

Document nr. : 170260-BER-BA-1
Onderdeel : Statische berekening
Werk : Nieuwbouw bijgebouw aan de Teubenweg 25
te Keijenborg
Werknr. : 170260

Datum: 27 april 2017

Projectgegevens:

Werk: Nieuwbouw bijgebouw aan de Teubenweg 25 te Keijenburg
Werknr: 170260

Constructeur: Ingenieursbureau Horst
Ing. E. Horst
Kamilleveld 47
7006 VC Doetinchem

Paraaf constructeur:



Datum: 27 april 2017

Inhoudsopgave:

1. Beschrijving van het project en materiaalkwaliteiten.....	4
1.1. inleiding.....	4
1.2. beschrijving constructie	4
1.3. Impressie project.....	4
1.4. materialen en kwaliteiten	6
1.5. aangehouden gewicht van constructieonderdelen	6
2. Belastingen en vervormingen	7
2.1. Normen	7
2.2. Rekenprogramma's	7
2.3. veiligheidsklasse	7
2.4. overzicht veranderlijke belastingen	8
2.5. opbouw vloer- en dakbelastingen	8
2.6. windbelasting	8
2.7. vervormingen	8
3. Dakconstructie	9
3.1. Plat dak balklaag	10
3.2. Randbalk plat dak	15
3.3. Sporen	21
4. Stalen spanten	29
5. Fundatie	33
Bijlage A: Overzicht constructie	
Bijlage B: In- en uitvoer berekening stalen spanten	

1. Beschrijving van het project en materiaalkwaliteiten

1.1. inleiding

In dit berekeningsrapport wordt de nieuwbouw van een bijgebouw aan de Teubenweg 25 te Keijenburg behandeld.

Achtereenvolgens worden, na de beschrijving van het project en de materiaalkwaliteiten, de uitgangspunten gegeven van de materialen en de belastingen. Vervolgens wordt de constructie van het bijgebouw uitgewerkt.

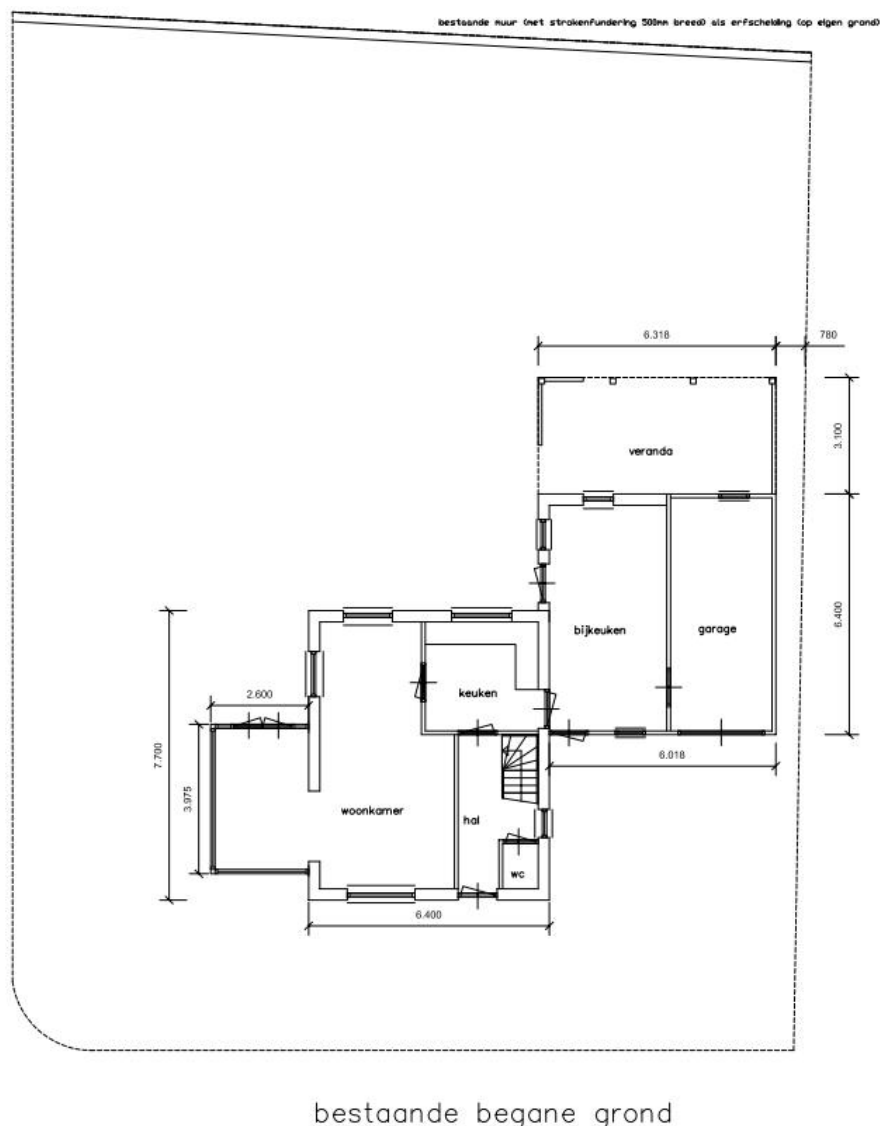
Deze berekening is ten behoeve van de bouwaanvraag en dient mogelijk als basis voor de aannemer en de onderaannemers ten behoeve van de door hen te maken detailberekeningen.

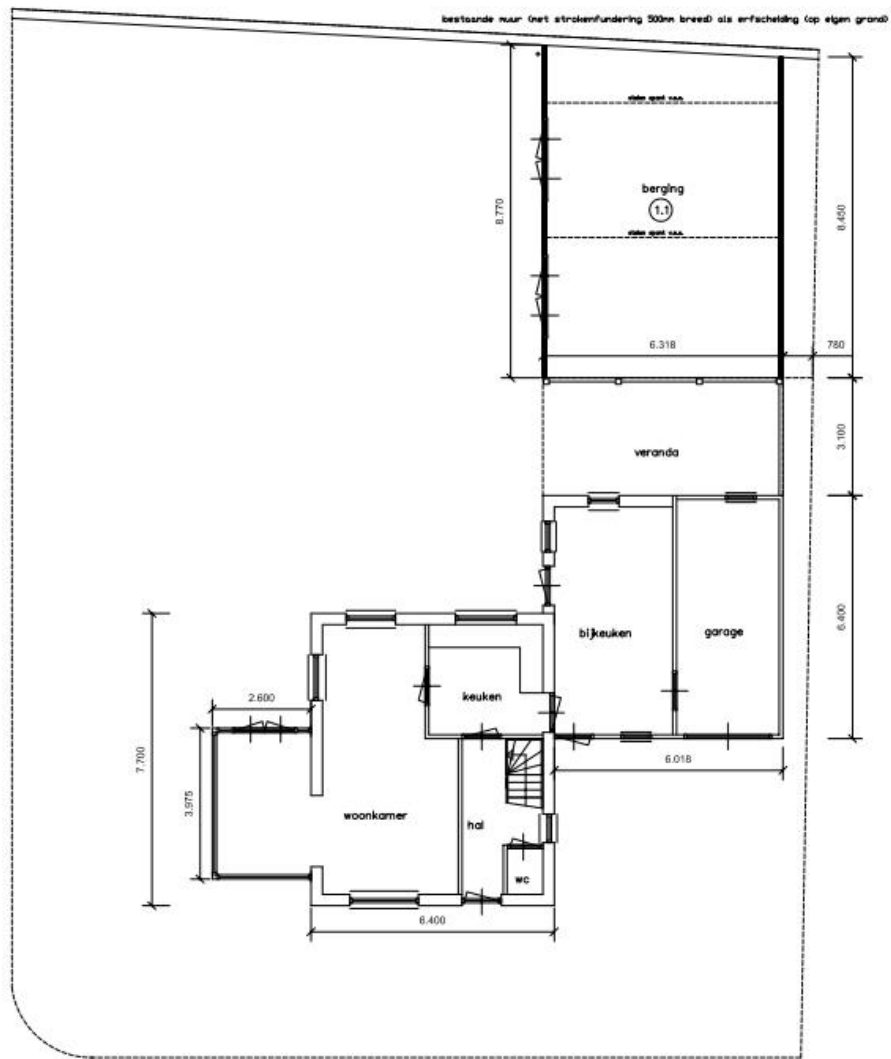
1.2. beschrijving constructie

Het project betreft de nieuwbouw van een bijgebouw.

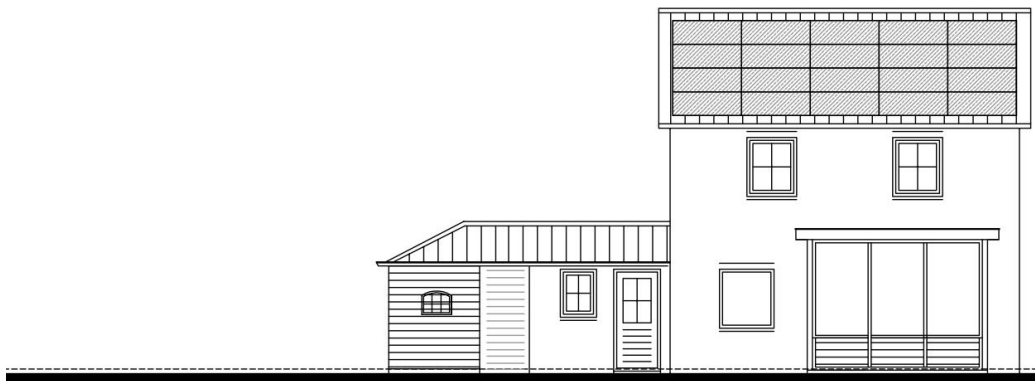
De constructie van de uitbouw bestaat uit een houten plattendakconstructie, een mansarde dakrand voorzien van een pannen en stalen spanten. De gevels worden uitgevoerd in houten stijl- en regelwerk voorzien van houten afwerking.

1.3. Impressie project

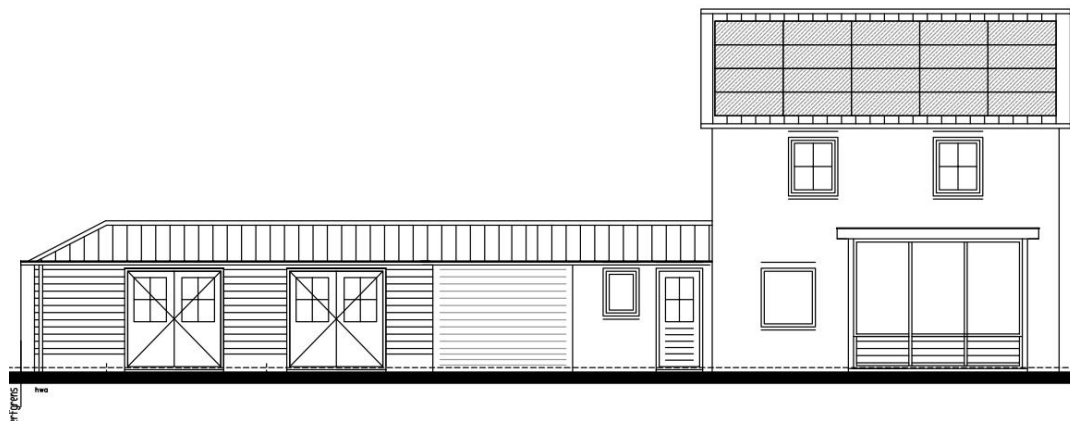




gewijzigde begane grond



bestaande linkerzijgevel



gewijzigde linkerzijgevel

1.4. materialen en kwaliteiten

constructiestaal

· walsprofiel, algemeen	S235JR
· rechthoekig kokerprofiel, algemeen (warmgevormd)	S275JOH
· buisprofiel, algemeen (warmgevormd)	S275JOH
· bouten	sterkteklasse 8.8
· moeren	sterkteklasse 8
· fundatie-einden	sterkteklasse 4.6 of S235JR

Voor de conservering van de staalconstructie geldt het volgende:

- staal binnen, in zicht: verfsysteem;
- staal binnen, niet in zicht: verfsysteem;
- staal buiten: thermisch verzinkt en verfsysteem.

Beton

· ter plaatse gestort beton, vochtig, buiten	C20/25, milieuklasse XC4
--	--------------------------

constructief metselwerk

· baksteen	druksterkte $\geq 10\text{N/mm}^2$
· kalkzandsteen	CS12

houtconstructie

· vuren	C18
---------	-----

1.5. aangehouden gewicht van constructieonderdelen

aangehouden gewicht per volume

· grindbeton	25,0 kN/m ³
· wapeningsstaal	78,5 kN/m ³
· staalconstructies	78,5 kN/m ³
gewicht per lengte volgens tabellenboek	
· europees naaldhout, incl. bevestigingsmiddelen	3,8 kN/m ³

wanden en gevels

metselwerk

· halfsteens, schoon werk (20,0 x 0,10 =)	2,0 kN/m ²
· steens, schoon werk (20,0 x 0,21 =)	4,2 kN/m ²
· halfsteens, vuilwerk poriso (15,0x0,10 + 0,1=)	1,6 kN/m ²
Houtskeletbouw wanden (excl. Afwerking)	0,4 kN/m ²

2. Belastingen en vervormingen

2.1. Normen

De volgende normen (inclusief nationale bijlage) zijn gebruikt:

NEN-EN 1990	grondslagen van het constructief ontwerp
NEN-EN 1991-1-1	algemene belastingen voor gebouwen
NEN-EN 1991-1-2	belasting bij brand
NEN-EN 1991-1-3	sneeuwbelasting
NEN-EN 1991-1-4	windbelasting
NEN-EN 1991-1-7	buitengewone belasting
NEN-EN 1992-1-1	ontwerp en berekening betonconstructies: algemene regels en regels voor gebouwen
NEN-EN 1993-1-1	ontwerp en berekening staalconstructies: algemene regels en regels voor gebouwen
NEN-EN 1993-1-8	ontwerp en berekening van verbindingen
NEN-EN 1993-1-11	ontwerp en berekening van op trek belaste componenten
NEN-EN 1994-1-1	ontwerp en berekening staal-betonconstructies: algemene regels en regels voor gebouwen
NEN-EN 1995-1-1	ontwerp en berekening houtconstructies: algemene regels en regels voor gebouwen
NEN-EN 1996-1-1	ontwerp en berekening van constructies van metselwerk: algemene regels voor constructies van gewapend en ongewapend metselwerk
NEN-EN 1996-1-3	vereenvoudigde berekening voor constructies van ongewapend metselwerk

2.2. Rekenprogramma's

Voor de berekening is gebruik gemaakt van de volgende rekensoftware:

- Struct4U
- Technosoft
- Excelsheets van Ingenieursbureau Horst

2.3. veiligheidsklasse

De constructie van dit gebouw dient te worden ingedeeld in gevolgklasse CC1/betrouwbaarheidsklasse RC1 zoals beschreven in tabel B1, NEN-EN 1990 – Grondslagen voor het constructief ontwerp.

De bijbehorende ontwerplevensduur bedraagt 50 jaar.

Partiele factor voor belastingcombinaties, uiterste grenstoestanden

blijvende belasting: $\gamma_s = 1,2^*$, $1,35$ of $0,9^{**}$

* gerekend met $\alpha = 0,89$

** afhankelijk van de beschouwde combinatie

veranderlijke belasting: $\gamma_Q = 1,5$

Bovenstaande partiele factoren dienen bij ongunstige belastingen te worden vermenigvuldigd met de K_{FI} .

Voor betrouwbaarheidsklasse RC1 dient voor K_{FI} de waarde 0,9 te worden aangehouden.

2.4. overzicht veranderlijke belastingen

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de gebruiksbelastingen. Uiteraard blijft het gestelde in NEN-EN 1991-1-1 onverkort van kracht. Gebruiksbelastingen in kN/m², kN/m¹ en kN.

ruimte	belastingen					opm.
	qk	y 0	y 1	y 2	Qk	
Plat dak						
Opgelegde belasting	1,0	0,0	0,0	0,0	2	
Sneeuwbelasting	0-3,1	0,0	0,2	0,0		

2.5. opbouw vloer- en dakbelastingen

Plat dak:

· houten balklaag + beschot	0,30 kN/m ²	
· dakbedekking	<u>0,20 kN/m²</u>	+
S permanente belasting	gk: 0,50 kN/m ²	
S veranderlijke belasting	qk: zie § 2.4	

Mansarde dakrand:

· pannendak + beschot	<u>0,65 kN/m²</u>	+
S permanente belasting	gk: 0,65 kN/m ²	
S veranderlijke belasting	qk: zie § 2.4	

2.6. windbelasting

Bepaling volgens NEN-EN 1991-1-4, hoofdstuk 8.6:

- windgebied volgens NEN-EN 1991-1-4 (Tabel NB.1): III
- omgeving: bebouwd
- hoogte boven maaiveld: 3,25 m
- stuwdruk q_p : 0,48 kN/m²

Bouwwerkfactor c_{sC_d} en de factor c_f te bepalen volgens hoofdstuk 6 t/m 8 van de NEN-EN 1991-1-4.

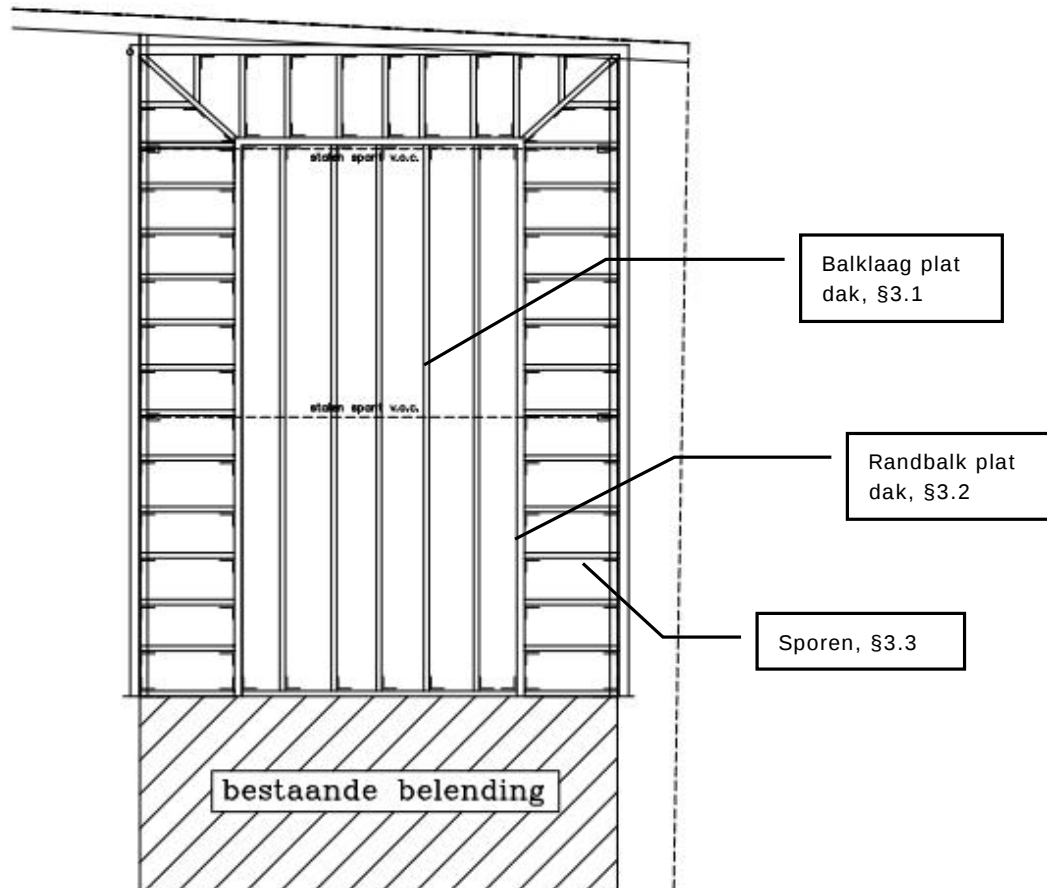
2.7. vervormingen

Voor de vervorming van de diverse constructie-onderdelen zullen de volgende grenswaarden gehanteerd worden:

- bijkomende doorbuiging van daken: $u_{bij} \leq 0,004l_{rep}$
 l_{rep} is de lengte van de overspanning of twee maal de uitkraging
- einddoorbuiging van daken: $u_{eind} \leq 0,004l_{rep}$
- horizontale doorbuiging: $h/500$ en $u \leq h/300$ per bouwlaag (meer dan 1 bouwlaag)
 h is de kleinste gevelhoogte of kleinste bouwlaaghoogte

Indien nodig worden de einddoorbuigingen beperkt door het toepassen van een zeeg / toog. De zeegen voor de desbetreffende onderdelen staan bij de berekende onderdelen aangegeven.

3. Dakconstructie

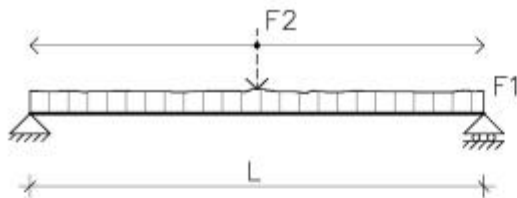


kapplan
principe

- alle ankers ed. v.o.c.
- alle constructieve afmetingen v.o.c.

3.1. Plat dak balklaag

Balklaag 70x170 [C18] hoh 610mm.



Invoer:

overspanning $L =$ 3,70 m
 hoh balken hoh = 0,61 m
 momentaan factor opgelegde belasting $\Psi_0 =$ 0,0

Belastingen:

blijvende belasting $g_k =$ 0,50 kN/m²
 opgelegde belasting $q_k =$ 1,00+0,00 = 1,00 kN/m²
 opgelegde belasting $Q_k =$ 2,00 kN

F1:

$g_k =$ hoh * $g_k = 0,61 * 0,50 =$ 0,30 kN/m
 $q_k =$ hoh * $q_k = 0,61 * 1,00 =$ 0,61 kN/m

F2:

$Q_k =$ $Q_k =$ 2,00 kN

TS/Liggers

Rel: 6.23 27 apr 2017

Project.....: -
 Onderdeel.....
 Constructeur.: HP
 Opdrachtgever:
 Dimensies....: kN/m/rad
 Datum.....: 03/11/2016
 Bestand.....: p:\2017\170260_nieuwbouw bijgebouw ad teubenweg 25 te keijenborg_remco
 tolkamp\berekening\houten balklaag plat dak.dlw

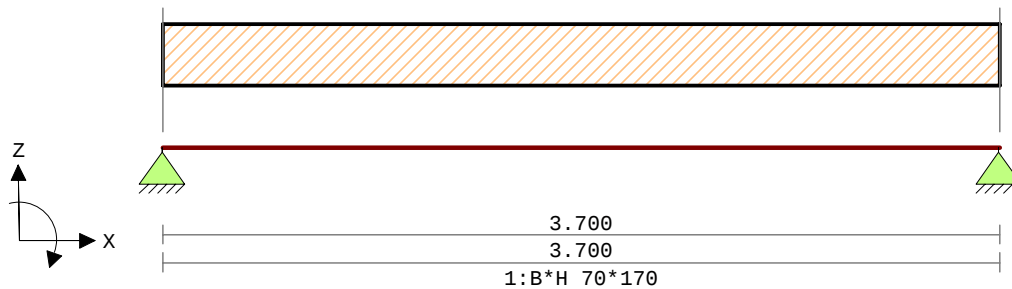
Betrouwbaarheidsklasse : 1 Referentieperiode : 50

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011(nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011(nl)
Hout	NEN-EN 1995-1-1:2005	A1:2011, C1:2006	NB:2011(nl)

GEOMETRIE

Ligger:1



VELDLENGTEN

Ligger:1

Veld	Vanaf	Tot	Lengte
1	0.000	3.700	3.700

MATERIALEN

Mt Omschrijving	E-modulus[N/mm2]	S.M.	S.M.verhoogd	Pois.	Uitz. coëff
1 C18	9000	3.2	3.8	0.00	5.0000e-06

Bij de bepaling v.h. e.g. van houten staven is de S.M.verhoogd toegepast.

PROFIELEN [mm]

Prof. Omschrijving	Materiaal	Oppervlak	Traagheid	Vormf.
1 B*H 70*170	1:C18	1.1900e+04	2.8659e+07	0.00

PROFIELEN vervolg [mm]

Prof. Staaf-type	Breedte	Hoogte	e	Type	b1	h1	b2	h2
1 0:Normaal	70	170	85.0	0:RH				

PROFIELVORMEN [mm]

1 B*H 70*170



BELASTINGGEVALLEN

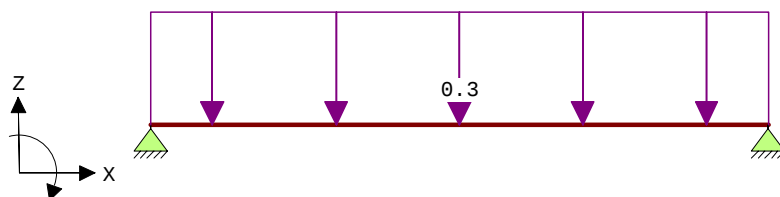
B.G. Omschrijving	Belast/onbelast	y0	y1	y2	e.g.
1 Permanent	2:Permanent EN1991				0.00
2 Veranderlijk	1:Schaakbord EN1991	0.00	0.00	0.00	0.00
3 Veranderlijk	3:Kraanbaan	0.00	0.00	0.00	0.00

BELASTINGGEVALLEN

B.G. Omschrijving	Type
1 Permanent	1 Permanente belasting
2 Veranderlijk	2 Ver. bel. pers. ed. (p_rep)
3 Veranderlijk	3 Ver. bel. pers. ed. (F-rep)

VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:1 Permanent



VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:1 Permanent

Last Ref.	Type	Omschrijving	q1/p/m	q2	psi	Afstand	Lengte
1	1:q-last		-0.300	-0.300		0.000	3.700

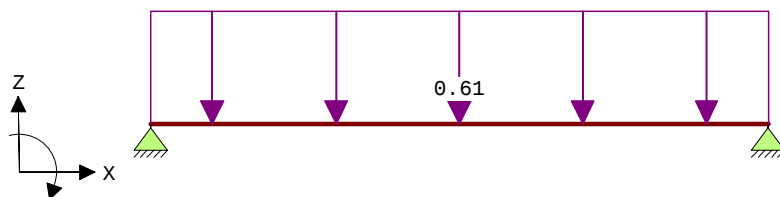
REACTIES

Ligger:1 B.G:1 Permanent

Stp	F	M
1	0.55	0.00
2	0.55	0.00
	1.11 :	(absoluut) grootste som reacties
	-1.11 :	(absoluut) grootste som belastingen

VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk



VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk

Last Ref.	Type	Omschrijving	q1/p/m	q2	psi	Afstand	Lengte
1	1:q-last		-0.610	-0.610		0.000	3.700

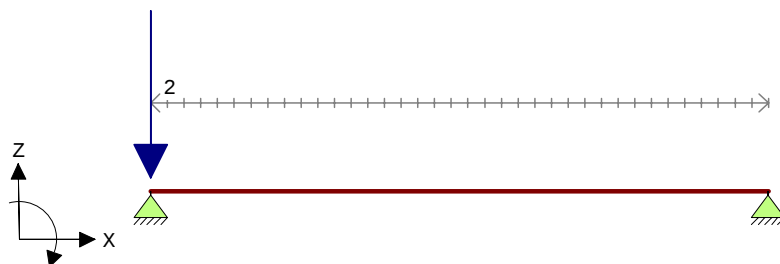
REACTIES

Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk

Stp	Fmin	Fmax	Mmin	Mmax
1	0.00	1.13	0.00	0.00
2	0.00	1.13	0.00	0.00

VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk



VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk

Last Ref.	Type	Omschrijving	q1/p/m	q2	psi	Afstand	Lengte
1	16:Niet pass.		-2.000	0.100		0.000	3.700

REACTIES

Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk

Stp	Fmin	Fmax	Mmin	Mmax
1	0.00	2.00	0.00	0.00
2	0.00	2.00	0.00	0.00

BELASTINGCOMBINATIES

BC Type				
1 Fund.	1.22	$G_{k,1}$		
2 Fund.	0.90	$G_{k,1}$		
3 Fund.	1.08	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,2}$
4 Fund.	1.08	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,3}$
5 Fund.	1.08	$G_{k,1}$		
6 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,2}$
7 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,3}$
8 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,2}$
9 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,3}$
10 Kar.	1.00	$G_{k,1}$		
11 Quas.	1.00	$G_{k,1}$		
12 Freq.	1.00	$G_{k,1}$		
13 Blij.	1.00	$G_{k,1}$		

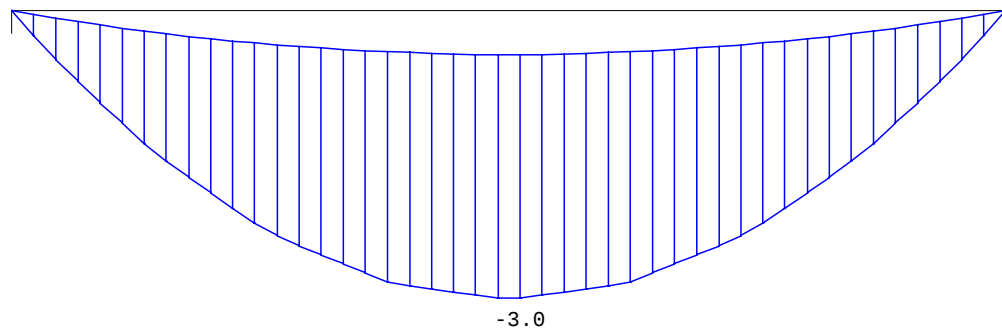
GUNSTIGE WERKING PERMANENTE BELASTINGEN

BC Velden met gunstige werking	
1	Geen
2	Alle velden de factor:0.90
3	Geen
4	Geen
5	Geen
6	Alle velden de factor:0.90
7	Alle velden de factor:0.90

OMHULLENDE VAN DE FUNDAMENTELE COMBINATIES

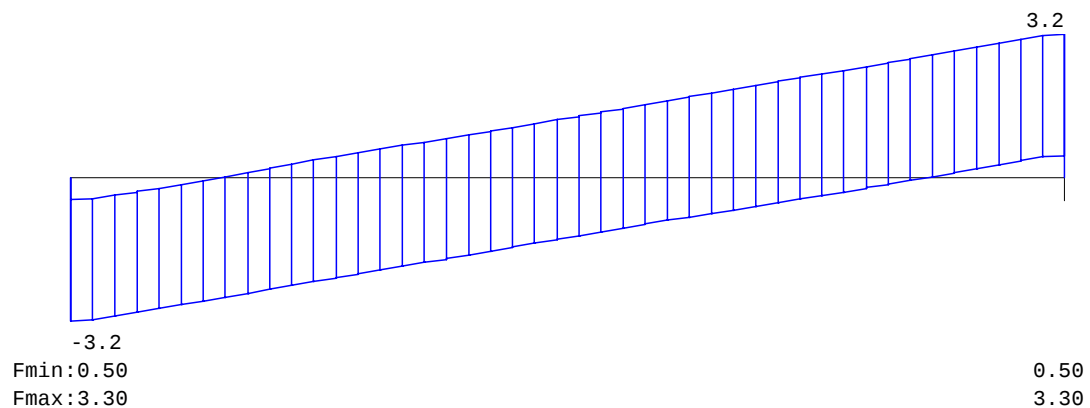
MOMENTEN

Ligger:1 Fundamentele combinatie



DWARSKRACHTEN

Ligger:1 Fundamentele combinatie



REACTIES

Ligger:1 Fundamentele combinatie

Stp	Fmin	Fmax	Mmin	Mmax
1	0.50	3.30	0.00	0.00
2	0.50	3.30	0.00	0.00

MATERIAALGEGEVENS

Materiaal	$f_{m,y,k}$ [N/mm ²]	f_k [kg/m ³]	f_{mean} [kg/m ³]	$f_{t,0,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,90,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,90,k}$ [N/mm ²]	$f_{v,k}$ [N/mm ²]
C18	18	320	380	11	0.4	18	2.2	3.4

MATERIAALGEGEVENS (vervolg)

Materiaal	G_{mean} [N/mm ²]	$E_{0,05}$ [N/mm ²]	$E_{0,mean}$ [N/mm ²]	$E_{0,mean}$ [N/mm ²]	Klimaatklasse	K_{def}	$E_{0,mean,fin}$ [N/mm ²]
C18	560	6000	300	9000	I	0.60	5625

KIPSTABILITEIT

Ligger:1

Staf	Plts. aanr.	l sys. [m]	Kipsteunafstanden [m]
1	1.0*h boven: onder:	3.70 5*0,617;0,615 3.70	0.000;3.700

TOETSING SPANNINGEN

Staf	1	BC / Sit.	4 / 19	UC frm(6.11)	0.73
Maatgevend is buiging (EN 1995-1-1 art. 6.1.6(1)) aan bovenzijde staaf					
Positie	1800 [mm]	Breedte	70.00 [mm]	Hoogte	170.00 [mm]
k_{mod}	0.90 [-]	k_h	1.00 [-]	$k_h(f_{mk}, f_{tok})$	1.00 [-]
$f_{m,y,d}$	12.46 [N/mm ²]	D	-1.40 [kN]	M	-3.05 [kNm]
$f_{v,y,d}$	2.35 [N/mm ²]	$S_{v,d}$	0.18 [N/mm ²]	$S_{m,y,d}$	-9.05 [N/mm ²]
$S_{m,y,crit}$	140.96 [N/mm ²]	$l_{ef,y}$	957.00 [mm]		
$l_{rel,my}$	0.36 [-]	$k_{crit,y}$	1.00 [-]		

TOETSING DOORBUIGING

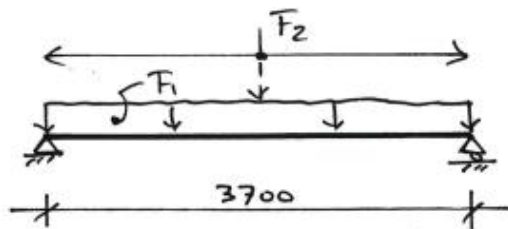
Stf	Soort	l_{sys} [mm]	Overstek i j	BC Sit	u_{bij} [mm]	Toelaatbaar [mm]	$u_{fin,net}$ [mm]	Toelaatbaar [mm]
1	Dak	3700	Nee Nee	11 1	-9.9	-14.8 0.004	-12.7	-14.8 0.004

TOETSING DOORBUIGING (vervolg)

Stf	Soort	l_{sys} [mm]	Overstek i j	BC Sit	u_{inst} [mm]	Toelaatbaar [mm]
1	Dak	3700	Nee Nee	9 19	-11.0	-14.8 0.004

3.2. Randbalk plat dak

Balklaag 70x195 [C18]



$$F_1: \quad g_k = \text{plat dak} \quad 0,305 \times 0,50 = 0,15 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{massaude dakwand} \quad \frac{1}{2} \times 1,4 \times 0,65 = 0,46 \text{ kN/m}^2 +$$

$$\Sigma g_k = 0,61 \text{ kN/m}^2$$

$$g_k = \text{opgelegde belasting} \quad 0,305 \times 1,0 = 0,305 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{sneeuw} \quad 0,305 \times 0,56 = 0,17 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{1}{2} \times 1,2 \times 0,56 = 0,34 \text{ kN/m}^2 +$$

$$\Sigma g_k = 0,51 \text{ kN/m}^2$$

$$F_2: \quad Q_k = \text{opgelegde belasting} = 20 \text{ kN}$$

TS/Liggers

Rel: 6.23 27 apr 2017

Project.....: -
 Onderdeel.....: -
 Constructeur.: HP
 Opdrachtgever:
 Dimensies.....: kN/m/rad
 Datum.....: 03/11/2016
 Bestand.....: p:\2017\170260_nieuwbouw bijgebouw ad teubenweg 25 te keijenborg_remco
 tolkamp\berekening\randbalk plat dak.dlw

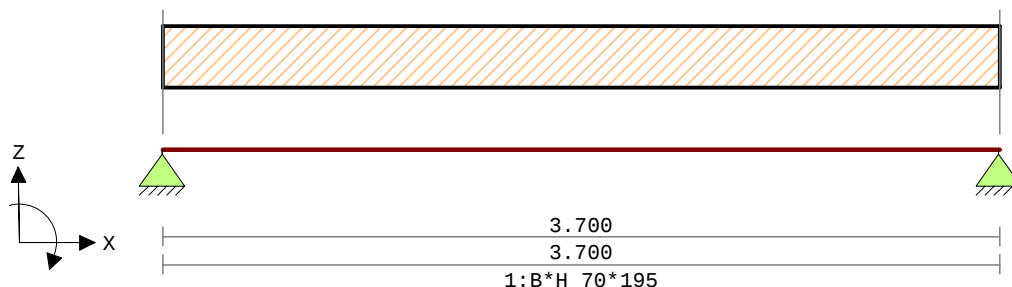
Betrouwbaarheidsklasse : 1 Referentieperiode : 50

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011(nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011(nl)
Hout	NEN-EN 1995-1-1:2005	A1:2011, C1:2006	NB:2011(nl)

GEOMETRIE

Ligger:1



VELDLENGTEN

Ligger:1

Veld	Vanaf	Tot	Lengte
1	0.000	3.700	3.700

MATERIALEN

Mt	Omschrijving	E-modulus[N/mm2]	S.M.	S.M.verhoogd	Pois.	Uitz. coëff
1	C18	9000	3.2	3.8	0.00	5.0000e-06

Bij de bepaling v.h. e.g. van houten staven is de S.M.verhoogd toegepast.

PROFIELEN [mm]

Prof.	Omschrijving	Materiaal	Oppervlak	Traagheid	Vormf.
1	B*H 70*195	1:C18	1.3650e+04	4.3253e+07	0.00

PROFIELEN vervolg [mm]

Prof.	Staaftype	Breedte	Hoogte	e	Type	b1	h1	b2	h2
1	0:Normaal	70	195	97.5	0:RH				

PROFIELVORMEN [mm]

1 B*H 70*195



BELASTINGGEVALLEN

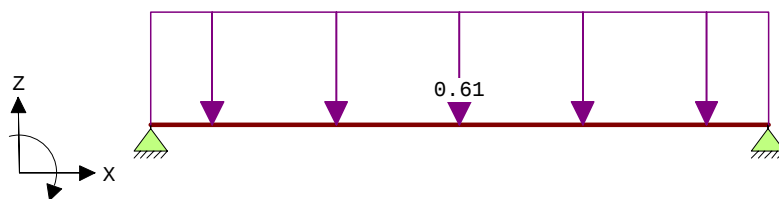
B.G.	Omschrijving	Belast/onbelast	y0	y1	y2	e.g.
1	Permanent	2:Permanent EN1991				0.00
2	Veranderlijk	1:Schaakbord EN1991	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Veranderlijk	3:Kraanbaan	0.00	0.00	0.00	0.00
4	sneeuw	1:Schaakbord EN1991	0.00	0.20	0.00	0.00

BELASTINGGEVALLEN

B.G.	Omschrijving	Type
1	Permanent	1 Permanente belasting
2	Veranderlijk	2 Ver. bel. pers. ed. (p_rep)
3	Veranderlijk	3 Ver. bel. pers. ed. (F-rep)
4	sneeuw	3 Ver. bel. pers. ed. (F-rep)

VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:1 Permanent



VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:1 Permanent

Last Ref.	Type	Omschrijving	q1/p/m	q2	psi	Afstand	Lengte
1	1:q-last		-0.610	-0.610		0.000	3.700

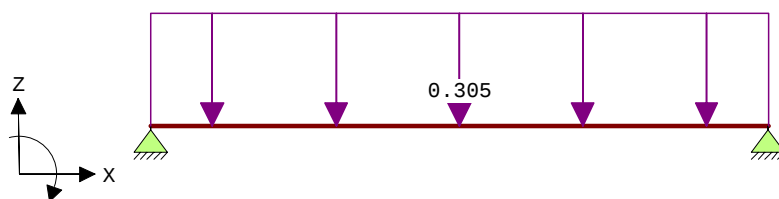
REACTIES

Ligger:1 B.G:1 Permanent

Stp	F	M
1	1.13	0.00
2	1.13	0.00
	2.26 :	(absoluut) grootste som reacties
	-2.26 :	(absoluut) grootste som belastingen

VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk



VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk

Last Ref.	Type	Omschrijving	q1/p/m	q2	psi	Afstand	Lengte
1	1:q-last		-0.305	-0.305		0.000	3.700

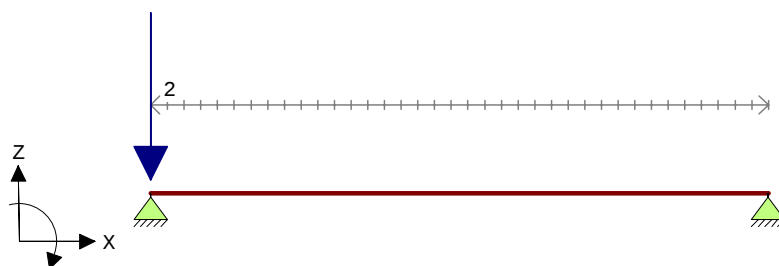
REACTIES

Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk

Stp	Fmin	Fmax	Mmin	Mmax
1	0.00	0.56	0.00	0.00
2	0.00	0.56	0.00	0.00

VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk



VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk

Last Ref.	Type	Omschrijving	q1/p/m	q2	psi	Afstand	Lengte
1	16:Niet pass.		-2.000	0.100		0.000	3.700

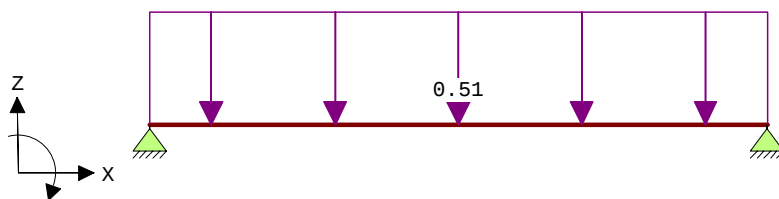
REACTIES

Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk

Stp	Fmin	Fmax	Mmin	Mmax
1	0.00	2.00	0.00	0.00
2	0.00	2.00	0.00	0.00

VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:4 sneeuw



VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:4 sneeuw

Last Ref.	Type	Omschrijving	q1/p/m	q2	psi	Afstand	Lengte
1	1:q-last		-0.510	-0.510		0.000	3.700

REACTIES

Ligger:1 B.G:4 sneeuw

Stp	Fmin	Fmax	Mmin	Mmax
1	0.00	0.94	0.00	0.00
2	0.00	0.94	0.00	0.00

BELASTINGCOMBINATIES

BC	Type
1 Fund.	1.22 $G_{k,1}$
2 Fund.	0.90 $G_{k,1}$
3 Fund.	1.08 $G_{k,1}$ + 1.35 $Q_{k,2}$
4 Fund.	0.90 $G_{k,1}$ + 1.35 $Q_{k,2}$
5 Fund.	1.08 $G_{k,1}$ + 1.35 $Q_{k,3}$ + 1.35 $Q_{k,4}$
6 Fund.	0.90 $G_{k,1}$ + 1.35 $Q_{k,3}$ + 1.35 $Q_{k,4}$
7 Kar.	1.00 $G_{k,1}$ + 1.00 $Q_{k,2}$
8 Kar.	1.00 $G_{k,1}$ + 1.00 $Q_{k,3}$ + 1.00 $Q_{k,4}$
9 Quas.	1.00 $G_{k,1}$
10 Freq.	1.00 $G_{k,1}$
11 Blij.	1.00 $G_{k,1}$

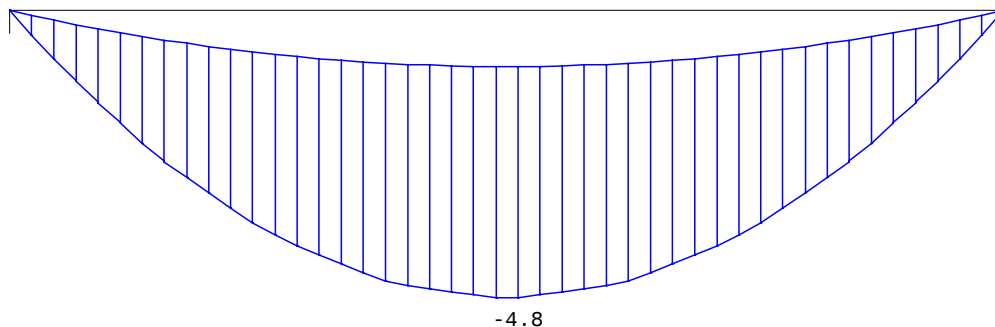
GUNSTIGE WERKING PERMANENTE BELASTINGEN

BC	Velden met gunstige werking
1	Geen
2	Alle velden de factor:0.90
3	Geen
4	Alle velden de factor:0.90
5	Geen
6	Alle velden de factor:0.90

OMHULLENDE VAN DE FUNDAMENTELE COMBINATIES

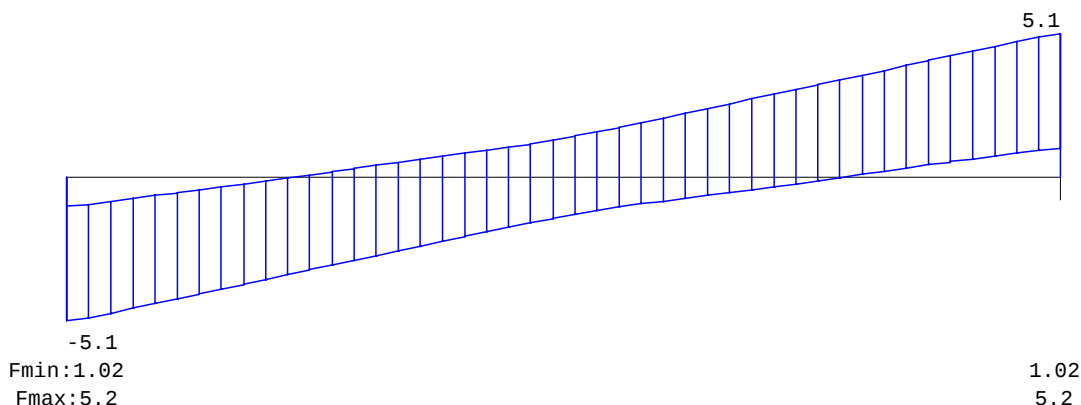
MOMENTEN

Ligger:1 Fundamentele combinatie



DWARSKRACHTEN

Ligger:1 Fundamentele combinatie



REACTIES

Ligger:1 Fundamentele combinatie

Stp	Fmin	Fmax	Mmin	Mmax
1	1.02	5.19	0.00	0.00
2	1.02	5.19	0.00	0.00

MATERIAALGEGEVENS

Materiaal	$f_{m,y,k}$ [N/mm ²]	f_k [kg/m ³]	f_{mean} [kg/m ³]	$f_{t,0,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,90,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,90,k}$ [N/mm ²]	$f_{v,k}$ [N/mm ²]
C18	18	320	380	11	0.4	18	2.2	3.4

MATERIAALGEGEVENS (vervolg)

Materiaal	G_{mean} [N/mm ²]	$E_{0,05}$ [N/mm ²]	$E_{0,mean}$ [N/mm ²]	$E_{0,mean}$ [N/mm ²]	Klimaatklasse	k_{def}	$E_{0,mean,fin}$ [N/mm ²]
C18	560	6000	300	9000	I	0.60	5625

KIPSTABILITEIT

Ligger:1

Staaft	Plts. aanr.	l sys. [m]	Kipsteunafstanden [m]
1	1.0*h boven: onder:	3.70 3.70	5*0,617;0,615 0.000;3.700

TOETSING SPANNINGEN

Staaft	1	BC / Sit.	5 / 73	UC frm(6.11)	0.87
Maatgevend is buiging (EN 1995-1-1 art. 6.1.6(1)) aan bovenzijde staaft					
Positie	1800 [mm]	Breedte	70.00 [mm]	Hoogte	195.00 [mm]
k_{mod}	0.90 [-]	k_h	1.00 [-]	$k_{h(fmk, f_{tok})}$	1.00 [-]
$f_{m,y,d}$	12.46 [N/mm ²]	D	-1.45 [kN]	M	-4.80 [kNm]
$f_{v,y,d}$	2.35 [N/mm ²]	$S_{v,d}$	0.16 [N/mm ²]	$S_{m,y,d}$	-10.82 [N/mm ²]
$S_{m,y,crit}$	116.78 [N/mm ²]	$l_{ef,y}$	1007.00 [mm]		
$l_{rel,my}$	0.39 [-]	$k_{crit,y}$	1.00 [-]		

TOETSING DOORBUIGING

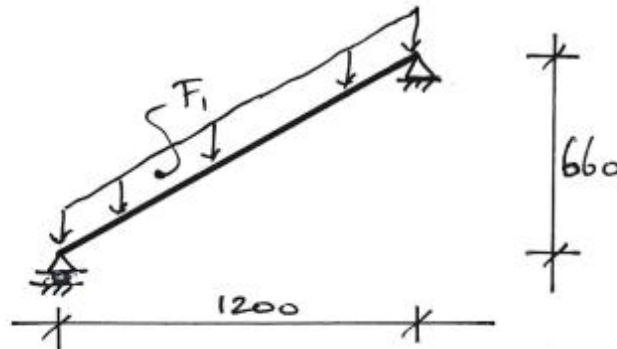
Stf	Soort	l_{sys} [mm]	Overstek i j	BC Sit	u_{bij} [mm]	Toelaatbaar [mm]	$u_{fin,net}$ [mm]	Toelaatbaar [mm]
1	Dak	3700	Nee Nee	9 1	-10.9	-14.8 0.004	-14.7	-14.8 0.004

TOETSING DOORBUIGING (vervolg)

Stf	Soort	l_{sys} [mm]	Overstek i j	BC	Sit	u_{inst} [mm]	Toelaatbaar [mm]	*1
1	Dak	3700	Nee Nee	8	73	-12.4	-14.8	0.004

3.3. Sporen

Sporen 44x120 [C18] hoh 610mm.

