EN 1990+A1+A1/C2+NB)

$$\begin{aligned}
 M_d &= \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times \Psi_0 \times M_q = 2.041 \text{ Nm} \\
 M_d &= 0,89 \times \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times M_q = 2.507 \text{ Nm} \\
 M_d &= 0,89 \times \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,Q} \times M_Q = 1.955 \text{ Nm} \\
 \gamma_{f,g} &= 1,2 \\
 \gamma_{f,q} &= 1,35 \\
 \gamma_{f,Q} &= 1,00
 \end{aligned}$$

9.3 Buiging (cfr. NEN-EN1993-1-1:2016+NB)

$$\begin{aligned}
 \text{Optredende buigspanning} &= M_d / W = 8,2 \text{ N/mm}^2 \\
 W &= 1/6 \times b \times h^2 = 306.250 \text{ mm}^3 \\
 M_d &= 2.507.423 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_h &= 1,0 \\
 \text{Buigsterkte} &= F_{m,0,d} = K_{mod} \times K_h \times F_{m,0,k} / \gamma_m = 11,1 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Unity check} = 0,74 \quad \text{Voldoet}$$

9.4 Doorbuiging (cfr. NEN-EN1993-1-1:2016+NB)

$$\begin{aligned}
 \text{Doorbuigingsformules 1 } U_{inst,Qservw} &= (5 \times M_Q \times L^2) / (48 \times E_{0,ser,rep} \times I) & \text{*benaderingsformule} \\
 \text{Doorbuigingsformules 2 } U_{inst,g} &= (5 \times P_g \times L^4) / (384 \times E_{0,ser,rep} \times I)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_{fin,g} &= U_{inst,g} + U_{creep,g} \\
 U_{creep,g} &= U_{inst,g} \times K_{def} \\
 U_{creep,Qservw} &= U_{inst,Qservw} \times \Psi_2 \times K_{def} \\
 U_{fin} &= U_{fin,g} + U_{fin,Qservw}
 \end{aligned}$$

Axiaal kwadratisch opp. moment = $1/12 \times b \times h^3 = 26.796.875 \text{ mm}^4$

Bruikbaarheidsgrenstoestand 1

$$\begin{aligned}
 E_{is} &= 1/300 \times L = 9,8 \text{ mm} \\
 U_{inst,Qservw} &= 7,663 \text{ mm} < 9,8 \text{ mm} \quad \text{Voldoet}
 \end{aligned}$$

Bruikbaarheidsgrenstoestand 2

Blijvende belasting $P_g = G_k = 93 = 0,093 \text{ N/mm}$

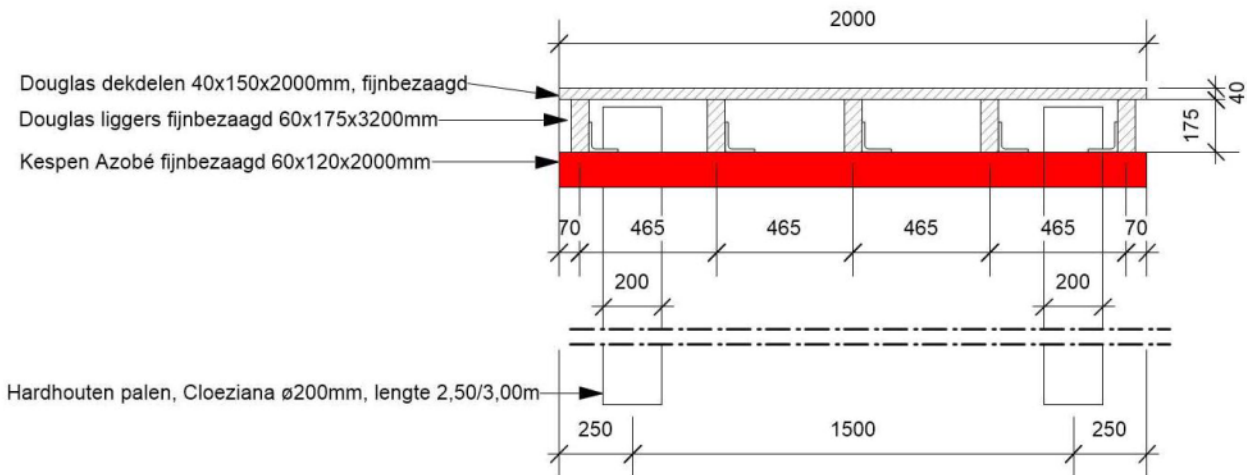
$$\begin{aligned}
 E_{is} &= 1/200 \times L = 14,7 \text{ mm} \\
 U_{inst,g} &= 0,417 \text{ mm} \\
 U_{creep,g} &= 0,334 \text{ mm} \\
 U_{fin,g} &= 0,751 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dienstvoertuig

Quasi blijvende belasting $U_{inst,Qservw} = 7,663 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 U_{creep,Qservw} &= 0,000 \text{ mm} \\
 U_{fin,Qservw} &= 7,663 \text{ mm} \\
 U_{fin} &= 8,414 \text{ mm} < 14,7 \text{ mm} \quad \text{Voldoet}
 \end{aligned}$$

10 Houten kespen vlonder smal (2m breed, B1, B2, C2/3, D1, D2, E1, E2, E3, E4)



10.1 Inwendige krachten

eigen gewicht

$$\begin{aligned}
 G_{k,k} &= \rho_k \times b \times h / 1000000 = 78 \text{ N/m} \\
 G_{k,l} &= 5 \times G_{k,L} \times l_1 / l_k = 165 \text{ N/m} \\
 G_{k,d} &= \rho_k \times b \times h / 1000000 = 23 \text{ N/m} \\
 G_k &= G_{k,k} + G_{k,l} + G_{k,d} = 265 \text{ N/m} \\
 M_g &= 1/8 \times G_k \times L^2 = 75 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

opgelegde belasting; verdeeld

$$\begin{aligned}
 Q_{fk} &= b \times q_{fk,l} = 5.202 \text{ N/m} \\
 M_q &= 1/8 \times Q_{fk} \times L^2 = 1.463 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

opgelegde belasting; geconcentreerd
 op 0,25x0,25m

$$\begin{aligned}
 Q_{servw,l} &= 2.625 \text{ N} \\
 M_Q &= 1/2 \times Q_{servw,l} \times L/2 - 1/2 \times Q_{servw,l} \times 0,25/4 = 902 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

