

# Walmuurvervanging Recht Boomssloot

Definitief ontwerp walmuur Recht Boomssloot

Gemeente Amsterdam

28 november 2017

Project	Walmuurvervanging Recht Boomssloot
Document	Definitief ontwerp walmuur Recht Boomssloot
Status	Definitief
Datum	28 november 2017
Referentie	103100/17-017.742
Opdrachtgever	Gemeente Amsterdam
Projectcode	103100
Projectleider	mw. ing. B.P. Dopper
Projectdirecteur	ir. R.P.N. Pater
Auteur(s)	mw. ir. A.A.E. van Dorst, ir. M. Bakker
Gecontroleerd door	ir. J.A.T. Ruigrok, ing. L.T.A. Schoot Uiterkamp MSEng
Goedgekeurd door	mw. ing. B.P. Dopper
Paraaf	
Adres	Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. Hoogoorddreef 15 Postbus 12205 1100 AE Amsterdam +31 (0)20 312 55 55 www.witteveenbos.com KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.  
© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.



## INHOUDSOPGAVE

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
1.1	Projectbeschrijving	1
1.2	Doel van het project	1
1.3	Voorlopig ontwerp Recht Boomssloot	2
1.4	Doel rapport	2
1.5	Leeswijzer	2
<b>2</b>	<b>UITGANGSPUNTEN</b>	<b>3</b>
2.1	Referenties	3
2.2	Software	3
2.3	Veiligheidsfilosofie en ontwerplevensduur	3
2.4	Trillingsarm werken	3
2.5	Belastingen	4
	2.5.1 Belasting ten behoeve van toetsing combiwand	4
	2.5.2 Belasting ten behoeve van toetsing prefab schort	4
2.6	Belastingfactoren	4
2.7	Huidige geometrie en constructie	5
2.8	Geotechniek	5
	2.8.1 Grondopbouw en parameters	6
	2.8.2 Waterstanden en stijghoogten	7
	2.8.3 Vervormingen	7
2.9	Materiaaleigenschappen	8
	2.9.1 Betonconstructies	8
	2.9.2 Staalconstructies	9
2.10	Corrosie	9
<b>3</b>	<b>ONTWERP WALMUUR</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>GEOTECHNISCH ONTWERP</b>	<b>12</b>
4.1	Model in Plaxis 3D	12
4.2	Samenstelling kademuur	13

4.2.1	Damwanden	13
4.2.2	Nieuwe palen	13
4.2.3	Combiwand	14
4.3	Fasering	14
4.4	Resultaten berekeningen Plaxis en D-Foundations	14
4.4.1	Doorsnede met hoog maaiveld (NAP +2,0 m)	14
4.4.2	Doorsnede met laag maaiveld (NAP +0,95 m)	21
4.5	Fundering walmuurputten	24
4.5.1	Geometrie ontwerp	24
4.5.2	Resultaten berekening	24
<b>5</b>	<b>CONSTRUCTIEF ONTWERP</b>	<b>26</b>
5.1	Prefab betonschort	26
5.1.1	Belasting	27
5.1.2	Wapening prefab schorten	27
5.1.3	Verbinding prefab beton voorhangschort - combiwand	28
5.2	Ankerstoel	28
5.3	Gording combiwand	30
5.4	Gording walmuurput	30
5.5	Stelmogelijkheid prefab betonschort	31
<b>6</b>	<b>UITVOERINGSASPECTEN</b>	<b>32</b>
6.1	Trillingsarme uitvoeringsmethodes	32
6.2	Fasering	32
6.2.1	Hoofdfasering	32
6.2.2	Fasering ter plaatse van tijdelijke stabilisatiemaatregel	34
6.2.3	Werkvakken	36
6.3	Uitvoeringstoleranties	36
6.4	Positionering en uitvoeringsvolgorde	37
6.5	Aandachtspunt crushen	38
6.6	Aandachtspunt installatie schroefinjectiepaal	38
6.7	Bestaande kessen	38
6.8	Aansluiting op de kade	38
6.9	Aandachtspunt kabels en leidingen	39
<b>7</b>	<b>CONCLUSIES</b>	<b>40</b>
7.1	Conclusies	40
7.2	Aanbevelingen	40

**Bijlage(n)****Aantal pagina's**

I	Grondonderzoek	3
II	Berekening vervormingen en krachtswerking (Plaxis)	62
III	Berekening draagvermogen (D-foundations)	58
IV	Constructieve berekening prefab betonschort	31
V	Constructieve berekening ankerstoel	18
VI	Constructieve berekening gording/staalplaat	40
VII	Constructieve berekening gording walmuurput	13