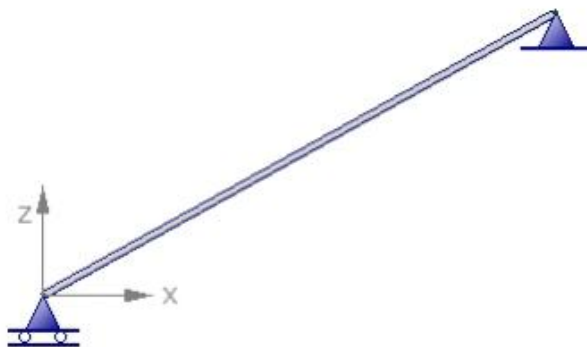


F_1 : $g_h = \text{e.g. dak} \quad 0,61 \times 0,65 = 0,40 \text{ kN/m'}$

$g_h = \text{sneeuw} \quad 0,61 \times 0,56 = 0,34 \text{ kN/m'}$
 $\text{wind} \quad 0,61 \times -1,0 \times 0,40 = -0,29 \text{ kN/m'}$

Gehanteerde normen: : NEN-EN 1995-1-1 + C1 + A1:2011/NB:2013 (nl)
 Gevolgklasse : CC1

1 Invoergegevens



1.1 KNOPEN

Knoop-nummer	Coördinaten		Opleggingen		
	X [mm]	Z [mm]	Tx	Tz	Ry
1	0	0		A	
2	1200	660	A	A	

1.2 STAVEN

Staaf-nummer	Knoop		Staaf-type	Profiel	Lengte [mm]
	van	naar			
1	1	2		44 x 120	1370

1.3 PROFIELEN

Profiel-nummer	Naam	Gewicht [kg/m]	E [N/mm ²]	A [mm ²]	I _y [mm ⁴]	Wy;el 1 [mm ³]	Wy;el 2 [mm ³]
1	44 x 120	1,8	9000	5280	6336000	105600	105600

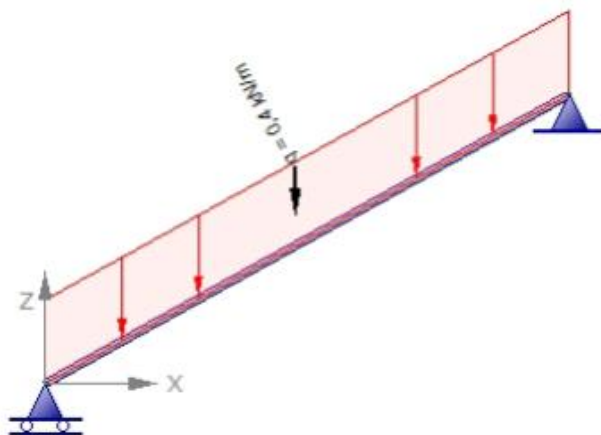
1.4 BELASTINGSGEVALLEN

Nr.	Omschrijving	Type	ψ0	ψ1	ψ2
1	Permanent	Permanent incl. eigen gewicht	1,00	1,00	1,00
2	sneeuw	Sneeuw	0,00	0,20	0,00
3	wind	Wind	0,00	0,20	0,00

1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent EXCL. eigen gewicht

1.5.1 Staafbelastingen

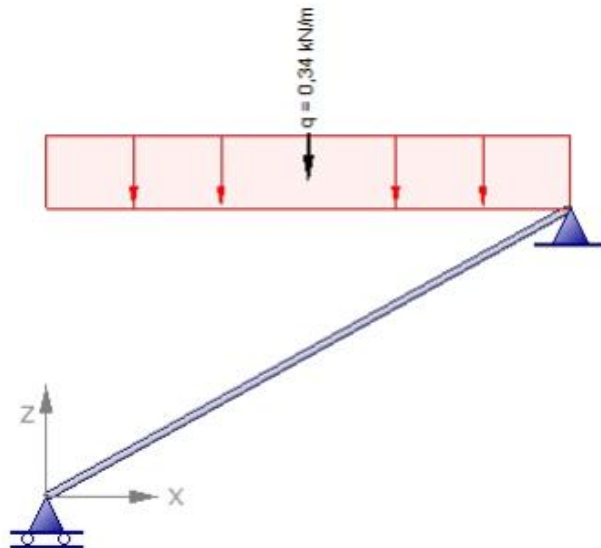
Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1		-0,400 kN/m	-0,400 kN/m	-28,8	1	0	1370



1.6 BELASTINGSGEVAL 2 sneeuw

1.6.1 Staafbelastingen

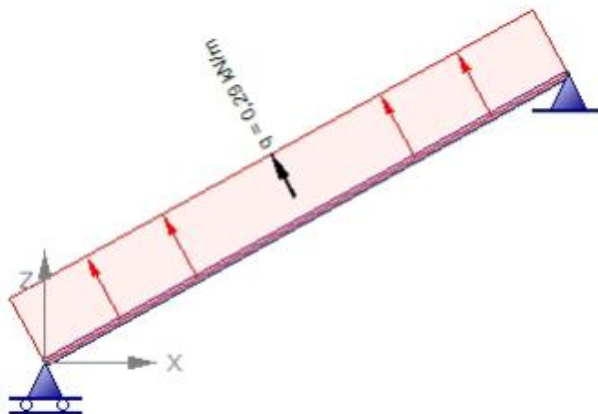
Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1		-0,340 kN/m	-0,340 kN/m	-28,8	1	0	1370



1.7 BELASTINGSGEVAL 3 wind

1.7.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1		0,290 kN/m	0,290 kN/m	0,0	1	0	1370



2 Berekeningsresultaten

2.1 BELASTINGSGEVALLLEN

(GL) Geometrisch lineaire krachtsverdeling

2.1.1 Reactiekrachten

Knoop-nummer	Belastings geval	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
1	1		0,274	
	2		0,204	
	3		-0,227	
2	1	0,000	0,274	
	2		0,204	
	3	0,191	-0,121	

2.2 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)

2.2.1 Belastingscombinaties

(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
1	Combinatie1 (6.10b)	UGT
2	Combinatie2 (6.10b)	UGT

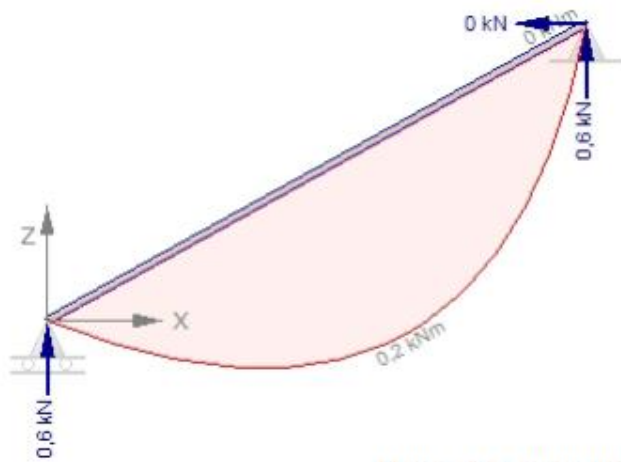
Combinatie nummer	Belasting ($\psi \times y$)				
	1	2	3		
1	1,00x1,10	1,00x1,35			
2	1,00x0,90		1,00x1,35		

2.2.2 Reactiekrachten

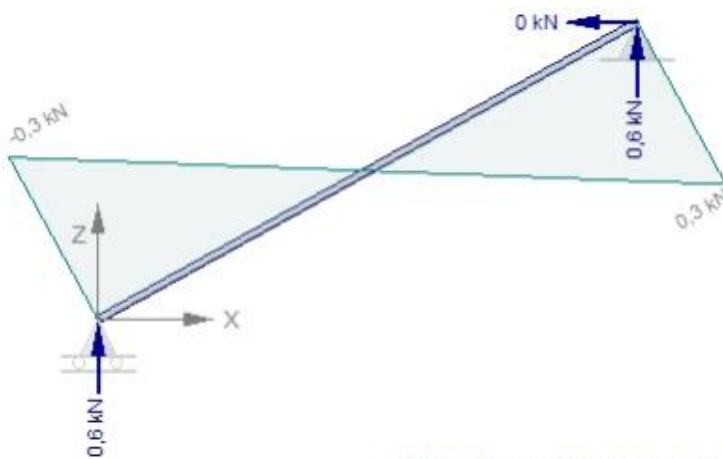
Knoop-nummer	Combinatie nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
1	1		0,577	
	2		-0,059	
2	1	0,000	0,577	
	2	0,258	0,083	

2.2.3 Maatgevende snedekrachten

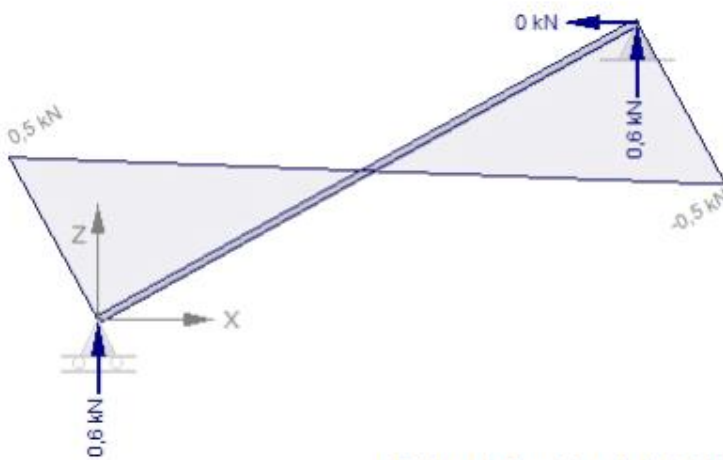
Staaf-nummer	Comb. nummer	Knoop-nummer	x-lokaal [mm]	Nx-lokaal [kN]	Vz-lokaal [kN]	My-lokaal [kNm]
1	1	1	0	-0,278	0,505	0,000
	1		685	0,000	0,000	0,173
	2		685	0,147	0,000	-0,018
	1		1370	0,278	-0,505	0,000



M-lijn - 1 Combinatie1 (6.10b)



N-lijn - 1 Combinatie1 (6.10b)



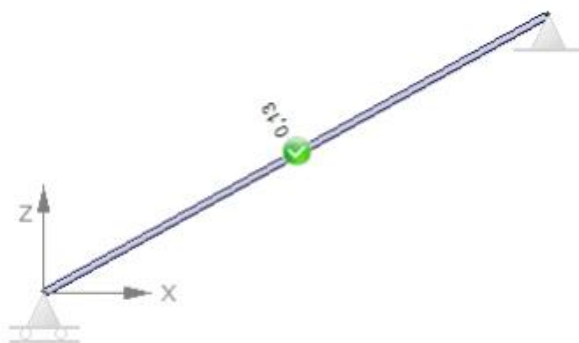
D-lijn - 1 Combinatie1 (6.10b)

2.3.4 Doorbuigingen

Staaf-nummer	Comb. nummer	x-lokaal	w-on 1 [mm]	w-kruip 2 [mm]	w-k 3 [mm]	w-tot 3+2 [mm]	w-bij 3+2-1 [mm]	L [mm]	w-tot/L	w-bij/L
1	5	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1370	0,0000	0,0000
		685	-0,3	-0,2	-0,5	-0,7	-0,4	1370	0,0005	0,0003
		1370	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1370	0,0000	0,0000

2.4 EN1995 TOETSINGEN

De toetsing van de houtprofielen in de uiterste grenstoestand volgens EN 1995-1-1 is gebaseerd op een geometrische niet-lineaire krachtsverdeling (tweede orde analyse) inclusief de gegeven imperfecties volgens art.5.4.4.



Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Artikel	U.C.
1	44 x 120	1	6.1.2	0,01
		1	6.1.4	0,00
		1	6.1.7	0,06
		2	6.2.3	0,02
		1	6.2.4	0,13
		1	6.3.2	0,13
		1	6.3.3	0,03

2.4.1 BEREKENING VAN UNITY CHECKS

Staaf 1 - 44 x 120 (C18 Klimaatklasse:1)

Trek evenwijdig aan de vezelrichting

art. 6.1.2

Combinatie : 1 x = 1369,5 mm Nx = 0,278 kN Vz = -0,505 kN My = 0 kNm
 Belastingsduurklasse : Kort

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,Ed}}{A} = \frac{277,8}{5280} = 0,1 \text{ N/mm}^2 < f_{t,0,d} = 8 \text{ N/mm}^2 \quad (6.1)$$

Druk evenwijdig aan de vezelrichting

art. 6.1.4

Combinatie : 1 x = 0 mm Nx = -0,278 kN Vz = 0,505 kN My = 0 kNm

Belastingsduurklasse : Kort

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{277,9}{5280} = 0,1 \text{ N/mm}^2 < f_{c,0,d} = 12,5 \text{ N/mm}^2 \quad (6.2)$$

Afschuiving

art. 6.1.7

Combinatie : 1 x = 1369,5 mm Nx = 0,278 kN Vz = -0,505 kN My = 0 kNm

Belastingsduurklasse : Kort

$$\tau_d = \frac{V_{Ed} S}{b I_y} = \frac{505,3 \times 79200}{44 \times 6336000} = 0,1 \text{ N/mm}^2 < f_{v,d} = 2,4 \text{ N/mm}^2 \quad (6.13)$$

Gecombineerde buig- en axiale trekspanningen

art. 6.2.3

Combinatie : 2 x = 684,8 mm Nx = 0,147 kN Vz = 0 kN My = -0,018 kNm

Belastingsduurklasse : Kort

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{147}{5280} = 0 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{0,018 \times 10^6}{106 \times 10^3} = 0,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,0}{8,0} + \frac{0,2}{13,0} = 0,02 < 1,00 \quad (6.17)$$

Gecombineerde buig- en axiale drukspanningen

art. 6.2.4

Combinatie : 1 x = 684,8 mm Nx = 0 kN Vz = 0 kN My = 0,173 kNm

Belastingsduurklasse : Kort

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{0}{5280} = 0 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{0,173 \times 10^6}{106 \times 10^3} = 1,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\left(\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \left(\frac{0,0}{12,5} \right)^2 + \frac{1,6}{13,0} = 0,13 < 1,00 \quad (6.19)$$

Kolommen onderworpen aan druk of aan druk en buiging

art. 6.3.2

Combinatie : 1 x = 684,8 mm Nx = 0 kN Vz = 0 kN My = 0,173 kNm

Belastingsduurklasse : Kort

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{1370}{34,6} = 39,53 \quad \lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,005}}} = \frac{39,53}{\pi} \sqrt{\frac{18,0}{6000}} = 0,689 \quad (6.21)$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{1370}{12,7} = 107,86 \quad \lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,005}}} = \frac{107,86}{\pi} \sqrt{\frac{18,0}{6000}} = 1,880 \quad (6.22)$$

$$k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3)) + \lambda_{rel,y}^2 = 0,5 \times (1 + 0,2 \times (0,689 - 0,3)) + 0,689^2 = 0,78 \quad (6.27)$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,78 + \sqrt{0,78^2 - 0,69^2}} = 0,88 \quad (6.25)$$

$$k_z = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3)) + \lambda_{rel,z}^2 = 0,5 \times (1 + 0,2 \times (1,880 - 0,3)) + 1,880^2 = 2,43 \quad (6.28)$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{2,43 + \sqrt{2,43^2 - 1,88^2}} = 0,25 \quad (6.26)$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{0}{5280} = 0 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{0,173 \times 10^6}{106 \times 10^3} = 1,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,0}{0,88 \times 12,5} + \frac{1,6}{13,0} + 0,7 \times \frac{0,0}{15,9} = 0,13 < 1,00 \quad (6.23)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,0}{0,25 \times 12,5} + 0,7 \times \frac{1,6}{13,0} + \frac{0,0}{15,9} = 0,09 < 1,00 \quad (6.24)$$

Liggers onderworpen aan druk of aan druk en buiging

art. 6.3.3

Combinatie : 1 $x = 684,8 \text{ mm}$ $N_x = -0,278 \text{ kN}$ $V_z = -0,505 \text{ kN}$ $M_y = 0,173 \text{ kNm}$
 Belastingsduurklasse : Kort

Aantal kipsteunen: 0 Op twee steunpunten: Gelijkmatig verdeelde belasting

$$\rightarrow l_{ef} = 0,9 \times l = 0,9 \times 1370 = 1233 \text{ mm} \quad l_{ef} = l_{ef} + 2h = 1233 + 2 \times 120 = 1370 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 b^2}{h l_{ef}} E_{0,05} = \frac{0,78 \times 44^2}{120 \times 1370} \times 6000 = 55,1 \text{ N/mm}^2 \quad (6.32)$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{18}{55,1}} = 0,571 < 0,75 \quad \rightarrow k_{crit} = 1,00 \quad (6.30)(6.34)$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{0,173 \times 10^6}{106 \times 10^3} = 1,6 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{278}{5280} = 0,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{1370}{12,7} = 107,86 \quad \lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,005}}} = \frac{107,86}{\pi} \sqrt{\frac{18,0}{6000}} = 1,880 \quad (6.22)$$

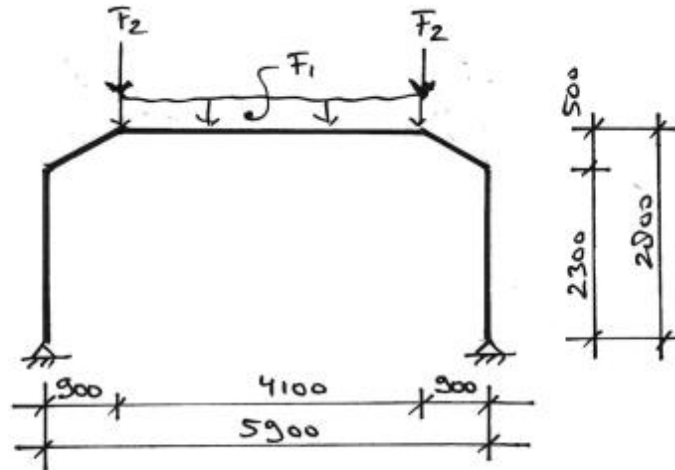
$$k_z = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3)) + \lambda_{rel,z}^2 = 0,5 \times (1 + 0,2 \times (1,880 - 0,3)) + 1,880^2 = 2,43 \quad (6.28)$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{2,43 + \sqrt{2,43^2 - 1,88^2}} = 0,25 \quad (6.26)$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,d} f_{c,0,d}} = \left(\frac{1,6}{1,00 \times 13,0} \right)^2 + \frac{0,1}{0,25 \times 12,5} = 0,03 < 1,00 \quad (6.35)$$

4. Stalen spanten

IPE160 [S235]



Blijvende belasting

$$F_1: g_k = \text{plat dak} \quad \frac{1}{2} \times 7.4 \times 0.5 = 1.85 \text{ kN/m}$$

$$F_2: g_k = \text{pannendak} \quad \frac{1}{2} \times 7.4 \times \frac{0.274}{0.61} = 1.7 \text{ kN}$$

Sneeuw

$$F_1: g_k = \text{sneeuw} \quad \frac{1}{2} \times 7.4 \times 0.56 = 2.07 \text{ kN/m}$$

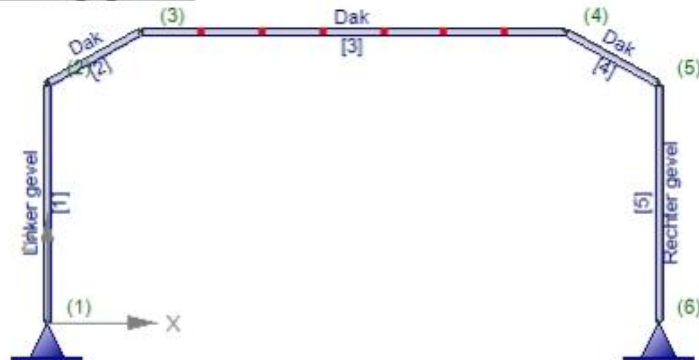
$$F_2: g_k = \text{sneeuw} \quad \frac{1}{4} \times 7.4 \times 1.2 \times 0.56 = 1.24 \text{ kN}$$

opgelegde belasting

$$F_1: g_k = \quad \frac{1}{2} \times 7.4 \times 1.0 = 3.7 \text{ kN/m}$$

Gehanteerde normen: : NEN-EN 1993-1-1 + C2:2011/NB:2011 (nl)
 Gevolgklasse : CC1

1 Invoergegevens



1.1 KNOPEN

Knoop-nummer	Coördinaten		Opleggingen		
	X [mm]	Z [mm]	Tx	Tz	Ry
1	0	0	A	A	
2	0	2300			
3	900	2800			
4	5000	2800			
5	5900	2300			
6	5900	0	A	A	

1.2 STAVEN

Staaf-nummer	Knoop		Staaf-type	Profiel	Lengte [mm]
	van	naar			
1	1	2	IPE160	IPE160	2300
2	2	3	IPE160	IPE160	1030
3	3	4	IPE160	IPE160	4100
4	4	5	IPE160	IPE160	1030
5	5	6	IPE160	IPE160	2300

1.3 PROFIELEN

Profiel-nummer	Naam	Gewicht [kg/m]	E [N/mm ²]	A [mm ²]	Iy [mm ⁴]	Wy;el_1 [mm ³]	Wy;el_2 [mm ³]
1	IPE160	15,8	210000	2010	8699138	108739	108739

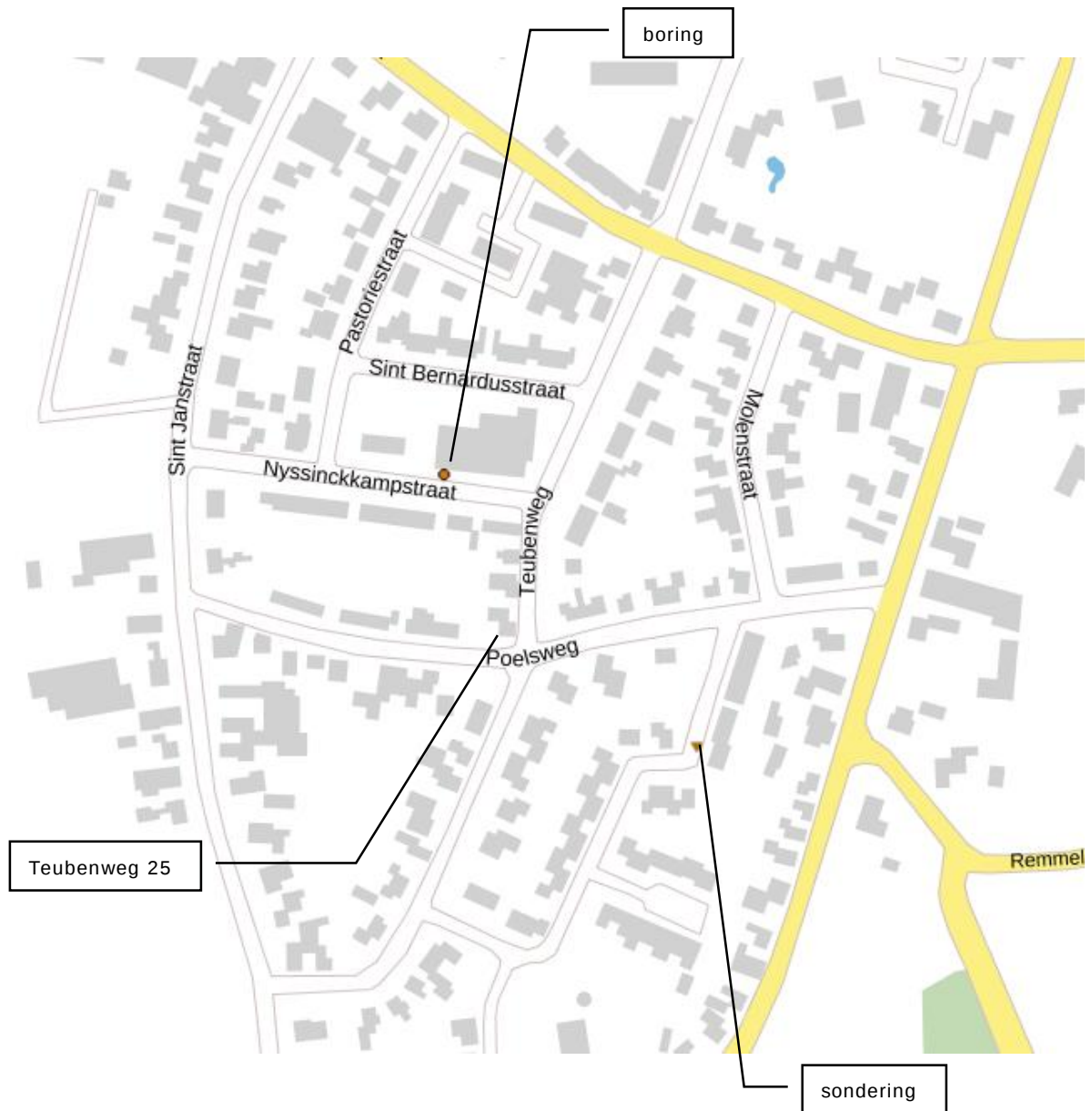
Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Klasse	Artikel	U.C.
1	IPE160	4	1	6.2.4	0,04
		4	1	6.2.5	0,49
		4	1	6.2.6	0,05
		4	1	6.2.8	0,49
		4	1	6.2.9.1	0,49
		4	1	6.3.2.1	0,58
		4	1	6.3.3	0,65
2	IPE160	4	1	6.2.4	0,03
Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Klasse	Artikel	U.C.
2	IPE160	4	1	6.2.5	0,49
		4	1	6.2.6	0,09
		4	1	6.2.8	0,49
		4	1	6.2.9.1	0,49
		13	1	6.3.2.1	0,15
		4	1	6.3.3	0,52
3	IPE160	4	1	6.2.4	0,01
		4	1	6.2.5	0,45
		4	1	6.2.6	0,11
		11	1	6.2.8	0,18
		4	1	6.2.9.1	0,45
		1	1	6.3.2.1	0,00
4	IPE160	4	1	6.3.3	0,47
		3	1	6.2.4	0,03
		3	1	6.2.5	0,49
		3	1	6.2.6	0,09
		3	1	6.2.8	0,49
		3	1	6.2.9.1	0,49
5	IPE160	11	1	6.3.2.1	0,44
		3	1	6.3.3	0,52
		3	1	6.2.4	0,04
		3	1	6.2.5	0,49
		3	1	6.2.6	0,05
		3	1	6.2.8	0,49
		3	1	6.2.9.1	0,49
		3	1	6.3.2.1	0,58
		3	1	6.3.3	0,65

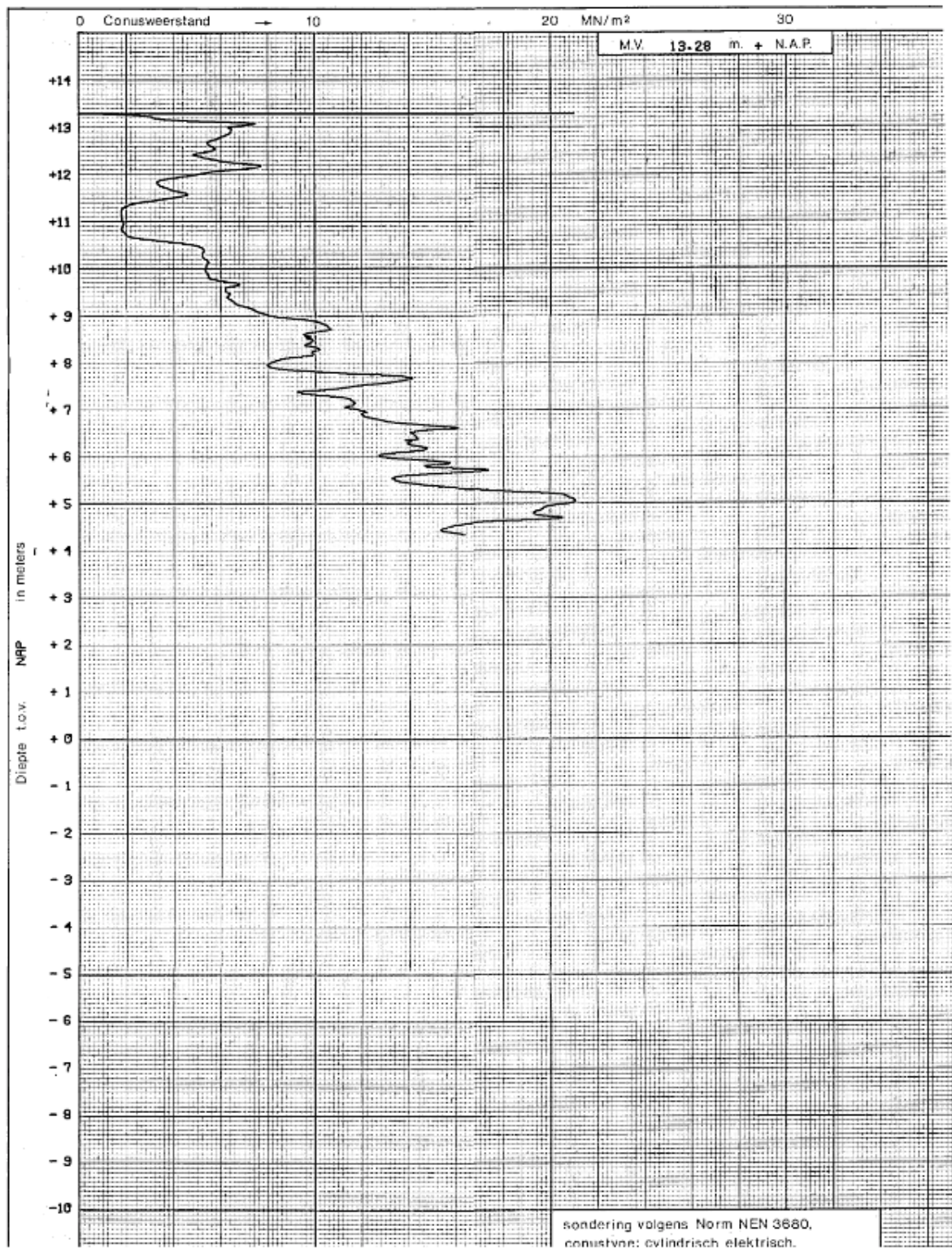
Voor de complete in- en uitvoer wordt verwezen naar bijlage B

5. Fundatie

Voor de fundatie zijn ondergrondgegevens uit het dinoloket gehaald.

Er is een boring en sondering in de nabijheid van de Teubenweg 25 beschikbaar.





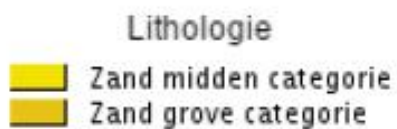
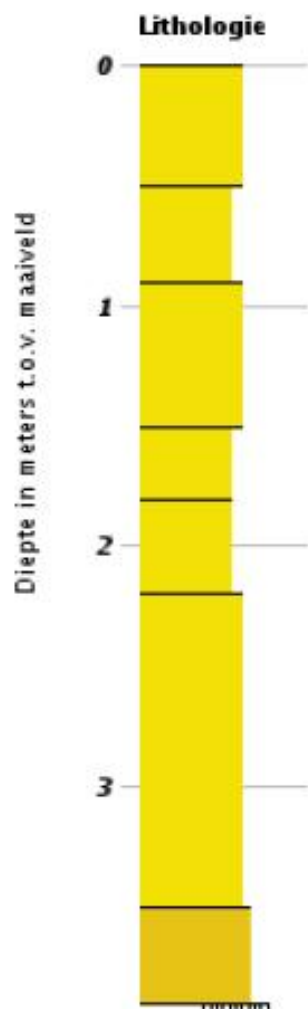
Boormonsterprofiel en interpretatie

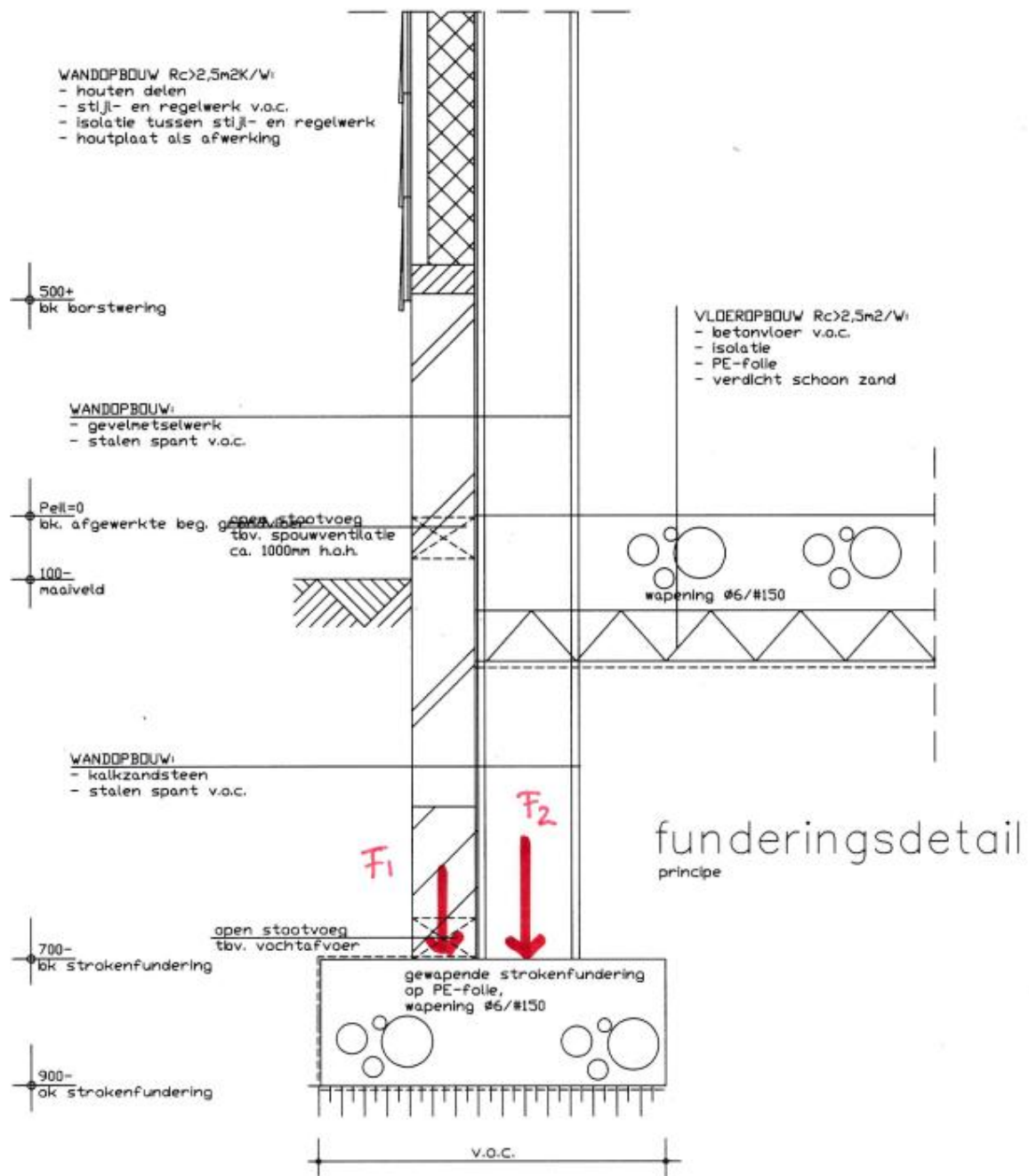
Identificatie: B40F1795

Coördinaten: 217304, 449414

Maaiveld: 14,30 m t.o.v. NAP

Dieptetraject t.o.v. Maaiveld: 0,00 m - 3,90 m





Belasting op fundering

$$\begin{array}{llll} F1: & \text{houten wand} & 2,0 \times 0,6 & = 1,2 \text{ kN/m'} \\ & \text{metselwerk} & 1,2 \times 2,0 & = 2,4 \text{ kN/m'} \\ & \text{dak} & 0,274/0,61 & = 0,5 \text{ kN/m'} + \\ & & & \hline & \Sigma gh = & 4,1 \text{ kN/m'} \end{array}$$

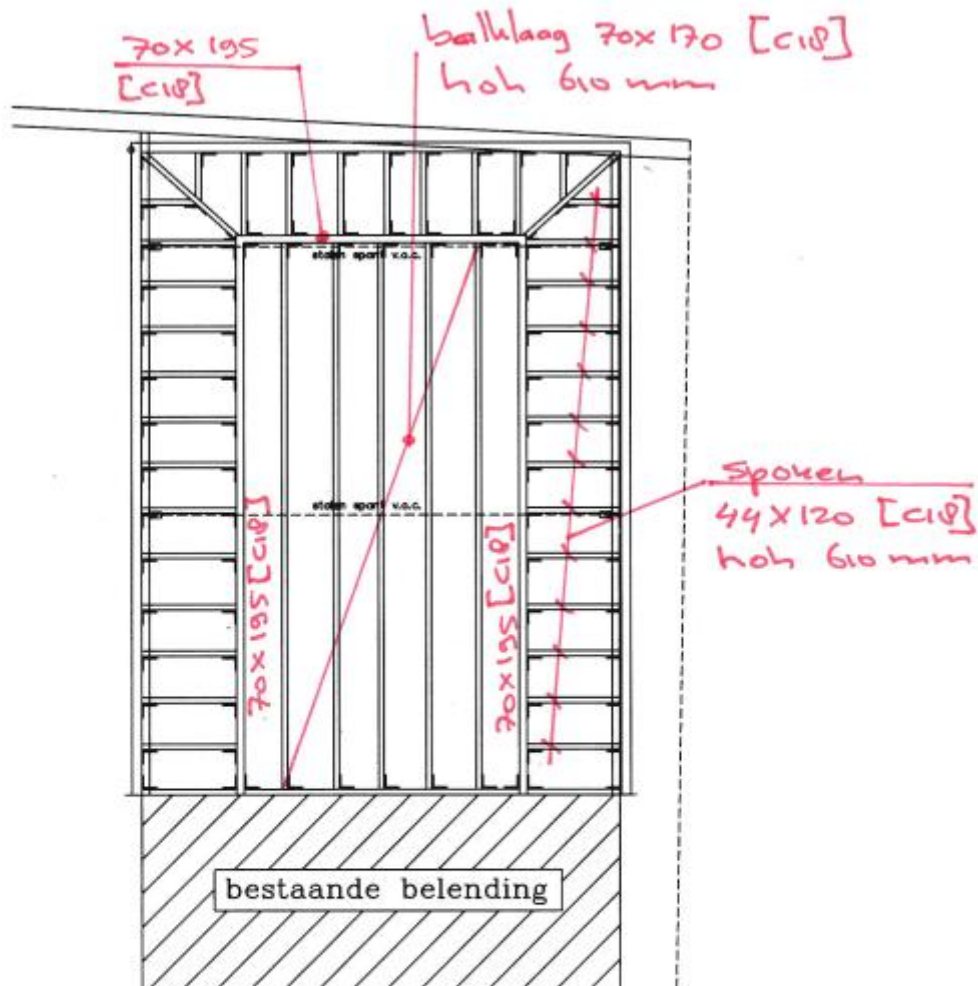
$$F2: F_{Ed} = \text{vit spanst, comb. 2.2} = 17,3 \text{ kN}$$

$$\text{totale belasting op fundatie: } 17,3 + 1,08 \times 4,1 = 21,7 \text{ kN}$$