10.2 Belastingcombinaties (cfr. NEN-EN 1990+A1+A1/C2+NB)

$$\begin{aligned}
 M_d &= \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times \Psi_0 \times M_q = 1.669 \text{ Nm} \\
 M_d &= 0,89 \times \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times M_q = 2.055 \text{ Nm} \\
 M_d &= 0,89 \times \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,Q} \times M_Q = 982 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \gamma_{f,g} &= 1,2 \\
 \gamma_{f,q} &= 1,35 \\
 \gamma_{f,Q} &= 1,00
 \end{aligned}$$

10.3 Buiging (cfr. NEN-EN1993-1-1:2016+NB)

$$\begin{aligned}
 \text{Optredende buigspanning} &= M_d / W = 14,3 \text{ N/mm}^2 \\
 W &= 1/6 \times b \times h^2 = 144.000 \text{ mm}^3 \\
 M_d &= 2.054.619 \text{ Nmm} \\
 K_h &= 1,00 \text{ Azobé}
 \end{aligned}$$

$$\text{Buigsterkte} = F_{m,0,d} = K_{mod} \times K_h \times F_{m,0,k} / Y_m = 43,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Unity check} = 0,33 \text{ Voldoet}$$

10.4 Doorbuiging (cfr. NEN-EN1993-1-1:2016+NB)

$$\text{Doorbuigingsformules } 1U_{inst,Qservw} = (5 \times M_Q \times L^2) / (48 \times E_{0,ser,rep} \times I) \quad \text{*benaderingsformule}$$

Doorbuigingsformules 2 $U_{inst,g} = (5 \times P_g \times L^4) / (384 \times E_{0,ser,rep} \times I)$

$U_{fin,g} = U_{inst,g} + U_{creep,g}$

$U_{creep,g} = U_{inst,g} \times K_{def}$

$U_{creep,Qservw} = U_{inst,Qservw} \times \Psi_2 \times K_{def}$

$U_{fin} = U_{fin,g} + U_{fin,Qservw}$

Axiaal kwadratisch opp. moment = $1/12 \times b \times h^3 = 8.640.000 \text{ mm}^4$

Bruikbaarheidsgrenstoestand 1

$E_{is} = 1/300 \times L = 5,0 \text{ mm}$

$U_{inst,Qservw} = 1,360 \text{ mm} < 5,0 \text{ Voldoet}$

Bruikbaarheidsgrenstoestand 2

Blijvende belasting $P_g = G_k = 265 = 0,265 \text{ N/mm}$

$E_{is} = 1/200 \times L = 7,5 \text{ mm}$

$U_{inst,g} = 0,112 \text{ mm}$

$U_{creep,g} = 0,090 \text{ mm}$

$U_{fin,g} = 0,202 \text{ mm}$

Dienstvoertuig

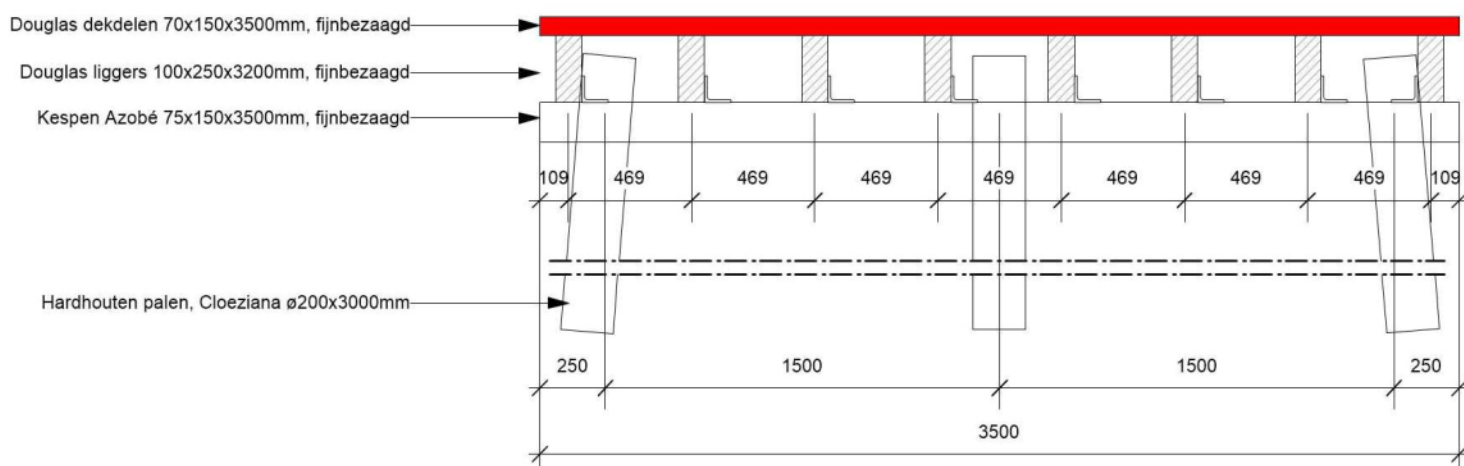
Quasi blijvende belasting $U_{inst,Qservw} = 1,360 \text{ mm}$

$U_{creep,Qservw} = 0,000 \text{ mm}$

$U_{fin,Qservw} = 1,360 \text{ mm}$

$U_{fin} = 1,562 \text{ mm} < 7,5 \text{ Voldoet}$

11. Houten dekdelen vlonder breed (3,5m breed, B3, C1, F1)



11.1 Inwendige krachten

eigen gewicht	$G_{k,d} =$	$\rho_k \times b \times h / 1000000 =$	40 N/m
	$M_g =$	$1/8 \times G_{k,d} \times L^2 =$	1,1 Nm
opgelegde belasting; verdeeld	$Q_{fk} =$	$b \times q_{fk,II} =$	624 N/m
	$M_q =$	$1/8 \times Q_{fk} \times L^2 =$	17 Nm
opgelegde belasting; geconcentreerd op 0,20x0,20m	$Q_{servw,II} =$		8.750 N
	$M_Q = 2 \times Q_{servw,II} \times L/2 - 1/2 \times Q_{servw,II} \times 0,20/4 =$		807 Nm

11.2 Belastingcombinaties (cfr. NEN-EN 1990+A1+A1/C2+NB)

$M_d = \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times \Psi_0 \times M_q$	=	19,8 Nm
$M_d = 0,89 \times \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times M_q$	=	24,3 Nm
$M_d = 0,89 \times \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times M_Q$	=	1.090,87 Nm
$\gamma_{f,g} =$	1,20	
$\gamma_{f,q} =$	1,35	
$\gamma_{f,Q} =$	1,00	