# 1

## INLEIDING

### 1.1 Projectbeschrijving

Het bestuur van het stadsdeel Centrum heeft het voornemen om de walmuur van de Recht Boomssloot oneven zijde (o.e.z.) te vervangen. Dit rapport betreft de walmuurvervanging van de Recht Boomssloot, oneven zijde tussen de Oudeschans en de Krom Boomssloot met een lengte van circa 150 m. De walmuur van de Recht Boomssloot dient aan te sluiten op de brugvleugels van brug 296 en brug 288. De aansluiting op de brugvleugels van beide bruggen is reeds vernieuwd.

Na het vervangen van de walmuur vindt een herprofilering plaats conform het 'Handboek Inrichting Openbare Ruimte' (HIOR). De herprofilering vindt plaats over een groter gedeelte van de Recht Boomssloot. Deze vindt plaats tussen de Oude Schans en de Lastageweg.

Aanleiding voor de werkzaamheden is de slechte staat van de huidige walmuur. De walmuur wordt vernieuwd als regulier onderhoud.

Afbeelding 1.1 Locatie walmuurvernieuwing Recht Boomssloot (o.e.z.)



### 1.2 Doel van het project

Het doel van het project is het vervangen van de walmuur van de Recht Boomssloot o.e.z., inclusief de herprofilering van de gracht. Hiertoe wordt onderzoek uitgevoerd, een constructieve berekening gemaakt en een bestek met tekeningen vervaardigd. Daarna kan het werk worden aanbesteed. Daarnaast speelt de

afstemming met het stadsdeel een grote rol, evenals het aanvragen van vergunningen en de afstemming met diensten en bedrijven.

### 1.3 Voorlopig ontwerp Recht Boomssloot

In augustus 2015 is een voorlopig ontwerp (VO) voor de Recht Boomssloot opgesteld. In dat rapport zijn eerst alternatieven beschouwd, de zogenaamde variantenstudie. In overleg met de opdrachtgever is vervolgens gekozen om een VO op te stellen vergelijkbaar met het ontwerp van de walmuur Krom Boomssloot en Prinsengracht. Het uitgewerkte ontwerp bestaat uit een combiwand bestaande uit buispalen en korte tussenplanken. Om de stabiliteit van de kade te waarborgen zijn daarnaast ter plaatse van de buispalen schroefinjectiepalen aan de waterzijde van de wand opgenomen.

Deze variant is economisch aantrekkelijk, en is praktisch uit te voeren boven de grondwaterstand zonder tijdelijke bouwkuip. Daarnaast is de methode, op verzoek van de Gemeente Amsterdam, volledig trillingsarm. De eventuele deformaties die optreden kunnen worden gecorrigeerd door de opgenomen stelruimte in de voorhangschorten, zodat altijd aan de esthetische, deformatie-eis kan worden voldaan.

### 1.4 Doel rapport

In dit rapport wordt het voorlopig ontwerp (VO) voor de walmuurvervanging van de Recht Boomssloot o.e.z. nader uitgewerkt tot een definitief ontwerp (DO) en worden aanbevelingen gedaan voor de vervolgfase.

### 1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de uitgangspunten voor het definitief ontwerp van de walmuurvervanging Recht Boomssloot vastgesteld. Hoofdstuk 3 bevat een korte toelichting op het ontwerp. Het geotechnisch ontwerp wordt in hoofdstuk 4 nader bekeken. De constructieve onderdelen worden in hoofdstuk 5 berekend en toegelicht. De uitvoeringsaspecten van de ontwerpen worden in hoofdstuk 6 behandeld. Dit rapport wordt afgesloten met een hoofdstuk waar conclusies en aanbevelingen in worden gedaan.