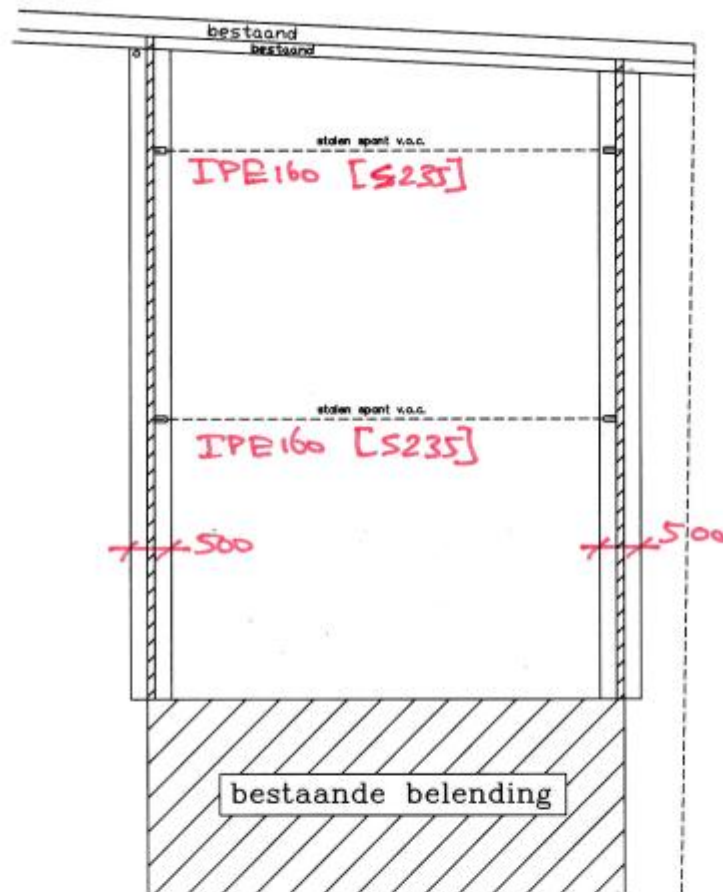
breedte funderingsstrook praktisch, neem $b = 500 \text{ mm}$.

$$\text{gronddruk: } 21,7/0,5 = 43,4 \text{ kN/m}^2$$

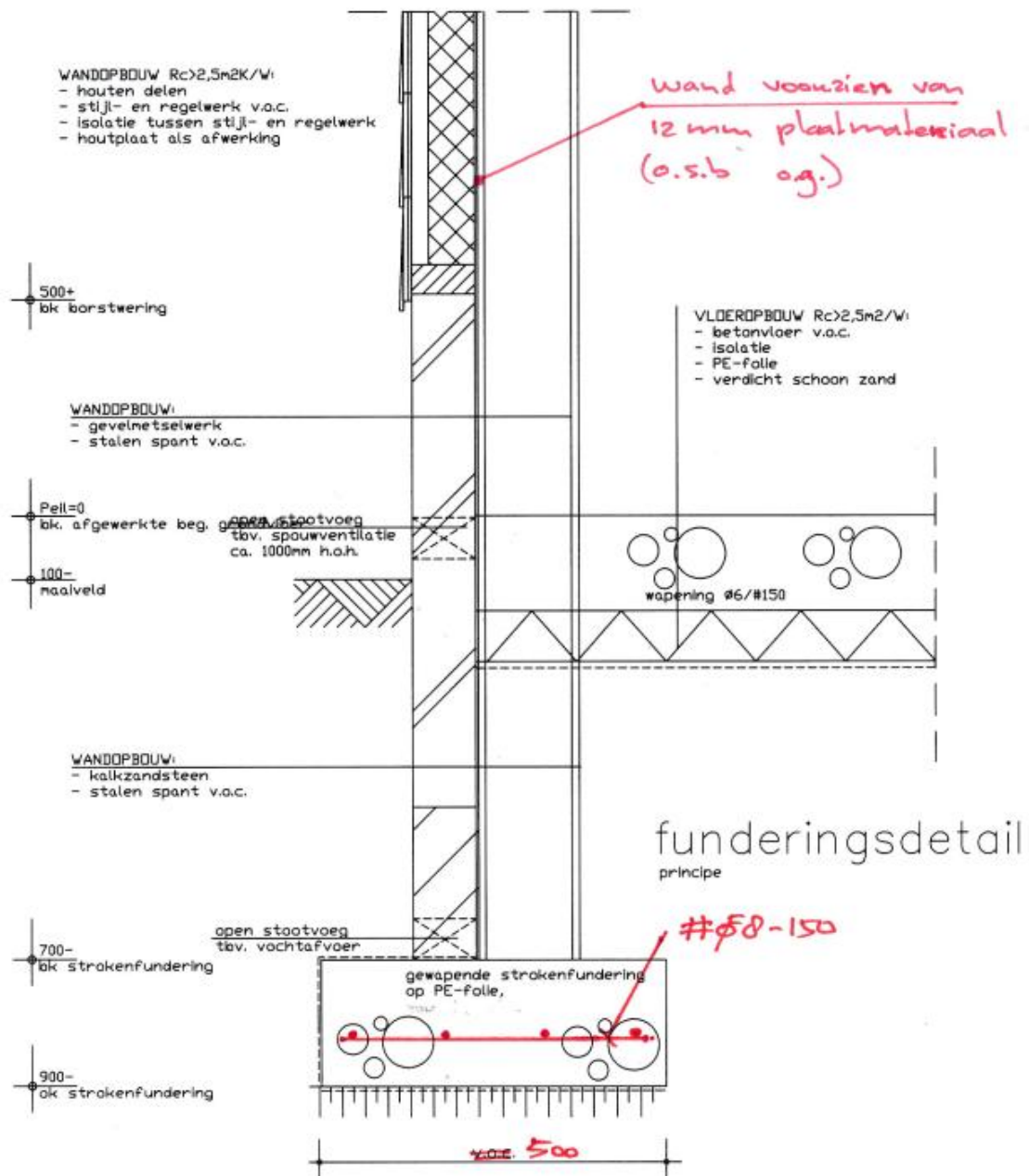
BIJLAGE A: OVERZICHT CONSTRUCTIE



kapplan
principe



fundering/riolering
principe



Betonrenvooi

Betonkwaliteit:	C20/25
Betonstaalkwaliteit:	FeB500
Milieuklasse:	XC4
Betondekking bovenzijde:	30 mm
Betondekking onderzijde:	75 mm
Betondekking zijkanten:	30 mm

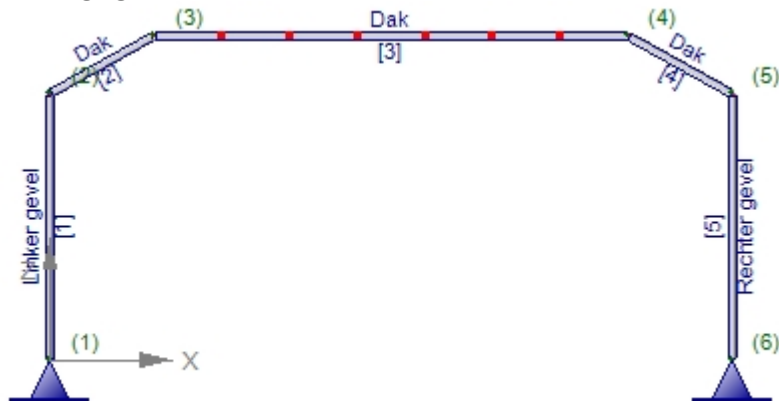
Verankeringslengte:	ø8	ø10	ø12	ø16	ø20
algemeen	250	300	400	600	750
bovenstaaf	300	400	500	700	950

BIJLAGE B: IN- EN UITVOER BEREKENING STALEN SPANT

Bestand :.....berekening\spant.xfr2

Gehanteerde normen: : NEN-EN 1993-1-1 + C2:2011/NB:2011 (nl)

Gevolgklasse : CC1

1 Invoergegevens**1.1 KNOPEN**

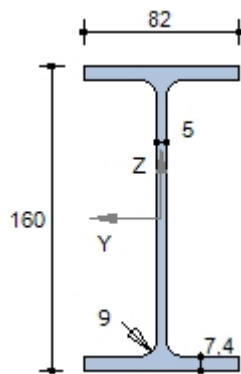
Knoop-nummer	Coördinaten		Opleggingen		
	X [mm]	Z [mm]	Tx	Tz	Ry
1	0	0	A	A	
2	0	2300			
3	900	2800			
4	5000	2800			
5	5900	2300			
6	5900	0	A	A	

1.2 STAVEN

Staaf-nummer	Knoop		Staaf-type	Profiel	Lengte [mm]
	van	naar			
1	1	2	IPE160	IPE160	2300
2	2	3	IPE160	IPE160	1030
3	3	4	IPE160	IPE160	4100
4	4	5	IPE160	IPE160	1030
5	5	6	IPE160	IPE160	2300

1.3 PROFIELEN

Profiel-nummer	Naam	Gewicht [kg/m]	E [N/mm ²]	A [mm ²]	Iy [mm ⁴]	Wy;el_1 [mm ³]	Wy;el_2 [mm ³]
1	IPE160	15,8	210000	2010	8699138	108739	108739

IPE160**Materiaalgegevens**

Staalsoort	S235
Elasticiteitsmodulus	E = 210000 N/mm ²

Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat	$y_{max} = 41,0 \text{ mm}$	$z_{max} = 80,0 \text{ mm}$
Minimale coördinaat	$y_{min} = -41,0 \text{ mm}$	$z_{min} = -80,0 \text{ mm}$
Zwaartelijns	$z_s = 0,0 \text{ mm}$	$y_s = 0,0 \text{ mm}$
Oppervlak / Gewicht	$A = 2010,4 \text{ mm}^2$	$G = 15,8 \text{ kg/m}$
Statisch moment	$S_y = 61975 \text{ mm}^3$	$S_z = 13054 \text{ mm}^3$
Traagheidsmoment	$I_y = 8699138 \text{ mm}^4$	$I_z = 683198 \text{ mm}^4$
Traagheidsstraal	$i_y = 65,8 \text{ mm}$	$i_z = 18,4 \text{ mm}$
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el} = 108739 \text{ mm}^3$	$W_{z;el} = 16663 \text{ mm}^3$
Centrifugaalmoment	$C_{yz} = 0 \text{ mm}^3$	hoek = 0,00 graden
Traagheidsmoment	$I_{max} = 8699138 \text{ mm}^4$	$I_{min} = 683198 \text{ mm}^4$
Traagheidsstraal	$i_{max} = 65,8 \text{ mm}$	$i_{min} = 18,4 \text{ mm}$
Halveringslijn	$z_h = 0,0 \text{ mm}$	$y_h = 0,0 \text{ mm}$
Plastisch weerstandsmoment	$W_{y;pl} = 123949 \text{ mm}^3$	$W_{z;pl} = 26107 \text{ mm}^3$

1.4 Sneeuwbelasting

karacteristieke sneeuwbelasting op de grond : 0,700 kN/m²

Dakhelling 29,1 graden $\mu_1 = 0,80$ $\mu_2 = 1,57$

Dakhelling 0,0 graden $\mu_1 = 0,80$ $\mu_2 = 0,80$

Dakhelling -29,1 graden $\mu_1 = 0,80$ $\mu_2 = 1,57$

Let op! De belastinggenerator houdt geen rekening met situatie voor μ_2 (sneeuwophoping voor daken met meer dan één overspanning) volgens art. 5.3.4 - figuur 5.4!

Belastingsschikkingen

art. 5.2

1.5 Winddrukken

Windgebied	: III	Referentieperiode wind T	: 50 jaar
Terreincategorie	: III Bebouwd gebied		
Hoogte van het gebouw h	: 3,20 m	Hoogte boven maaiveld	: 3,00 m
Breedte van het gebouw	: 6,30 m	Diepte van het gebouw d	: 8,60 m
A - De afstand kopgevel - hart spant	: 5,00 m	B - Belastingbreedte spant	: 3,70 m

Terreinruwheid**art. 4.3.2**

$$k_r(z) = 0,19 \times \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \times \left(\frac{0,5}{0,05} \right)^{0,07} = 0,223 \quad (4.5)$$

$$z < z_{\min}(7) \quad c_r(z_{\min}) = k_r \ln \left(\frac{z_{\min}}{z_0} \right) = 0,223 \times \ln \left(\frac{7}{0,5} \right) = 0,589 \quad (4.4)$$

Variatie met hoogte**art. 4.3.1**

$$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0} = 1,000 \times 1,000 \times 24,5 = 24,5 \text{ m/s} \quad (4.1)$$

$$V_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot V_b = 0,589 \times 1,000 \times 24,5 = 14,433 \text{ m/s} \quad (4.3)$$

Windturbulentie**art. 4.4**

$$\sigma_v = k_r \cdot V_b \cdot k_l = 0,223 \times 24,500 \times 1,000 = 5,469 \text{ m/s} \quad (4.6)$$

$$z < z_{\min} \quad I_v(z_{\min}) = \frac{\sigma_v}{V_m(z)} = \frac{5,469}{14,433} = 0,379 \quad (4.7)$$

Extreme stuwdruk**art. 4.5**

$$q_p(z) = (1 + 7 \cdot I_v(z)) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_m^2(z) = (1 + 7 \times 0,379) \times \frac{1}{2} \times 1,25 \times 14,433^2 = 0,476 \text{ kN/m}^2 \quad (4.8)$$

Bepaling van $c_s c_d$ **art. 6.2**

$$c_s c_d = 1,00$$

1.6 Windbelastingen

Ref.	Hoek [graden]	Zone	Cpi/Cpe	ze [m]	qp(ze) [kN/m ²]	breedte [m]	qw [kN/m]	Art.
qw01		D	0,800	3,20	0,476	3,7	1,408	Art. 7.2.2
qw02		E	-0,500	3,20	0,476	3,7	-0,880	"
qw03	29,1	→ G	0,668	3,20	0,476	3,7	1,176	Tabel 7.4
qw04	29,1	→ G	-0,519	3,20	0,476	3,7	-0,913	"
qw05	29,1	→ H	0,387	3,20	0,476	3,7	0,682	"
qw06	29,1	→ H	-0,206	3,20	0,476	3,7	-0,363	"
qw07	-29,1	→ I	-0,400	3,20	0,476	3,7	-0,704	"
qw08	-29,1	→ I	0,000	3,20	0,476	3,7	0,000	"
qw09	-29,1	→ J	-0,532	3,20	0,476	3,7	-0,935	"
qw10	-29,1	→ J	0,000	3,20	0,476	3,7	0,000	"
qw11	29,1	↑ I	-0,500	3,20	0,476	3,7	-0,880	"
qw12	29,1	↑ I	-0,500	3,20	0,476	3,7	-0,880	"
qw13	-29,1	↑ I	-0,500	3,20	0,476	3,7	-0,880	"
qw14	-29,1	↑ I	-0,500	3,20	0,476	3,7	-0,880	"
qw15		→	0,300	3,20	0,476	3,7	0,528	Art. 7.2.9
qw16		→	-0,200	3,20	0,476	3,7	-0,352	"

Ref.	Hoek [graden]	Zone	Cpi/Cpe	ze [m]	qp(ze) [kN/m ²]	breedte [m]	qw [kN/m]	Art.
qw17		↑	0,300	3,20	0,476	3,7	0,528	"
qw18		↑	-0,200	3,20	0,476	3,7	-0,352	"

1.7 BELASTINGSGEVALLEN

Nr.	Omschrijving	Type	ψ0	ψ1	ψ2
1	Permanent	Permanent incl. eigen gewicht	1,00	1,00	1,00
2	Veranderlijk	H-daken	0,00	0,00	0,00
3	Sneeuw 1	Sneeuw	0,00	0,20	0,00
4	Sneeuw 2	Sneeuw	0,00	0,20	0,00
5	Sneeuw 3	Sneeuw	0,00	0,20	0,00
6	Wind van links A + Onderdruk	Wind	0,00	0,20	0,00
7	Wind van links A + Overdruk	Wind	0,00	0,20	0,00
8	Wind van links B + Onderdruk	Wind	0,00	0,20	0,00
9	Wind van links B + Overdruk	Wind	0,00	0,20	0,00
10	Wind van links C + Onderdruk	Wind	0,00	0,20	0,00
11	Wind van links C + Overdruk	Wind	0,00	0,20	0,00
12	Wind van links D + Onderdruk	Wind	0,00	0,20	0,00
13	Wind van links D + Overdruk	Wind	0,00	0,20	0,00
14	Wind loodrecht A + Onderdruk	Wind	0,00	0,20	0,00
15	Wind loodrecht A + Overdruk	Wind	0,00	0,20	0,00

1.8 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht

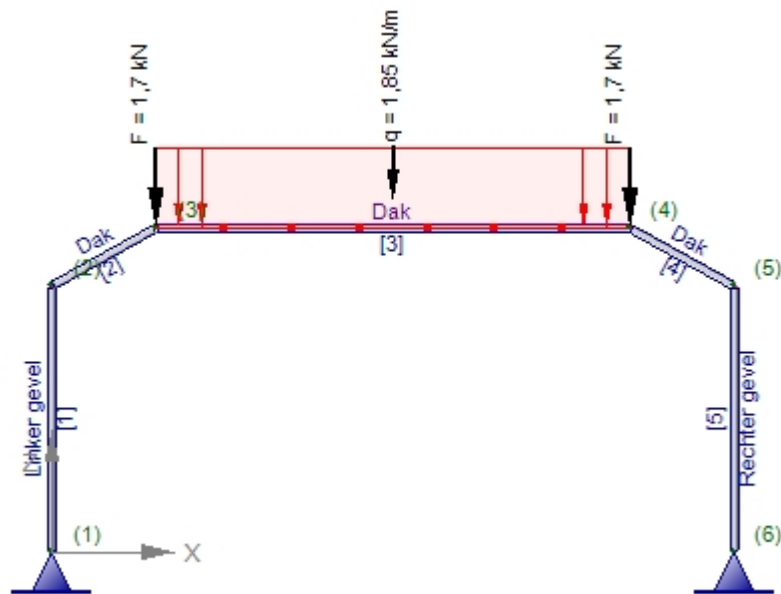
Totaal eigen gewicht: : 170 kg.

1.8.1 Staafbelastingen

Staaf- nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	 q	-0,158 kN/m	-0,158 kN/m	-90,0	1	0	2300
2	 q	-0,158 kN/m	-0,158 kN/m	-29,1	2	0	1030
3	 q	-0,158 kN/m	-0,158 kN/m	0,0	3	0	4100
3	 q	-1,850 kN/m	-1,850 kN/m	0,0	3	0	4100
4	 q	-0,158 kN/m	-0,158 kN/m	29,1	4	0	1030
5	 q	-0,158 kN/m	-0,158 kN/m	90,0	5	0	2300

1.8.2 Knoopbelastingen

Knoop- nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
3		-1,700	
4		-1,700	

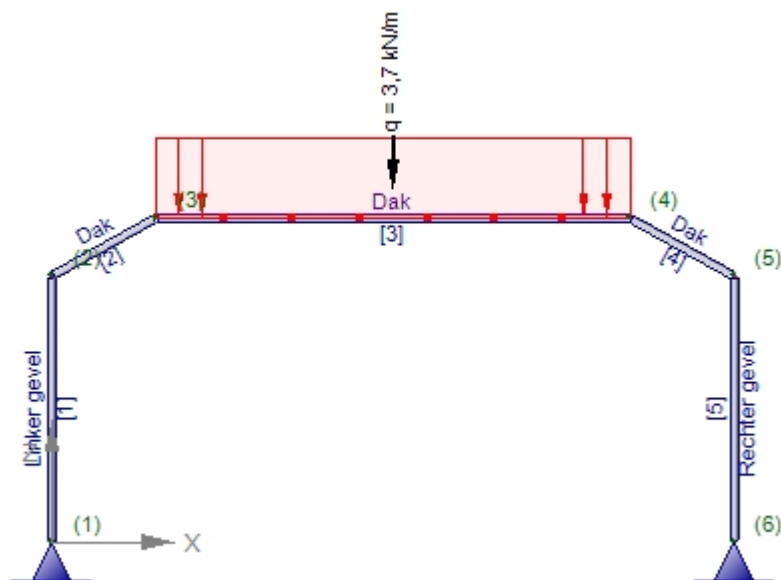


*) Belastingen a.g.v. eigen gewicht worden niet getekend!

1.9 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk

1.9.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
3	 q	-3,700 kN/m	-3,700 kN/m	0,0	3	0	4100

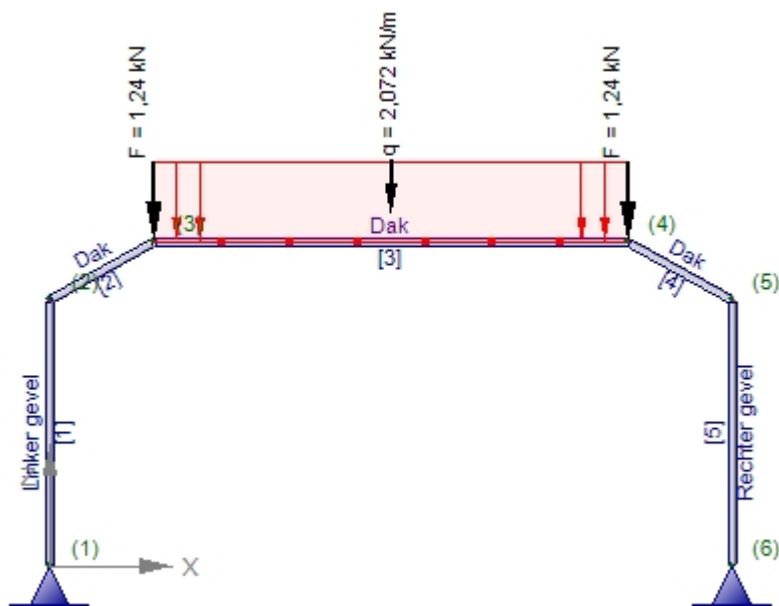


1.10 BELASTINGSGEVAL 3 Sneeuw 1**1.10.1 Staafbelastingen**

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
3		-2,072 kN/m	-2,072 kN/m	0,0	3	0	4100

1.10.2 Knoopbelastingen

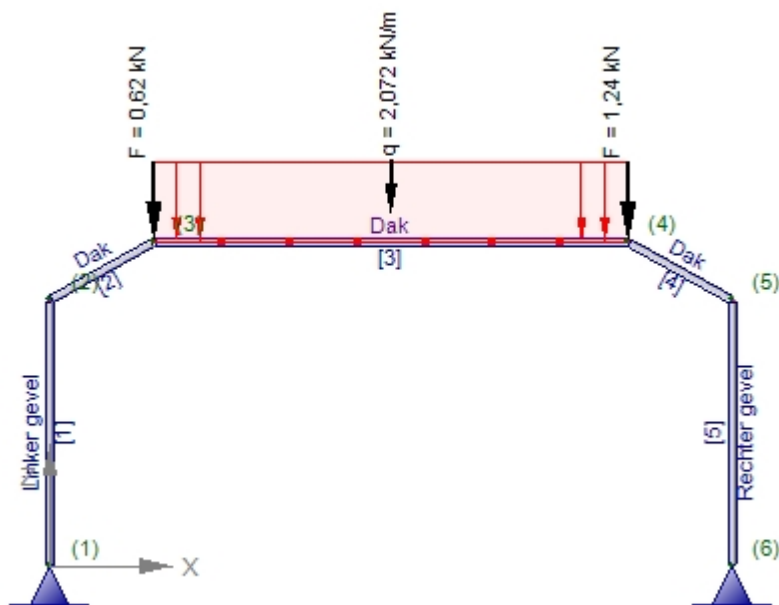
Knoop-nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
3		-1,240	
4		-1,240	

**1.11 BELASTINGSGEVAL 4 Sneeuw 2****1.11.1 Staafbelastingen**

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
3		-2,072 kN/m	-2,072 kN/m	0,0	3	0	4100

1.11.2 Knoopbelastingen

Knoop-nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
4		-1,240	
3		-0,620	



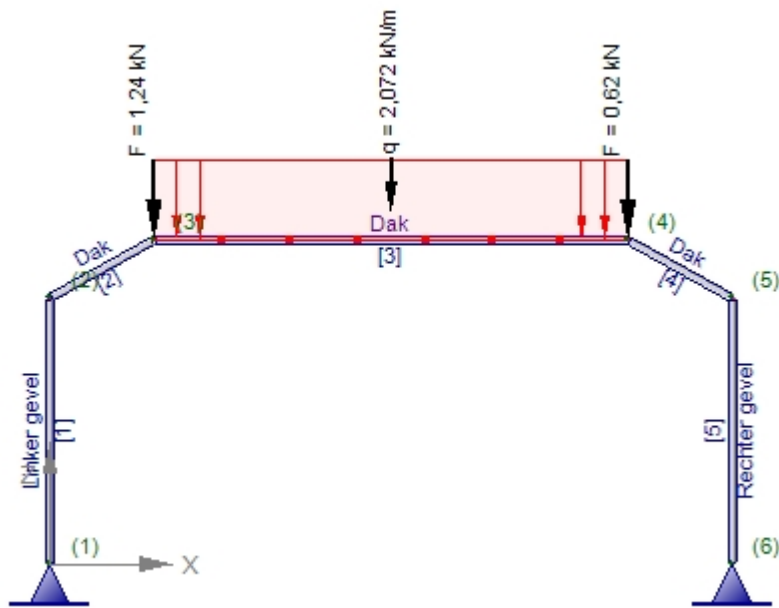
1.12 BELASTINGSGEVAL 5 Sneeuw 3

1.12.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
3		-2,072 kN/m	-2,072 kN/m	0,0	3	0	4100

1.12.2 Knoopbelastingen

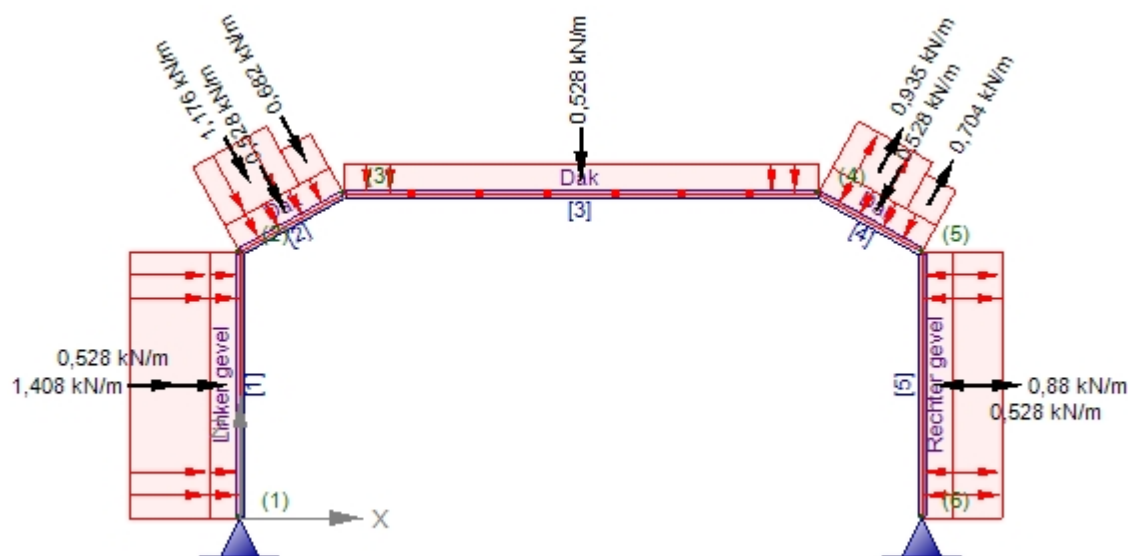
Knoop-nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
3		-1,240	
4		-0,620	



1.13 BELASTINGSGEVAL 6 Wind van links A + Onderdruk

1.13.1 Staafbelastingen

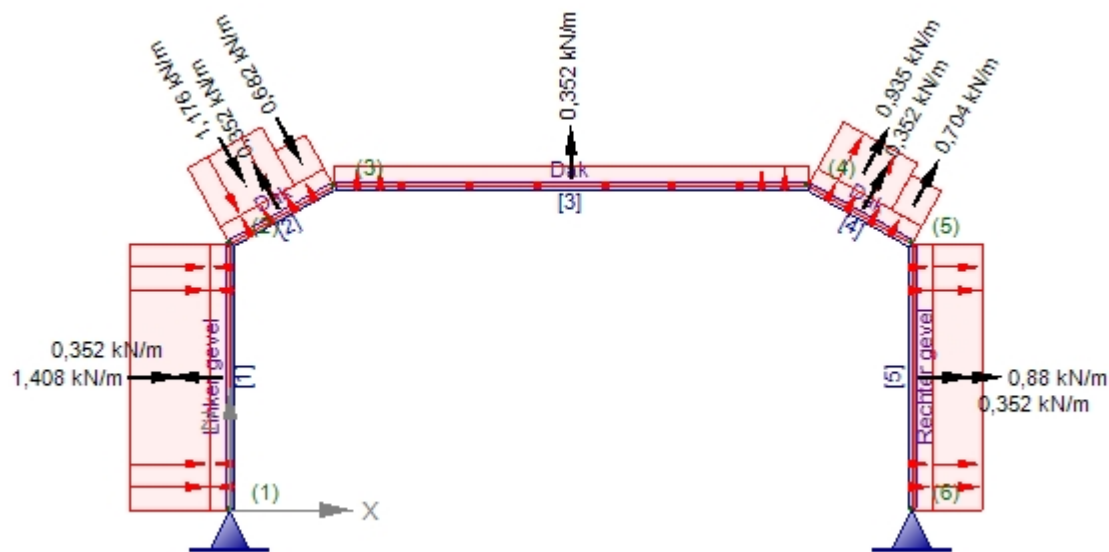
Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	qw15	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	1	0	2300
1	qw01	-1,408 kN/m	-1,408 kN/m	0,0	1	0	2300
2	qw15	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	2	0	1030
2	qw05	-0,682 kN/m	-0,682 kN/m	0,0	2	732	297
2	qw03	-1,176 kN/m	-1,176 kN/m	0,0	2	0	732
3	qw15	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	3	0	4100
4	qw15	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	4	0	1030
4	qw07	0,704 kN/m	0,704 kN/m	0,0	4	732	297
4	qw09	0,935 kN/m	0,935 kN/m	0,0	4	0	732
5	qw15	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	5	0	2300
5	qw02	0,880 kN/m	0,880 kN/m	0,0	5	0	2300



1.14 BELASTINGSGEVAL 7 Wind van links A + Overdruk

1.14.1 Staafbelastingen

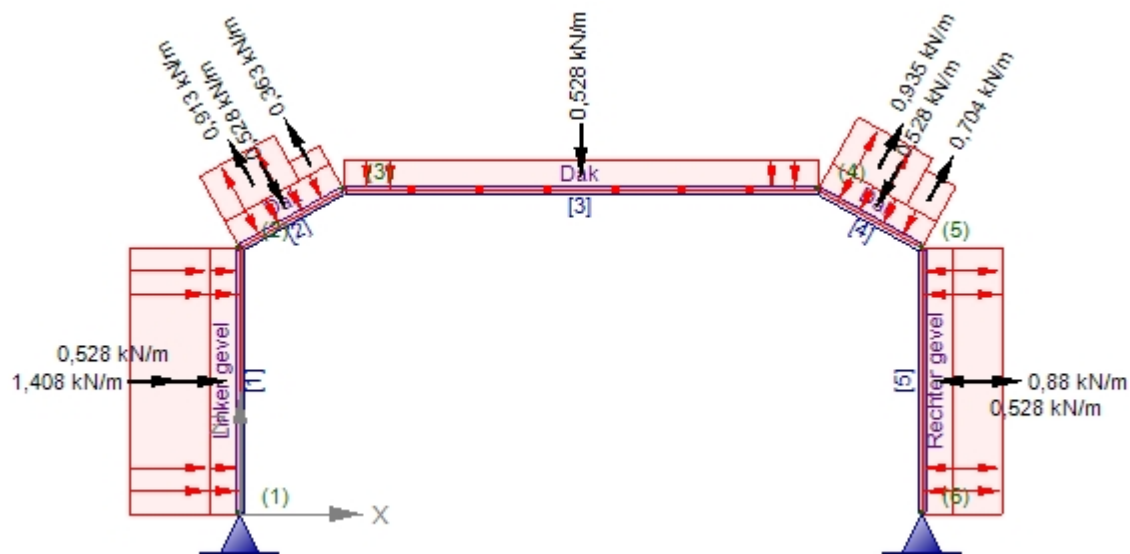
Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	q _{w16}	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	1	0	2300
1	q _{w01}	-1,408 kN/m	-1,408 kN/m	0,0	1	0	2300
2	q _{w16}	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	2	0	1030
2	q _{w05}	-0,682 kN/m	-0,682 kN/m	0,0	2	732	297
2	q _{w03}	-1,176 kN/m	-1,176 kN/m	0,0	2	0	732
3	q _{w16}	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	3	0	4100
4	q _{w16}	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	4	0	1030
4	q _{w07}	0,704 kN/m	0,704 kN/m	0,0	4	732	297
4	q _{w09}	0,935 kN/m	0,935 kN/m	0,0	4	0	732
5	q _{w16}	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	5	0	2300
5	q _{w02}	0,880 kN/m	0,880 kN/m	0,0	5	0	2300



1.15 BELASTINGSGEVAL 8 Wind van links B + Onderdruk

1.15.1 Staafbelastingen

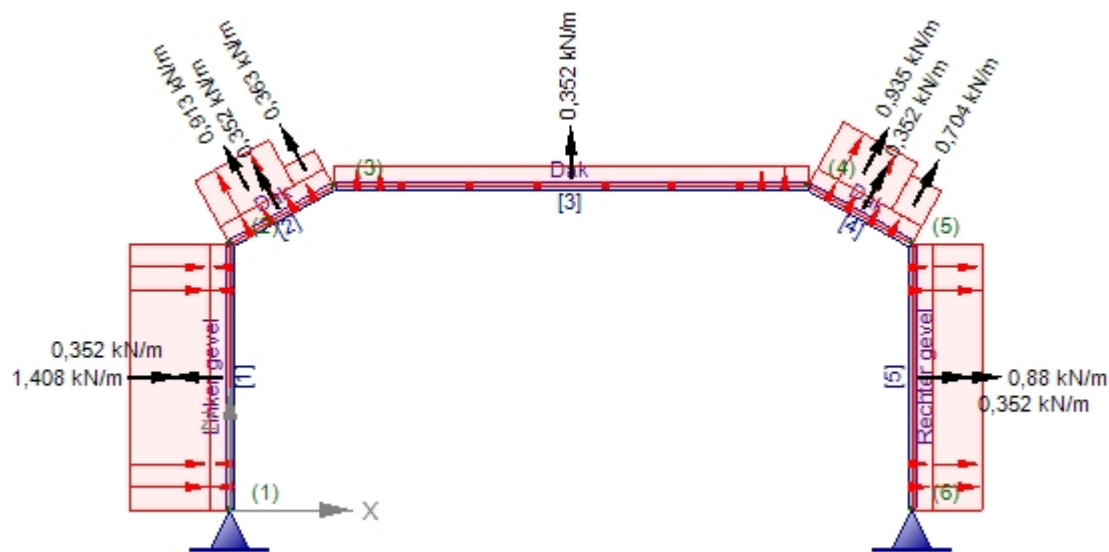
Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	qw15	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	1	0	2300
1	qw01	-1,408 kN/m	-1,408 kN/m	0,0	1	0	2300
2	qw15	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	2	0	1030
2	qw06	0,363 kN/m	0,363 kN/m	0,0	2	732	297
2	qw04	0,913 kN/m	0,913 kN/m	0,0	2	0	732
3	qw15	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	3	0	4100
4	qw15	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	4	0	1030
4	qw07	0,704 kN/m	0,704 kN/m	0,0	4	732	297
4	qw09	0,935 kN/m	0,935 kN/m	0,0	4	0	732
5	qw15	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	5	0	2300
5	qw02	0,880 kN/m	0,880 kN/m	0,0	5	0	2300



1.16 BELASTINGSGEVAL 9 Wind van links B + Overdruk

1.16.1 Staafbelastingen

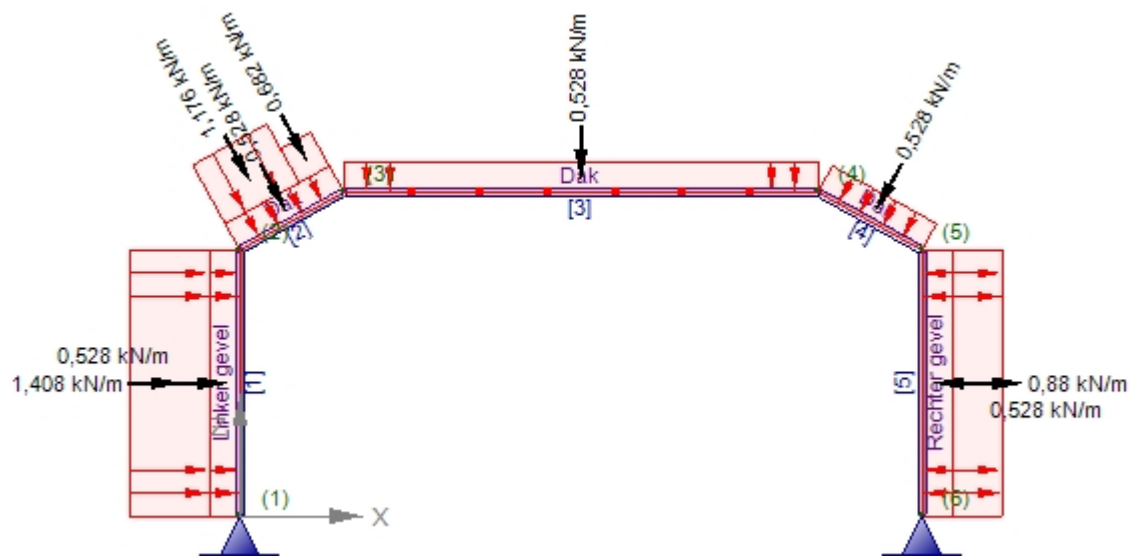
Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	q _{w16}	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	1	0	2300
1	q _{w01}	-1,408 kN/m	-1,408 kN/m	0,0	1	0	2300
2	q _{w16}	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	2	0	1030
2	q _{w06}	0,363 kN/m	0,363 kN/m	0,0	2	732	297
2	q _{w04}	0,913 kN/m	0,913 kN/m	0,0	2	0	732
3	q _{w16}	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	3	0	4100
4	q _{w16}	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	4	0	1030
4	q _{w07}	0,704 kN/m	0,704 kN/m	0,0	4	732	297
4	q _{w09}	0,935 kN/m	0,935 kN/m	0,0	4	0	732
5	q _{w16}	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	5	0	2300
5	q _{w02}	0,880 kN/m	0,880 kN/m	0,0	5	0	2300



1.17 BELASTINGSGEVAL 10 Wind van links C + Onderdruk

1.17.1 Staafbelastingen

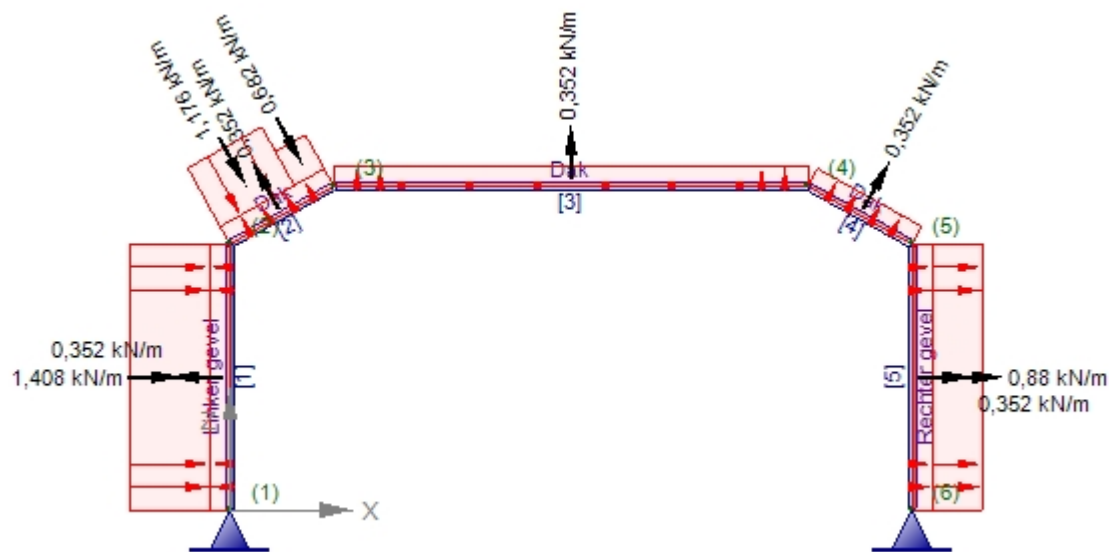
Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	qw15	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	1	0	2300
1	qw01	-1,408 kN/m	-1,408 kN/m	0,0	1	0	2300
2	qw15	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	2	0	1030
2	qw05	-0,682 kN/m	-0,682 kN/m	0,0	2	732	297
2	qw03	-1,176 kN/m	-1,176 kN/m	0,0	2	0	732
3	qw15	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	3	0	4100
4	qw15	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	4	0	1030
4	qw08	0,000 kN/m	0,000 kN/m	0,0	4	732	297
4	qw10	0,000 kN/m	0,000 kN/m	0,0	4	0	732
5	qw15	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	5	0	2300
5	qw02	0,880 kN/m	0,880 kN/m	0,0	5	0	2300



1.18 BELASTINGSGEVAL 11 Wind van links C + Overdruk

1.18.1 Staafbelastingen

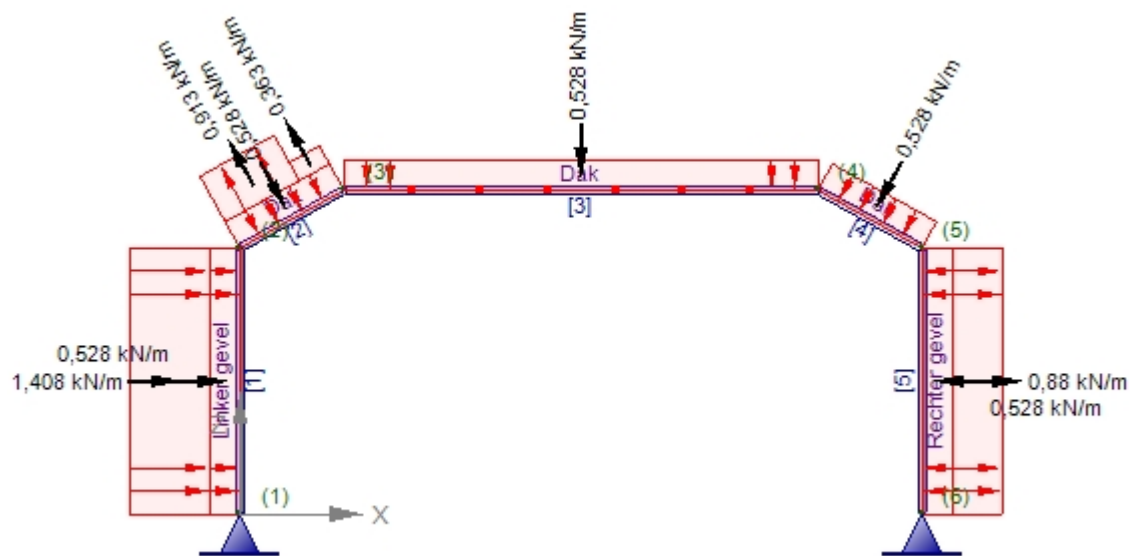
Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	qw16	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	1	0	2300
1	qw01	-1,408 kN/m	-1,408 kN/m	0,0	1	0	2300
2	qw16	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	2	0	1030
2	qw05	-0,682 kN/m	-0,682 kN/m	0,0	2	732	297
2	qw03	-1,176 kN/m	-1,176 kN/m	0,0	2	0	732
3	qw16	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	3	0	4100
4	qw16	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	4	0	1030
4	qw08	0,000 kN/m	0,000 kN/m	0,0	4	732	297
4	qw10	0,000 kN/m	0,000 kN/m	0,0	4	0	732
5	qw16	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	5	0	2300
5	qw02	0,880 kN/m	0,880 kN/m	0,0	5	0	2300