11.3 Buiging (cfr. NEN-EN1993-1-1:2016+NB)

Optredende buigspanning	=	$M_d / W =$	8,9 N/mm ²
$W = 1/6 \times b \times h^2$	=	122.500,0 mm ³	
M_d	=	1.090.874,8 Nmm	
K_h	=	1,2	
Buigsterkte	=	$F_{m,0,d} = K_{mod} \times K_h \times F_{m,0,k} / \gamma_m =$	10 N/mm ²
Unity check	=	0,85	Voldoet

11.4 Doorbuiging (cfr. NEN-EN1993-1-1:2016+NB)

Doorbuigingsformules 1 $U_{inst, Qservw}^*$	=	$(5 \times M_Q \times L^2) / (48 \times E_{0,ser,rep} \times I)$	*benaderingsformule
Doorbuigingsformules 2 $U_{inst,g}$	=	$(5 \times P_g \times L^4) / (384 \times E_{0,ser,rep} \times I)$	
$U_{fin,g}$	=	$U_{inst,g} + U_{creep,g}$	

$$\begin{aligned}
 U_{creep,g} &= U_{inst,g} \times K_{def} \\
 U_{creep,Qservw} &= U_{inst,Qservw} \times \psi_2 \times K_{def} \\
 U_{fin} &= U_{fin,g} + U_{fin,Qservw}
 \end{aligned}$$

Axiaal kwadratisch opp. moment = $1/12 \times b \times h^3 = 4.287.500 \text{ mm}^4$

Bruikbaarheidsgrenstoestand 1

$$\begin{aligned}
 E_{is} &= 1/300 \times L = 1,563 \text{ mm} \\
 U_{inst,Qservw} &= 0,599 \text{ mm} < 1,563 \text{ mm} \quad \text{Voldoet}
 \end{aligned}$$

Bruikbaarheidsgrenstoestand 2

Blijvende belasting $P_g = G_{k,d} = 40 = 0,040 \text{ N/mm}$

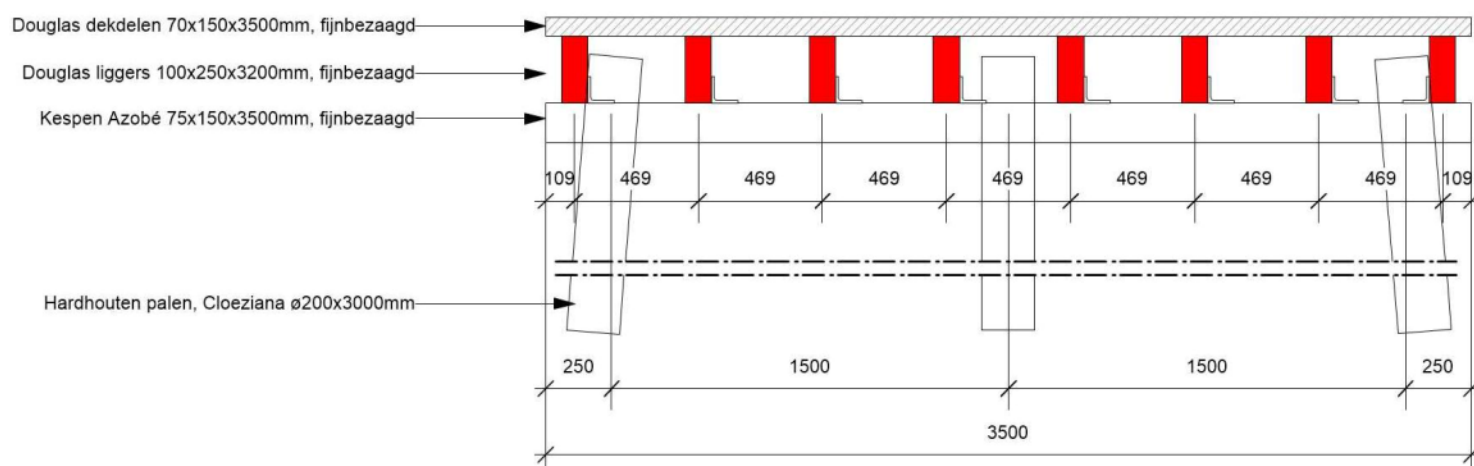
$$\begin{aligned}
 E_{is} &= 1/200 \times L = 2,35 \text{ mm} \\
 U_{inst,g} &= 0,001 \text{ mm} \\
 U_{creep,g} &= 0,002 \text{ mm} \\
 U_{fin,g} &= 0,002 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dienstvoertuig

Quasi blijvende belasting $U_{inst,Qservw} = 0,599 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 U_{creep,Qservw} &= 0,000 \text{ mm} \\
 U_{fin,Qservw} &= 0,599 \text{ mm} \\
 U_{fin} &= 0,602 \text{ mm} < 2,345 \text{ mm} \quad \text{Voldoet}
 \end{aligned}$$

12. Houten liggers vlonder breed (3,5m breed, B3, C1, F1)



12.1 Inwendige krachten

eigen gewicht	$G_{k,l} =$	$\rho_k \times b \times h / 1000000 =$	80 N/m
	$G_{k,d} =$	$\rho_k \times b \times l / 1000 =$	105 N/m
	$G_k =$	$G_{k,l} + G_{k,d} =$	185 N/m
	$M_g =$	$1/8 \times G_k \times L^2 =$	198 Nm
opgelegde belasting; verdeeld	$Q_{fk} =$	$b \times q_{fk,II} =$	1.950 N/m
	$M_q =$	$1/8 \times Q_{fk} \times L^2 =$	2.086 Nm
opgelegde belasting; geconcentreerd op 0,20x0,20m	$Q_{servw,II} =$		8.750 N
	$M_Q = 2 \times Q_{servw,II} \times L/2 - 1/2 \times Q_{servw,II} \times 0,20/4 =$		6.180 Nm

12.2 Belastingcombinaties (cfr. NEN-EN 1990+A1+A1/C2+NB)

$M_d = \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times \Psi_0 \times M_q$	=	2.490 Nm
$M_d = 0,89 \times \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times M_q$	=	3.027 Nm
$M_d = 0,89 \times \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,Q} \times M_Q$	=	8.554 Nm
$\gamma_{f,g} =$	1,20	
$\gamma_{f,q} =$	1,35	
$\gamma_{f,Q} =$	1,00	