# 2

## UITGANGSPUNTEN

### 2.1 Referenties

#### Normen en richtlijnen

- [ref. 1.] NEN-EN 1990 Eurocode: Grondslagen van het constructief ontwerp.
- [ref. 2.] NEN-EN 1991 Eurocode 1: Belastingen op constructies.
- [ref. 3.] NEN-EN 1992 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies
- [ref. 4.] NEN-EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies.
- [ref. 5.] NEN-EN 1997 Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp.
- [ref. 6.] NEN 9997-1: Geotechnisch ontwerp van constructies.
- [ref. 7.] CUR 166: Damwandconstructies; 2012; Stichting CURNET; Gouda;
- [ref. 8.] RVW 2011: Richtlijnen Vaarwegen 2011

#### Rapporten

- [ref. 9.] Grondonderzoek aan de Recht Boomssloot & Krom Boomssloot in Amsterdam, Lankelma, d.d. 10 december 2014.
- [ref. 10.] Grondonderzoek aan de Recht Boomssloot in Amsterdam, Lankelma, d.d. 3 november 2017
- [ref. 11.] Kademuur Recht Boomssloot voorlopig ontwerp, Witteveen+Bos, d.d. 20 augustus 2015.
- [ref. 12.] Kademuur Krom Boomssloot definitief ontwerp, Witteveen+Bos, d.d. 27 juli 2015.
- [ref. 13.] Walmuurvervanging Prinsengracht definitief ontwerp, Witteveen+Bos, d.d. 4 mei 2016.

### 2.2 Software

Voor de bepaling van de omgevingsbeïnvloeding van de walmuurvervanging is het programma Plaxis 3D (versie 2017.01) gebruikt. Het draagvermogen van de fundering van de walmuur is getoetst met het programma D-Foundations (versie 16.2). Voor overige berekeningen is Technosoft en Excelsheets gebruikt.

### 2.3 Veiligheidsfilosofie en ontwerplevensduur

De constructie is ingedeeld in veiligheidsklasse II (RC2) als een normale kademuur. Er wordt rekening gehouden met een ontwerplevensduur van de constructie van 100 jaar.

### 2.4 Trillingsarm werken

Werkzaamheden die trillingen veroorzaken in de ondergrond kunnen leiden tot trillingen in panden en bijbehorende scheurvorming, of verdichting van grond met bijbehorende zakkingschade. Binnen de juiste randvoorwaarden kan schadevrij worden gewerkt met apparatuur dat trillingen veroorzaakt.

Omdat deze randvoorwaarden niet altijd gemakkelijk te borgen zijn, is door de opdrachtgever aangegeven dat het ontwerp uit dient te gaan van trillingsarme methodes. Dit uitgangspunt heeft als keerzijde dat dit in het algemeen leidt tot zwaarder equipment op het werk.

## 2.5 Belastingen

### 2.5.1 Belasting ten behoeve van toetsing combiwand

Conform CUR 166, veiligheidsklasse II, wordt er een integrale variabele maaiveldbelasting van 20 kPa in de definitieve situatie gehanteerd. In de bouwfasen wordt een bovenbelasting van 15 kPa, ook integraal, aangehouden.

In de eindfase kan pleziervaart aanleggen middels een haalkom in het prefab schort. Als een horizontale troskracht wordt  $Q_{rep} = 40$  kN aangehouden, conform ontwerpuitgangspunten recreatievaart 'Richtlijn Vaarwegen 2011'. De haalkommen worden halverwege tussen de buispalen, om en om, geplaatst. De aangehouden troskracht op één combiwandsegment bedraagt daarom  $40 / 2 = 20$  kN in de gebruikssituatie.

### 2.5.2 Belasting ten behoeve van toetsing prefab schort

#### Verkeersbelasting

Vrachtverkeer tot 7,5 ton kan zonder ontheffing op de Recht Boomssloot komen. In het ontwerp van de Recht Boomssloot is rekening gehouden met langsparkeren, hierdoor kan theoretisch een voertuig tot 7,5 ton op de deksteen staan. Er wordt rekening gehouden met een geparkeerd voertuig (maximaal 7,5 ton). De belasting op het prefab schort is conform NEN1991-1-1, tabel NB.3 6.8:

- $q_{rep} = 5$  kN/m<sup>2</sup>;
- $q_{rep, vert} = 40$  kN;
- $q_{rep, hor} = m \cdot a = 7.500 \text{ kg} \cdot 4 \text{ m/s}^2 = 30$  kN (hierbij is  $a$  de horizontale versnelling door rembelasting).

#### Scheepvaartbelasting

- de schorten worden niet gedimensioneerd op aanvaarbelasting (omdat haaks aanvaren ruimtelijk niet mogelijk is);
- kracht op de haalkom:  $Q_{rep} = 40$  kN, conform ontwerpuitgangspunten recreatievaart 'Richtlijn Vaarwegen 2011'.