1.19 BELASTINGSGEVAL 12 Wind van links D + Onderdruk

1.19.1 Staafbelastingen

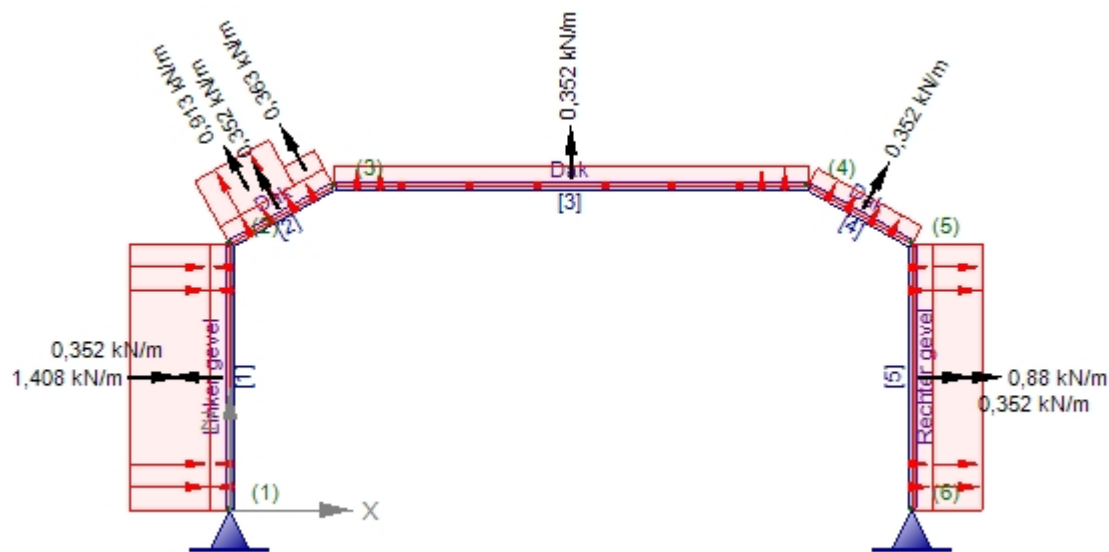
Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	qw15	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	1	0	2300
1	qw01	-1,408 kN/m	-1,408 kN/m	0,0	1	0	2300
2	qw15	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	2	0	1030
2	qw06	0,363 kN/m	0,363 kN/m	0,0	2	732	297
2	qw04	0,913 kN/m	0,913 kN/m	0,0	2	0	732
3	qw15	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	3	0	4100
4	qw15	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	4	0	1030
4	qw08	0,000 kN/m	0,000 kN/m	0,0	4	732	297
4	qw10	0,000 kN/m	0,000 kN/m	0,0	4	0	732
5	qw15	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	5	0	2300
5	qw02	0,880 kN/m	0,880 kN/m	0,0	5	0	2300



1.20 BELASTINGSGEVAL 13 Wind van links D + Overdruk

1.20.1 Staafbelastingen

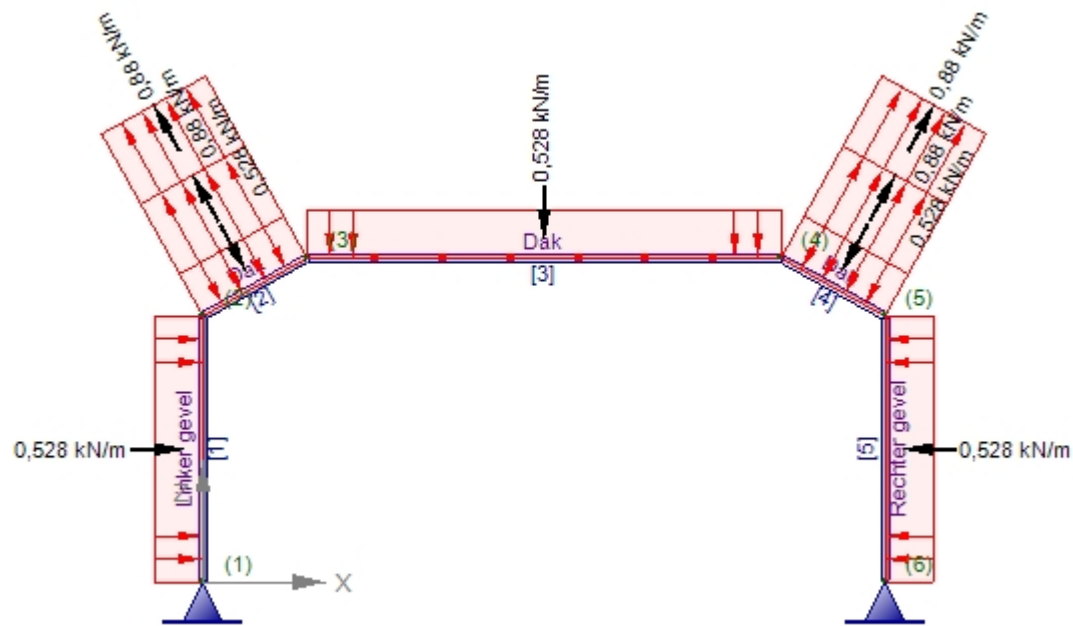
Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	qw16	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	1	0	2300
1	qw01	-1,408 kN/m	-1,408 kN/m	0,0	1	0	2300
2	qw16	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	2	0	1030
2	qw06	0,363 kN/m	0,363 kN/m	0,0	2	732	297
2	qw04	0,913 kN/m	0,913 kN/m	0,0	2	0	732
3	qw16	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	3	0	4100
4	qw16	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	4	0	1030
4	qw08	0,000 kN/m	0,000 kN/m	0,0	4	732	297
4	qw10	0,000 kN/m	0,000 kN/m	0,0	4	0	732
5	qw16	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	5	0	2300
5	qw02	0,880 kN/m	0,880 kN/m	0,0	5	0	2300



1.21 BELASTINGSGEVAL 14 Wind loodrecht A + Onderdruk

1.21.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	qw17	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	1	0	2300
2	qw11	0,880 kN/m	0,880 kN/m	0,0	2	0	1030
2	qw17	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	2	0	1030
2	qw12	0,880 kN/m	0,880 kN/m	0,0	2	0	1030
3	qw17	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	3	0	4100
4	qw17	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	4	0	1030
4	qw13	0,880 kN/m	0,880 kN/m	0,0	4	0	1030
4	qw14	0,880 kN/m	0,880 kN/m	0,0	4	0	1030
5	qw17	-0,528 kN/m	-0,528 kN/m	0,0	5	0	2300



1.22 BELASTINGSGEVAL 15 Wind loodrecht A + Overdruk

1.22.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	qw18	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	1	0	2300
2	qw11	0,880 kN/m	0,880 kN/m	0,0	2	0	1030
2	qw18	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	2	0	1030
2	qw12	0,880 kN/m	0,880 kN/m	0,0	2	0	1030
3	qw18	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	3	0	4100
4	qw18	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	4	0	1030
4	qw13	0,880 kN/m	0,880 kN/m	0,0	4	0	1030
4	qw14	0,880 kN/m	0,880 kN/m	0,0	4	0	1030
5	qw18	0,352 kN/m	0,352 kN/m	0,0	5	0	2300

2 Berekeningsresultaten**2.1 KNOPEN - Imperfectie scheefstand**

Knoop- nummer	1/200 in +X		1/200 in -X	
	X [mm]	Z [mm]	X [mm]	Z [mm]
1	0	0	0	0
2	12	2300	-12	2300
3	914	2800	886	2800
4	5014	2800	4986	2800
5	5912	2300	5889	2300
6	5900	0	5900	0

2.2 BELASTINGSGEVALLEN**(GL) Geometrisch lineaire krachtsverdeling****2.2.1 Reactiekrachten**

Knoop- nummer	Belastings geval	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
1	1	2,004	6,342	
	2	2,911	7,585	
	3	1,925	5,488	
	4	1,851	4,962	
	5	1,851	5,393	
	6	-3,648	0,925	
	7	-3,305	-1,670	
	8	-3,260	-0,194	
	9	-2,917	-2,789	
	10	-3,391	1,177	
	11	-3,048	-1,419	
	12	-3,003	0,058	
	13	-2,660	-2,538	
	14	-0,351	-0,026	
	15	-0,008	-2,622	
6	1	-2,004	6,342	
	2	-2,911	7,585	
	3	-1,925	5,488	
	4	-1,851	5,393	
	5	-1,851	4,962	
	6	-2,564	2,338	
	7	-2,907	-0,258	
	8	-2,058	1,848	
	9	-2,401	-0,747	
	10	-2,386	2,868	
	11	-2,729	0,272	
	12	-1,881	2,378	
	13	-2,224	-0,217	
	14	0,351	-0,026	
	15	0,008	-2,622	

2.3 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)

2.3.1 Belastingscombinaties

(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
1.1	Combinatie1 (6.10a) + Scheefstand 1/200 +X	UGT
1.2	Combinatie1 (6.10a) + Scheefstand 1/200 -X	UGT
2.1	Combinatie2 (6.10b) + Scheefstand 1/200 +X	UGT
2.2	Combinatie2 (6.10b) + Scheefstand 1/200 -X	UGT
3.1	Sneeuw 1 + Scheefstand 1/200 +X	UGT
3.2	Sneeuw 1 + Scheefstand 1/200 -X	UGT
4.1	Sneeuw 2 + Scheefstand 1/200 +X	UGT
4.2	Sneeuw 2 + Scheefstand 1/200 -X	UGT
5.1	Sneeuw 3 + Scheefstand 1/200 +X	UGT
5.2	Sneeuw 3 + Scheefstand 1/200 -X	UGT
6.1	Wind van links A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X	UGT
6.2	Wind van links A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X	UGT
7.1	Wind van links A + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X	UGT
7.2	Wind van links A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X	UGT
8.1	Wind van links B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X	UGT
8.2	Wind van links B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X	UGT
9.1	Wind van links B + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X	UGT
9.2	Wind van links B + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X	UGT
10.1	Wind van links C + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X	UGT
10.2	Wind van links C + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X	UGT
11.1	Wind van links C + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X	UGT
11.2	Wind van links C + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X	UGT
12.1	Wind van links D + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X	UGT
12.2	Wind van links D + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X	UGT
13.1	Wind van links D + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X	UGT
13.2	Wind van links D + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X	UGT
14.1	Wind loodrecht A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X	UGT
14.2	Wind loodrecht A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X	UGT
15.1	Wind loodrecht A + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X	UGT
15.2	Wind loodrecht A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X	UGT

Combinatie nummer	Belasting ($\psi \times \gamma$)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.1	1,00x1,20	0,40x1,35								
1.2	1,00x1,20	0,40x1,35								
2.1	1,00x1,10	1,00x1,35								
2.2	1,00x1,10	1,00x1,35								
3.1	1,00x1,10		1,00x1,35							
3.2	1,00x1,10		1,00x1,35							
4.1	1,00x1,10			1,00x1,35						
4.2	1,00x1,10			1,00x1,35						
5.1	1,00x1,10				1,00x1,35					
5.2	1,00x1,10				1,00x1,35					
6.1	1,00x1,10					1,00x1,35				
6.2	1,00x1,10					1,00x1,35				
7.1	1,00x1,10						1,00x1,35			
7.2	1,00x1,10						1,00x1,35			
8.1	1,00x1,10							1,00x1,35		
8.2	1,00x1,10							1,00x1,35		
9.1	1,00x1,10								1,00x1,35	
9.2	1,00x1,10								1,00x1,35	
10.1	1,00x1,10									1,00x1,35
10.2	1,00x1,10									1,00x1,35
11.1	1,00x1,10									
11.2	1,00x1,10									
12.1	1,00x1,10									
12.2	1,00x1,10									
13.1	1,00x1,10									
13.2	1,00x1,10									
14.1	1,00x1,10									
14.2	1,00x1,10									
15.1	1,00x1,10									
15.2	1,00x1,10									

Combinatie nummer	Belasting ($\psi \times \gamma$)									
	11	12	13	14	15					
1.1										
1.2										
2.1										
2.2										
3.1										
3.2										
4.1										
4.2										
5.1										
5.2										
6.1										
6.2										
7.1										
7.2										
8.1										
8.2										
9.1										
9.2										
10.1										
10.2										
11.1	1,00x1,35									
11.2	1,00x1,35									
12.1		1,00x1,35								
12.2		1,00x1,35								
13.1			1,00x1,35							
13.2			1,00x1,35							
14.1				1,00x1,35						
14.2				1,00x1,35						
15.1					1,00x1,35					
15.2					1,00x1,35					

2.3.2 Reactiekrachten

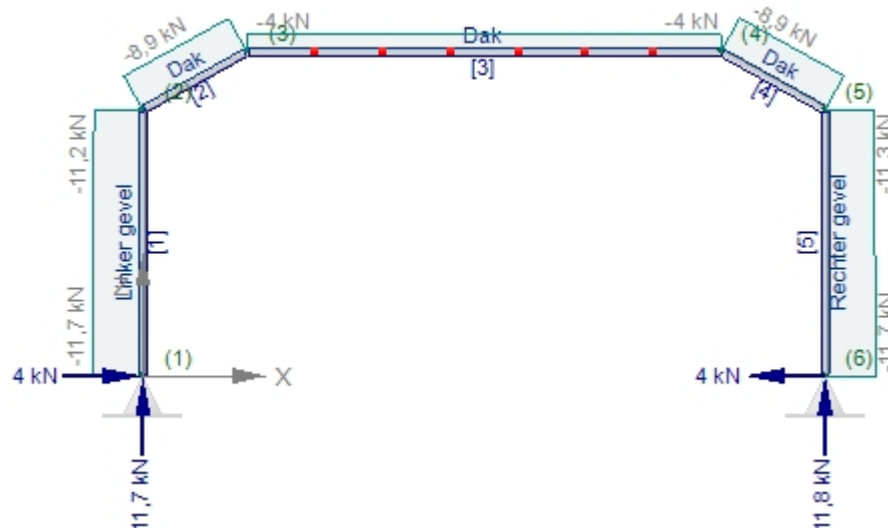
Knoop- nummer	Combinatie nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
1	1.1	3,982	11,651	
	1.2	3,977	11,760	
	2.1	6,144	17,133	
	2.2	6,140	17,298	
	3.1	4,810	14,316	
	3.2	4,805	14,452	
	4.1	4,708	13,610	
	4.2	4,707	13,742	
	5.1	4,712	14,189	
	5.2	4,704	14,321	
	6.1	-2,724	8,168	
	6.2	-2,721	8,186	
	7.1	-2,264	4,684	
	7.2	-2,259	4,700	
	8.1	-2,203	6,675	
	8.2	-2,194	6,690	
	9.1	-1,743	3,186	
	9.2	-1,733	3,199	
	10.1	-2,378	8,509	
	10.2	-2,374	8,532	
	11.1	-1,918	5,023	
	11.2	-1,913	5,043	
	12.1	-1,858	7,016	
	12.2	-1,847	7,035	
	13.1	-1,398	3,525	
	13.2	-1,386	3,542	

Knoop-nummer	Combinatie nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
1	14.1	1,734	6,914	
	14.2	1,732	6,966	
	15.1	2,194	3,412	
	15.2	2,194	3,461	
6	1.1	-3,977	11,760	
	1.2	-3,982	11,651	
	2.1	-6,140	17,298	
	2.2	-6,144	17,133	
	3.1	-4,805	14,452	
	3.2	-4,810	14,316	
	4.1	-4,704	14,321	
	4.2	-4,711	14,188	
	5.1	-4,707	13,742	
	5.2	-4,709	13,610	
	6.1	-5,656	10,226	
	6.2	-5,672	10,133	
	7.1	-6,119	6,702	
	7.2	-6,131	6,612	
	8.1	-4,973	9,545	
	8.2	-4,989	9,459	
	9.1	-5,435	6,026	
	9.2	-5,448	5,943	
	10.1	-5,414	10,939	
	10.2	-5,433	10,843	
	11.1	-5,877	7,418	
	11.2	-5,892	7,325	
	12.1	-4,731	10,258	
	12.2	-4,751	10,169	
	13.1	-5,193	6,742	
	13.2	-5,210	6,655	
	14.1	-1,733	6,966	
	14.2	-1,733	6,914	
	15.1	-2,195	3,461	
	15.2	-2,192	3,411	

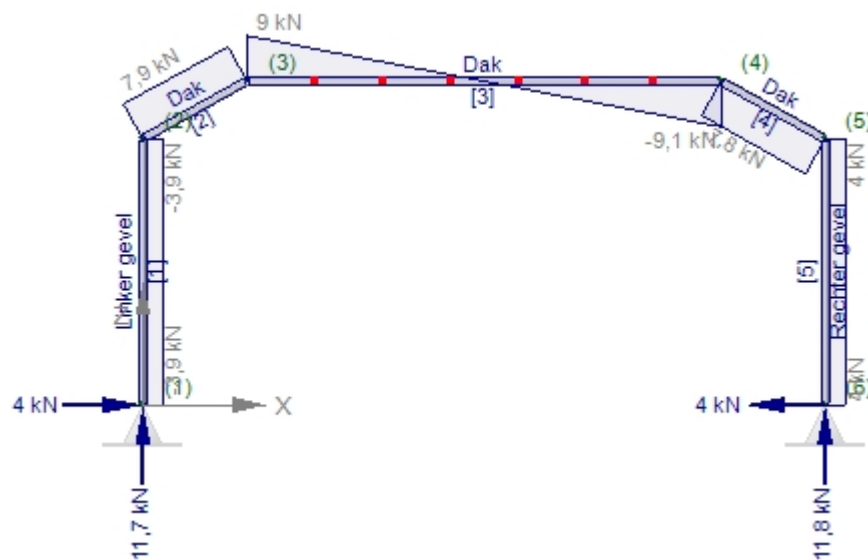
2.3.3 Maatgevende snedekrachten

Staaf-nummer	Comb. nummer	Knoop-nummer	x-lokaal [mm]	Nx-lokaal [kN]	Vz-lokaal [kN]	My-lokaal [kNm]
1	2.2	1	0	-17,267	-6,257	0,000
	6.1		0	-8,154	2,813	0,000
	7.1		1624	-4,391	0,000	1,880
	2.2		2300	-16,868	-6,257	-14,391
	9.1		2300	-2,778	-1,505	0,309
2	2.2	2	0	-13,590	11,871	-14,391
	9.1		0	-2,683	1,690	0,308
	7.1		1030	-2,867	2,152	4,266
	15.1		1030	-2,337	4,891	-0,148
3	2.2	3	0	-6,142	14,850	-2,275
	15.2		0	0,325	3,571	-0,212
	2.2		2062	-6,142	0,000	13,032
	2.1		4100	-6,142	-14,850	-2,274
	6.1		4100	-4,335	-8,190	-5,365
4	15.2	4	0	-2,336	-4,891	-0,139

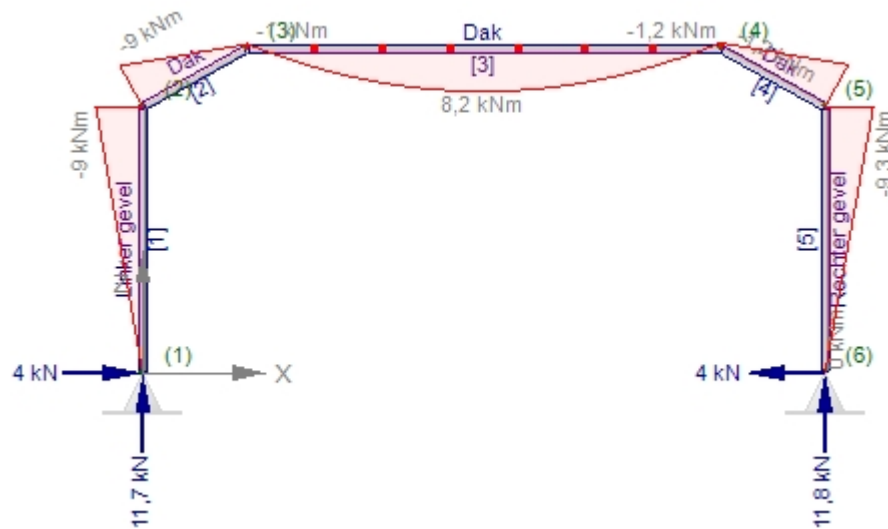
Staaft- nummer	Comb. nummer	Knoop- nummer	x-lokaal [mm]	Nx-lokaal [kN]	Vz-lokaal [kN]	My-lokaal [kNm]
4	2.1	4	1030	-13,590	-11,870	-14,415
	15.2		1030	-2,422	-2,113	-3,745
5	2.1	5	0	-16,868	6,256	-14,389
	15.2		0	-3,023	1,084	-3,749
	2.1		2300	-17,267	6,256	0,000
	8.1		2300	-9,520	5,070	0,000



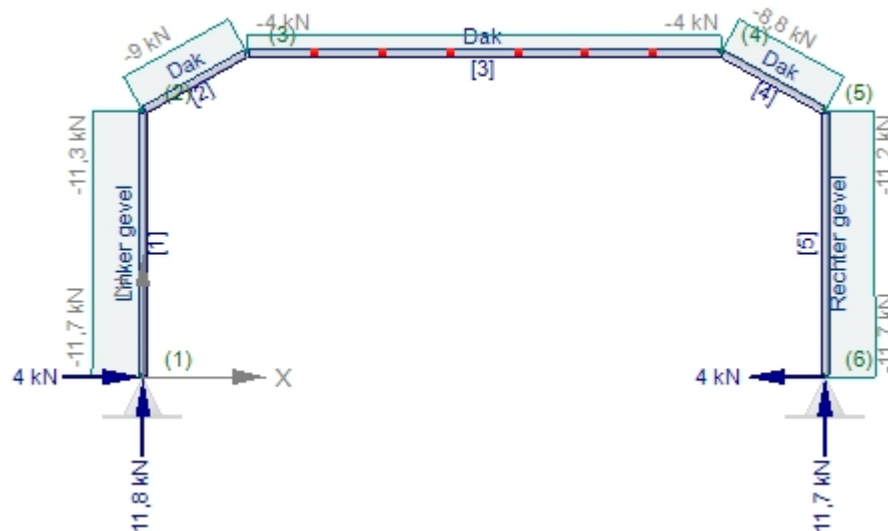
N-lijn - 1.1 Combinatie1 (6.10a) + Scheefstand 1/200 +X



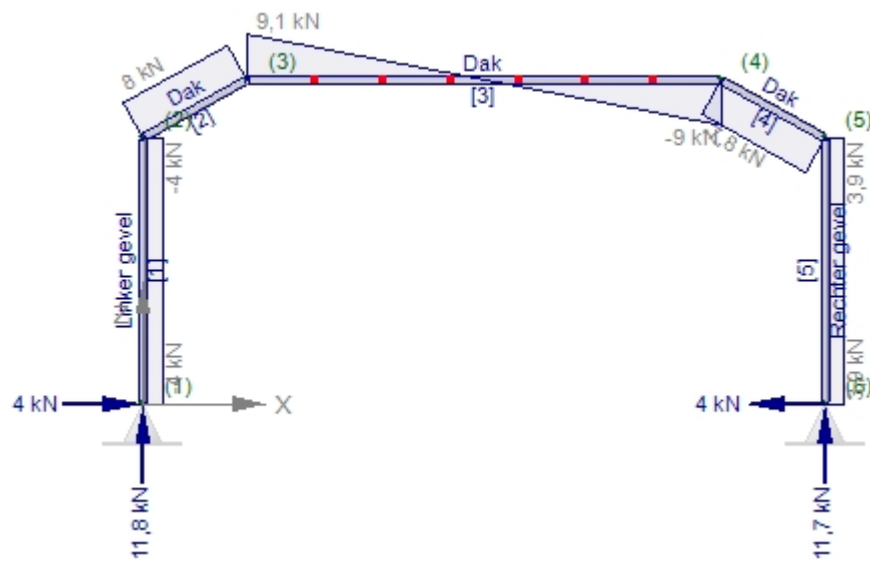
D-lijn - 1.1 Combinatie1 (6.10a) + Scheefstand 1/200 +X



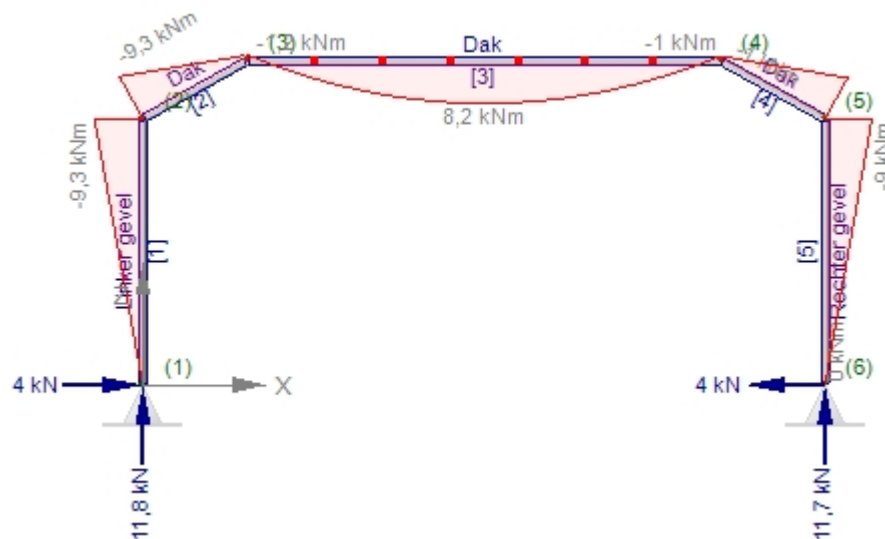
M-lijn - 1.1 Combinatie1 (6.10a) + Scheefstand 1/200 +X



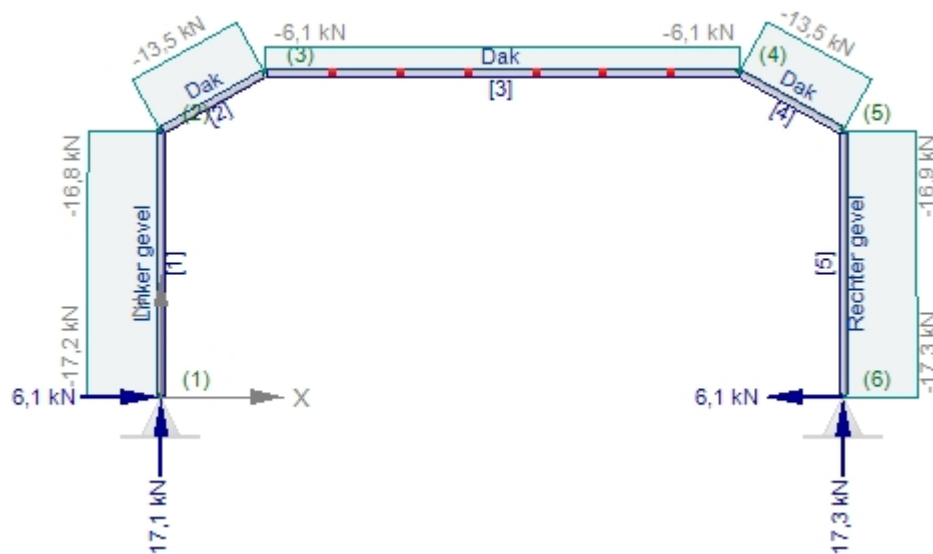
N-lijn - 1.2 Combinatie1 (6.10a) + Scheefstand 1/200 -X



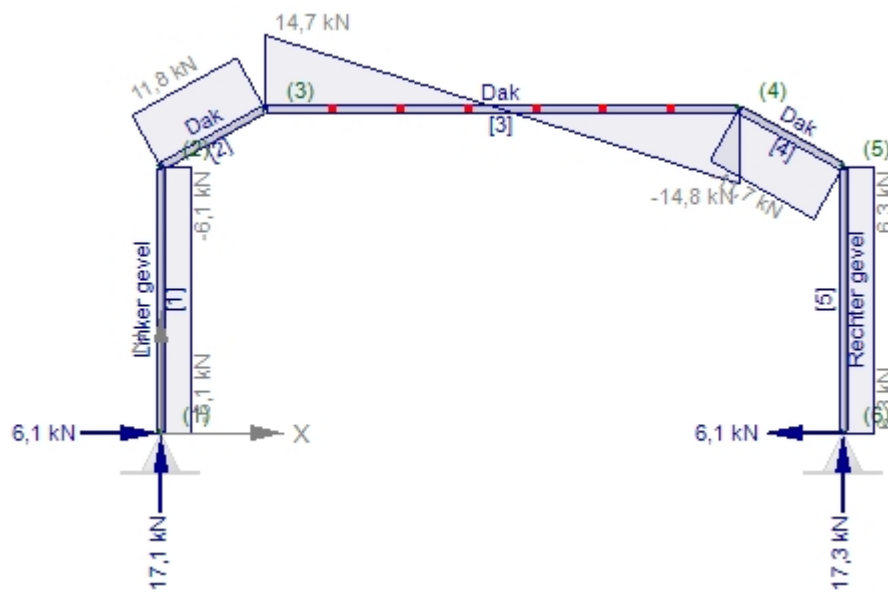
D-lijn - 1.2 Combinatie1 (6.10a) + Scheefstand 1/200 -X



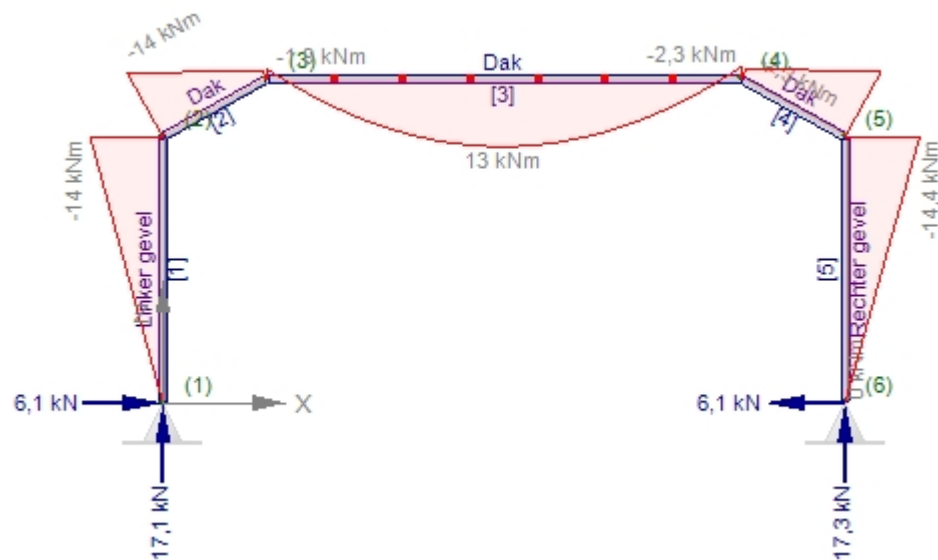
M-lijn - 1.2 Combinatie1 (6.10a) + Scheefstand 1/200 -X



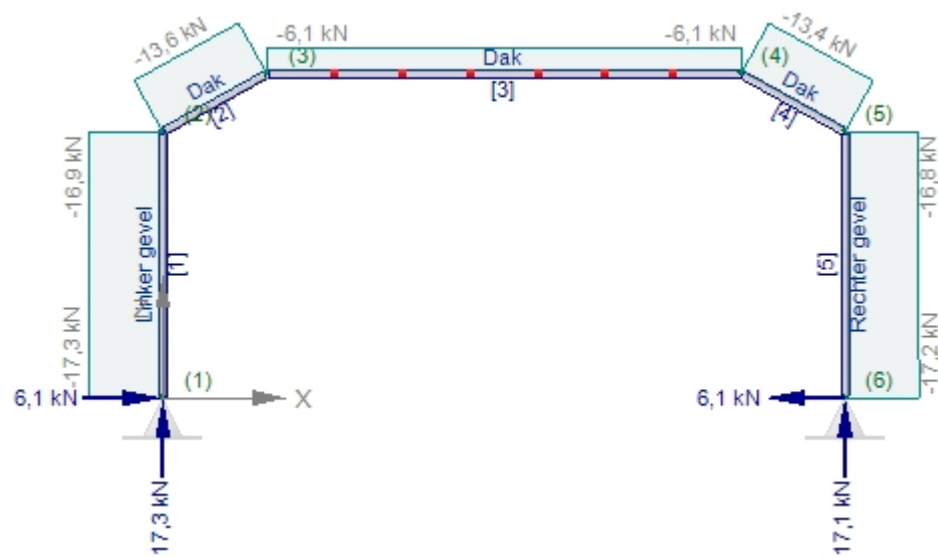
N-lijn - 2.1 Combinatie2 (6.10b) + Scheefstand 1/200 +X



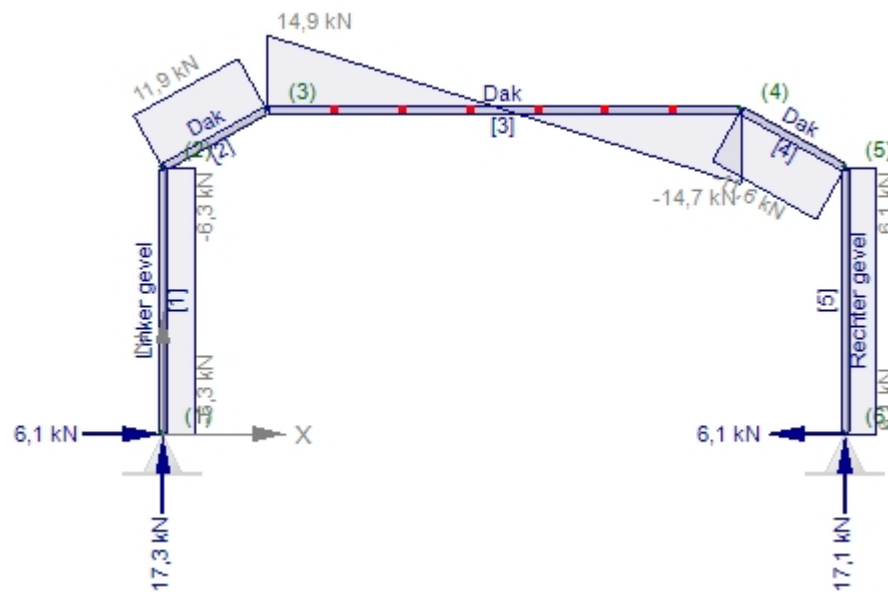
D-lijn - 2.1 Combinatie2 (6.10b) + Scheefstand 1/200 +X



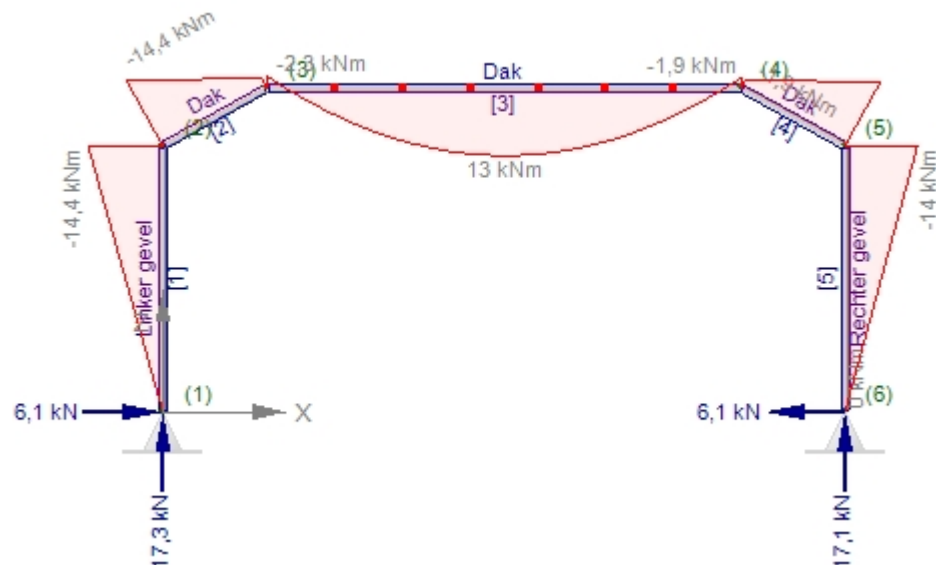
M-lijn - 2.1 Combinatie2 (6.10b) + Scheefstand 1/200 +X



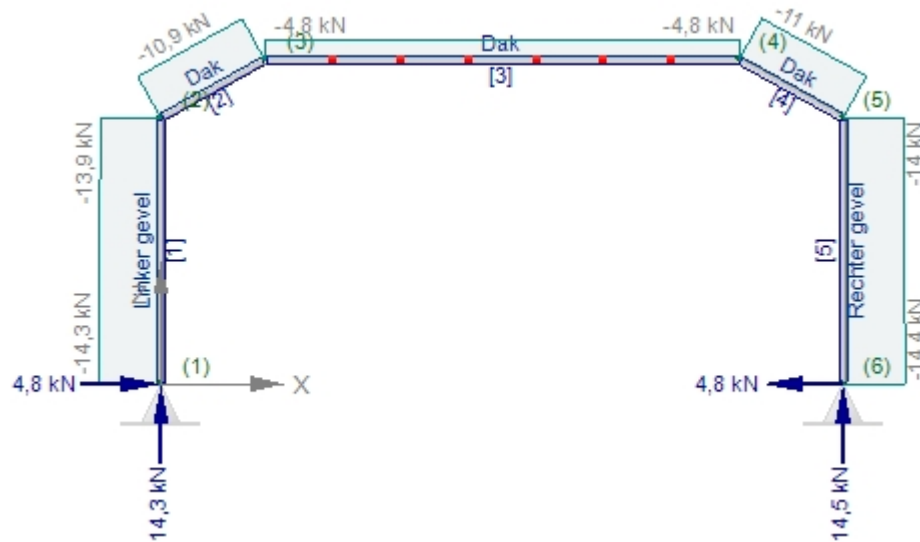
N-lijn - 2.2 Combinatie2 (6.10b) + Scheefstand 1/200 -X



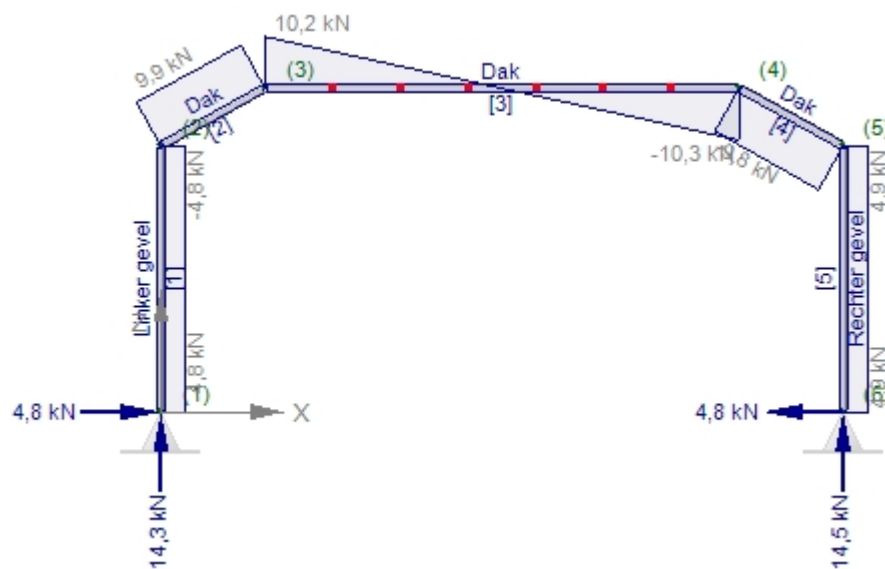
D-lijn - 2.2 Combinatie2 (6.10b) + Scheefstand 1/200 -X



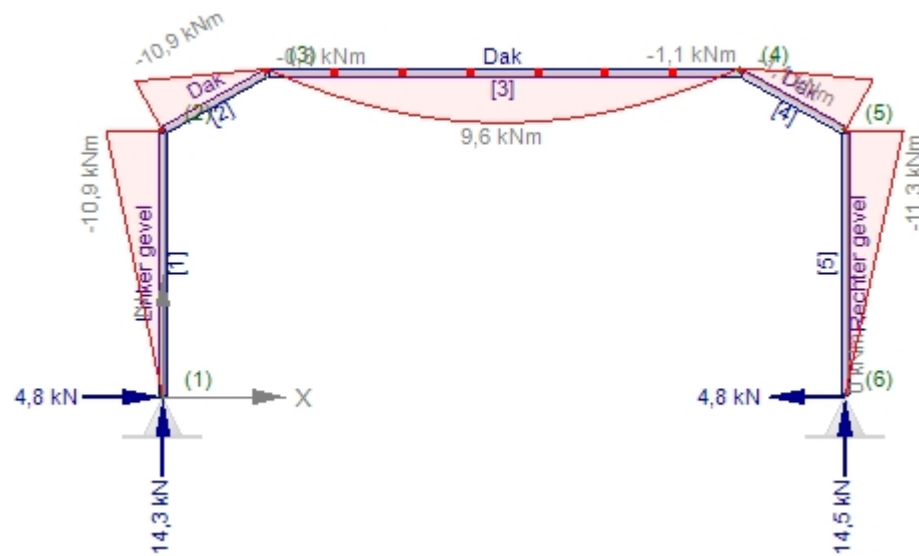
M-lijn - 2.2 Combinatie2 (6.10b) + Scheefstand 1/200 -X



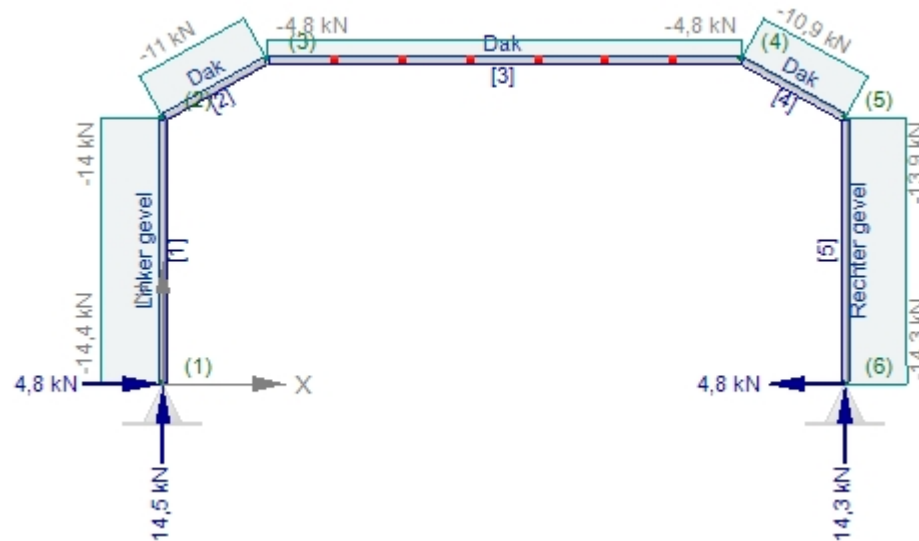
N-lijn - 3.1 Sneeuw 1 + Scheefstand 1/200 +X