12.3 Buiging (cfr. NEN-EN1993-1-1:2016+NB)

Optredende buigspanning	=	$M_d / W =$	8,2 N/mm ²
$W = 1/6 \times b \times h^2$	=	1.041.667 mm ³	
M_d	=	8.553.945 Nmm	
K_h	=	1,0	
Buigsterkte	=	$F_{m,0,d} = K_{mod} \times K_h \times F_{m,0,k} / \gamma_m =$	11,1 N/mm ²
Unity check	=	0,74	Voldoet

12.4 Doorbuiging (cfr. NEN-EN1993-1-1:2016+NB)

Doorbuigingsformules 1 $U_{inst,Qservw}^*$	=	$(5 \times M_Q \times L^2) / (48 \times E_{0,ser,rep} \times I)$	*benaderingsformule
Doorbuigingsformules 2 $U_{inst,g}$	=	$(5 \times P_g \times L^4) / (384 \times E_{0,ser,rep} \times I)$	

$$\begin{aligned}
 U_{fin,g} &= U_{inst,g} + U_{creep,g} \\
 U_{creep,g} &= U_{inst,g} \times K_{def} \\
 U_{creep,Qservw} &= U_{inst,Qservw} \times \Psi_2 \times K_{def} \\
 U_{fin} &= U_{fin,g} + U_{fin,Qservw}
 \end{aligned}$$

Axiaal kwadratisch opp. moment = $1/12 \times b \times h^3 = 130.208.333 \text{ mm}^4$

Bruikbaarheidsgrenstoestand 1

$$\begin{aligned}
 E_{is} &= 1/200 \times L = 14,6 \text{ mm} \\
 U_{inst,Qservw} &= 5,222 \text{ mm} < 14,6 \text{ mm} \quad \text{Voldoet}
 \end{aligned}$$

Bruikbaarheidsgrenstoestand 2

Blijvende belasting $P_g = G_k = 185 = 0,185 \text{ N/mm}$

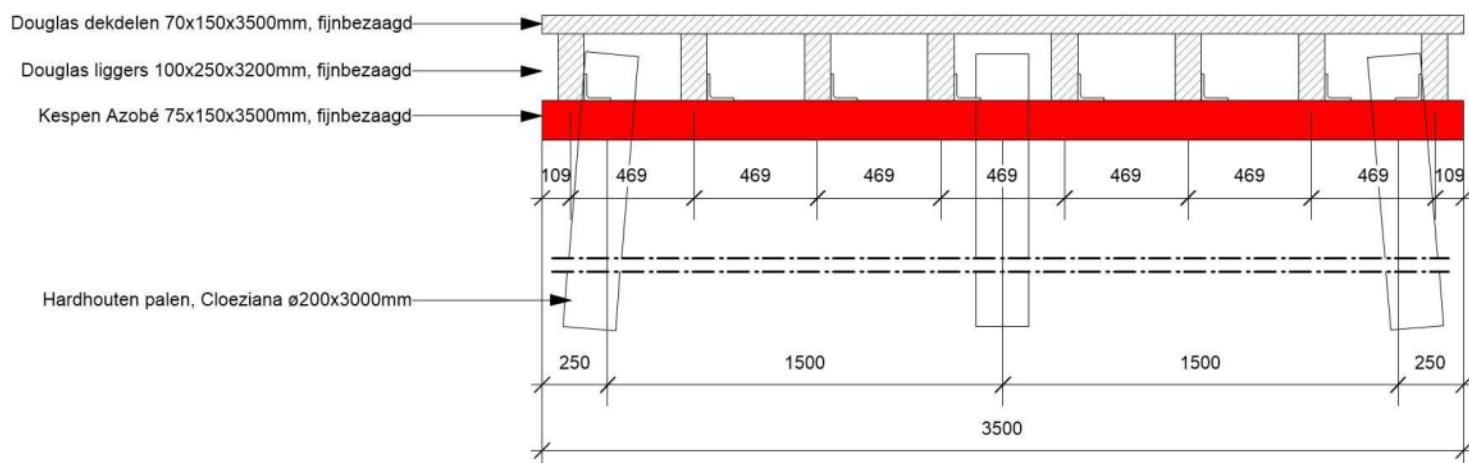
$$\begin{aligned}
 E_{is} &= 1/200 \times L = 14,6 \text{ mm} \\
 U_{inst,g} &= 0,167 \text{ mm} \\
 U_{creep,g} &= 0,134 \text{ mm} \\
 U_{fin,g} &= 0,301 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dienstvoertuig

Quasi blijvende belasting

$$\begin{aligned}
 U_{inst,Qservw} &= 5,222 \text{ mm} \\
 U_{creep,Qservw} &= 0,000 \text{ mm} \\
 U_{fin,Qservw} &= 5,222 \text{ mm} \\
 U_{fin} &= 5,523 \text{ mm} < 14,6 \text{ mm} \quad \text{Voldoet}
 \end{aligned}$$

13. Houten kessen vlonder breed (3,5m breed, B3, C1, F1)



13.1 Inwendige krachten

eigen gewicht	$G_{k,d} =$	$\rho_k \times b \times h / 1000000 =$	40 N/m
	$G_{k,l} =$	$5 \times G_{k,L} \times l / 2l_i / l_k =$	390 N/m
	$G_{k,k} =$	$\rho_k \times b \times h / 1000000 =$	122 N/m
	$G_k =$	$G_{k,k} + G_{k,l} + G_{k,d} =$	551 N/m
	$M_g =$	$1/8 \times G_k \times L^2 =$	155 Nm
opgelegde belasting; verdeeld	$Q_{fk} =$	$b \times q_{fk,II} =$	6.081 N/m
	$M_q =$	$1/8 \times Q_{fk} \times L^2 =$	1.710 Nm
opgelegde belasting; geconcentreerd op 0,20x0,20m	$Q_{servw,II} =$		8.750 N
	$M_Q =$	$2 \times Q_{servw,II} \times L / 2 - 1/2 \times Q_{servw,II} \times 0,20 / 4 =$	3.063 Nm

13.2 Belastingcombinaties (cfr. NEN-EN 1990+A1+A1/C2+NB)

$M_d = \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times \Psi_0 \times M_q$	=	2.033 Nm
$M_d = 0,89 \times \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times M_q$	=	2.475 Nm
$M_d = 0,89 \times \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,Q} \times M_Q$	=	4.300 Nm
$\gamma_{f,g} =$	1,20	
$\gamma_{f,q} =$	1,35	
$\gamma_{f,Q} =$	1,00	