## 2.6 Belastingfactoren

De constructie wordt ingedeeld in veiligheidsklasse RC2 (geotechnische categorie 2), als een normale kadeconstructie. De belastingsfactoren in tabel 2.1 zijn toegepast.

Tabel 2.1 Toegepaste belastingsfactoren

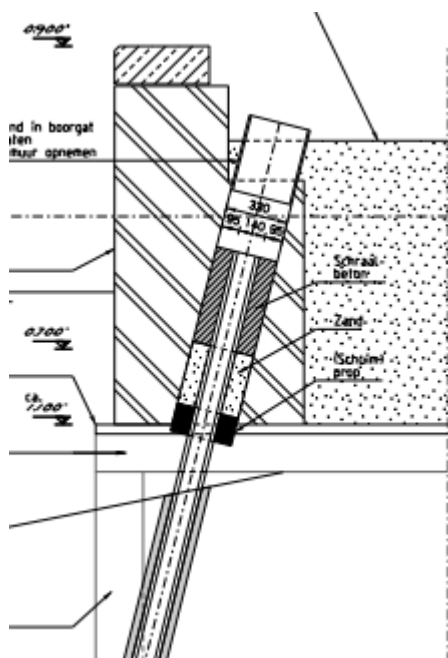
Partiële belastingfactor	Waarde	Toelichting
belastingfactor op bovenbelasting (constructieve berekening schort)	1,50	NEN-EN9997-1: 2012 Tabel A.3, kolom A1, veranderlijk
belastingfactor op bovenbelasting (geotechnische berekening damwand)	1,10	NEN-EN9997-1: 2012 Tabel A.3, kolom A2, damwand veranderlijk
belastingfactor op grondgewicht	1,00	NEN-EN9997-1: 2012 Tabel A.4b, kolom M2,
belastingfactor op grondsterkte	$\gamma_{\phi'} = 1,175$ $\gamma_c = 1,25$	NEN-EN9997-1: 2012 Tabel A.4b, kolom M2,
belastingfactor op drukdraagvermogen palen	1,20	NEN-EN9997-1:2012 Tabel A.6, kolom R3c

Partiële belastingfactor	Waarde	Toelichting
belastingfactor op negatieve kleef	1,00	NEN-EN9997-1:2012 par 7.3.2.2.(7)(b) berekening als alleenstaande paal volgens 7.3.2.2.(d)

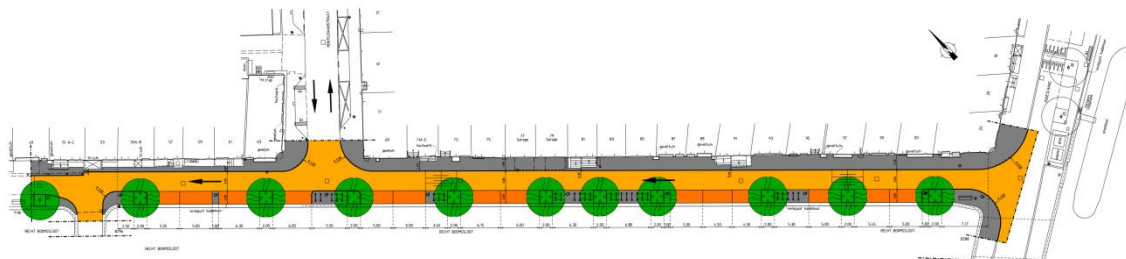
## 2.7 Huidige geometrie en constructie

De bestaande walmuur langs de Recht Boomssloot is een traditioneel opgebouwde walmuur, zoals gebruikelijk was voor de periode rond 1900 in Amsterdam. De walmuur bestaat uit een metselwerk keermuur gefundeerd op houten kespen met daaronder houten palen, vermoedelijk tot in de 1<sup>e</sup> zandlaag, zie afbeelding 2.1. In afbeelding 2.2 is de huidige maaiveldinrichting weergegeven.

Afbeelding 2.1 Doorsnede huidige walmuur (inclusief ankerdrukpaal nieuw walmuurontwerp)



Afbeelding 2.2 Huidige maaiveldinrichting



Ter hoogte van huisnummers 85 t/m 101 is een tijdelijke maatregel aan waterzijde toegepast om de huidige kade stabiliseren. Dit gedeelte van de kade vertoonde doorgaande verplaatsingen richting het water.