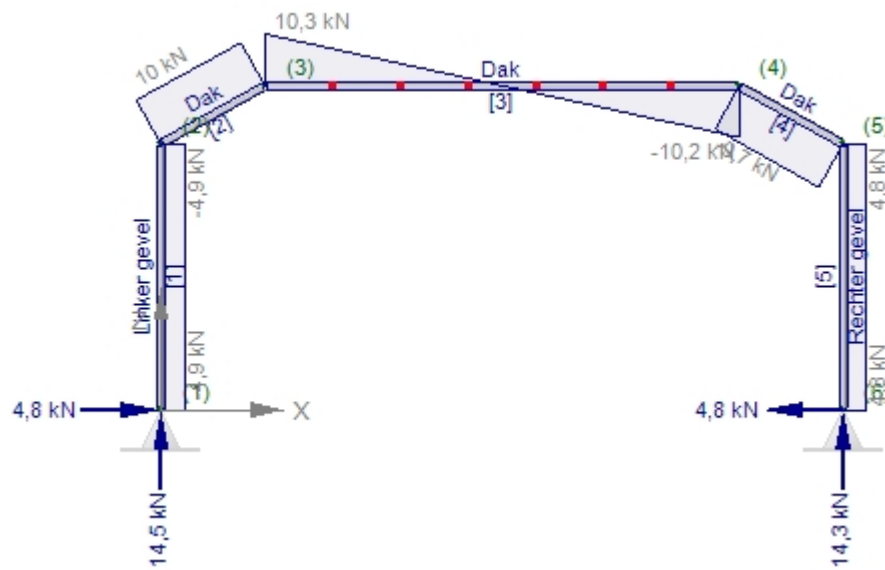
D-lijn - 3.1 Sneeuw 1 + Scheefstand 1/200 +X



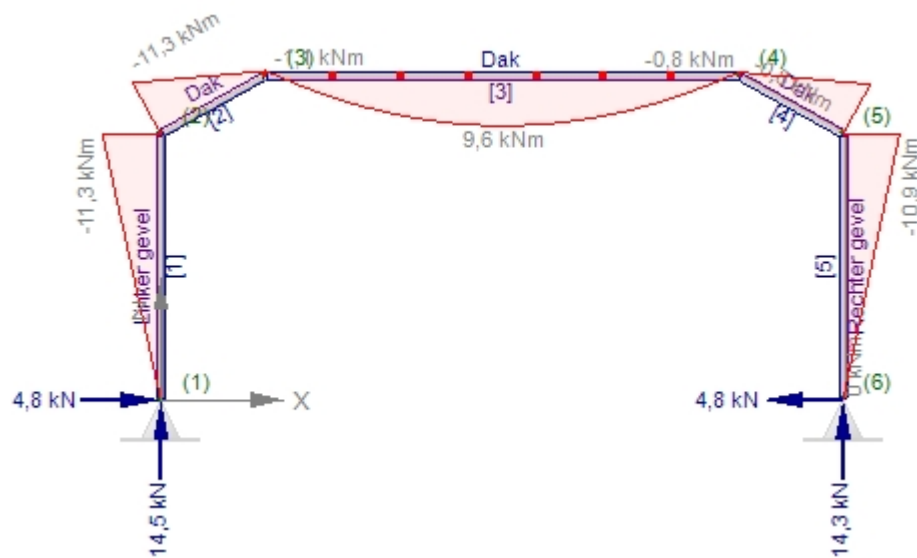
M-lijn - 3.1 Sneeuw 1 + Schiefstand 1/200 +X



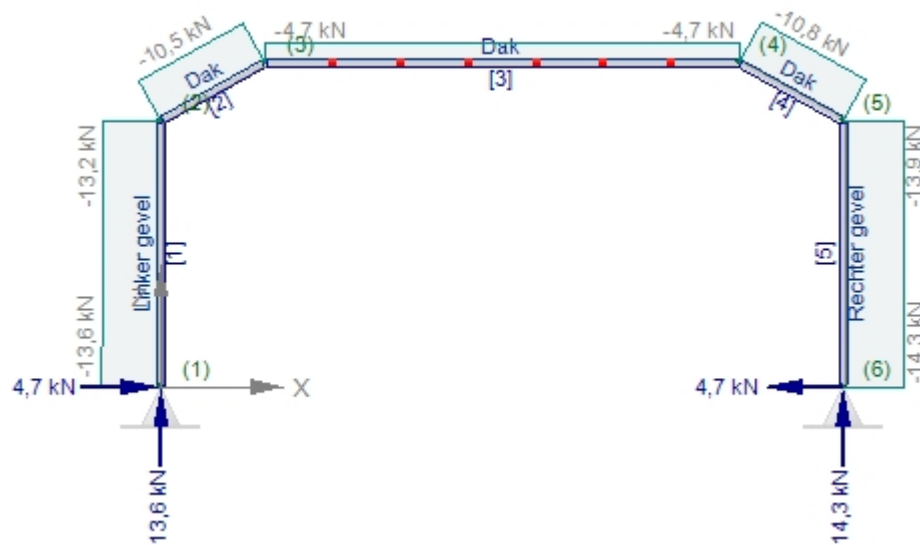
N-lijn - 3.2 Sneeuw 1 + Schiefstand 1/200 -X



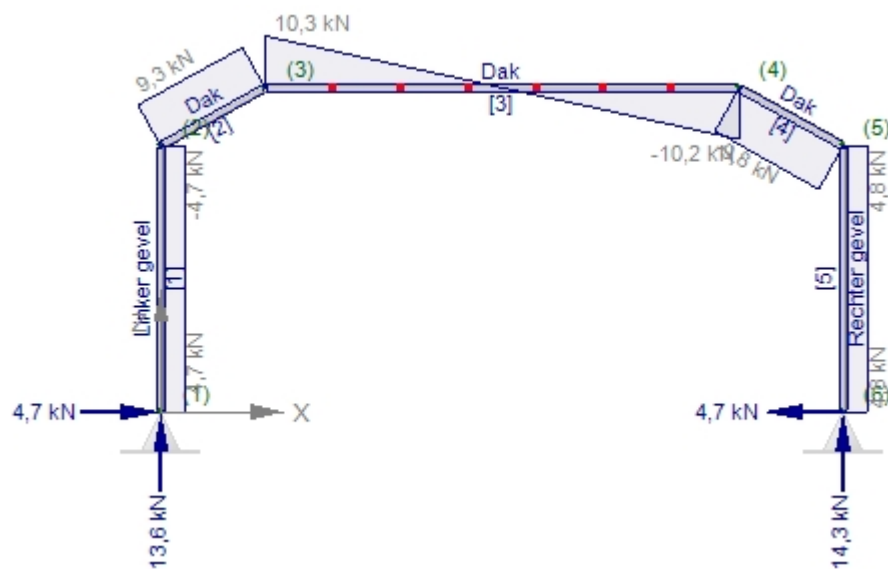
D-lijn - 3.2 Sneeuw 1 + Scheefstand 1/200 -X



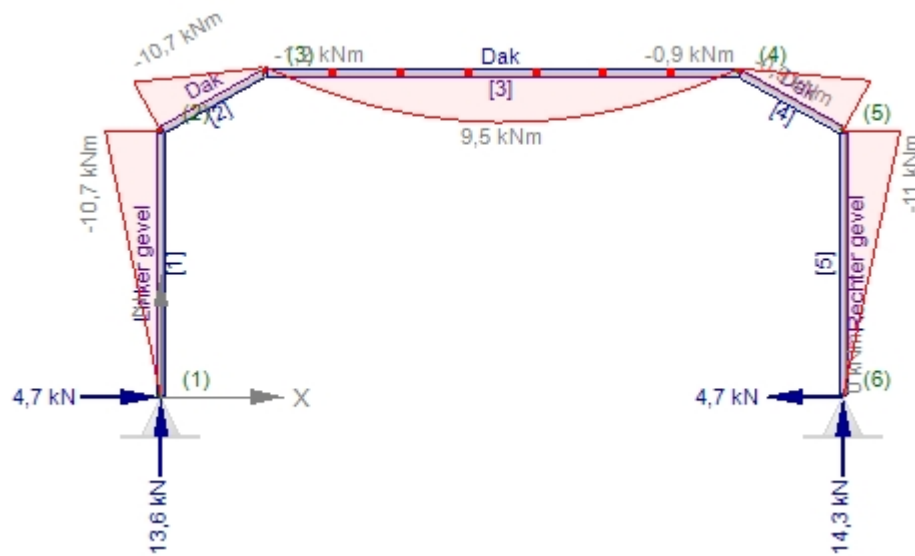
M-lijn - 3.2 Sneeuw 1 + Scheefstand 1/200 -X



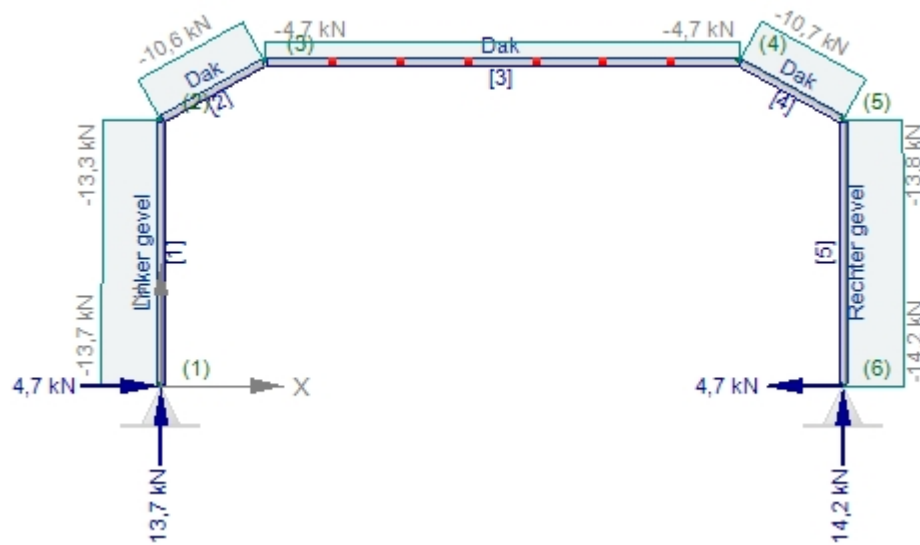
N-lijn - 4.1 Sneeuw 2 + Scheefstand 1/200 +X



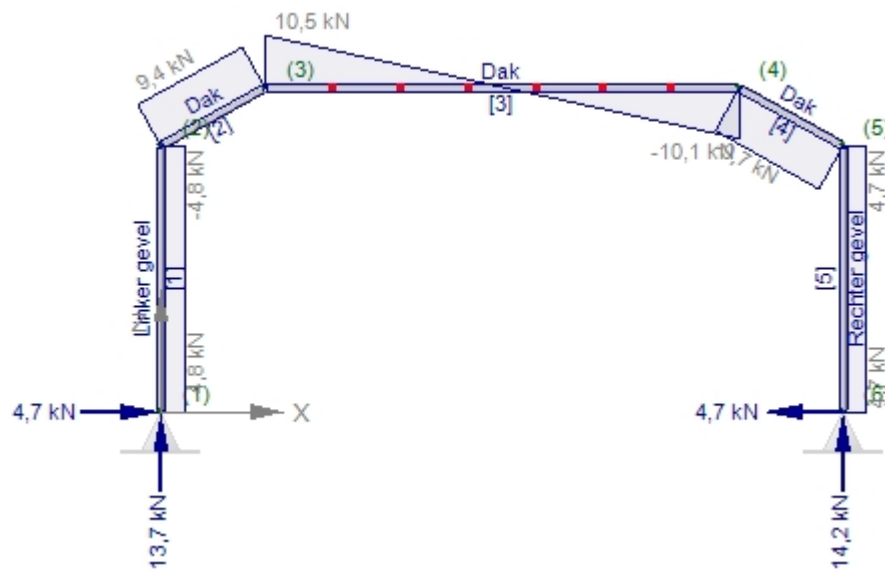
D-lijn - 4.1 Sneeuw 2 + Scheefstand 1/200 +X



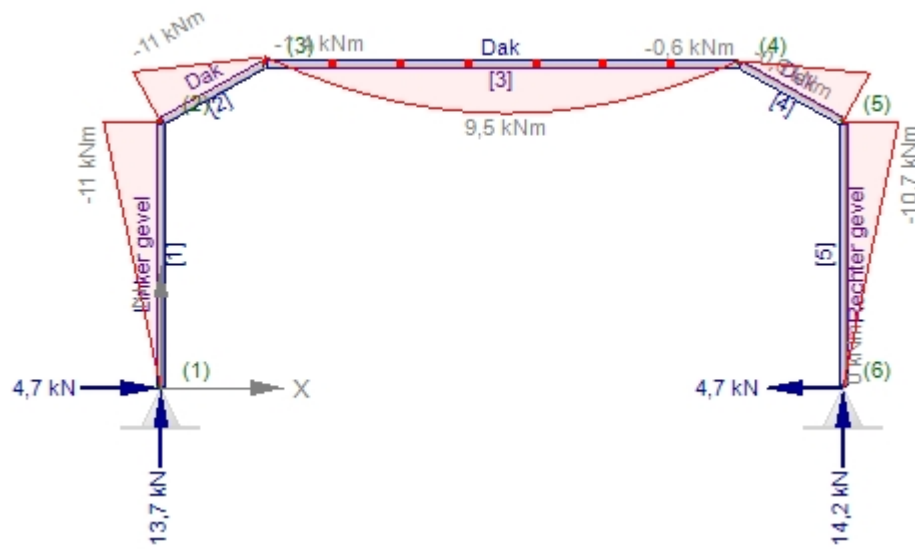
M-lijn - 4.1 Sneeuw 2 + Scheefstand 1/200 +X



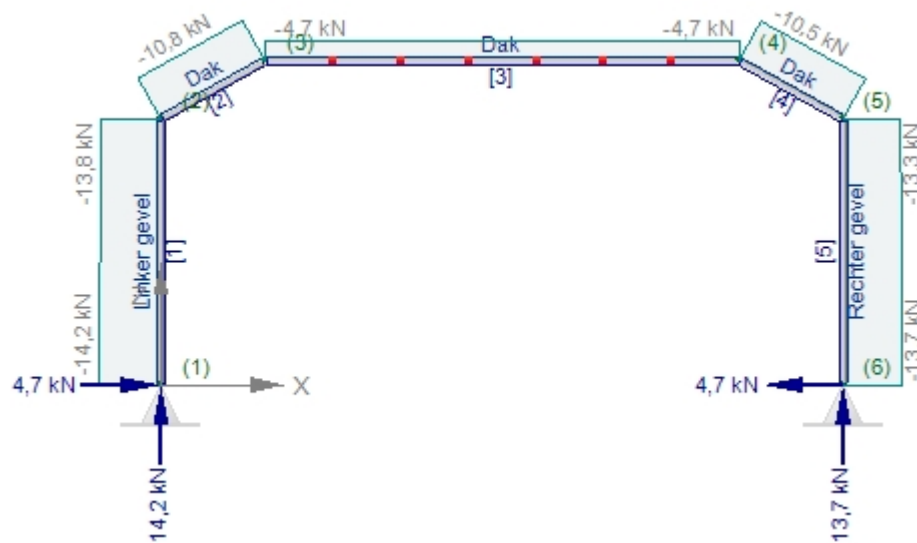
N-lijn - 4.2 Sneeuw 2 + Scheefstand 1/200 -X



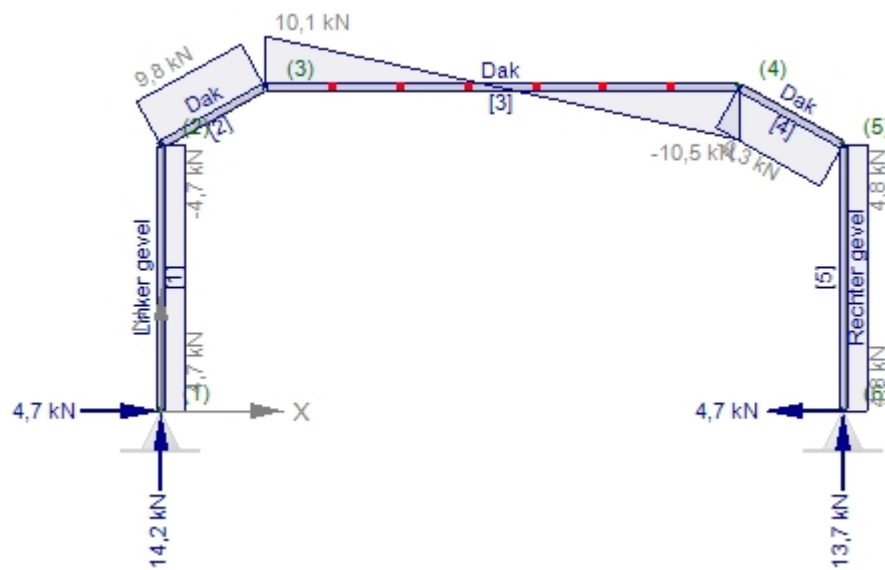
D-lijn - 4.2 Sneeuw 2 + Scheefstand 1/200 -X



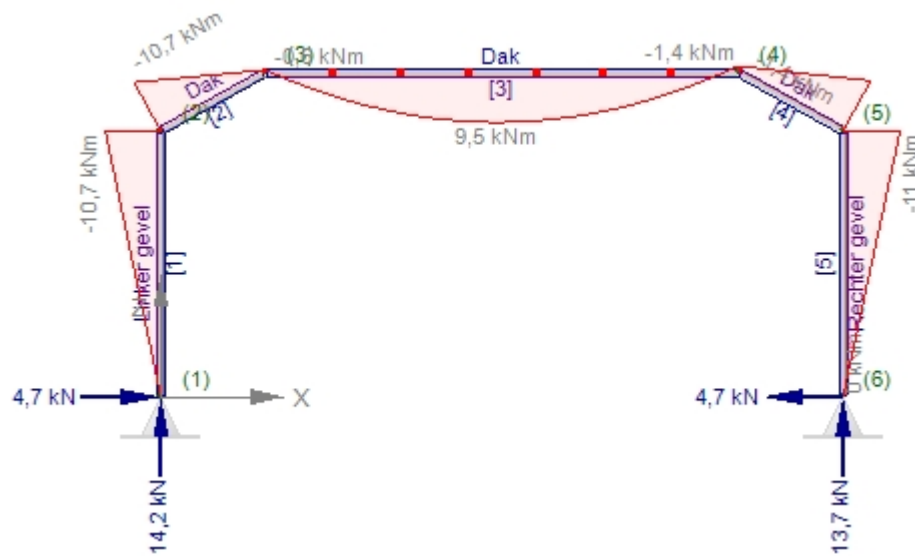
M-lijn - 4.2 Sneeuw 2 + Scheefstand 1/200 -X



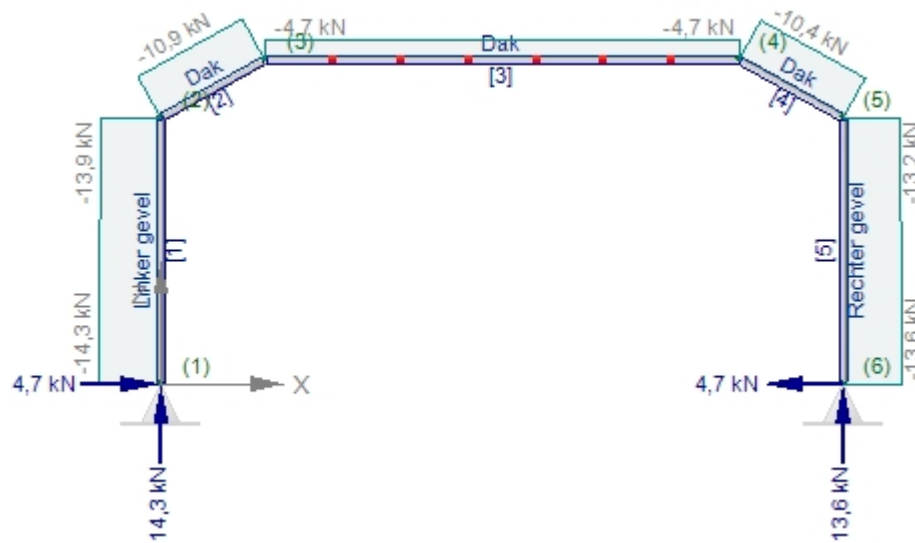
N-lijn - 5.1 Sneeuw 3 + Scheefstand 1/200 +X



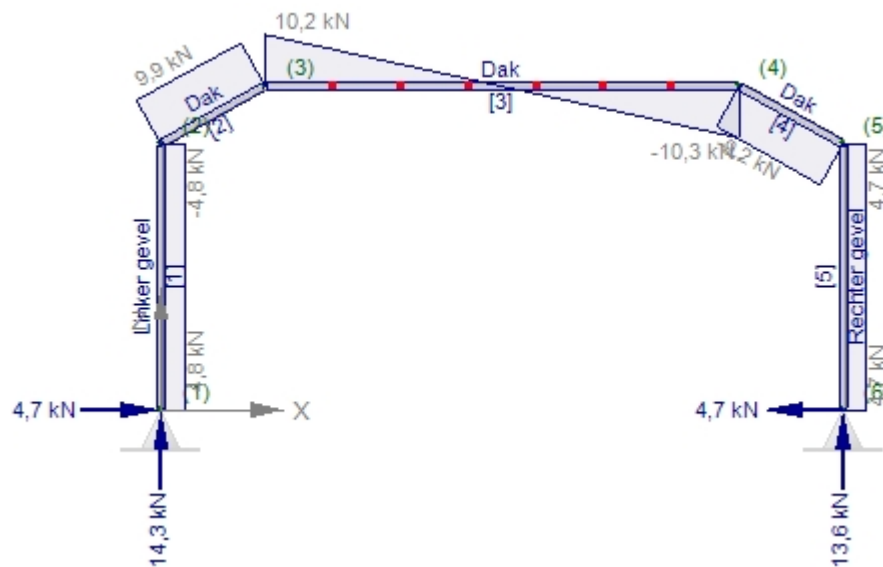
D-lijn - 5.1 Sneeuw 3 + Scheefstand 1/200 +X



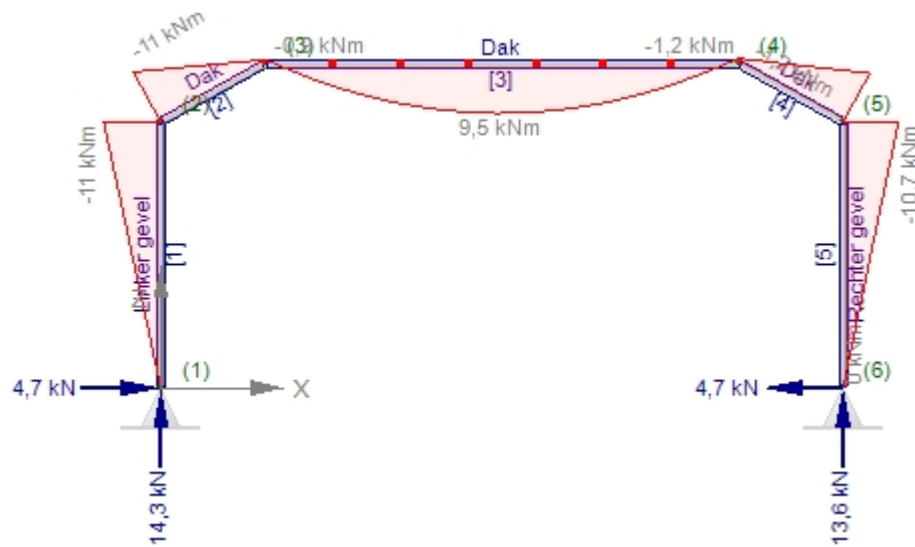
M-lijn - 5.1 Sneeuw 3 + Scheefstand 1/200 +X



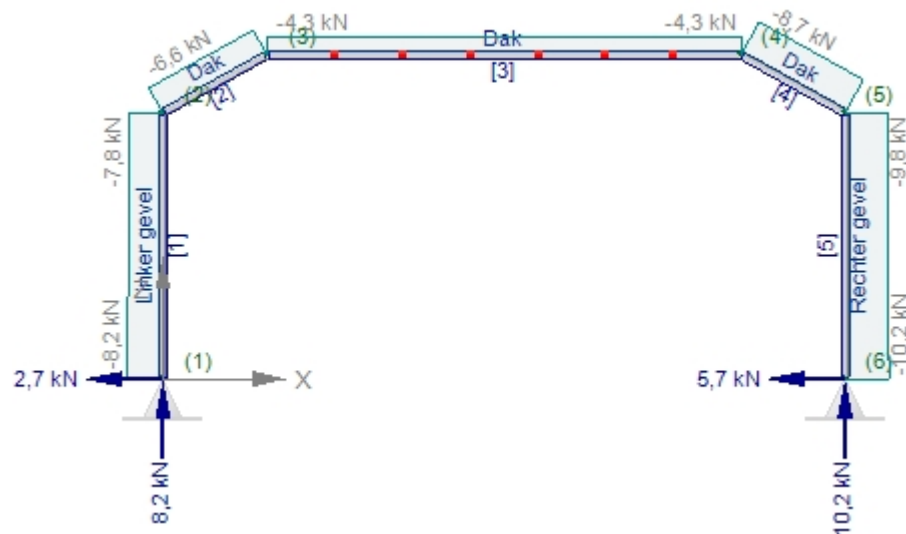
N-lijn - 5.2 Sneeuw 3 + Scheefstand 1/200 -X



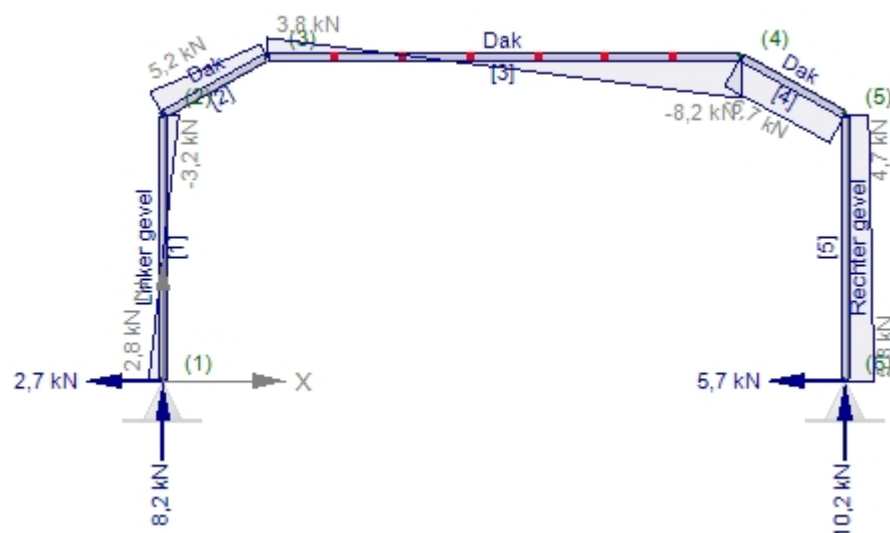
D-lijn - 5.2 Sneeuw 3 + Scheefstand 1/200 -X



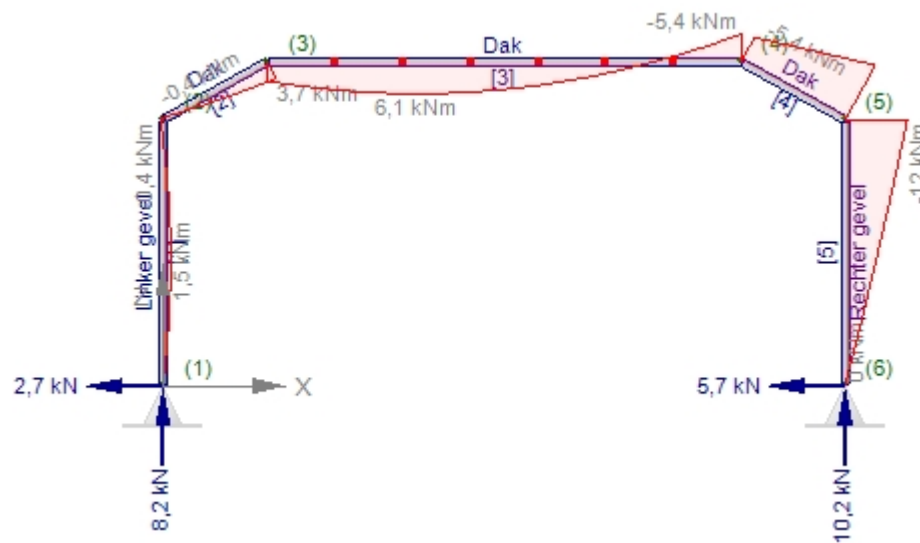
M-lijn - 5.2 Sneeuw 3 + Scheefstand 1/200 -X



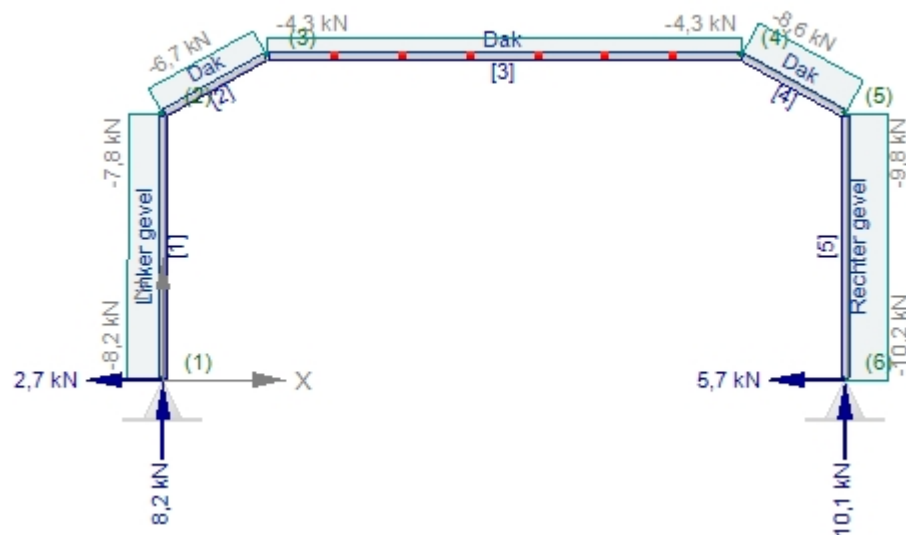
N-lijn - 6.1 Wind van links A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X



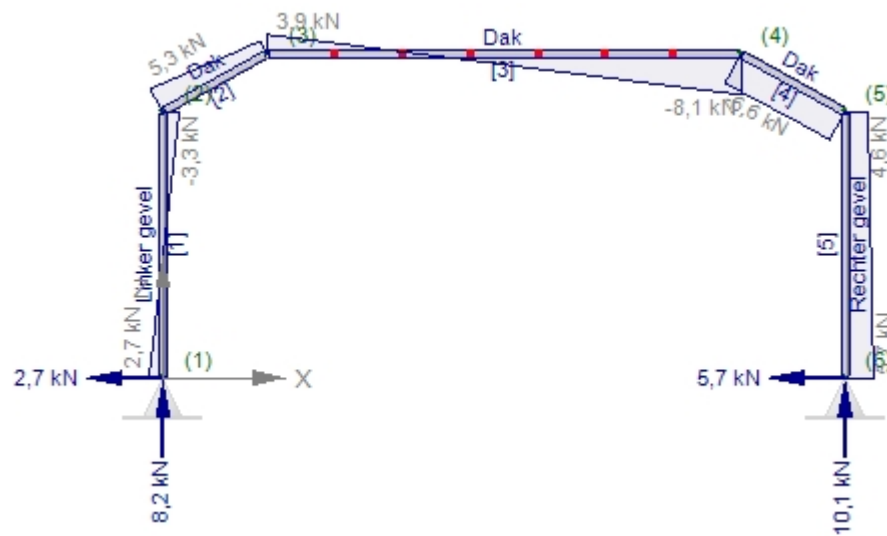
D-lijn - 6.1 Wind van links A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X



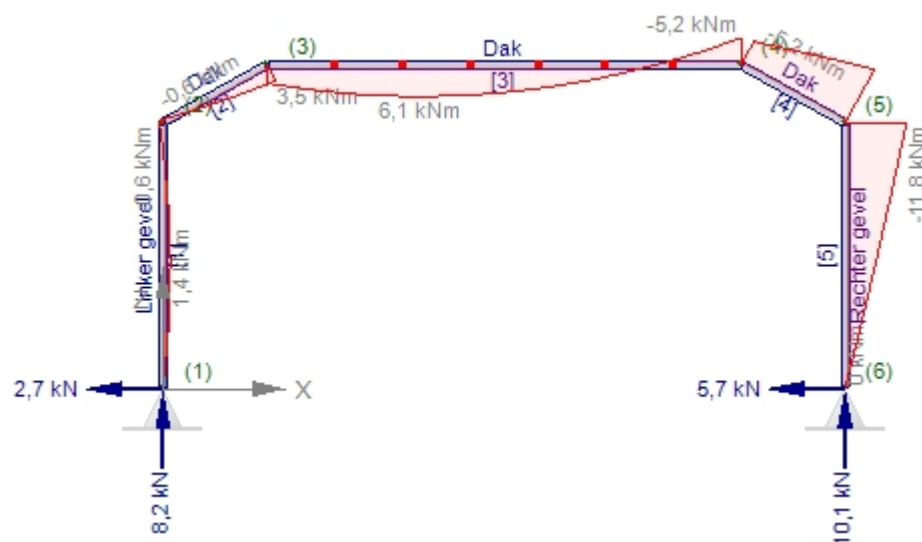
M-lijn - 6.1 Wind van links A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X



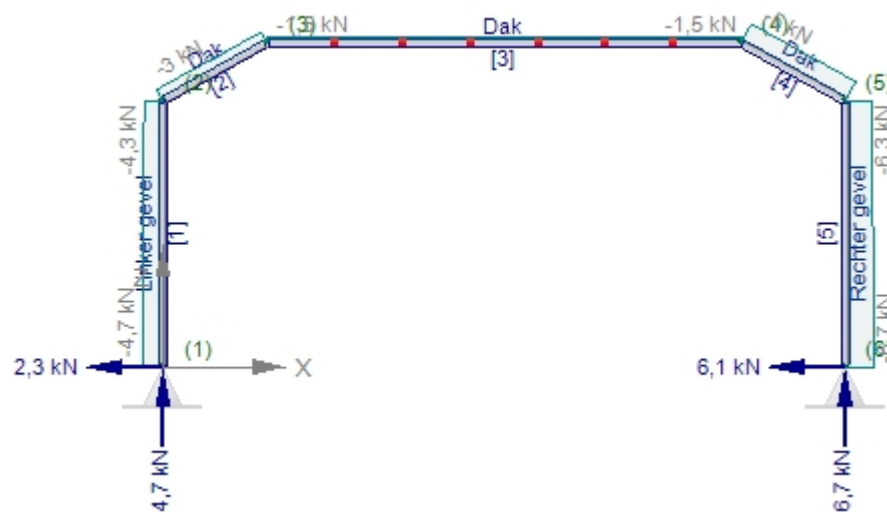
N-lijn - 6.2 Wind van links A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X



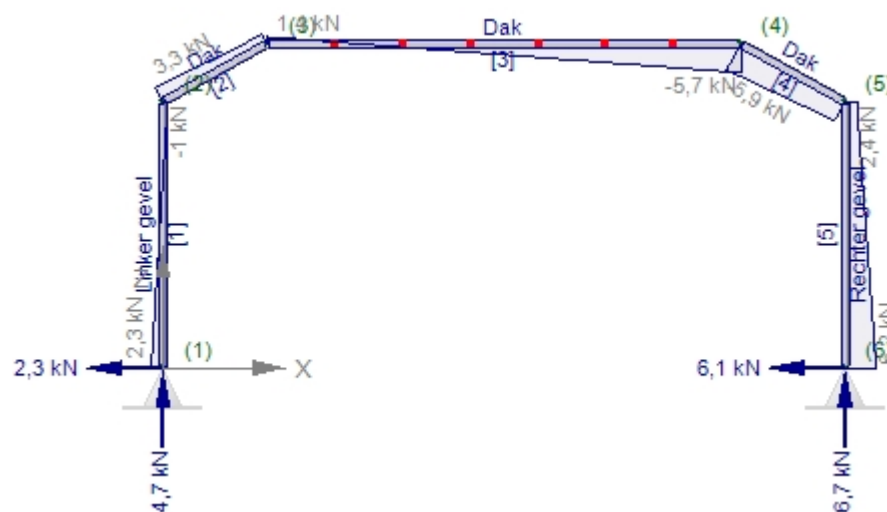
D-lijn - 6.2 Wind van links A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X



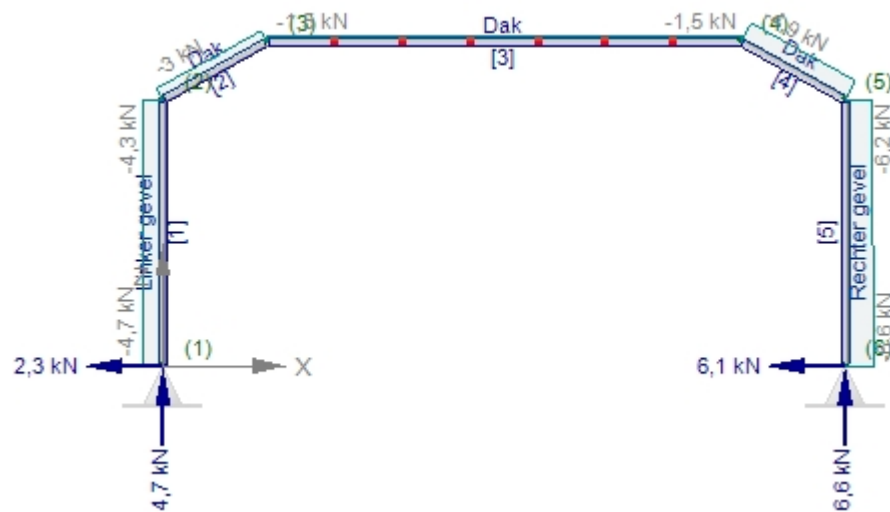
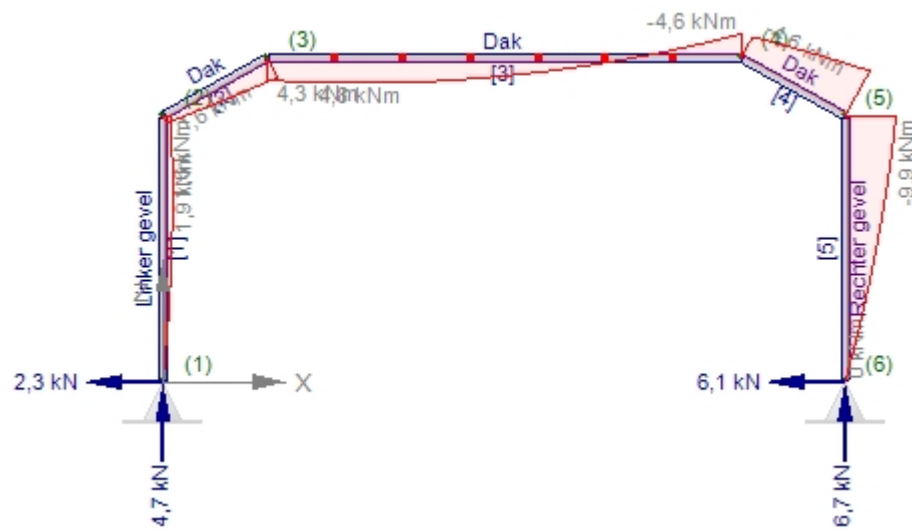
M-lijn - 6.2 Wind van links A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X

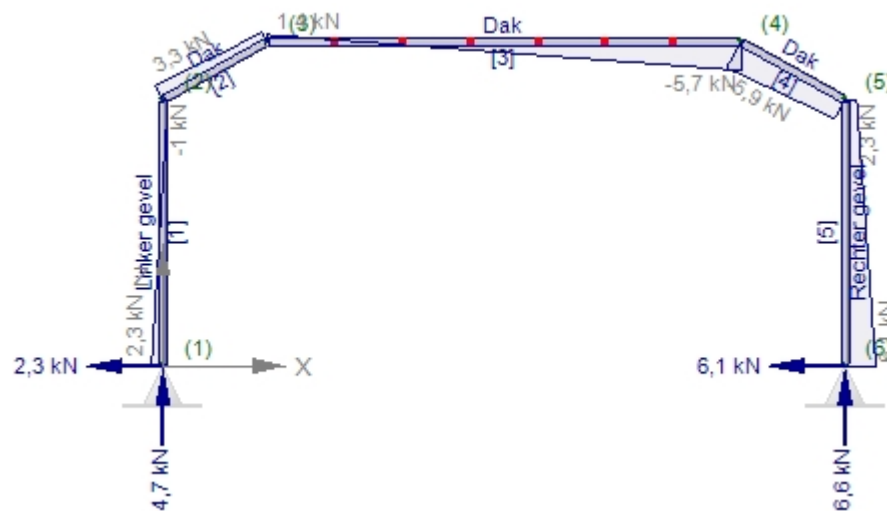


N-lijn - 7.1 Wind van links A + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X

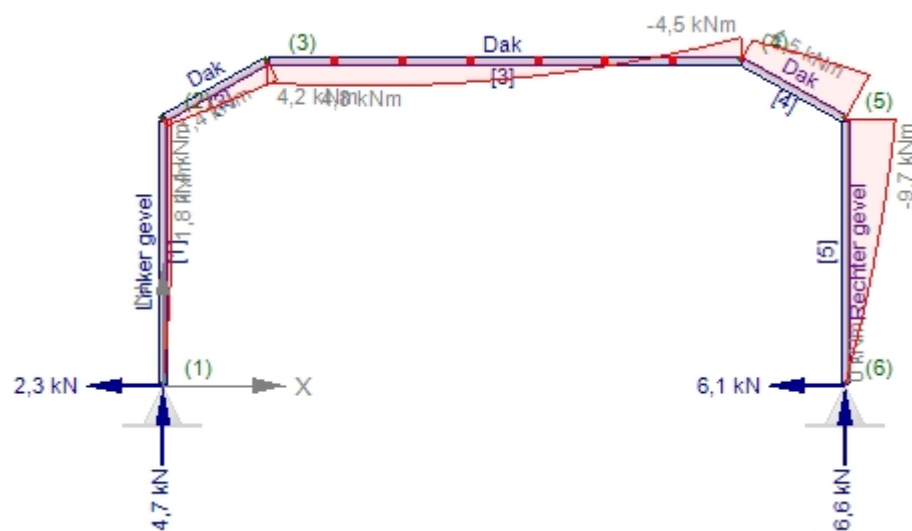


D-lijn - 7.1 Wind van links A + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X

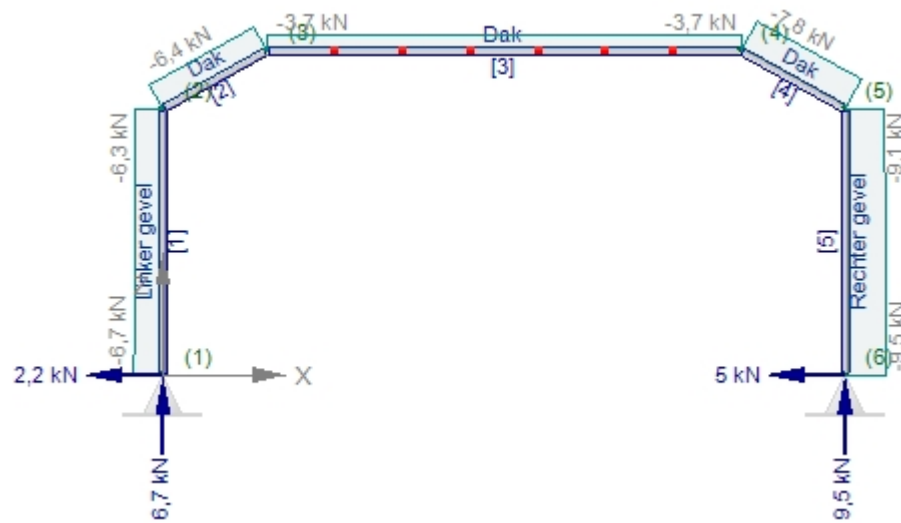




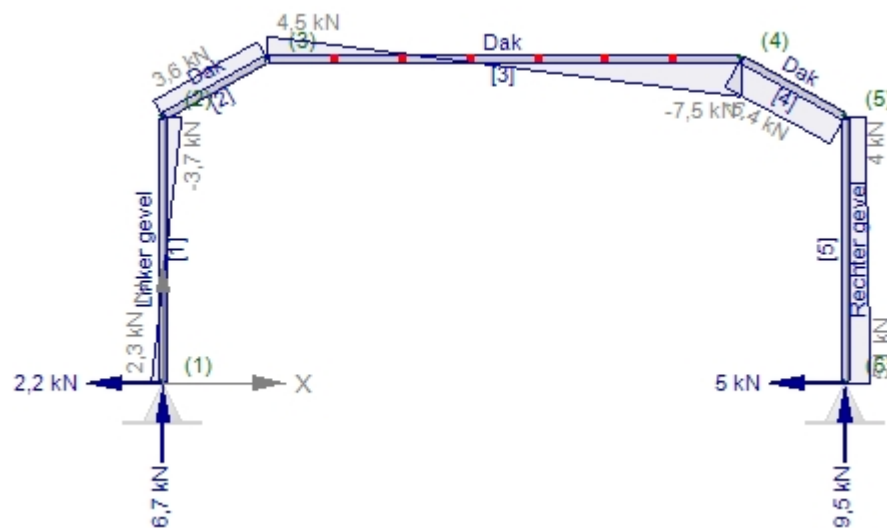
D-lijn - 7.2 Wind van links A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X