13.3 Buiging (cfr. NEN-EN1993-1-1:2016+NB)

Optredende buigspanning	=	$M_d / W =$	15,3 N/mm ²
$W = 1/6 \times b \times h^2$	=	281.250 mm ³	
M_d	=	4.300.002 Nmm	
K_h	=	1,0	
Buigsterkte	=	$F_{m,0,d} = K_{mod} \times K_h \times F_{m,0,k} / \gamma_m$	= 43,1 N/mm ²
Unity check	=	0,35	Voldoet

13.4 Doorbuiging (cfr. NEN-EN1993-1-1:2016+NB)

Doorbuigingsformules $1U_{inst,Qservw}^*$	=	$(5 \times M_Q \times L^2) / (48 \times E_{0,ser,rep} \times I)$	*benaderingsformule
---	---	--	---------------------

Doorbuigingsformules 2 $U_{inst,g} = (5 \times P_g \times L^4) / (384 \times E_{0,ser,rep} \times I)$

$U_{fin,g} = U_{inst,g} + U_{creep,g}$

$U_{creep,g} = U_{inst,g} \times K_{def}$

$U_{creep,Qservw} = U_{inst,Qservw} \times \Psi_2 \times K_{def}$

$U_{fin} = U_{fin,g} + U_{fin,Qservw}$

Axiaal kwadratisch opp. moment = $1/12 \times b \times h^3 = 21.093.750 \text{ mm}^4$

Bruikbaarheidsgrenstoestand 1

$E_{is} = 1/300 \times L = 5,0 \text{ mm}$

$U_{inst,Qservw}^* = 1,890 \text{ mm} < 5,0 \text{ Voldoet}$

Bruikbaarheidsgrenstoestand 2

Blijvende belasting $P_g = G_k = 551 = 0,551 \text{ N/mm}$

$E_{is} = 1/200 \times L = 7,5 \text{ mm}$

$U_{inst,g} = 0,096 \text{ mm}$

$U_{creep,g} = 0,077 \text{ mm}$

$U_{fin,g} = 0,172 \text{ mm}$

Dienstvoertuig

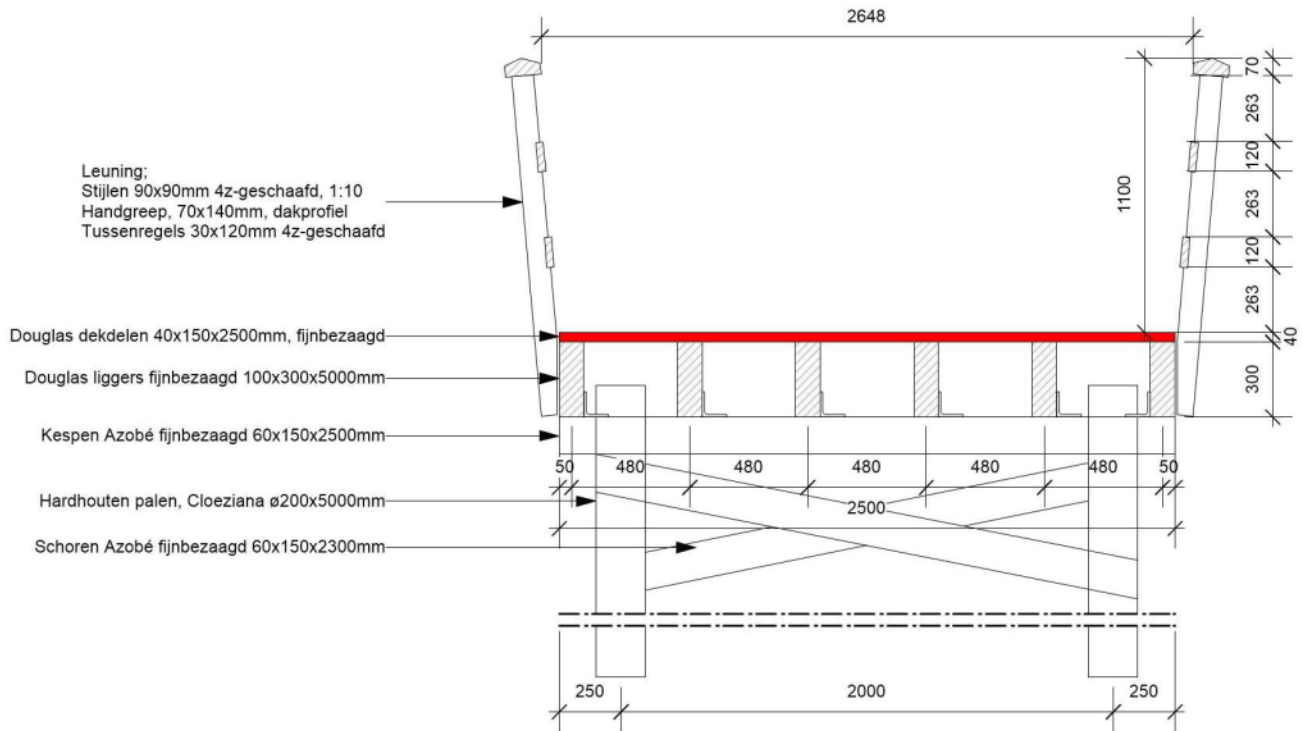
Quasi blijvende belasting $U_{inst,Qservw} = 1,890 \text{ mm}$

$U_{creep,Qservw} = 0,000 \text{ mm}$

$U_{fin,Qservw} = 1,890 \text{ mm}$

$U_{fin} = 2,063 \text{ mm} < 7,5 \text{ Voldoet}$

14. Houten dekdelen brug (2,5m breed, F)



14.1 Inwendige krachten

eigen gewicht

$$G_{k,d} = \rho_k \times b \times h / 1000000 = 23 \text{ N/m}$$

$$M_g = 1/8 \times G_{k,d} \times L^2 = 0,7 \text{ Nm}$$

opgelegde belasting; verdeeld

$$Q_{fk} = b \times q_{fk,III} = 509 \text{ N/m}$$

$$M_q = 1/8 \times Q_{fk} \times L^2 = 15 \text{ Nm}$$

opgelegde belasting; geconcentreerd
 op 0,25x0,25m

$$Q_{servw,III} = 2.625 \text{ N}$$

$$M_Q = 'x Q_{servw,III} \times L / 2 - 1/2 \times Q_{servw,III} \times 0,25 / 4 = 233 \text{ Nm}$$

14.2 Belastingcombinaties (cfr. NEN-EN 1990+A1+A1/C2+NB)

$$M_d = \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times \Psi_0 \times M_q = 16,6 \text{ Nm}$$

$$M_d = 0,89 \times \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times M_q = 20,5 \text{ Nm}$$

$$M_d = 0,89 \times \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,Q} \times M_Q = 315,21 \text{ Nm}$$

$$\gamma_{f,g} = 1,20$$

$$\gamma_{f,q} = 1,35$$

$$\gamma_{f,Q} = 1,00$$

14.3 Buiging (cfr. NEN-EN1993-1-1:2016+NB)

$$\text{Optredende buigspanning} = M_d / W = 7,9 \text{ N/mm}^2$$

$$W = 1/6 \times b \times h^2 = 40.000,0 \text{ mm}^3$$

$$M_d = 315.209,1 \text{ Nmm}$$

$$K_h = 1,3$$

$$\text{Buigsterkte} = F_{m,0,d} = K_{mod} \times K_h \times F_{m,0,k} / Y_m = 12 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Unity check} = 0,67 \quad \text{Voldoet}$$

14.4 Doorbuiging (cfr. NEN-EN1993-1-1:2016+NB)

Doorbuigingsformules 1	$U_{inst, Qservw} =$	$(5 \times M_Q \times L^2) / (48 \times E_{0, ser, rep} \times I)$	*benaderingsformule
Doorbuigingsformules 2	$U_{inst, g} =$	$(5 \times P_g \times L^4) / (384 \times E_{0, ser, rep} \times I)$	
	$U_{fin, g} =$	$U_{inst, g} + U_{creep, g}$	
	$U_{creep, g} =$	$U_{inst, g} \times K_{def}$	
	$U_{creep, Qservw} =$	$U_{inst, Qservw} \times \Psi_2 \times K_{def}$	
	$U_{fin} =$	$U_{fin, g} + U_{fin, Qservw}$	

Axiaal kwadratisch opp. moment = $1/12 \times b \times h^3 = 800.000 \text{ mm}^4$

Bruikbaarheidsgrenstoestand 1

$E_{is} =$	$1/300 \times L =$	1.600 mm			
$U_{inst, Qservw} =$	$0,252 \text{ mm}$	$<$	1.600	Voldoet	

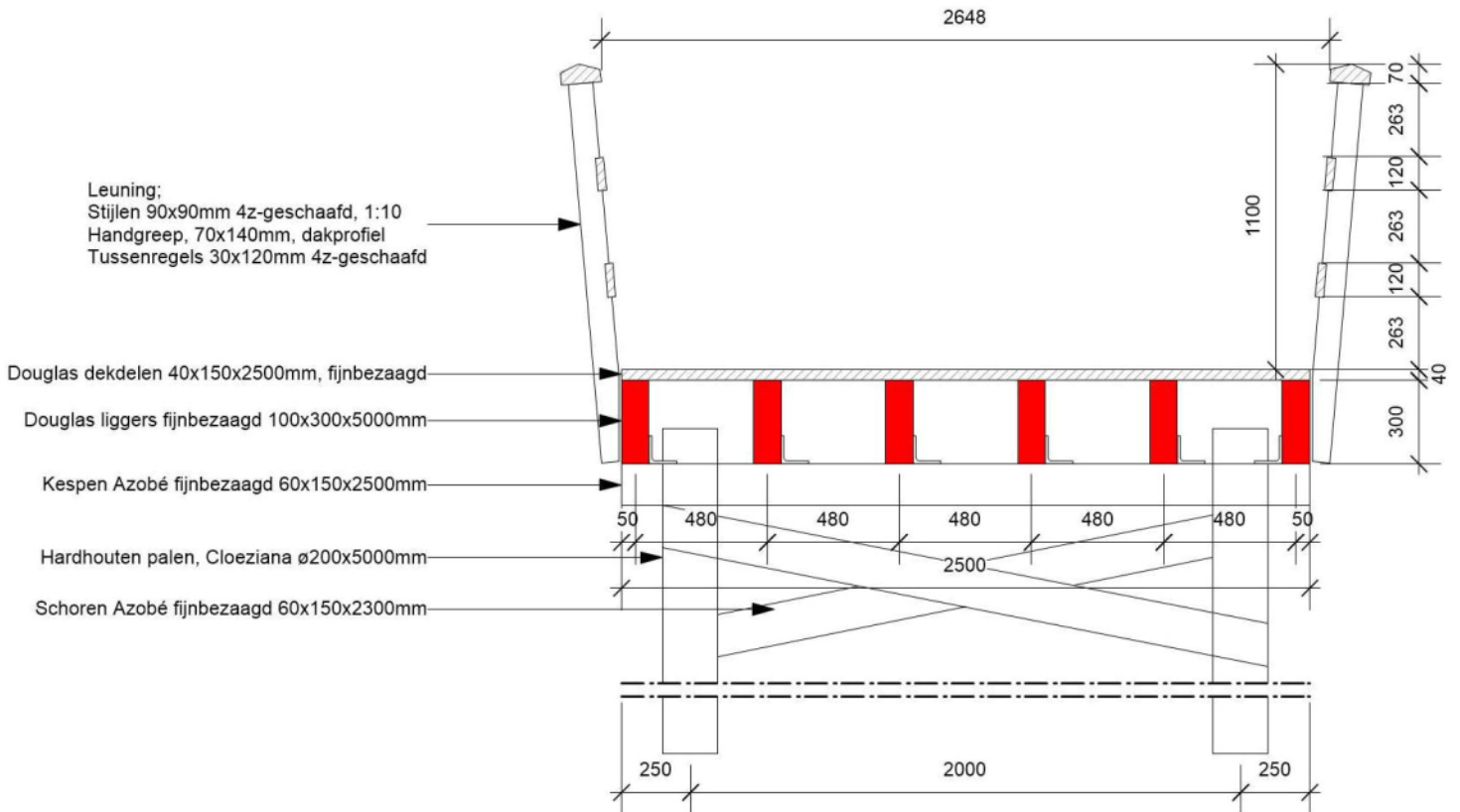
Bruikbaarheidsgrenstoestand 2

Blijvende belasting	$P_g = G_{k, d} =$	$23 =$	$0,023 \text{ N/mm}$		
	$E_{is} =$	$1/200 \times L =$	$2,40 \text{ mm}$		
	$U_{inst, g} =$	$0,003 \text{ mm}$			
	$U_{creep, g} =$	$0,005 \text{ mm}$			
	$U_{fin, g} =$	$0,008 \text{ mm}$			