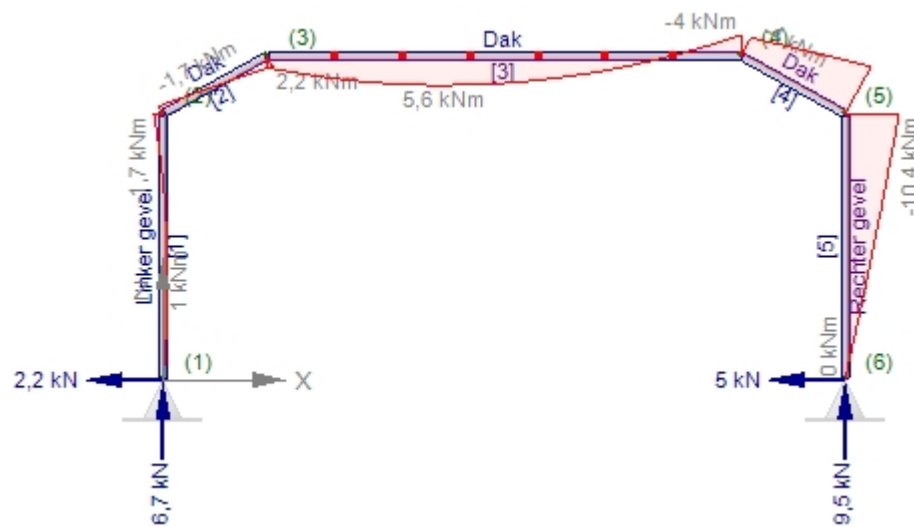
M-lijn - 7.2 Wind van links A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X



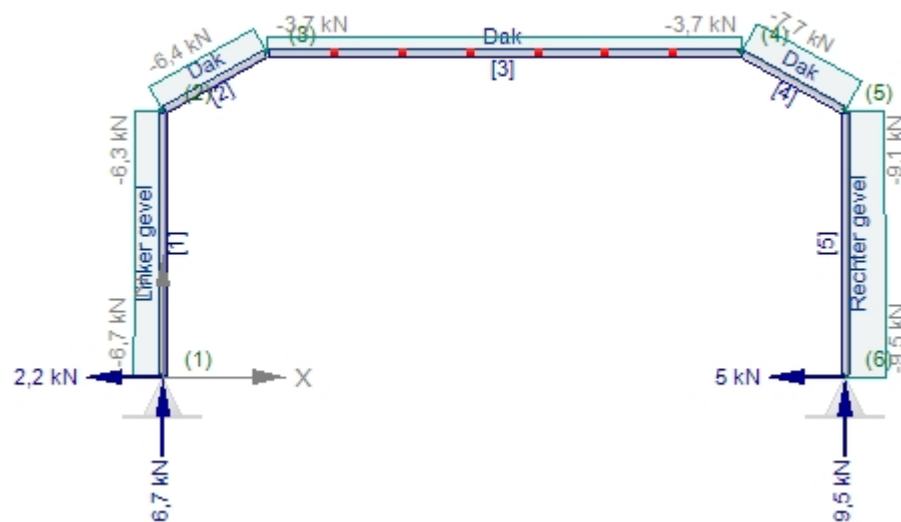
N-lijn - 8.1 Wind van links B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X



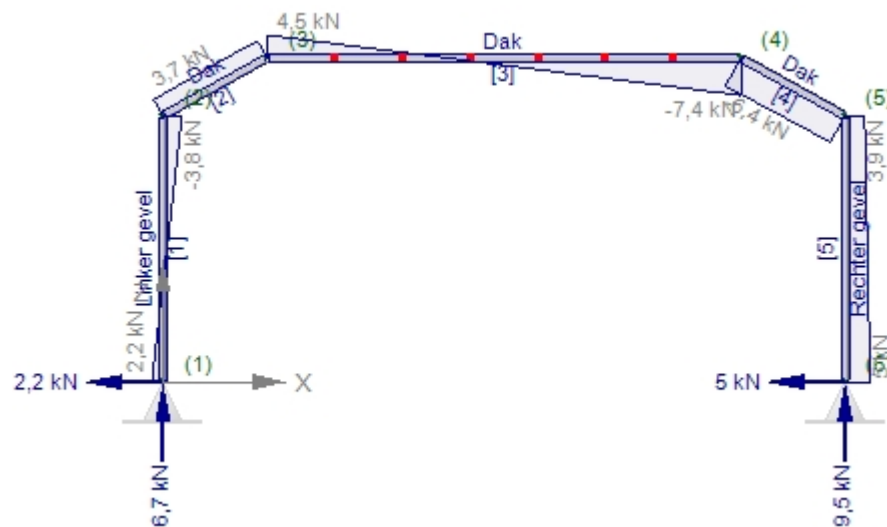
D-lijn - 8.1 Wind van links B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X



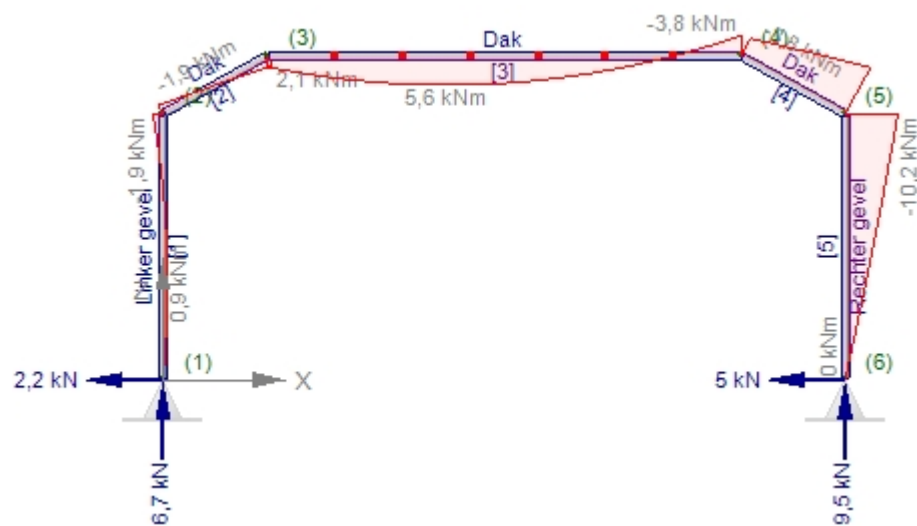
M-lijn - 8.1 Wind van links B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X



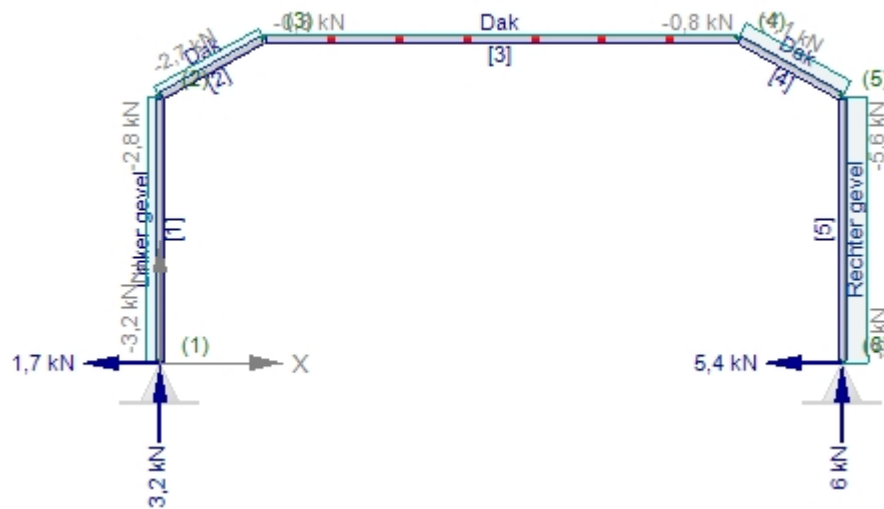
N-lijn - 8.2 Wind van links B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X



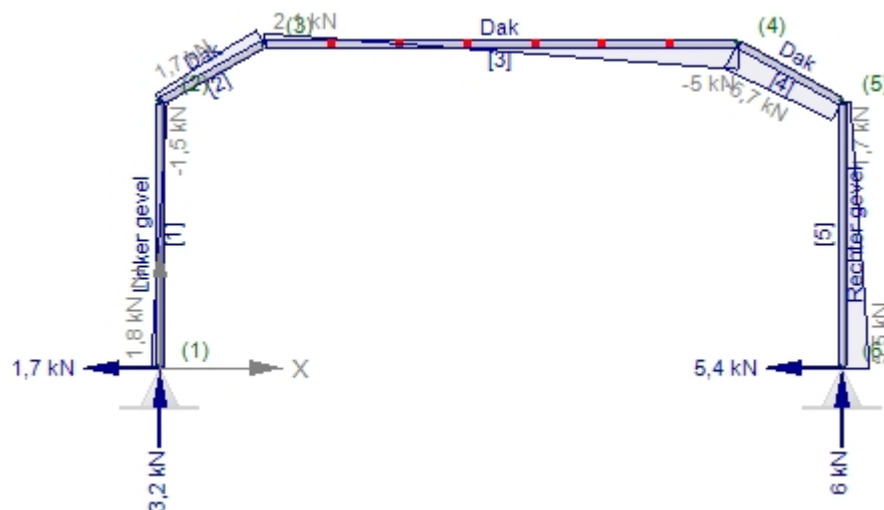
D-lijn - 8.2 Wind van links B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X



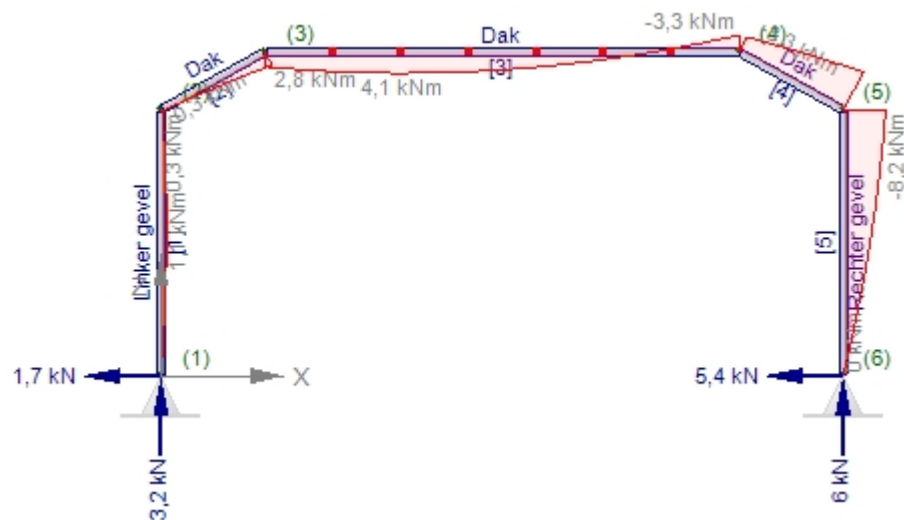
M-lijn - 8.2 Wind van links B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X



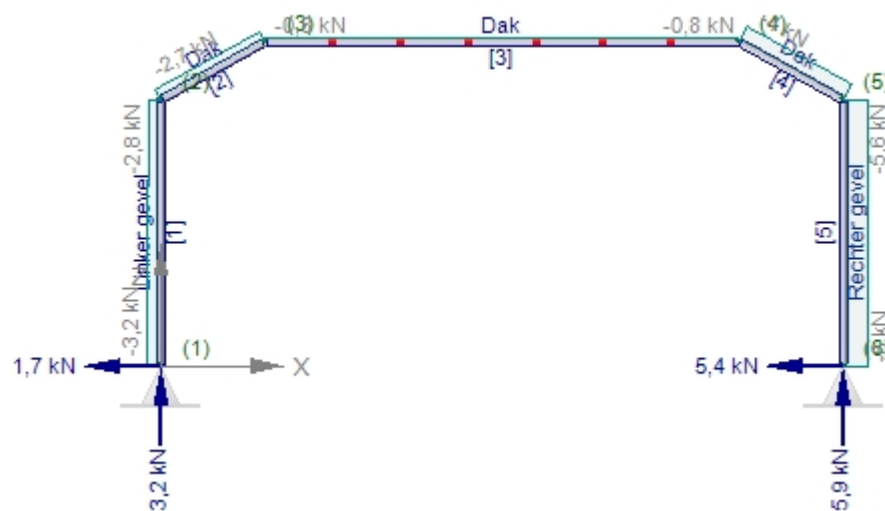
N-lijn - 9.1 Wind van links B + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X



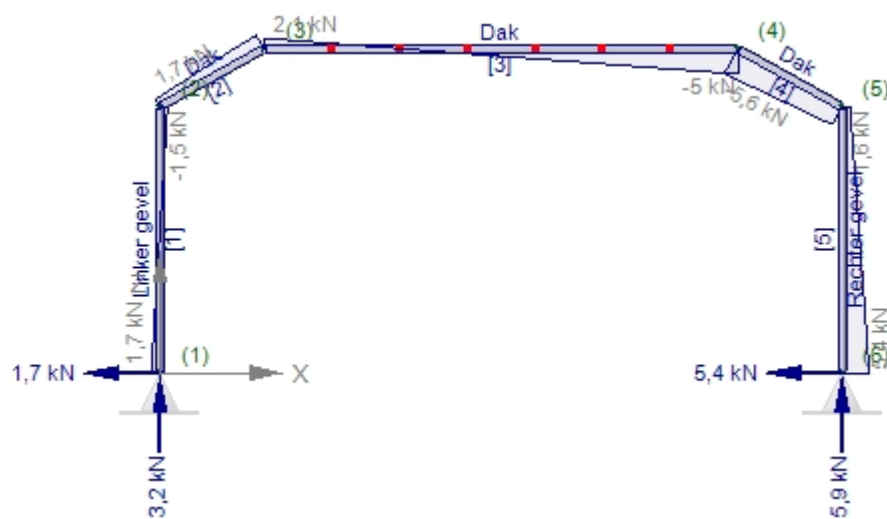
D-lijn - 9.1 Wind van links B + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X



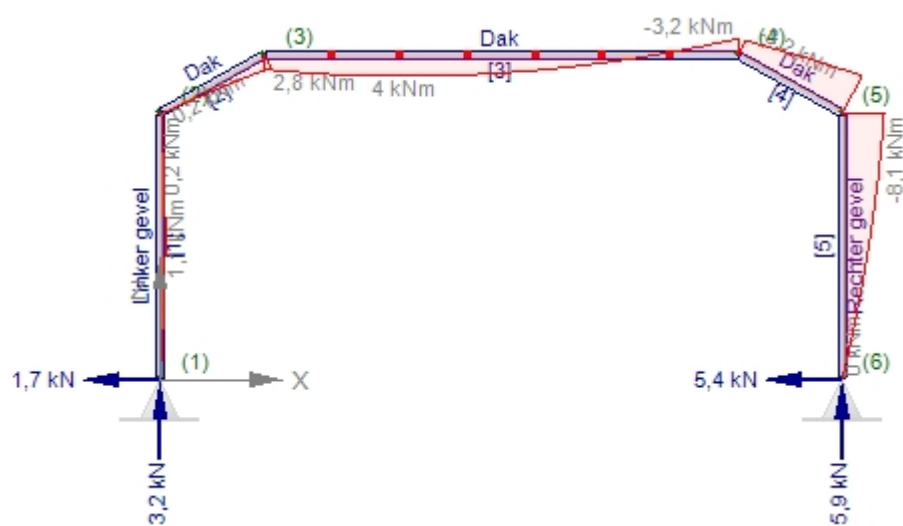
M-lijn - 9.1 Wind van links B + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X



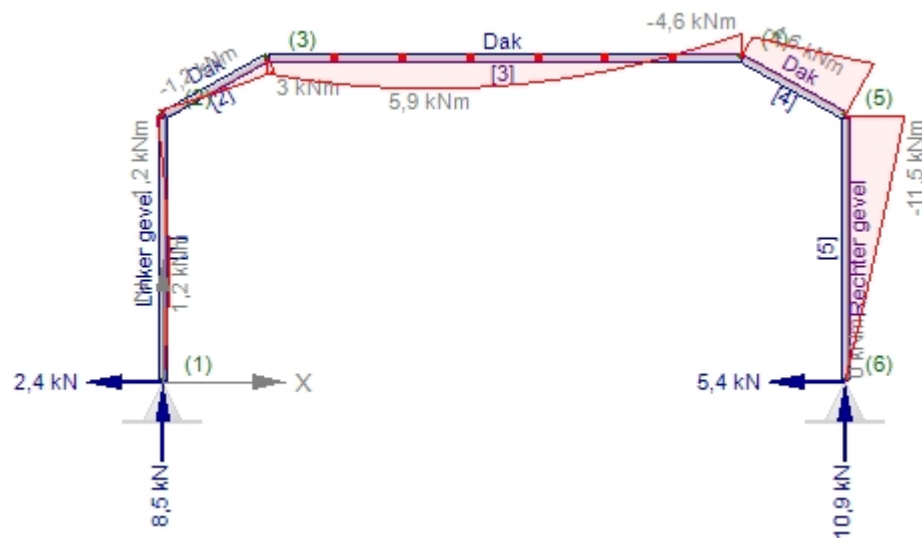
N-lijn - 9.2 Wind van links B + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X



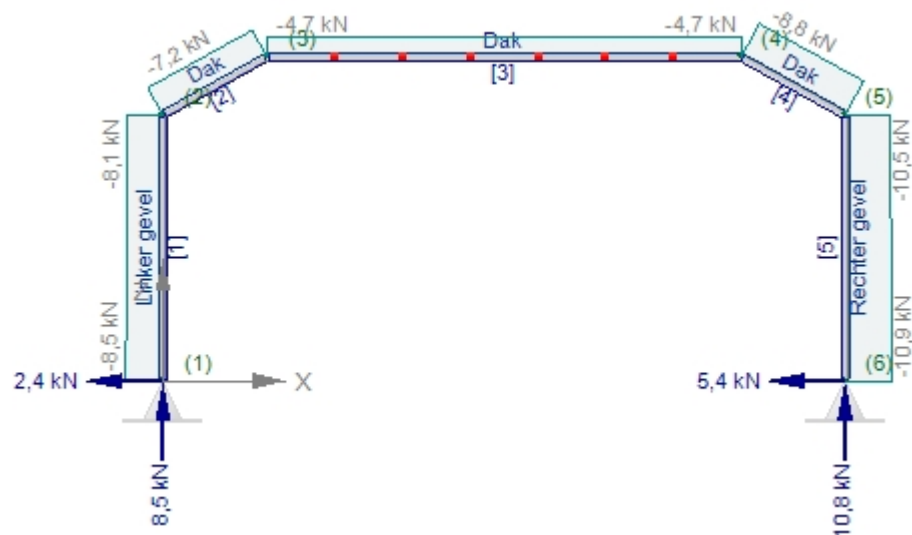
D-lijn - 9.2 Wind van links B + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X



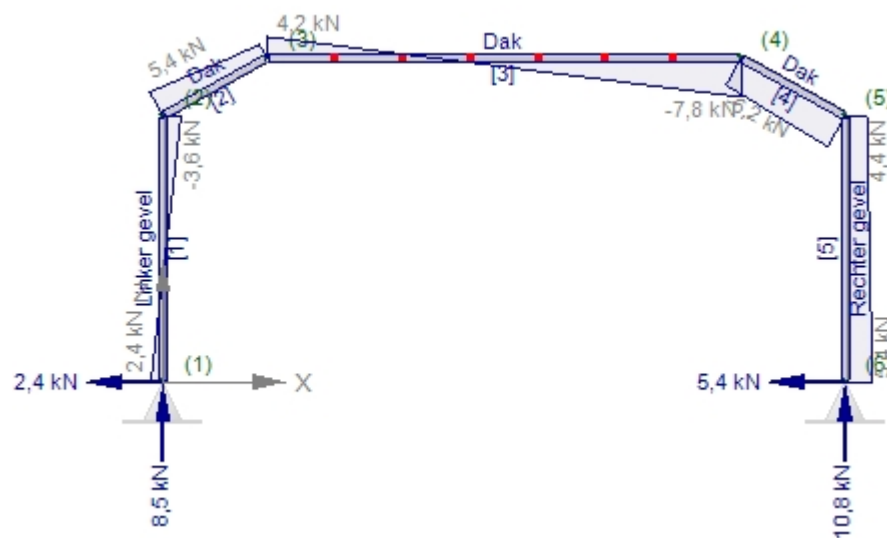
M-lijn - 9.2 Wind van links B + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X



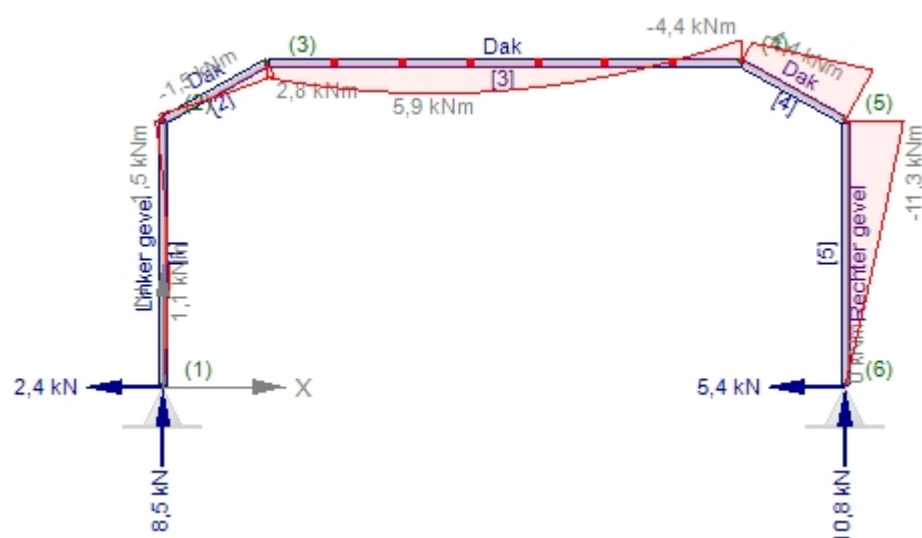
M-lijn - 10.1 Wind van links C + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X



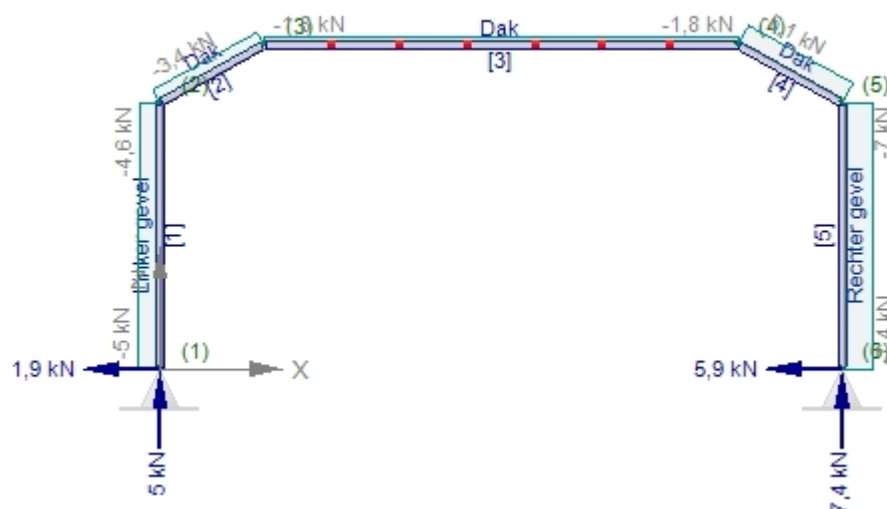
N-lijn - 10.2 Wind van links C + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X



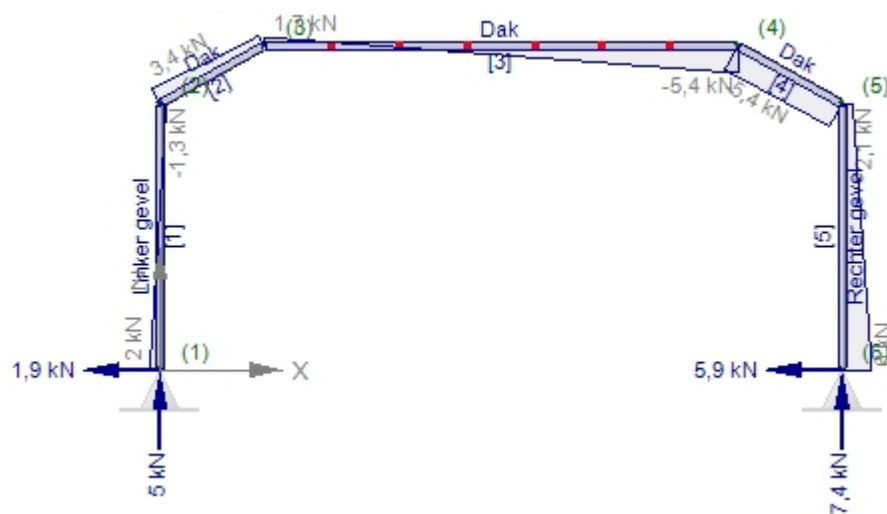
D-lijn - 10.2 Wind van links C + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X



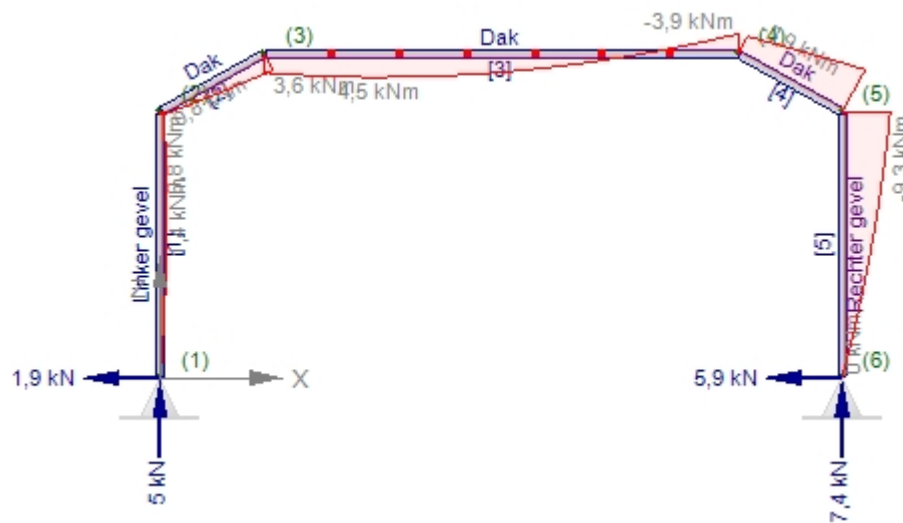
M-lijn - 10.2 Wind van links C + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X



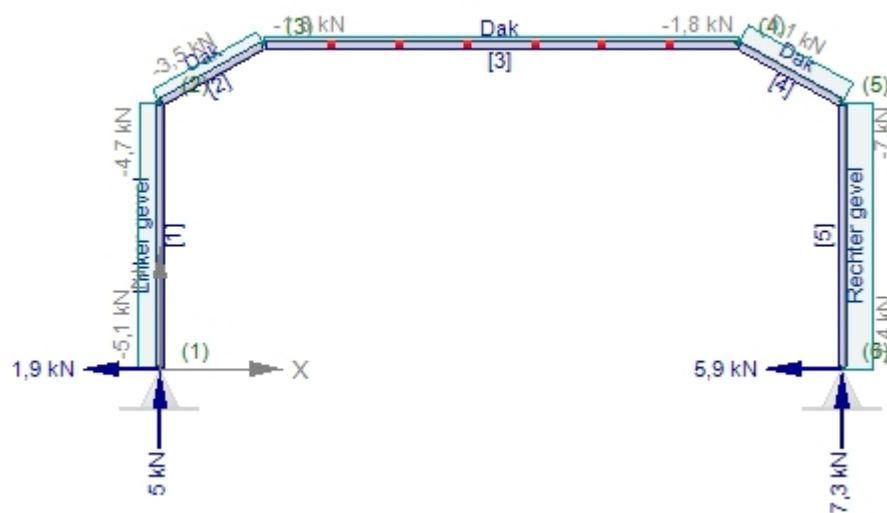
N-lijn - 11.1 Wind van links C + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X



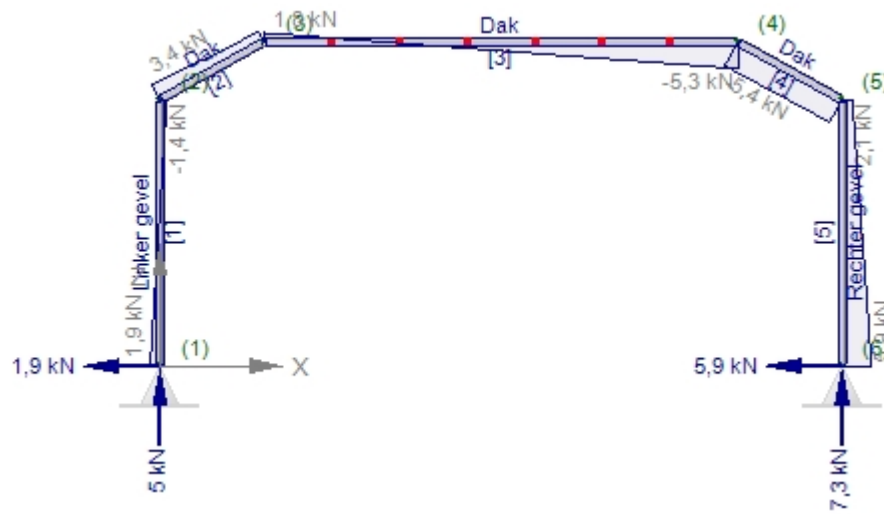
D-lijn - 11.1 Wind van links C + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X



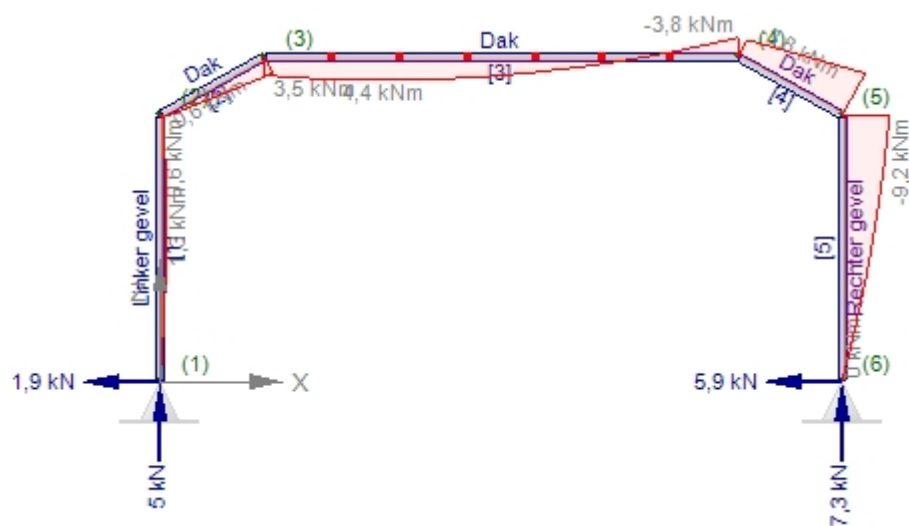
M-lijn - 11.1 Wind van links C + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X



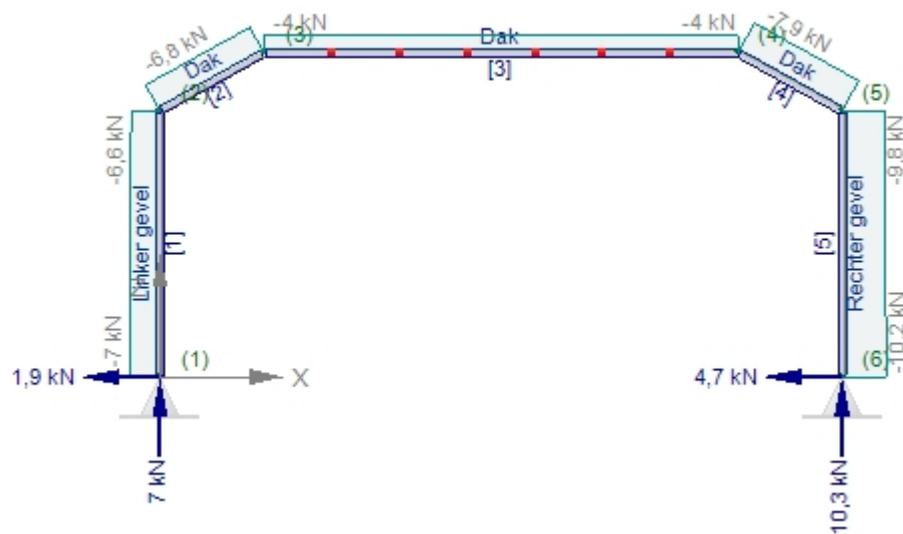
N-lijn - 11.2 Wind van links C + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X



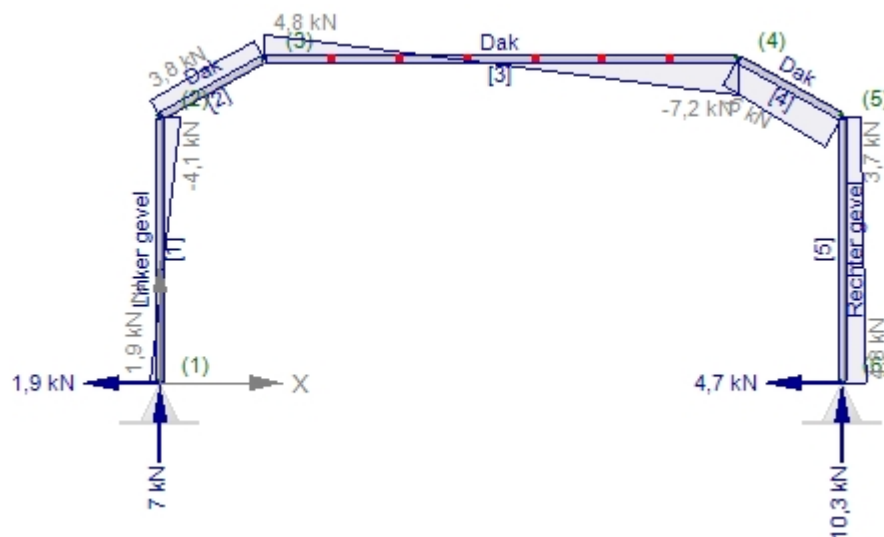
D-lijn - 11.2 Wind van links C + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X



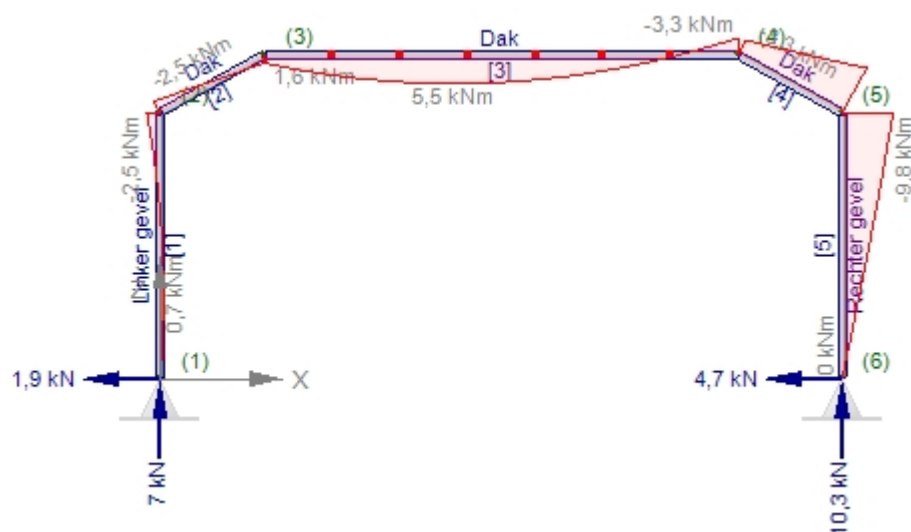
M-lijn - 11.2 Wind van links C + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X



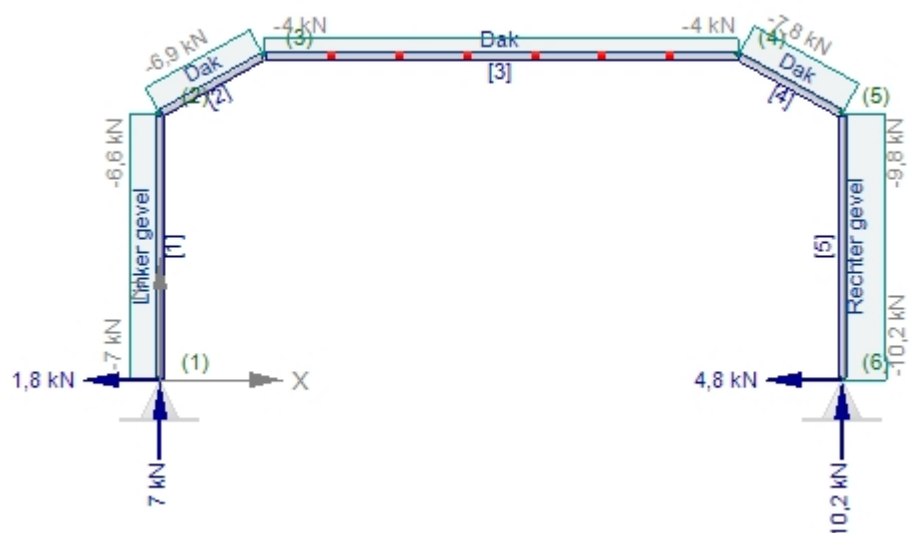
N-lijn - 12.1 Wind van links D + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X



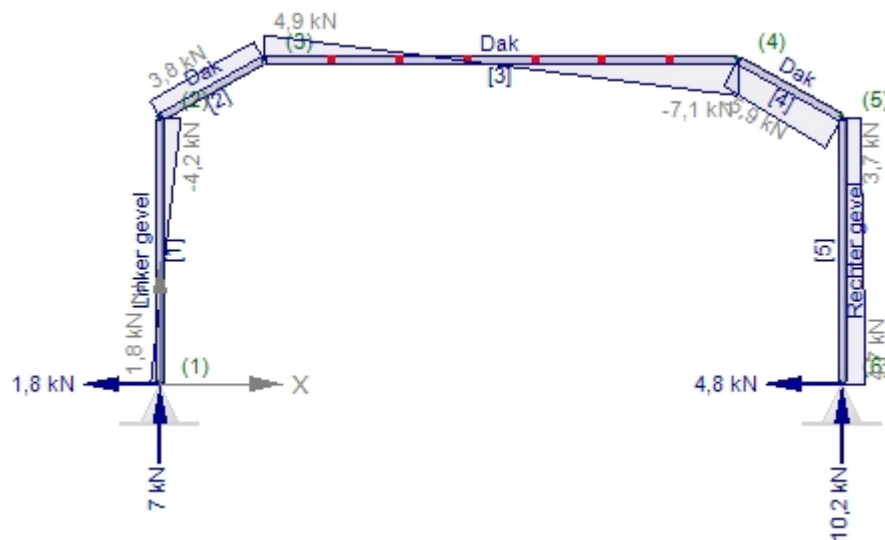
D-lijn - 12.1 Wind van links D + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X



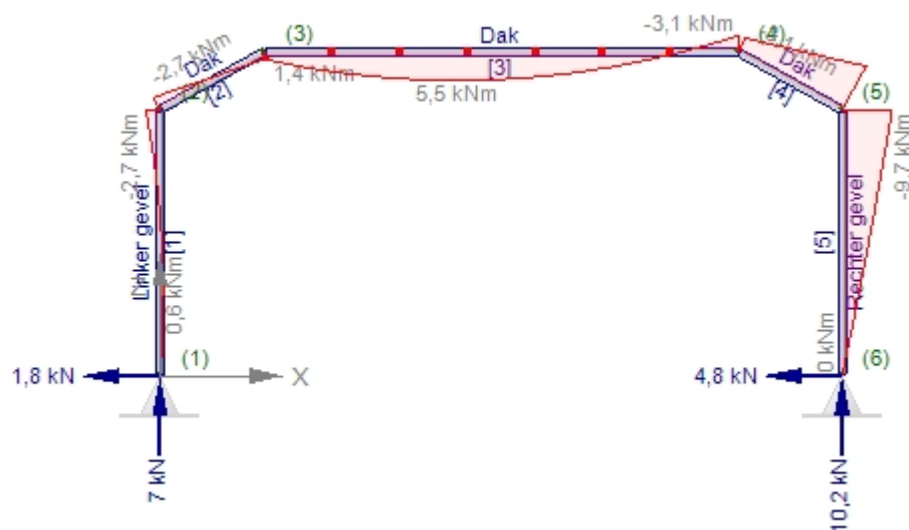
M-lijn - 12.1 Wind van links D + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X



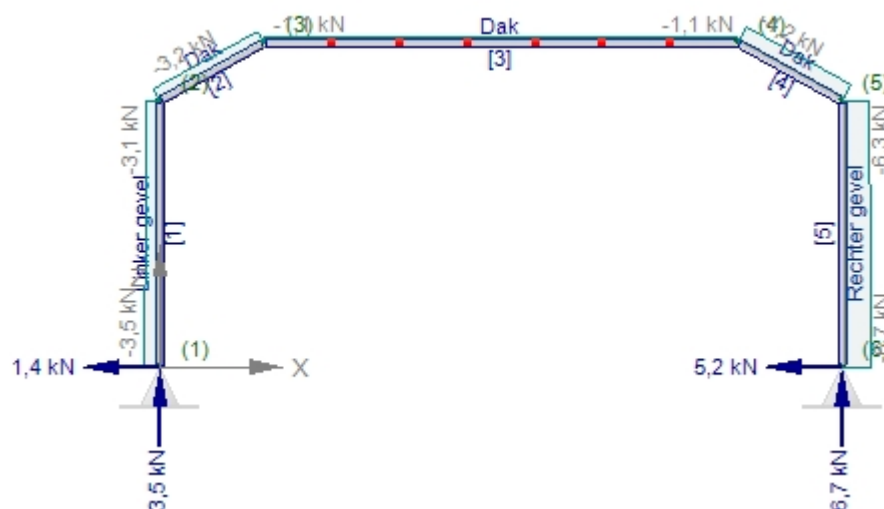
N-lijn - 12.2 Wind van links D + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X



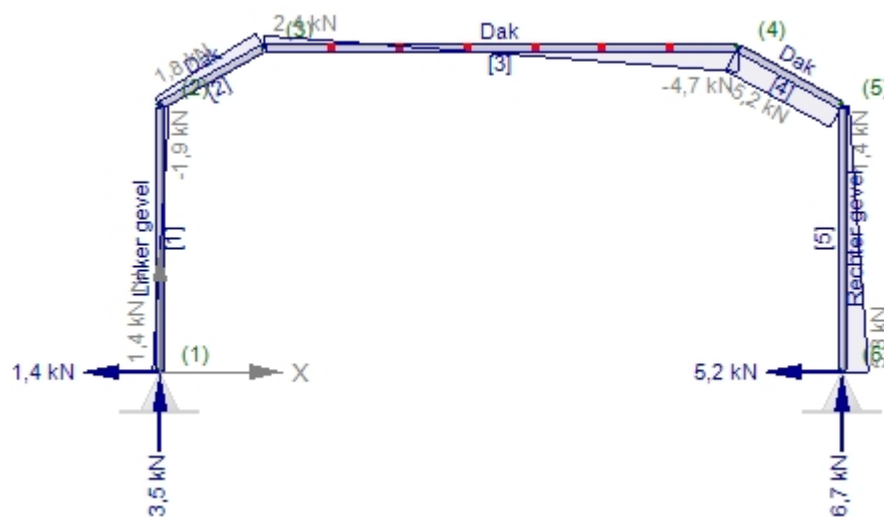
D-lijn - 12.2 Wind van links D + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X