Dienstvoertuig

Quasi blijvende belasting	$U_{inst, Qservw} =$	$0,252 \text{ mm}$			
	$U_{creep, Qservw} =$	$0,000 \text{ mm}$			
	$U_{fin, Qservw} =$	$0,252 \text{ mm}$			
	$U_{fin} =$	$0,257 \text{ mm}$	$<$	$2,400$	Voldoet

15. Houten liggers brug (2,5m breed, F)



15.1 Inwendige krachten

eigen gewicht

$$G_{k,l} = \rho_k \times b \times h / 1000000 = 80 \text{ N/m}$$

$$G_{k,d} = \rho_k \times b \times l / 1000 = 61 \text{ N/m}$$

$$G_k = G_{k,l} + G_{k,d} = 141 \text{ N/m}$$

$$M_g = 1/8 \times G_k \times L^2 = 397 \text{ Nm}$$

opgelegde belasting; verdeeld

$$Q_{fk} = b \times q_{fk,III} = 1.627 \text{ N/m}$$

$$M_q = 1/8 \times Q_{fk} \times L^2 = 4.571 \text{ Nm}$$

opgelegde belasting; geconcentreerd

$$Q_{servw,III} = 2.625 \text{ N}$$

$$M_Q = 'x Q_{servw,III} \times L / 2 - 1/2 \times Q_{servw,III} \times 0,25 / 4 = 3.029 \text{ Nm}$$

15.2 Belastingcombinaties (cfr. NEN-EN 1990+A1+A1/C2+NB)

$$M_d = \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times \Psi_0 \times M_q = 5.413 \text{ Nm}$$

$$M_d = 0,89 \times \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times M_q = 6.595 \text{ Nm}$$

$$M_d = 0,89 \times \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,Q} \times M_Q = 4.513 \text{ Nm}$$

$$\gamma_{f,g} = 1,20$$

$$\gamma_{f,q} = 1,35$$

$$\gamma_{f,Q} = 1,00$$

15.3 Buiging (cfr. NEN-EN1993-1-1:2016+NB)

$$\text{Optredende buigspanning} = M_d / W = 6,3 \text{ N/mm}^2$$

$$W = 1/6 \times b \times h^2 = 1.041.667 \text{ mm}^3$$

$$M_d = 6.594.524 \text{ Nmm}$$

$$K_h = 1,0$$

$$\text{Buigsterkte} = F_{m,0,d} = K_{mod} \times K_h \times F_{m,0,k} / Y_m = 11,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Unity check} = 0,57 \quad \text{Voldoet}$$

15.4 Doorbuiging (cfr. NEN-EN1993-1-1:2016+NB)

$$\text{Doorbuigingsformules 1 } U_{inst, Qservw} = (5 \times M_Q \times L^2) / (48 \times E_{0,ser,rep} \times I) \quad \text{*benaderingsformule}$$

$$\text{Doorbuigingsformules 2 } U_{inst,g} = (5 \times P_g \times L^4) / (384 \times E_{0,ser,rep} \times I)$$

$$U_{fin,g} = U_{inst,g} + U_{creep,g}$$

$$U_{creep,g} = U_{inst,g} \times K_{def}$$

$$U_{creep, Qservw} = U_{inst, Qservw} \times \psi_2 \times K_{def}$$

$$U_{fin} = U_{fin,g} + U_{fin, Qservw}$$

$$\text{Axiaal kwadratisch opp. moment} = 1/12 \times b \times h^3 = 130.208.333 \text{ mm}^4$$