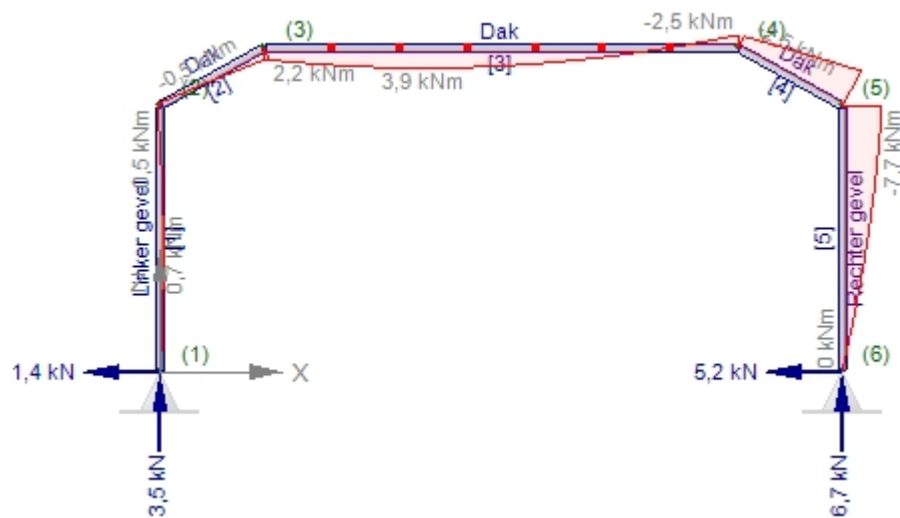
M-lijn - 12.2 Wind van links D + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X



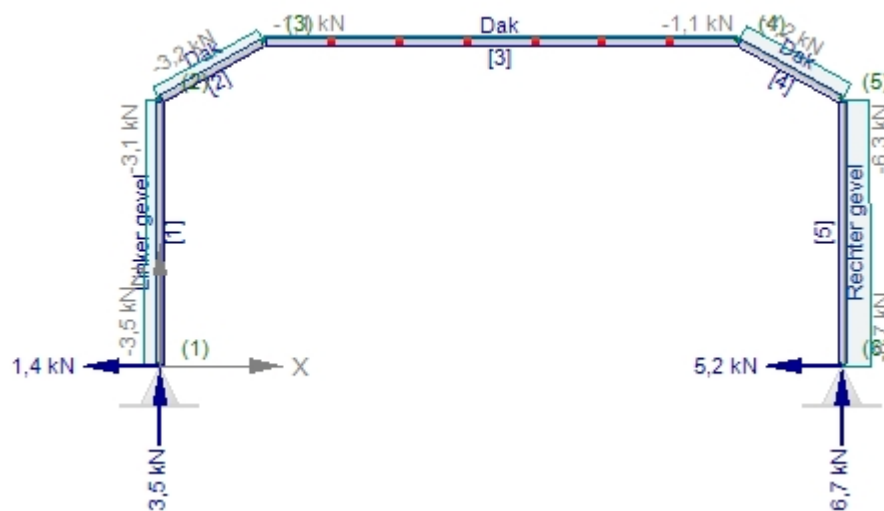
N-lijn - 13.1 Wind van links D + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X



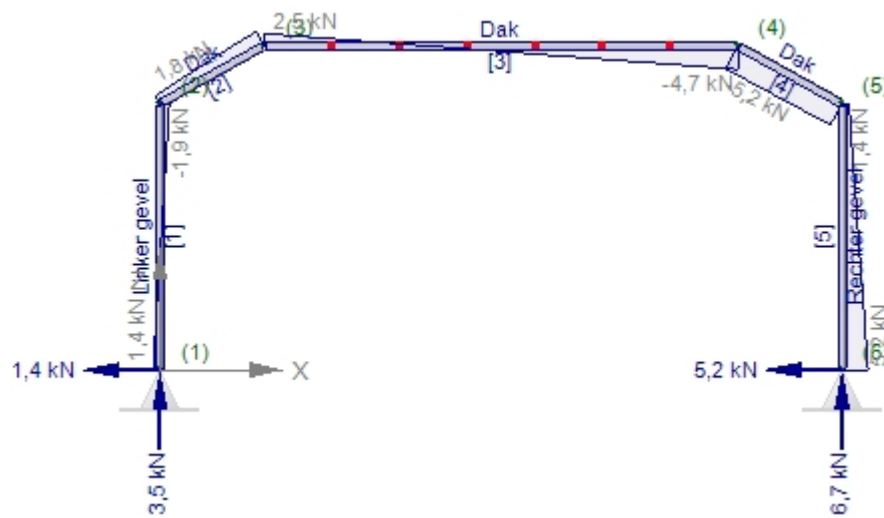
D-lijn - 13.1 Wind van links D + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X



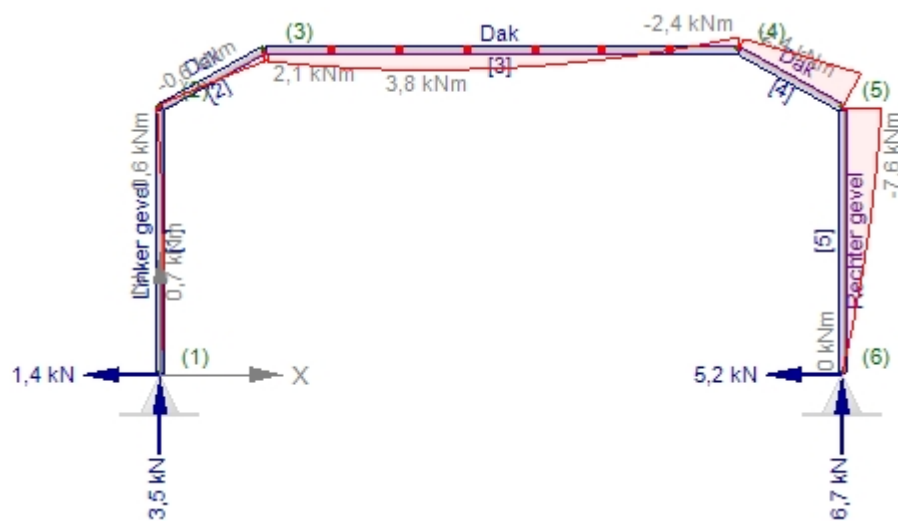
M-lijn - 13.1 Wind van links D + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X



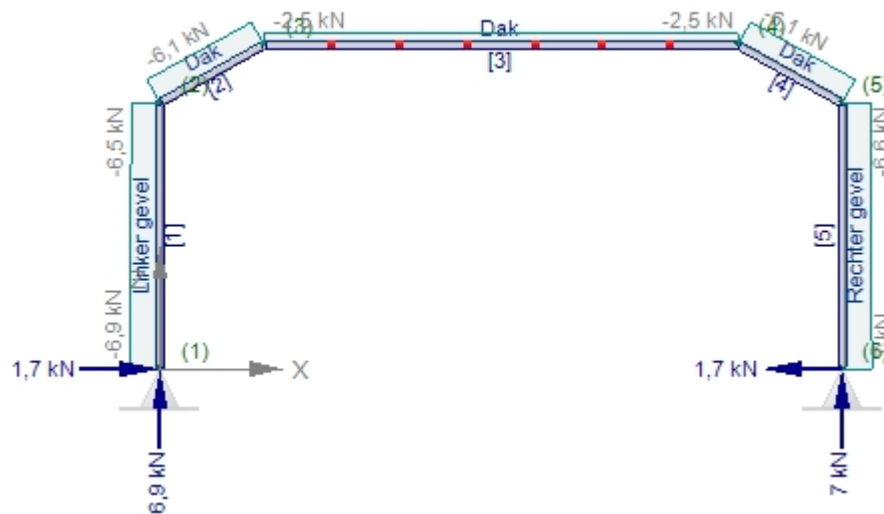
N-lijn - 13.2 Wind van links D + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X



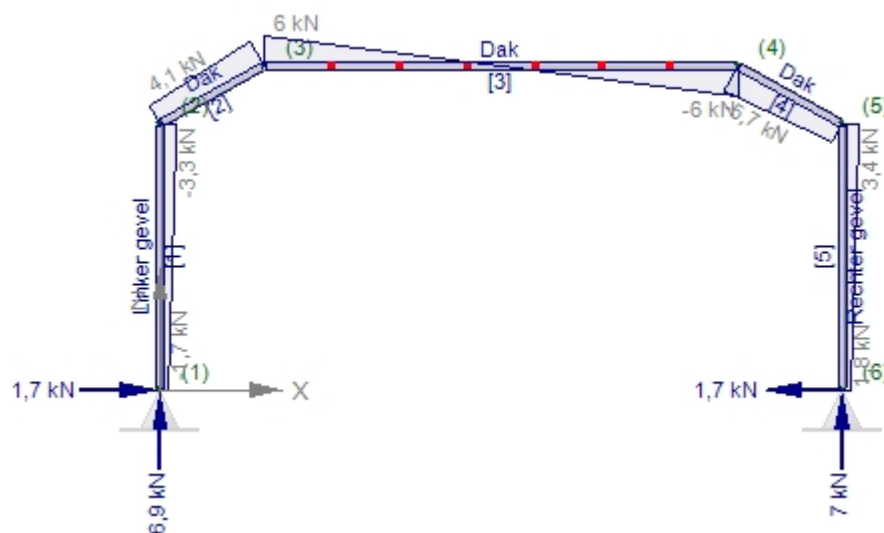
D-lijn - 13.2 Wind van links D + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X



M-lijn - 13.2 Wind van links D + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X



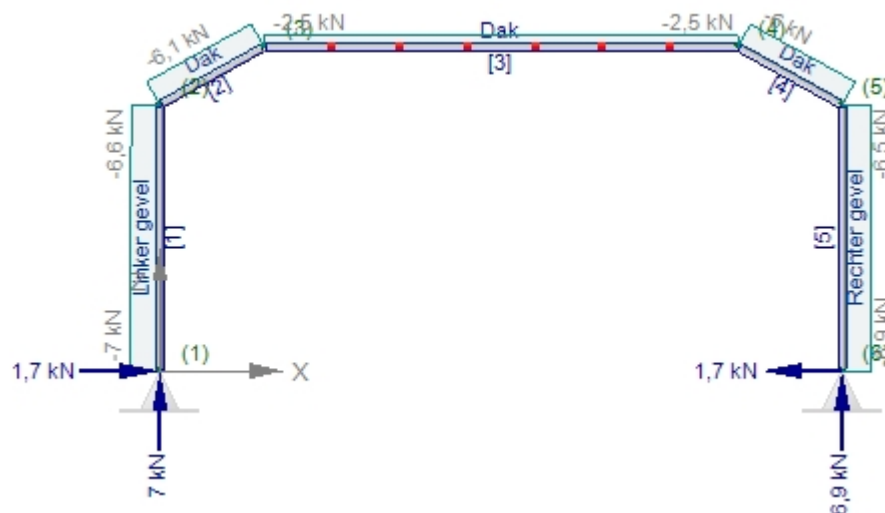
N-lijn - 14.1 Wind loodrecht A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 + X



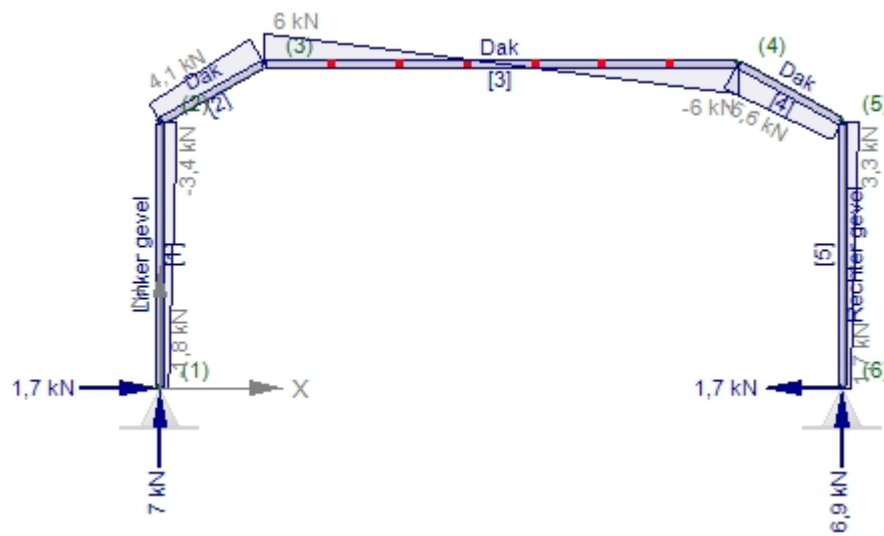
D-lijn - 14.1 Wind loodrecht A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 + X



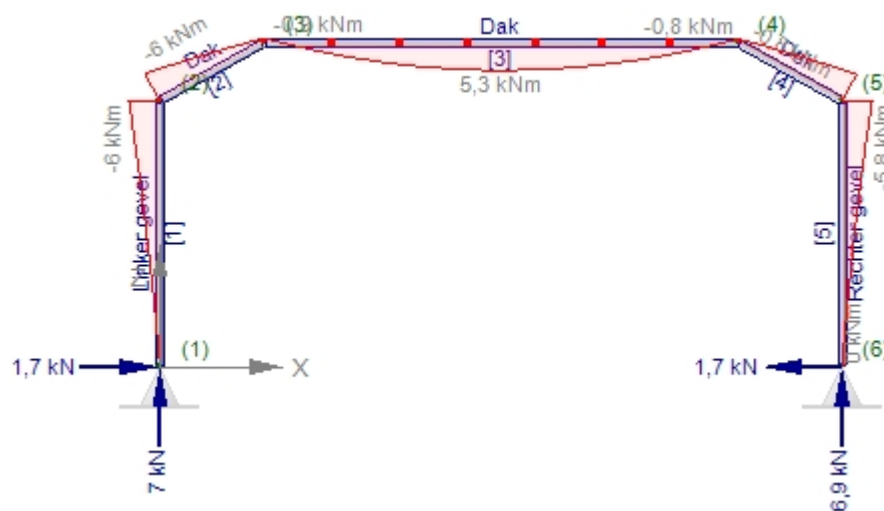
M-lijn - 14.1 Wind loodrecht A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 +X



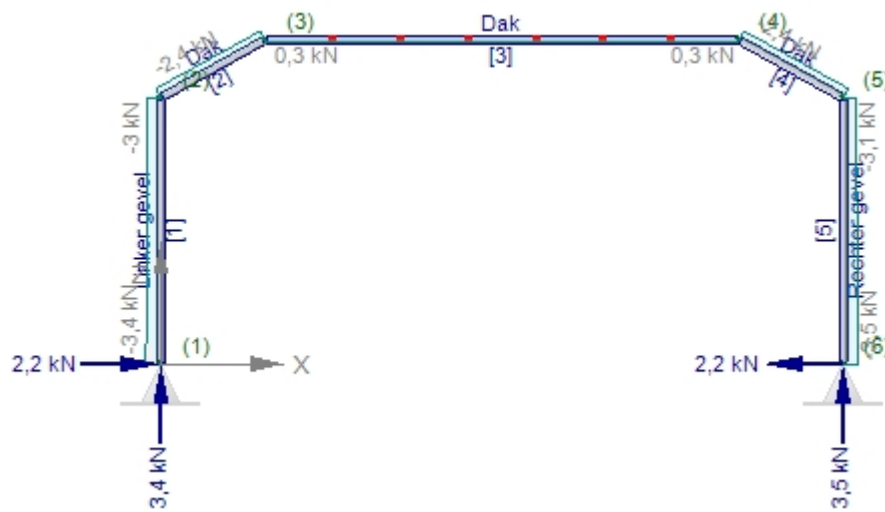
N-lijn - 14.2 Wind loodrecht A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X



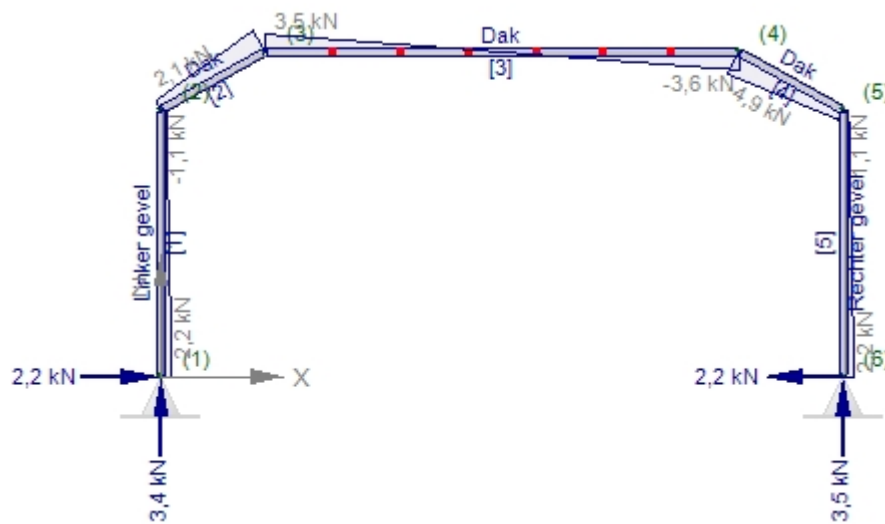
D-lijn - 14.2 Wind loodrecht A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X



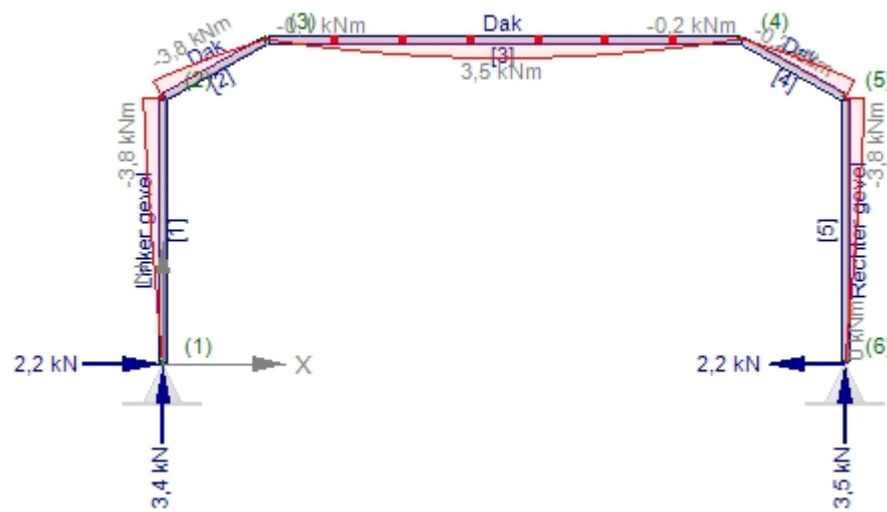
M-lijn - 14.2 Wind loodrecht A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X



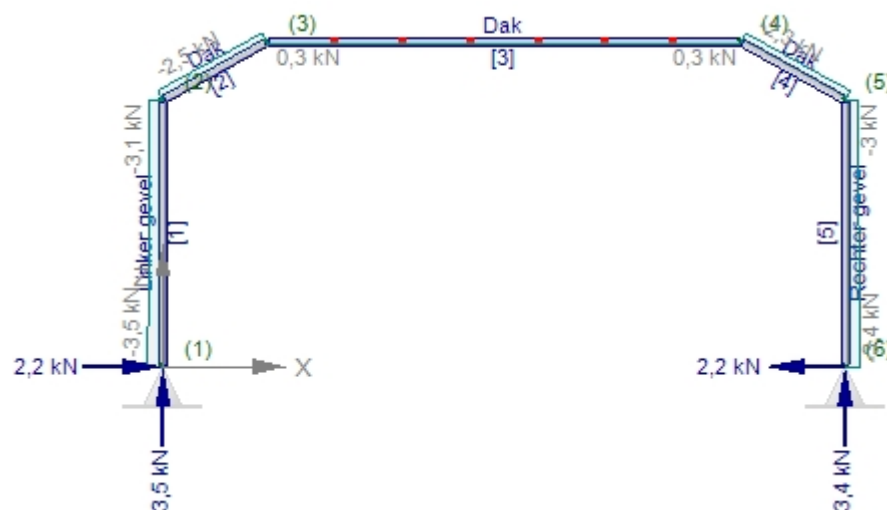
N-lijn - 15.1 Wind loodrecht A + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X



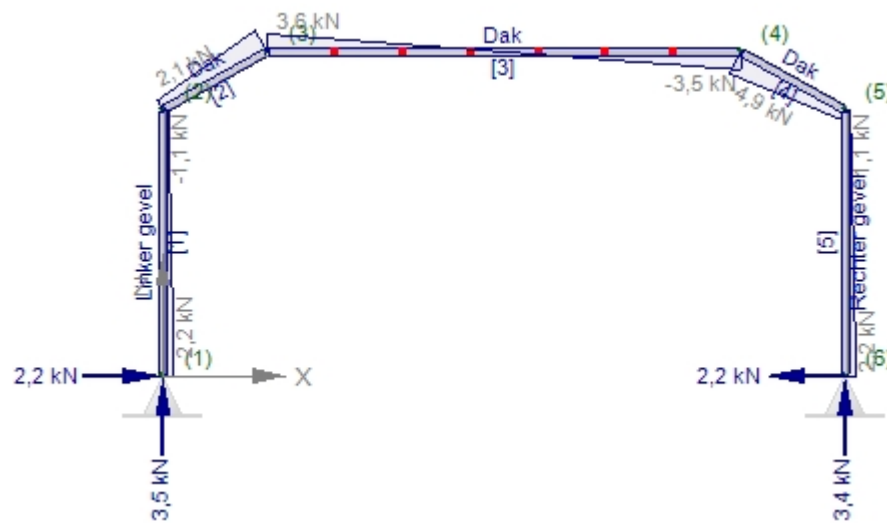
D-lijn - 15.1 Wind loodrecht A + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X



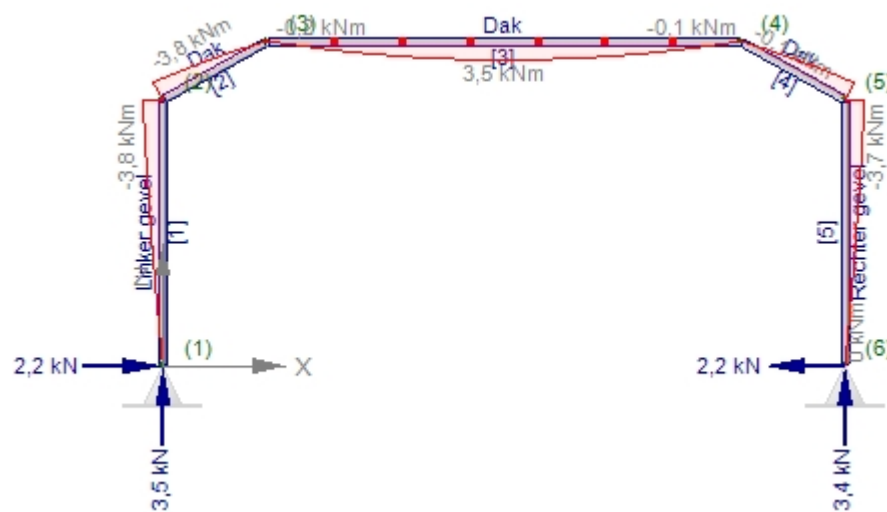
M-lijn - 15.1 Wind loodrecht A + Overdruk + Scheefstand 1/200 +X



N-lijn - 15.2 Wind loodrecht A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X



D-lijn - 15.2 Wind loodrecht A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X



M-lijn - 15.2 Wind loodrecht A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X

2.4 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)

2.4.1 Belastingscombinaties

(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
16	Combinatie	BGT
17	Sneeuw 1	BGT
18	Sneeuw 2	BGT
19	Sneeuw 3	BGT
20	Wind van links A + Onderdruk	BGT
21	Wind van links A + Overdruk	BGT
22	Wind van links B + Onderdruk	BGT
23	Wind van links B + Overdruk	BGT
24	Wind van links C + Onderdruk	BGT
25	Wind van links C + Overdruk	BGT
26	Wind van links D + Onderdruk	BGT
27	Wind van links D + Overdruk	BGT
28	Wind loodrecht A + Onderdruk	BGT
29	Wind loodrecht A + Overdruk	BGT

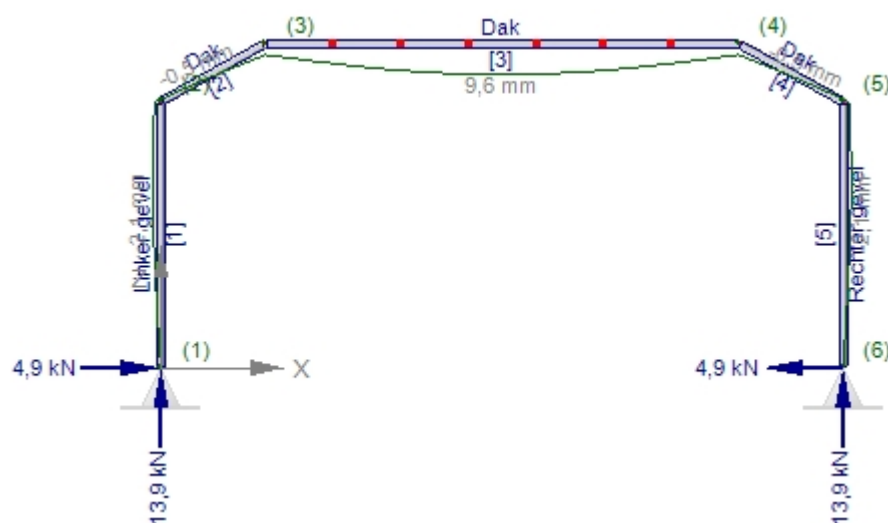
Combinatie nummer	Belasting (ψ x γ)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	1,00x1,00	1,00x1,00	1,00x1,00	1,00x1,00	1,00x1,00	1,00x1,00	1,00x1,00	1,00x1,00	1,00x1,00	1,00x1,00
17	1,00x1,00									
18	1,00x1,00									
19	1,00x1,00									
20	1,00x1,00									
21	1,00x1,00									
22	1,00x1,00									
23	1,00x1,00									
24	1,00x1,00									
25	1,00x1,00									
26	1,00x1,00									
27	1,00x1,00									
28	1,00x1,00									
29	1,00x1,00									
Combinatie nummer	Belasting (ψ x γ)									
	11	12	13	14	15					
16	1,00x1,00	1,00x1,00	1,00x1,00	1,00x1,00	1,00x1,00					
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										

2.4.2 Knoopverplaatsingen

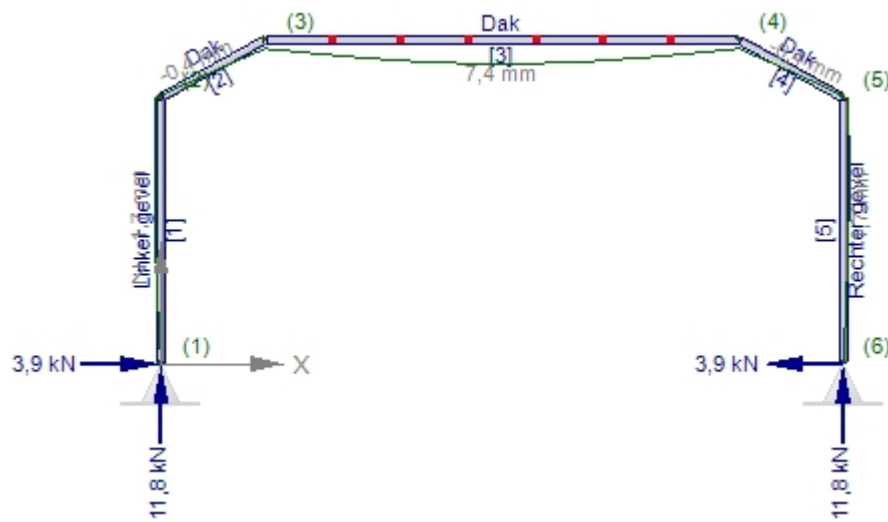
Knoop-nummer	Combinatie nummer	dx [mm]	dz [mm]	dr [mrad]
1	16	0,0	0,0	3,6
	17	0,0	0,0	2,9
	18	0,0	0,0	2,9
	19	0,0	0,0	2,7
	20	0,0	0,0	-4,5
	21	0,0	0,0	-4,7
	22	0,0	0,0	-3,1
	23	0,0	0,0	-3,2
	24	0,0	0,0	-3,8

Knoop- nummer	Combinatie nummer	dx [mm]	dz [mm]	dr [mrad]
1	25	0,0	0,0	-3,9
	26	0,0	0,0	-2,3
	27	0,0	0,0	-2,5
	28	0,0	0,0	1,5
	29	0,0	0,0	1,3
2	16	-2,9	-0,1	-3,5
	17	-2,3	-0,1	-2,8
	18	-2,4	-0,1	-2,7
	19	-2,0	-0,1	-2,9
	20	9,7	0,0	-4,2
	21	9,9	0,0	-3,9
	22	6,9	0,0	-3,4
	23	7,1	0,0	-3,1
	24	8,3	0,0	-3,9
	25	8,5	0,0	-3,6
	26	5,4	0,0	-3,0
	27	5,7	0,0	-2,7
	28	-1,3	0,0	-1,5
	29	-1,0	0,0	-1,2
3	16	0,0	-5,3	-7,2
	17	0,0	-4,2	-5,6
	18	-0,2	-4,1	-5,5
	19	0,3	-4,2	-5,5
	20	11,8	-3,8	-3,8
	21	11,7	-3,2	-2,9
	22	8,7	-3,3	-3,6
	23	8,6	-2,7	-2,7
	24	10,3	-3,6	-3,7
	25	10,2	-3,0	-2,9
	26	7,1	-3,1	-3,5
	27	7,1	-2,6	-2,7
	28	0,0	-2,3	-3,2
	29	0,0	-1,8	-2,4
4	16	0,0	-5,3	7,2
	17	0,0	-4,2	5,6
	18	-0,3	-4,2	5,5
	19	0,2	-4,1	5,5
	20	11,8	-1,0	2,7
	21	11,7	-0,4	1,9
	22	8,6	-1,4	2,8
	23	8,6	-0,8	2,0
	24	10,2	-1,2	2,8
	25	10,2	-0,7	2,0
	26	7,1	-1,6	2,9
	27	7,1	-1,1	2,1
	28	0,0	-2,3	3,2
	29	0,0	-1,8	2,4
5	16	2,9	-0,1	3,5
	17	2,3	-0,1	2,8
	18	2,0	-0,1	2,9
	19	2,4	-0,1	2,7
	20	12,3	0,0	-1,2
	21	11,9	0,0	-1,4
	22	9,4	0,0	-0,4
	23	9,0	0,0	-0,7

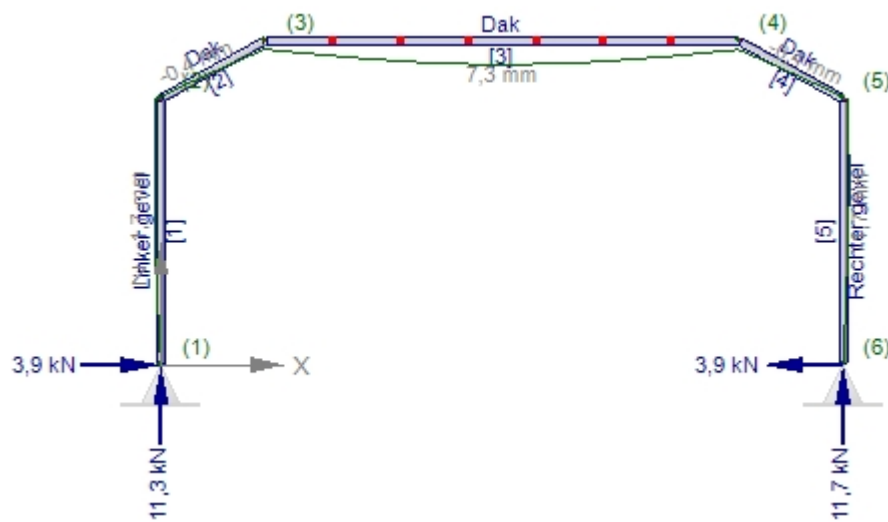
Knoop-nummer	Combinatie nummer	dx [mm]	dz [mm]	dr [mrad]
5	24	10,9	0,0	-0,7
	25	10,5	0,0	-1,0
	26	8,0	0,0	0,0
	27	7,6	0,0	-0,2
	28	1,3	0,0	1,5
	29	1,0	0,0	1,2
6	16	0,0	0,0	-3,6
	17	0,0	0,0	-2,9
	18	0,0	0,0	-2,7
	19	0,0	0,0	-2,9
	20	0,0	0,0	-7,5
	21	0,0	0,0	-7,2
	22	0,0	0,0	-6,0
	23	0,0	0,0	-5,7
	24	0,0	0,0	-6,8
	25	0,0	0,0	-6,5
	26	0,0	0,0	-5,3
	27	0,0	0,0	-5,0
	28	0,0	0,0	-1,5
	29	0,0	0,0	-1,3



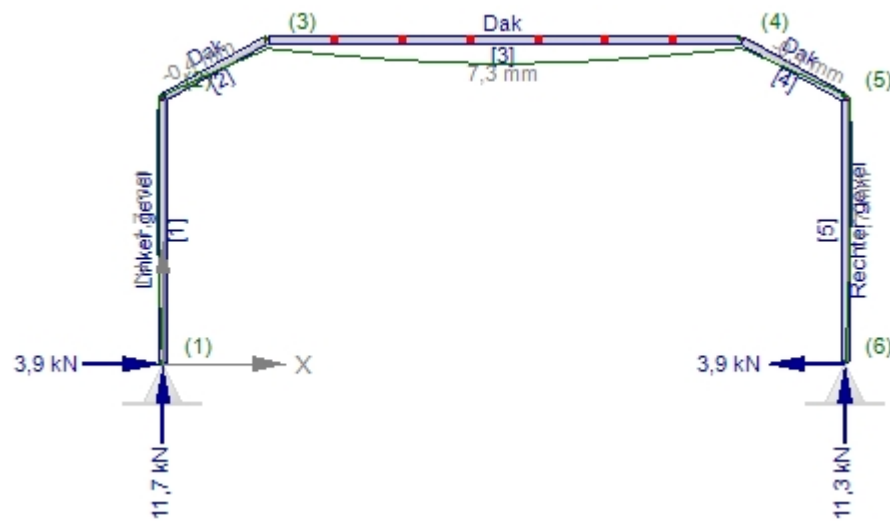
Verplaatsing - 16 Combinatie



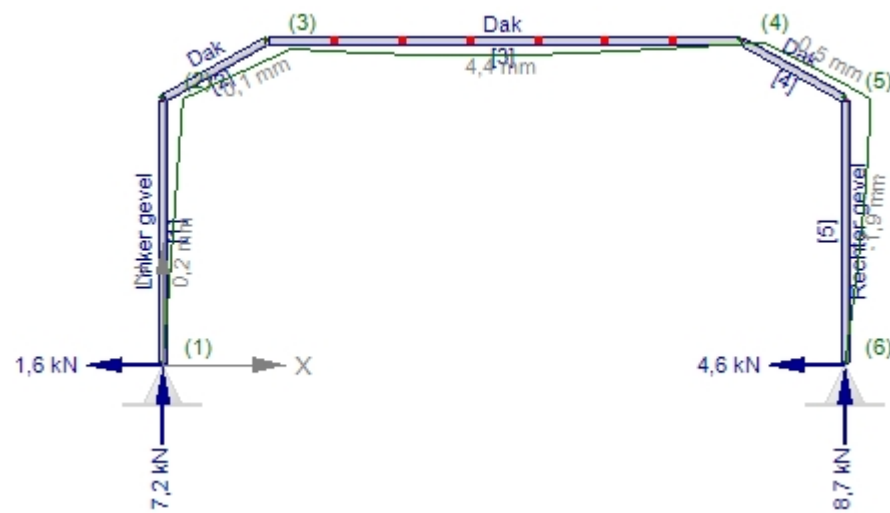
Verplaatsing - 17 Sneeuw 1



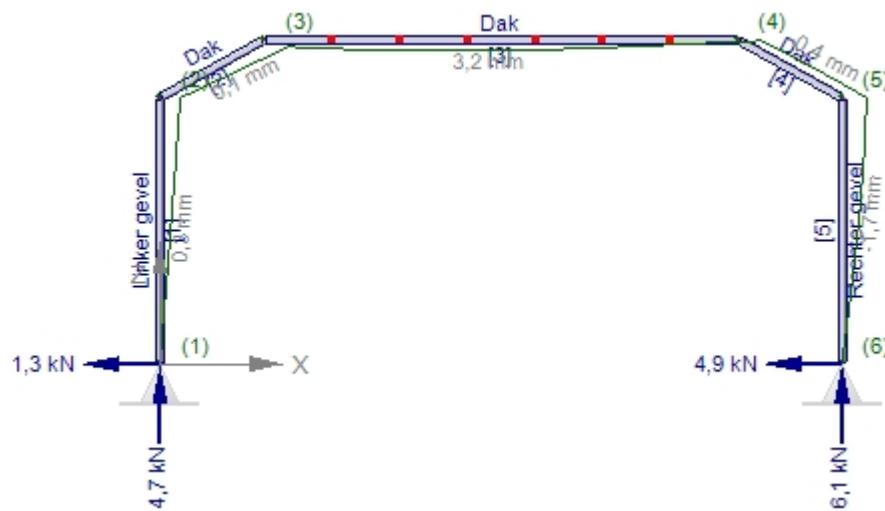
Verplaatsing - 18 Sneeuw 2



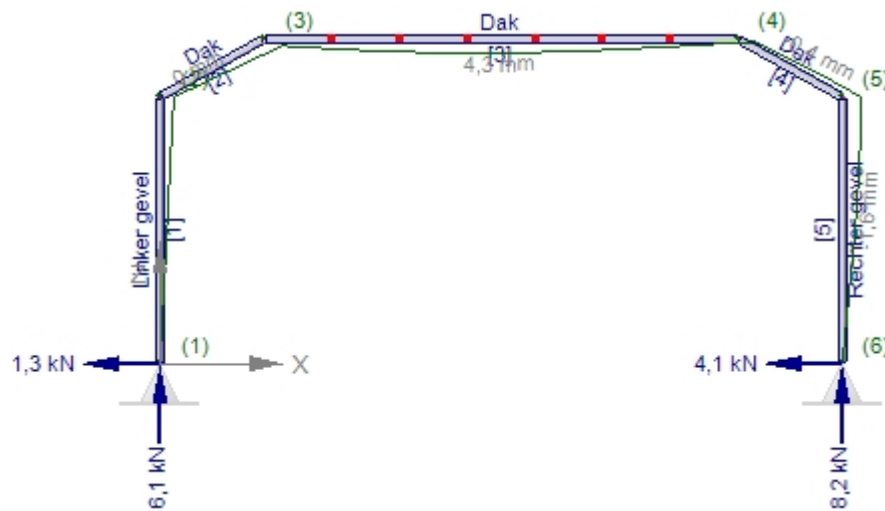
Verplaatsing - 19 Sneeuw 3



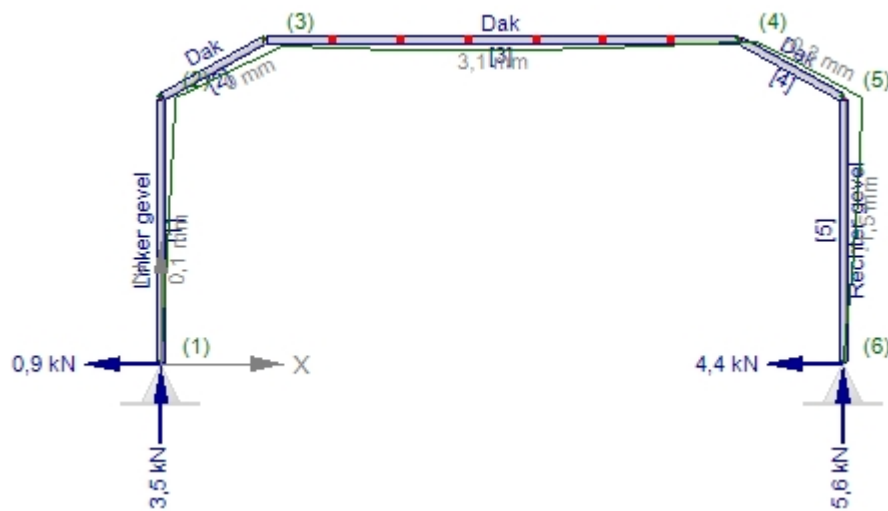
Verplaatsing - 20 Wind van links A + Onderdruk



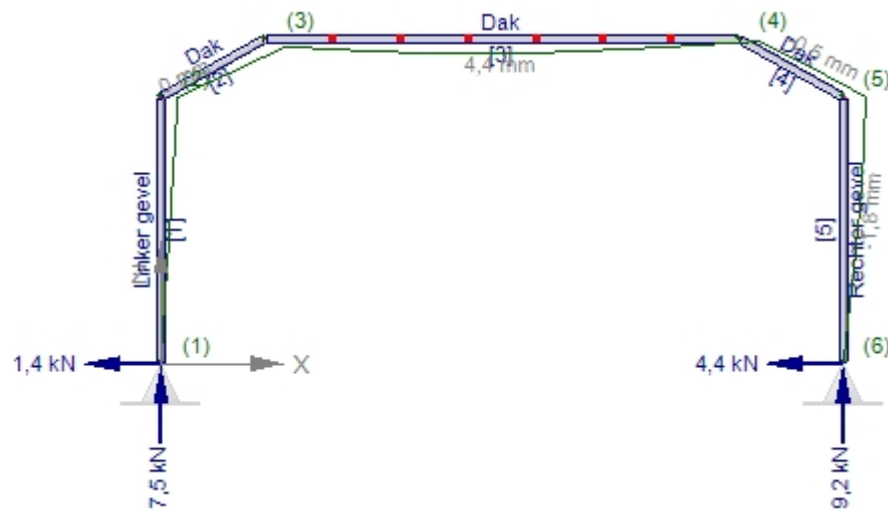
Verplaatsing - 21 Wind van links A + Overdruk



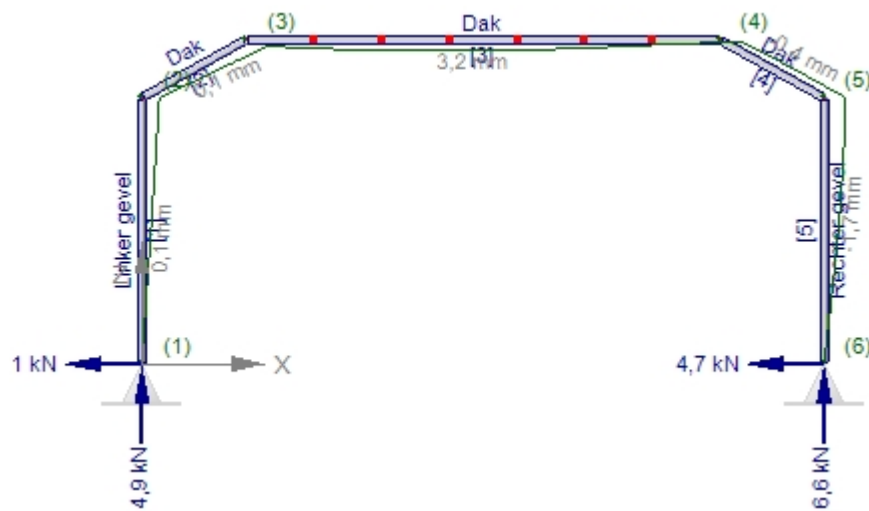
Verplaatsing - 22 Wind van links B + Onderdruk



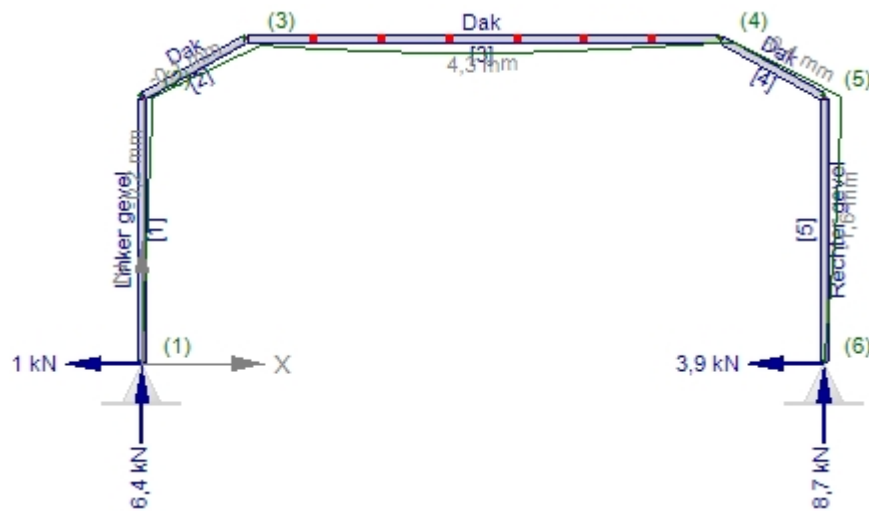
Verplaatsing - 23 Wind van links B + Overdruk



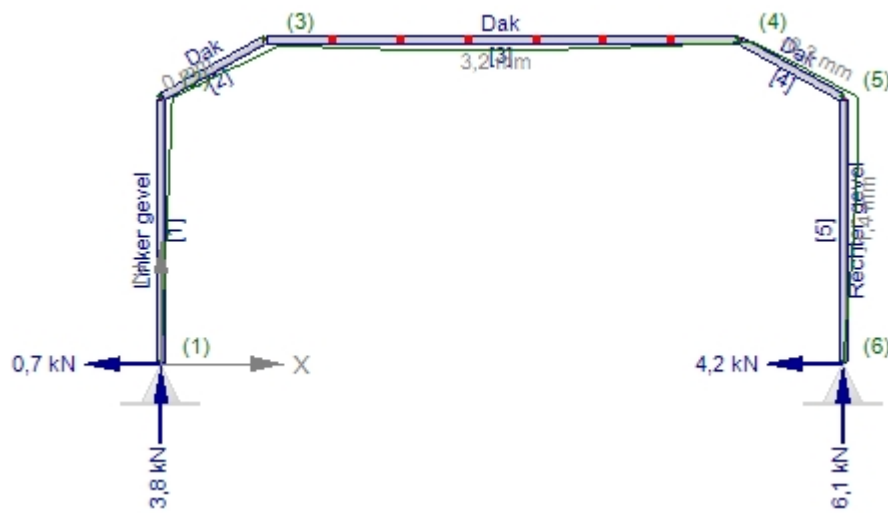
Verplaatsing - 24 Wind van links C + Onderdruk



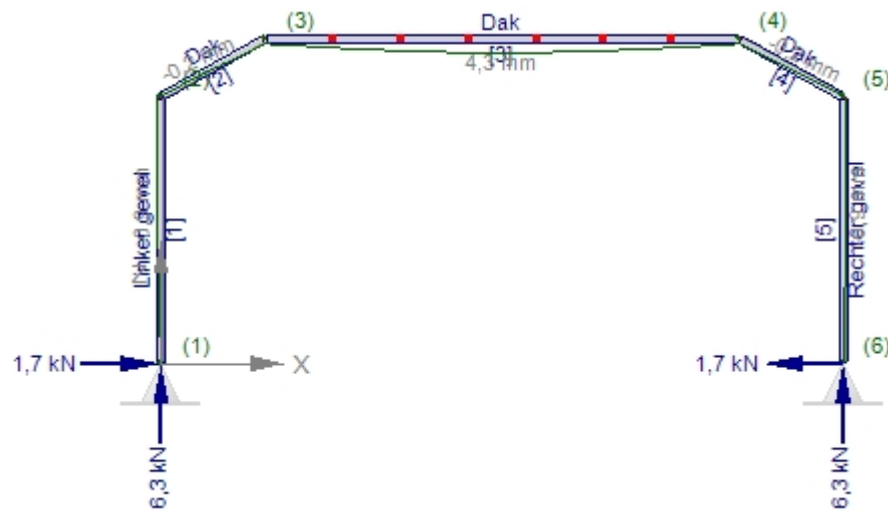
Verplaatsing - 25 Wind van links C + Overdruk



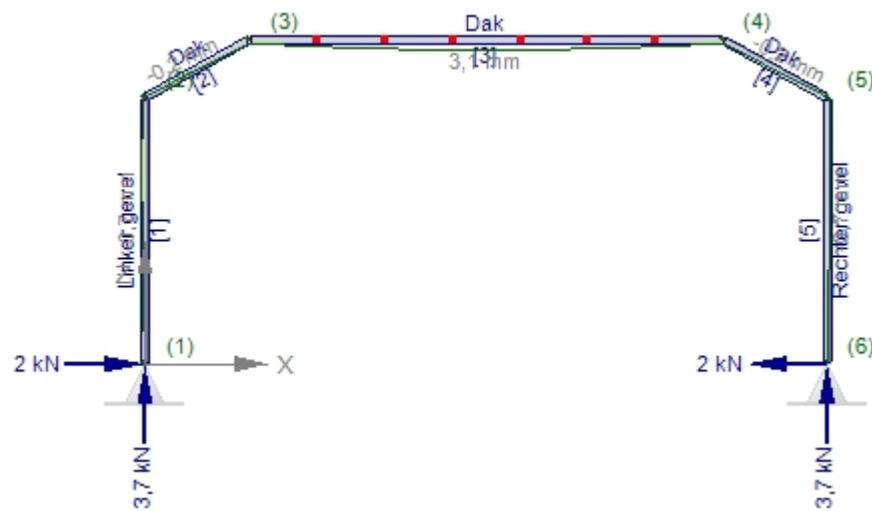
Verplaatsing - 26 Wind van links D + Onderdruk



Verplaatsing - 27 Wind van links D + Overdruk



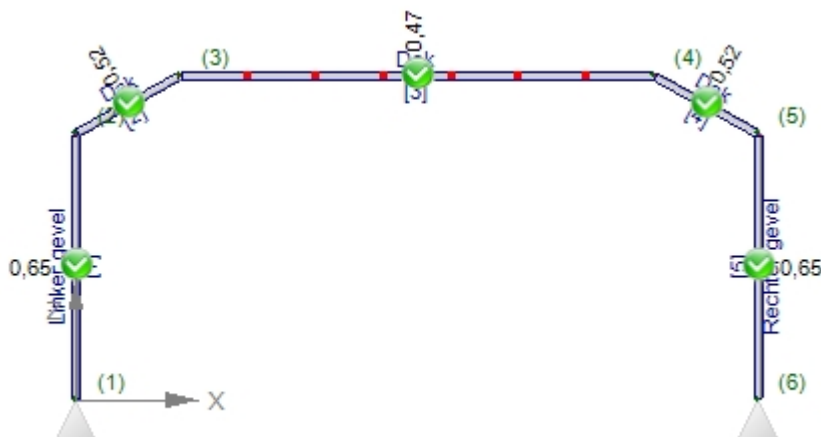
Verplaatsing - 28 Wind loodrecht A + Onderdruk



Verplaatsing - 29 Wind loodrecht A + Overdruk

2.5 EN1993 TOETSINGEN

De toetsing van de staalprofielen in de uiterste grenstoestand volgens EN 1993-1-1 is gebaseerd op een geometrische niet-lineaire krachtsverdeling (tweede orde analyse) inclusief de gegeven imperfecties volgens art.5.3.2. (a) algemene initiële scheefstanden, volgens figuur 5.2)



Staaft- nummer	Profiel	Combinatie nummer	Klasse	Artikel	U.C.
1	IPE160	4	1	6.2.4	0,04
		4	1	6.2.5	0,49
		4	1	6.2.6	0,05
		4	1	6.2.8	0,49
		4	1	6.2.9.1	0,49
		4	1	6.3.2.1	0,58
		4	1	6.3.3	0,65
		4	1	6.2.4	0,03
2	IPE160	4	1	6.2.4	0,03

Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Klasse	Artikel	U.C.
2	IPE160	4	1	6.2.5	0,49
		4	1	6.2.6	0,09
		4	1	6.2.8	0,49
		4	1	6.2.9.1	0,49
		13	1	6.3.2.1	0,15
		4	1	6.3.3	0,52
3	IPE160	4	1	6.2.4	0,01
		4	1	6.2.5	0,45
		4	1	6.2.6	0,11
		11	1	6.2.8	0,18
		4	1	6.2.9.1	0,45
		1	1	6.3.2.1	0,00
		4	1	6.3.3	0,47
4	IPE160	3	1	6.2.4	0,03
		3	1	6.2.5	0,49
		3	1	6.2.6	0,09
		3	1	6.2.8	0,49
		3	1	6.2.9.1	0,49
		11	1	6.3.2.1	0,44
		3	1	6.3.3	0,52
5	IPE160	3	1	6.2.4	0,04
		3	1	6.2.5	0,49
		3	1	6.2.6	0,05
		3	1	6.2.8	0,49
		3	1	6.2.9.1	0,49
		3	1	6.3.2.1	0,58
		3	1	6.3.3	0,65

2.5.1 BEREKENING VAN UNITY CHECKS

Staaf 1 - IPE160

Axiale druk

art. 6.2.4

Combinatie: 4 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -17,267 \text{ kN}$ $V_z = -6,257 \text{ kN}$ $M_y = 0 \text{ kNm}$

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2010,4 \times 235}{1,00} = 472,449 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{17,3}{472,4} = 0,04 < 1,0 \quad (6.9)$$

Buigend moment

art. 6.2.5

Combinatie: 4 $x = 2300 \text{ mm}$ $N_x = -16,868 \text{ kN}$ $V_z = -6,257 \text{ kN}$ $M_y = -14,391 \text{ kNm}$

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{123949,1 \times 235}{1,00} = 29,128 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{14,391}{29,128} = 0,49 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving)

art. 6.2.6

Combinatie: 4 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -17,267 \text{ kN}$ $V_z = -6,257 \text{ kN}$ $M_y = 0 \text{ kNm}$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{966,6 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} = 131,1 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{6,3}{131,1} = 0,05 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht

art. 6.2.8

Combinatie: 4 $x = 2300 \text{ mm}$ $N_x = -16,868 \text{ kN}$ $V_z = -6,257 \text{ kN}$ $M_y = -14,391 \text{ kNm}$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{966,6 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} = 131,1 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$V_{z,Ed} = 6,257 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 131,146 / 2 = 65,573 \text{ kN}$$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Buiging en normaalkracht

art. 6.2.9

Combinatie: 4 $x = 2300 \text{ mm}$ $N_x = -16,868 \text{ kN}$ $V_z = -6,257 \text{ kN}$ $M_y = -14,391 \text{ kNm}$

$$N_{Ed} < 0,25 N_{pl,Rd} = 0,25 \times 472,4 = 118,1 \text{ kN} \quad (6.33)$$

$$N_{Ed} < \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 \times 145,2 \times 5 \times 235}{1,00} = 85,3 \text{ kN} \quad (6.34)$$

Het effect van de normaalkracht op het vloeimoment hoeft niet in rekening te worden gebracht. (4)

Kipstabiliteit

art. 6.3.2.1

Combinatie: 4 $x = 2300 \text{ mm}$ $N_x = -17,267 \text{ kN}$ $V_z = -6,257 \text{ kN}$ $M_y = -14,391 \text{ kNm}$

$$\text{Aantal kipsteunen: 0} \quad d' = h - t = 160 - 7,4 = 152,6 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{(152,6)^2 \times 82^3 \times 7,4}{24} = 3959 \times 10^6 \text{ mm}^6$$

$$\text{torsiestijfheid volgens Roark geval 26} \quad I_t = 36214 \text{ mm}^4$$

volgens NEN-EN 1993-1-1+C2:2011/NB:2011 figuren NB.33 en NB.34:

$$L_g = 2300 \text{ mm} \quad L_{st} = 2300 \text{ mm}$$

$$M_{y,1,Ed} = 0 \text{ kNm} \quad M_{y,2,Ed} = -14,391 \text{ kNm} \quad M_{yEd} (x=L_{st}/2 = 1150 \text{ mm}) = -7,195 \text{ kNm}$$

Berekende equivalente belasting $q = 0 \text{ kN/m}$

$$B^* = \frac{8 M}{8 |M| + q L_{st}^2} = \frac{8 \times 14,391 \times 10^6}{8 \times |14,391 \times 10^6| + 0 \times 2300^2} = 1 \quad D.4.3 (3)$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,2,Ed}} = \frac{0}{-14,391} = 0 \quad C_1 = 1,803 \quad C_2 = 0$$

aangrijpingspunt belasting op $z = 0 \text{ mm}$

$$L_{kip} = L_{st} = 2300 \text{ mm}$$

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{160}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 683198}{80769 \times 36214}} = 560 \quad (\text{NB.159})$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) =$$

$$= \frac{\pi \times 1,803 \times 2300}{2300} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times 560^2}{2300^2} \times (0^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times 0 \times 560}{2300} \right) = 7,131 \quad (\text{NB.157})$$

$$h/t_w = 160/5 = 32 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \quad (\text{NB.153})$$

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C}{L_g} \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t} =$$

$$= 1 \times \frac{7,131}{2300} \times \sqrt{210000 \times 683198 \times 80769 \times 36214} = 63,518 \text{ kNm} \quad (\text{NB.148})$$

$$\lambda_{Lt} = \pi \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{123949 \times 235}{63518106}} = 0,677 > \lambda_{Lt,0} = 0,4$$

$$\text{Kipkromme a} \quad \alpha_{Lt} = 0,21$$

$$\Phi_{Lt} = 0,5 [1 + \alpha_{Lt} (\lambda_{Lt} - 0,2) + \lambda_{Lt}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,677 - 0,2) + 0,677^2] = 0,779$$

$$\chi_{Lt} = \frac{1}{\Phi_{Lt} + \sqrt{\Phi_{Lt}^2 - \lambda_{Lt}^2}} = \frac{1}{0,779 + \sqrt{0,779^2 - 0,677^2}} = 0,858 \quad (6.56)$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{Lt} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,858 \times 123949,1 \times \frac{235}{1,00} = 25 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{14,4}{25,0} = 0,58 < 1,0 \quad (6.54)$$

Prismatische, op buiging en druk belaste staven

art. 6.3.3

$$\text{Combinatie: 4} \quad x = 2300 \text{ mm} \quad N_x = -17,267 \text{ kN} \quad V_z = -6,257 \text{ kN} \quad M_y = -14,391 \text{ kNm}$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2300}{65,8} \frac{1}{93,9} = 0,372 \quad (6.50)$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2300}{18,4} \frac{1}{93,9} = 1,329 \quad (6.50)$$

$$\Phi_y = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,372 - 0,2) + 0,372^2] = 0,587$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,587 + \sqrt{0,587^2 - 0,372^2}} = 0,96 \quad (6.49)$$

$$\Phi_z = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (1,329 - 0,2) + 1,329^2] = 1,574$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{1,574 + \sqrt{1,574^2 - 1,329^2}} = 0,413 \quad (6.49)$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \times 2010 = 472,4 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{pl,y} = 235 \times 123949 = 29,1 \text{ kNm} \quad M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 235 \times 26107 = 6,1 \text{ kNm}$$

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$$\varphi = M_z / M_1 = 0 / -14,391 = 0 \quad \rightarrow C_{my} = 0,6 + 0,4 \varphi = 0,6 + 0,4 \times 0 = 0,6 > 0,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\lambda_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,6 \times \left(1 + (0,372 - 0,2) \times \frac{17,267}{0,96 \times 472,449 / 1,00} \right) = 0,604$$

$$\varphi = M_z / M_1 = 0 / -14,391 = 0 \quad \rightarrow C_{mLT} = 0,6 + 0,4 \varphi = 0,6 + 0,4 \times 0 = 0,6 > 0,4$$

$$k_{zy} = \left(1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = \left(1 - \frac{0,1}{(0,6 - 0,25)} \times \frac{17,267}{0,413 \times 472,449 / 1,00} \right) = 0,975$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{17,267}{0,96 \times 472,449} + 0,604 \times \frac{14,391}{0,858 \times \frac{29,128}{1,00}} = 0,39 < 1 \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{17,267}{0,413 \times 472,449} + 0,975 \times \frac{14,391}{0,858 \times \frac{29,128}{1,00}} = 0,65 < 1 \quad (6.62)$$

Staaf 2 - IPE160

Axiale druk

art. 6.2.4

Combinatie: 4 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -13,59 \text{ kN}$ $V_z = 11,871 \text{ kN}$ $M_y = -14,391 \text{ kNm}$

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2010,4 \times 235}{1,00} = 472,449 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{13,6}{472,4} = 0,03 < 1,0 \quad (6.9)$$

Buigend moment

art. 6.2.5

Combinatie: 4 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -13,59 \text{ kN}$ $V_z = 11,871 \text{ kN}$ $M_y = -14,391 \text{ kNm}$

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{123949,1 \times 235}{1,00} = 29,128 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{14,391}{29,128} = 0,49 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving)

art. 6.2.6

Combinatie: 4 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -13,59 \text{ kN}$ $V_z = 11,871 \text{ kN}$ $M_y = -14,391 \text{ kNm}$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{966,6 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} = 131,1 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{11,9}{131,1} = 0,09 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht

art. 6.2.8

Combinatie: 4 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -13,59 \text{ kN}$ $V_z = 11,871 \text{ kN}$ $M_y = -14,391 \text{ kNm}$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{966,6 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} = 131,1 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$V_{z,Ed} = 11,871 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 131,146 / 2 = 65,573 \text{ kN}$$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Buiging en normaalkracht

art. 6.2.9

Combinatie: 4 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -13,59 \text{ kN}$ $V_z = 11,871 \text{ kN}$ $M_y = -14,391 \text{ kNm}$

$$N_{Ed} < 0,25 N_{pl,Rd} = 0,25 \times 472,4 = 118,1 \text{ kN} \quad (6.33)$$

$$N_{Ed} < \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 \times 145,2 \times 5 \times 235}{1,00} = 85,3 \text{ kN} \quad (6.34)$$

Het effect van de normaalkracht op het vloeimoment hoeft niet in rekening te worden gebracht. (4)

Kipstabiliteit

art. 6.3.2.1

Combinatie: 13 $x = 1029,6 \text{ mm}$ $N_x = -2,954 \text{ kN}$ $V_z = 2,605 \text{ kN}$ $M_y = 4,266 \text{ kNm}$

$$\text{Aantal kipsteunen: } 0$$

$$d' = h - t = 160 - 7,4 = 152,6 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{(152,6)^2 \times 82^3 \times 7,4}{24} = 3959 \times 10^6 \text{ mm}^6$$

$$\text{torsiestijfheid volgens Roark geval 26} \quad I_t = 36214 \text{ mm}^4$$

volgens NEN-EN 1993-1-1+C2:2011/NB:2011 figuren NB.33 en NB.34:

$$L_g = 1030 \text{ mm} \quad L_{st} = 1030 \text{ mm}$$

$$M_{y,1,Ed} = 1,555 \text{ kNm} \quad M_{y,2,Ed} = 4,266 \text{ kNm} \quad M_{yEd} (x=L_{st}/2 = 515 \text{ mm}) = 3,063 \text{ kNm}$$

Berekende equivalente belasting $q = 1,153 \text{ kN/m}$

$$B^* = \frac{8 M}{8 |M| + q L_{st}^2} = \frac{8 \times 4,266 \times 10^6}{8 \times |4,266 \times 10^6| + 1,153 \times 1030^2} = 0,965 \quad D.4.3 (3)$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,2,Ed}} = \frac{1,555}{4,266} = 0,365 \quad C_1 = 1,387 \quad C_2 = -0,02$$

aangrijpingspunt belasting op $z = 80 \text{ mm}$

$$L_{kip} = L_{st} = 1030 \text{ mm}$$

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{160}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 683198}{80769 \times 36214}} = 560 \quad (\text{NB.159})$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) =$$

$$= \frac{\pi \times 1,387 \times 1030}{1030} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times 560^2}{1030^2} \times (-0,02^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times -0,02 \times 560}{1030} \right) = 8,484 \quad (\text{NB.157})$$

$$h/t_w = 160/5 = 32 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \quad (\text{NB.153})$$

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C}{L_g} \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t} =$$

$$= 1 \times \frac{8,484}{1030} \times \sqrt{210000 \times 683198 \times 80769 \times 36214} = 168,811 \text{ kNm} \quad (\text{NB.148})$$

$$\lambda_{Lt} = \pi \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{123949 \times 235}{168811490}} = 0,415 > \lambda_{Lt,0} = 0,4$$

$$\text{Kipkromme a} \quad \alpha_{Lt} = 0,21$$

$$\Phi_{Lt} = 0,5 [1 + \alpha_{Lt} (\lambda_{Lt} - 0,2) + \lambda_{Lt}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,415 - 0,2) + 0,415^2] = 0,609$$

$$\chi_{Lt} = \frac{1}{\Phi_{Lt} + \sqrt{\Phi_{Lt}^2 - \lambda_{Lt}^2}} = \frac{1}{0,609 + \sqrt{0,609^2 - 0,415^2}} = 0,949 \quad (6.56)$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{Lt} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,949 \times 123949,1 \times \frac{235}{1,00} = 27,6 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{4,3}{27,6} = 0,15 < 1,0 \quad (6.54)$$

Prismatische, op buiging en druk belaste staven

art. 6.3.3

Combinatie: 4 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -13,59 \text{ kN}$ $V_z = 11,793 \text{ kN}$ $M_y = -14,391 \text{ kNm}$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{1029,6}{65,8} \frac{1}{93,9} = 0,167 \quad (6.50)$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{1029,6}{18,4} \frac{1}{93,9} = 0,595 \quad (6.50)$$

$$\Phi_y = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,167 - 0,2) + 0,167^2] = 0,51$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,51 + \sqrt{0,51^2 - 0,167^2}} = 1 \quad (6.49)$$

$$\Phi_z = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,595 - 0,2) + 0,595^2] = 0,744$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,744 + \sqrt{0,744^2 - 0,595^2}} = 0,84 \quad (6.49)$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \times 2010 = 472,4 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{pl,y} = 235 \times 123949 = 29,1 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 235 \times 26107 = 6,1 \text{ kNm}$$

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$$\varphi = M_z / M_1 = -2,249 / -14,391 = 0,16 \quad \alpha_h = M_h / M_s = -14,391 / -8,3 = 1$$

$$C_{my} = 0,95 + 0,05 \alpha_h = 0,95 + 0,05 \times 1 = 1$$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\lambda_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 1 \times \left(1 + (0,167 - 0,2) \times \frac{13,59}{1 \times 472,449 / 1,00} \right) = 0,999$$

$$k_{zy} = 0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{13,59}{1 \times 472,449 / 1,00} + 0,999 \times \frac{14,391}{1 \times \frac{29,128}{1,00}} = 0,52 < 1 \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{13,59}{0,84 \times 472,449 / 1,00} + 0 \times \frac{14,391}{1 \times \frac{29,128}{1,00}} = 0,03 < 1 \quad (6.62)$$

Staaf 3 - IPE160

Axiale druk

art. 6.2.4

Combinatie: 4 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -6,142 \text{ kN}$ $V_z = 14,85 \text{ kN}$ $M_y = -2,275 \text{ kNm}$

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2010,4 \times 235}{1,00} = 472,449 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{6,1}{472,4} = 0,01 < 1,0 \quad (6.9)$$

Buigend moment

art. 6.2.5

Combinatie: 4 $x = 2061,5 \text{ mm}$ $N_x = -6,142 \text{ kN}$ $V_z = 0 \text{ kN}$ $M_y = 13,032 \text{ kNm}$

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{123949,1 \times 235}{1,00} = 29,128 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{13,032}{29,128} = 0,45 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving)**art. 6.2.6**Combinatie: 4 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -6,142 \text{ kN}$ $V_z = 14,85 \text{ kN}$ $M_y = -2,275 \text{ kNm}$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{966,6 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} = 131,1 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{14,9}{131,1} = 0,11 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht**art. 6.2.8**Combinatie: 11 $x = 4100 \text{ mm}$ $N_x = -4,335 \text{ kN}$ $V_z = -8,19 \text{ kN}$ $M_y = -5,365 \text{ kNm}$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{966,6 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} = 131,1 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$V_{z,Ed} = 8,190 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 131,146 / 2 = 65,573 \text{ kN}$$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Buiging en normaalkracht**art. 6.2.9**Combinatie: 4 $x = 2061,5 \text{ mm}$ $N_x = -6,142 \text{ kN}$ $V_z = 0 \text{ kN}$ $M_y = 13,032 \text{ kNm}$

$$N_{Ed} < 0,25 N_{pl,Rd} = 0,25 \times 472,4 = 118,1 \text{ kN} \quad (6.33)$$

$$N_{Ed} < \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 \times 145,2 \times 5 \times 235}{1,00} = 85,3 \text{ kN} \quad (6.34)$$

Het effect van de normaalkracht op het vloeimoment hoeft niet in rekening te worden gebracht. (4)

Kipstabiliteit**art. 6.3.2.1**Combinatie: 1 $x = 585,7 \text{ mm}$ $N_x = -3,98 \text{ kN}$ $V_z = 7,69 \text{ kN}$ $M_y = 3,543 \text{ kNm}$

Aantal kipsteunen: 6

Afstanden kipsteunen: 586 586 586 586 586 586

$$d' = h - t = 160 - 7,4 = 152,6 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{(152,6)^2 \times 82^3 \times 7,4}{24} = 3959 \times 10^6 \text{ mm}^6$$

torsiestijfheid volgens Roark geval 26 $I_t = 36214 \text{ mm}^4$

volgens NEN-EN 1993-1-1+C2:2011/NB:2011 figuren NB.33 en NB.34:

$$L_g = 4100 \text{ mm} \quad L_{st} = 586 \text{ mm}$$

$$M_{y,1,Ed} = -0,961 \text{ kNm} \quad M_{y,2,Ed} = 3,543 \text{ kNm} \quad M_{yEd} (x=L_{st}/2 = 293 \text{ mm}) = 1,48 \text{ kNm}$$

Berekende equivalente belasting $q = 4,407 \text{ kN/m}$

$$B^* = \frac{8 M}{8 |M| + q L_{st}^2} = \frac{8 \times 3,543 \times 10^{-6}}{8 \times |3,543 \times 10^{-6}| + 4,407 \times 586^2} = 0,949 \quad \text{D.4.3 (3)}$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,2,Ed}} = \frac{-0,961}{3,543} = -0,271 \quad C_1 = 1,994 \quad C_2 = -0,038$$

aangrijpingspunt belasting op $z = 80 \text{ mm}$

$$L_{kip} = (1,4 - (0,8 \times \beta)) \times L_{st} = (1,4 - (0,8 \times -0,271)) \times 586 = 947 \text{ mm} \quad \rightarrow L_{kip} = 820 \text{ mm}$$

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{160}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 683198}{80769 \times 36214}} = 560 \quad \text{(NB.159)}$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) =$$

$$= \frac{\pi \times 1,994 \times 4100}{820} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times 560^2}{820^2} \times (-0,038^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times -0,038 \times 560}{820} \right) = 71,668 \quad \text{(NB.157)}$$

$$h/t_w = 160/5 = 32 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \quad \text{(NB.153)}$$

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C}{L_g} \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t} = \quad \text{(NB.148)}$$

$$= 1 \times \frac{71,668}{4100} \times \sqrt{210000 \times 683198 \times 80769 \times 36214} = 358,086 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{Lt} = \pi \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{123949 \times 235}{358085802}} = 0,285 < \lambda_{Lt,0} = 0,4 \quad \rightarrow \chi_{Lt} = 1,00$$

$$\lambda_{Lt} = 0,285 < \lambda_{Lt,0} = 0,4 \rightarrow \chi_{Lt} = 1,00$$

Prismatische, op buiging en druk belaste staven

art. 6.3.3

$$\text{Combinatie: 4} \quad x = 2061,5 \text{ mm} \quad N_x = -6,142 \text{ kN} \quad V_z = 0,083 \text{ kN} \quad M_y = 13,032 \text{ kNm}$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{4100}{65,8} \frac{1}{93,9} = 0,664 \quad \text{(6.50)}$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{585,7}{18,4} \frac{1}{93,9} = 0,338 \quad \text{(6.50)}$$

$$\Phi_y = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 [1 + 0,21 \times (0,664 - 0,2) + 0,664^2] = 0,769$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,769 + \sqrt{0,769^2 - 0,664^2}} = 0,864 \quad \text{(6.49)}$$

$$\Phi_z = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,338 - 0,2) + 0,338^2] = 0,581$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,581 + \sqrt{0,581^2 - 0,338^2}} = 0,95 \quad (6.49)$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \times 2010 = 472,4 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{pl,y} = 235 \times 123949 = 29,1 \text{ kNm} \quad M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 235 \times 26107 = 6,1 \text{ kNm}$$

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$$\phi = M_2/M_1 = 12,699/12,747 = 1 \quad \alpha_h = M_h/M_s = 12,747/13,032 = 0,98$$

$$C_{my} = 0,95 + 0,05 \alpha_h = 0,95 + 0,05 \times 0,98 = 0,999$$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\lambda_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,999 \times \left(1 + (0,664 - 0,2) \times \frac{6,142}{0,864 \times 472,449 / 1,00} \right) = 1,006$$

$$k_{zy} = 0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{6,142}{0,864 \times 472,449 / 1,00} + 1,006 \times \frac{13,032}{1 \times \frac{29,128}{1,00}} = 0,47 < 1 \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{6,142}{0,95 \times 472,449 / 1,00} + 0 \times \frac{13,032}{1 \times \frac{29,128}{1,00}} = 0,01 < 1 \quad (6.62)$$

Staaf 4 - IPE160

Axiale druk

art. 6.2.4

Combinatie: 3 $x = 1030 \text{ mm}$ $N_x = -13,59 \text{ kN}$ $V_z = -11,87 \text{ kN}$ $M_y = -0,031 \text{ kNm}$

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2010,4 \times 235}{1,00} = 472,449 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{13,6}{472,4} = 0,03 < 1,0 \quad (6.9)$$

Buigend moment

art. 6.2.5

Combinatie: 3 $x = 1029,6 \text{ mm}$ $N_x = -13,59 \text{ kN}$ $V_z = -11,87 \text{ kN}$ $M_y = -14,415 \text{ kNm}$

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{123949,1 \times 235}{1,00} = 29,128 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{14,415}{29,128} = 0,49 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving)

art. 6.2.6

Combinatie: 3 $x = 1030 \text{ mm}$ $N_x = -13,59 \text{ kN}$ $V_z = -11,87 \text{ kN}$ $M_y = -0,031 \text{ kNm}$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{966,6 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} = 131,1 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{11,9}{131,1} = 0,09 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht

art. 6.2.8

Combinatie: 3 $x = 1029,6 \text{ mm}$ $N_x = -13,59 \text{ kN}$ $V_z = -11,87 \text{ kN}$ $M_y = -14,415 \text{ kNm}$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{966,6 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} = 131,1 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$V_{z,Ed} = 11,870 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 131,146 / 2 = 65,573 \text{ kN}$$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Buiging en normaalkracht

art. 6.2.9

Combinatie: 3 $x = 1029,6 \text{ mm}$ $N_x = -13,59 \text{ kN}$ $V_z = -11,87 \text{ kN}$ $M_y = -14,415 \text{ kNm}$

$$N_{Ed} < 0,25 N_{pl,Rd} = 0,25 \times 472,4 = 118,1 \text{ kN} \quad (6.33)$$

$$N_{Ed} < \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 \times 145,2 \times 5 \times 235}{1,00} = 85,3 \text{ kN} \quad (6.34)$$

Het effect van de normaalkracht op het vloeiement hoeft niet in rekening te worden gebracht. (4)

Kipstabiliteit

art. 6.3.2.1

Combinatie: 11 $x = 1029,6 \text{ mm}$ $N_x = -8,768 \text{ kN}$ $V_z = -6,476 \text{ kN}$ $M_y = -12,046 \text{ kNm}$

$$\text{Aantal kipsteunen: } 0$$

$$d' = h - t = 160 - 7,4 = 152,6 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{(152,6)^2 \times 82^3 \times 7,4}{24} = 3959 \times 10^6 \text{ mm}^6$$

$$\text{torsiestijfheid volgens Roark geval 26} \quad I_t = 36214 \text{ mm}^4$$

volgens NEN-EN 1993-1-1+C2:2011/NB:2011 figuren NB.33 en NB.34:

$$L_g = 1030 \text{ mm} \quad L_{st} = 1030 \text{ mm}$$

$$M_{y,1,Ed} = -5,365 \text{ kNm} \quad M_{y,2,Ed} = -12,046 \text{ kNm} \quad M_{yEd} (x=L_{st}/2 = 515 \text{ mm}) = -8,752 \text{ kNm}$$

Berekende equivalente belasting $q = 0,346 \text{ kN/m}$

$$B^* = \frac{8 M}{8 |M| + q L_{st}^2} = \frac{8 \times 12,046 \times 10^6}{8 \times |12,046 \times 10^6| + 0,346 \times 1030^2} = 0,996 \quad \text{D.4.3 (3)}$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,2,Ed}} = \frac{-5,365}{-12,046} = 0,445 \quad C_1 = 1,363 \quad C_2 = -0,002$$

aangrijpingspunt belasting op z = 80 mm

$$L_{kip} = L_{st} = 1030 \text{ mm}$$

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{160}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 683198}{80769 \times 36214}} = 560 \quad (\text{NB.159})$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) =$$

$$= \frac{\pi \times 1,363 \times 1030}{1030} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times 560^2}{1030^2} \times (-0,002^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times -0,002 \times 560}{1030} \right) = 8,464 \quad (\text{NB.157})$$

$$h/t_w = 160/5 = 32 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \quad (\text{NB.153})$$

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C}{L_g} \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t} =$$

$$= 1 \times \frac{8,464}{1030} \times \sqrt{210000 \times 683198 \times 80769 \times 36214} = 168,406 \text{ kNm} \quad (\text{NB.148})$$

$$\lambda_{Lt} = \pi \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{123949 \times 235}{168405608}} = 0,416 > \lambda_{Lt,0} = 0,4$$

$$\text{Kipkromme a} \quad \alpha_{Lt} = 0,21$$

$$\Phi_{Lt} = 0,5 [1 + \alpha_{Lt} (\lambda_{Lt} - 0,2) + \lambda_{Lt}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,416 - 0,2) + 0,416^2] = 0,609$$

$$\chi_{Lt} = \frac{1}{\Phi_{Lt} + \sqrt{\Phi_{Lt}^2 - \lambda_{Lt}^2}} = \frac{1}{0,609 + \sqrt{0,609^2 - 0,416^2}} = 0,949 \quad (6.56)$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{Lt} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,949 \times 123949,1 \times \frac{235}{1,00} = 27,6 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{12,0}{27,6} = 0,44 < 1,0 \quad (6.54)$$

Prismatische, op buiging en druk belaste staven

art. 6.3.3

$$\text{Combinatie: 3} \quad x = 1029,6 \text{ mm} \quad N_x = -13,59 \text{ kN} \quad V_z = -11,792 \text{ kN} \quad M_y = -14,415 \text{ kNm}$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{1029,6}{65,8} \frac{1}{93,9} = 0,167 \quad (6.50)$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{1029,6}{18,4} \frac{1}{93,9} = 0,595 \quad (6.50)$$

$$\Phi_y = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,167 - 0,2) + 0,167^2] = 0,51$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,51 + \sqrt{0,51^2 - 0,167^2}} = 1 \quad (6.49)$$

$$\Phi_z = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,595 - 0,2) + 0,595^2] = 0,744$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,744 + \sqrt{0,744^2 - 0,595^2}} = 0,84 \quad (6.49)$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \times 2010 = 472,4 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{pl,y} = 235 \times 123949 = 29,1 \text{ kNm} \quad M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 235 \times 26107 = 6,1 \text{ kNm}$$

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$$\varphi = M_2 / M_1 = -2,274 / -14,415 = 0,16 \quad \alpha_h = M_h / M_s = -14,415 / -8,325 = 1$$

$$C_{my} = 0,95 + 0,05 \alpha_h = 0,95 + 0,05 \times 1 = 1$$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\lambda_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 1 \times \left(1 + (0,167 - 0,2) \times \frac{13,59}{1 \times 472,449 / 1,00} \right) = 0,999$$

$$k_{zy} = 0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{13,59}{1 \times 472,449} + 0,999 \times \frac{14,415}{1 \times \frac{29,128}{1,00}} = 0,52 < 1 \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{13,59}{0,84 \times 472,449} + 0 \times \frac{14,415}{1 \times \frac{29,128}{1,00}} = 0,03 < 1 \quad (6.62)$$

Staaf 5 - IPE160

Axiale druk

art. 6.2.4

Combinatie: 3 $x = 2300 \text{ mm}$ $N_x = -17,267 \text{ kN}$ $V_z = 6,256 \text{ kN}$ $M_y = 0 \text{ kNm}$

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2010,4 \times 235}{1,00} = 472,449 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{17,3}{472,4} = 0,04 < 1,0 \quad (6.9)$$

Buigend moment

art. 6.2.5

Combinatie: 3 $x = 0 \text{ mm}$ $N_x = -16,868 \text{ kN}$ $V_z = 6,256 \text{ kN}$ $M_y = -14,389 \text{ kNm}$

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{123949,1 \times 235}{1,00} = 29,128 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{14,389}{29,128} = 0,49 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving)**art. 6.2.6**

Combinatie: 3 x = 0 mm Nx = -16,868 kN Vz = 6,256 kN My = -14,389 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{966,6 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} = 131,1 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{6,3}{131,1} = 0,05 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht**art. 6.2.8**

Combinatie: 3 x = 0 mm Nx = -16,868 kN Vz = 6,256 kN My = -14,389 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{966,6 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} = 131,1 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$V_{z,Ed} = 6,256 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 131,146 / 2 = 65,573 \text{ kN}$$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Buiging en normaalkracht**art. 6.2.9**

Combinatie: 3 x = 0 mm Nx = -16,868 kN Vz = 6,256 kN My = -14,389 kNm

$$N_{Ed} < 0,25 N_{pl,Rd} = 0,25 \times 472,4 = 118,1 \text{ kN} \quad (6.33)$$

$$N_{Ed} < \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 \times 145,2 \times 5 \times 235}{1,00} = 85,3 \text{ kN} \quad (6.34)$$

Het effect van de normaalkracht op het vloeimoment hoeft niet in rekening te worden gebracht. (4)

Kipstabiliteit**art. 6.3.2.1**

Combinatie: 3 x = 0 mm Nx = -17,267 kN Vz = 6,256 kN My = -14,389 kNm

$$\text{Aantal kipsteunen: } 0$$

$$d' = h - t = 160 - 7,4 = 152,6 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{(152,6)^2 \times 82^3 \times 7,4}{24} = 3959 \times 10^6 \text{ mm}^6$$

$$\text{torsiestijfheid volgens Roark geval 26} \quad I_t = 36214 \text{ mm}^4$$

volgens NEN-EN 1993-1-1+C2:2011/NB:2011 figuren NB.33 en NB.34:

$$L_g = 2300 \text{ mm} \quad L_{st} = 2300 \text{ mm}$$

$$M_{y,1,Ed} = 0 \text{ kNm} \quad M_{y,2,Ed} = -14,389 \text{ kNm} \quad M_{yEd} (x=L_{st}/2 = 1150 \text{ mm}) = -7,195 \text{ kNm}$$

Berekende equivalente belasting $q = 0 \text{ kN/m}$

$$B^* = \frac{8 M}{8 |M| + q L_{st}^2} = \frac{8 \times -14,389 \times 10^6}{8 \times |-14,389 \times 10^6| + 0 \times 2300^2} = -1 \quad \text{D.4.3 (3)}$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,2,Ed}} = \frac{0}{-14,389} = 0 \quad C_1 = 1,803 \quad C_2 = 0$$

aangrijpingspunt belasting op $z = 0 \text{ mm}$

$$L_{kip} = L_{st} = 2300 \text{ mm}$$

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{160}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 683198}{80769 \times 36214}} = 560 \quad \text{(NB.159)}$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) =$$

$$= \frac{\pi \times 1,803 \times 2300}{2300} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times 560^2}{2300^2} \times (0^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times 0 \times 560}{2300} \right) = 7,131 \quad \text{(NB.157)}$$

$$h/t_w = 160/5 = 32 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \quad \text{(NB.153)}$$

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C}{L_g} \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t} =$$

$$= 1 \times \frac{7,131}{2300} \times \sqrt{210000 \times 683198 \times 80769 \times 36214} = 63,518 \text{ kNm} \quad \text{(NB.148)}$$

$$\lambda_{Lt} = \pi \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{123949 \times 235}{63518114}} = 0,677 > \lambda_{Lt,0} = 0,4$$

$$\text{Kipkromme a} \quad \alpha_{Lt} = 0,21$$

$$\Phi_{Lt} = 0,5 [1 + \alpha_{Lt} (\lambda_{Lt} - 0,2) + \lambda_{Lt}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,677 - 0,2) + 0,677^2] = 0,779$$

$$\chi_{Lt} = \frac{1}{\Phi_{Lt} + \sqrt{\Phi_{Lt}^2 - \lambda_{Lt}^2}} = \frac{1}{0,779 + \sqrt{0,779^2 - 0,677^2}} = 0,858 \quad \text{(6.56)}$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{Lt} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,858 \times 123949,1 \times \frac{235}{1,00} = 25 \text{ kNm} \quad \text{(6.55)}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{14,4}{25,0} = 0,58 < 1,0 \quad \text{(6.54)}$$

Prismatische, op buiging en druk belaste staven

art. 6.3.3

$$\text{Combinatie: 3} \quad x = 0 \text{ mm} \quad N_x = -17,267 \text{ kN} \quad V_z = 6,256 \text{ kN} \quad M_y = -14,389 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{1y} = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \frac{1}{\lambda_{1y}} = \frac{2300}{65,8} \frac{1}{93,9} = 0,372 \quad (6.50)$$

$$\lambda_{1z} = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \quad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \frac{1}{\lambda_{1z}} = \frac{2300}{18,4} \frac{1}{93,9} = 1,329 \quad (6.50)$$

$$\Phi_y = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,372 - 0,2) + 0,372^2] = 0,587$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,587 + \sqrt{0,587^2 - 0,372^2}} = 0,96 \quad (6.49)$$

$$\Phi_z = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (1,329 - 0,2) + 1,329^2] = 1,574$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{1,574 + \sqrt{1,574^2 - 1,329^2}} = 0,413 \quad (6.49)$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \times 2010 = 472,4 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{pl,y} = 235 \times 123949 = 29,1 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 235 \times 26107 = 6,1 \text{ kNm}$$

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$$\varphi = M_z / M_1 = 0 / -14,389 = 0 \quad \rightarrow C_{my} = 0,6 + 0,4 \varphi = 0,6 + 0,4 \times 0 = 0,6 > 0,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\lambda_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,6 \times \left(1 + (0,372 - 0,2) \times \frac{17,267}{0,96 \times 472,449 / 1,00} \right) = 0,604$$

$$\varphi = M_z / M_1 = 0 / -14,389 = 0 \quad \rightarrow C_{mLT} = 0,6 + 0,4 \varphi = 0,6 + 0,4 \times 0 = 0,6 > 0,4$$

$$k_{zy} = \left(1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = \left(1 - \frac{0,1}{(0,6 - 0,25)} \times \frac{17,267}{0,413 \times 472,449 / 1,00} \right) = 0,975$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{17,267}{0,96 \times 472,449 / 1,00} + 0,604 \times \frac{14,389}{0,858 \times \frac{29,128}{1,00}} = 0,39 < 1 \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{17,267}{0,413 \times 472,449 / 1,00} + 0,975 \times \frac{14,389}{0,858 \times \frac{29,128}{1,00}} = 0,65 < 1 \quad (6.62)$$

Datum: 27 april 2017 Blad: -42-
Projectnr: 170260
Project:: Nieuwbouw bijgebouw te Keijenborg

Einde document