Bruikbaarheidsgrenstoestand 1

$$E_{is} = 1/200 \times L = 23,7 \text{ mm}$$

$$U_{inst, Qservw} = 6,721 \text{ mm} < 23,7 \quad \text{Voldoet}$$

Bruikbaarheidsgrenstoestand 2

Blijvende belasting

$$P_g = 141 = 0,141 \text{ N/mm}$$

$$E_{is} = 1/200 \times L = 23,7 \text{ mm}$$

$$U_{inst,g} = 0,881 \text{ mm}$$

$$U_{creep,g} = 0,705 \text{ mm}$$

$$U_{fin,g} = 1,587 \text{ mm}$$

Puntlast

Quasi blijvende belasting

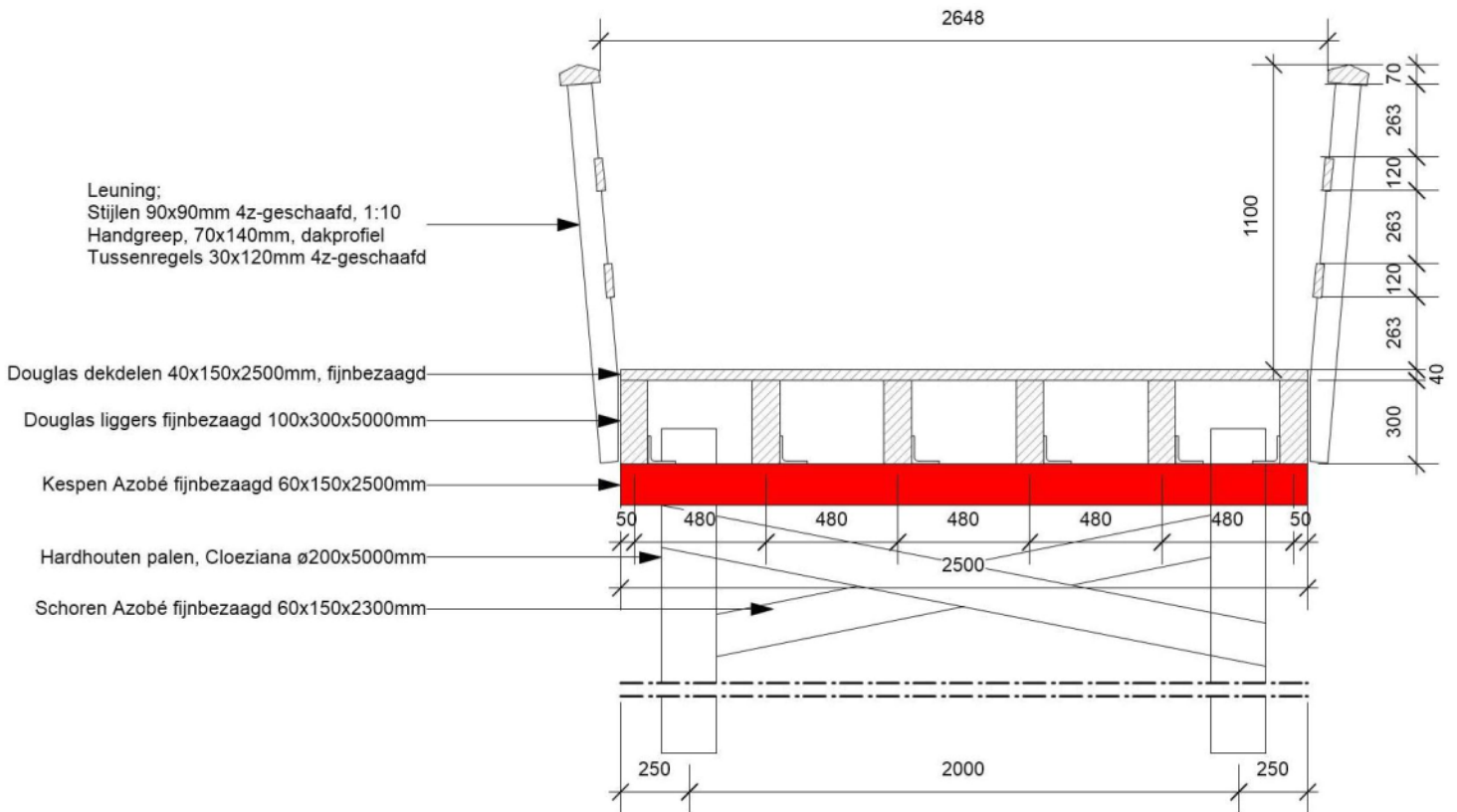
$$U_{inst, Qservw} = 6,721 \text{ mm}$$

$$U_{creep, Qservw} = 0,000 \text{ mm}$$

$$U_{fin, Qservw} = 6,721 \text{ mm}$$

$$U_{fin} = 8,307 \text{ mm} < 23,7 \quad \text{Voldoet}$$

16. Houten kespen brug (2,5m breed, F)



16.1 Inwendige krachten

eigen gewicht

$$\begin{aligned}
 G_{k,d} &= \rho_k \times b \times h / 1000000 = 40 \text{ N/m} \\
 G_{k,l} &= 5 \times G_{k,L} \times 1/2l_l / l_k = 474 \text{ N/m} \\
 G_{k,k} &= \rho_k \times b \times h / 1000000 = 97 \text{ N/m} \\
 G_k &= G_{k,k} + G_{k,l} + G_{k,d} = 611 \text{ N/m} \\
 M_g &= 1/8 \times G_k \times L^2 = 306 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

opgelegde belasting; verdeeld

$$\begin{aligned}
 Q_{fk} &= b \times q_{fk,III} = 8.035 \text{ N/m} \\
 M_q &= 1/8 \times Q_{fk} \times L^2 = 4.018 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

opgelegde belasting; geconcentreerd

$$\begin{aligned}
 Q_{serw,III} &= 2.625 \text{ N} \\
 M_Q &= Q_{serw,III} \times L/2 - 1/2 \times Q_{serw,III} \times 0,25/4 = 1.230 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

16.2 Belastingcombinaties (cfr. NEN-EN 1990+A1+A1/C2+NB)

$$\begin{aligned}
 M_d &= \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times \Psi_0 \times M_q = 4.706 \text{ Nm} \\
 M_d &= 0,89 \times \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times M_q = 5.750 \text{ Nm} \\
 M_d &= 0,89 \times \gamma_{f,g} \times M_g + \gamma_{f,q} \times M_Q = 1.987 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \gamma_{f,g} &= 1,20 \\
 \gamma_{f,q} &= 1,35 \\
 \gamma_{f,Q} &= 1,00
 \end{aligned}$$

16.3 Buiging (cfr. NEN-EN1993-1-1:2016+NB)

$$\begin{aligned}
 \text{Optredende buigspanning} &= M_d / W = 25,6 \text{ N/mm}^2 \\
 W &= 1/6 \times b \times h^2 = 225.000 \text{ mm}^3 \\
 M_d &= 5.750.277 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$K_h = 1,0$$

$$\text{Buigsterkte} = F_{m,0,d} = K_{\text{mod}} \times K_h \times F_{m,0,k} / Y_m = 43,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Unity check} = 0,59 \quad \text{Voldoet}$$

16.4 Doorbuiging (cfr. NEN-EN1993-1-1:2016+NB)

$$\begin{aligned} \text{Doorbuigingsformules 1 } U_{inst,Qservw}^* &= (5 \times M_Q \times L^2) / (48 \times E_{0,ser,rep} \times I) && \text{*benaderingsformule} \\ \text{Doorbuigingsformules 2 } U_{inst,g} &= (5 \times P_g \times L^4) / (384 \times E_{0,ser,rep} \times I) \\ U_{fin,g} &= U_{inst,g} + U_{creep,g} \\ U_{creep,g} &= U_{inst,g} \times K_{def} \\ U_{creep,Qservw} &= U_{inst,Qservw} \times \Psi_2 \times K_{def} \\ U_{fin} &= U_{fin,g} + U_{fin,Qservw} \end{aligned}$$

$$\text{Axiaal kwadratisch opp. moment} = 1/12 \times b \times h^3 = 16.875.000 \text{ mm}^4$$

Bruikbaarheidsgrenstoestand 1

$$\begin{aligned} E_{is} &= 1/300 \times L = 6,7 \text{ mm} \\ U_{inst,Qservw} &= 1,688 \text{ mm} < 6,7 \quad \text{Voldoet} \end{aligned}$$

Bruikbaarheidsgrenstoestand 2

$$\begin{aligned} \text{Blijvende belasting } P_g &= 611 = 0,611 \text{ N/mm} \\ E_{is} &= 1/200 \times L = 10,0 \text{ mm} \\ U_{inst,g} &= 0,419 \text{ mm} \\ U_{creep,g} &= 0,335 \text{ mm} \\ U_{fin,g} &= 0,754 \text{ mm} \end{aligned}$$

Puntlast

$$\begin{aligned} \text{Quasi blijvende belasting } U_{inst,Qservw} &= 1,688 \text{ mm} \\ U_{creep,Qservw} &= 0,000 \text{ mm} \\ U_{fin,Qservw} &= 1,688 \text{ mm} \\ U_{fin} &= 2,442 \text{ mm} < 10,0 \quad \text{Voldoet} \end{aligned}$$