## 2.8 Geotechniek



## 2.8.1 Grondopbouw en parameters

Het beschikbare historische grondonderzoek geeft een beeld van het geologische grondprofiel ter plaatse van de Recht Boomssloot. Aanvullende projectspecifieke sonderingen en (hand)boringen zijn uitgevoerd door Lankelma in 2015 en 2017 en zijn opgenomen in bijlage I.

Op een diepte van NAP -11,5 m (zuidwestelijk deel) tot NAP -13 m (noordoostelijk deel) begint de eerste zandlaag. De fluviatiele en mariene afzettingen hierboven bestaan grotendeels uit slappe klei- en veenlagen. De laag tussen de 1<sup>e</sup> zandlaag en de 2<sup>e</sup> zandlaag bestaande uit grotendeels silt, soms afgewisseld met zand of kleiig materiaal. De toplaag is over het algemeen een mengeling van het bestaande veen, zand en puinresten uit aanvullingen.

Het grondprofiel is vastgesteld aan de hand van het beschikbare grondonderzoek. De sonderingen vertonen een gelijke grondopbouw, waarbij op de locatie van sondering 8 de eerste en de tweede zandlaag het diepst zijn gelegen. Sondering 8 is zodoende maatgevend voor de berekening van de combiwand. De grondopbouw, inclusief de aangehouden grondparameters, is gepresenteerd in tabel 2.2.

Sonderingen 4 en 5 zijn, vanwege onvoldoende lengte, niet gebruikt in de funderingsberekeningen.

In november 2017 zijn 4 aanvullende sonderingen uitgevoerd, S1a t/m S4a. Deze sonderingen zijn uitgevoerd met lengte 35 m om te voldoen aan [ref. 5], waarin wordt geëist dat er minimaal 2 sonderingen tot 5 m onder het paalpuntniveau reiken.

Tabel 2.2 Grondopbouw Recht Boomssloot (sondering 8) en karakteristieke grondparameters

Laag	B.k. laag (m +NAP)	$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi'$ (°)	$C'$ (kPa)	$E_{50}$ (kPa)	$E_{\text{oed}}$ (kPa)	$E_{\text{ur}}$ (kPa)	POP (kPa)	M	$V_{\text{20}}$
aanvulling zand	maaiveld	16,0/18,0	22	2	8.600	6.000	25.000	20	0,5	0,15
oude zeeklei	-1,0	16,5/16,5	22	5	7.500	4.100	20.000	20	0,8	0,15
holland-veen	-5,0	10,5/10,5	18	5	2.000	830	7.000	20	0,8	0,15
wadzand	-6,5	17,9/17,9	22	2	10.000	6.310	25.000	20	0,5	0,20
hydrobia klei	-8,5	15,2/15,2	22	5	6.500	4.600	13.000	20	0,8	0,20
1 <sup>e</sup> zandlaag	-13,0	17,8/19,8	33	0,1	35.000	20.000	100.000	10	0,5	0,20
alleröd, silt	-15,5	18,5/18,5	28	0,1	15.000	7.000	30.000	10	0,5	0,20
2 <sup>e</sup> zandlaag	-19,5	18,0/19,0	33	0,1	32.000	25000	80.000	10	0,5	0,20

Het aangehouden bodempeil in de gracht is NAP -2,2 m. In verband met mogelijk slib en uitwoelen door scheepsschroeven is er aan de grachtzijde tot NAP -3,0 m rekening gehouden met zeer slappe grond.

De hoogte van het maaiveld verloopt over de lengte van de walmuur, van NAP +2,0 m ter plaatse van de aansluiting van brug 269 tot NAP +0,95 m in het midden en weer naar NAP +2,2 m ter plaatse van de aansluiting van brug 288.

De sterkteparameters van de holocene grondlagen zijn gebaseerd op grote proevenverzamelingen voor het hele centrum van Amsterdam vanuit onder andere de noord/zuidlijn. Om rekening te houden met eventueel

lokaal tegenvallende bodemgesteldheid zijn de sterkteparameters van de Oude zeelei, het Wadzand en de Hydrobia klei verlaagd ten opzichte van de parameterset van de noord/zuidlijn.

De geotechnische berekeningen zijn uitgevoerd met Plaxis 3D conform NEN 9997-1, waarbij partiële factoren zijn gehanteerd zoals opgenomen in tabel 2.1. Het stappenplan voor CUR166 is niet eenvoudig te volgen bij toepassing van de eindige elementenmethode. Daarom wordt ervoor gekozen om alleen de voor de maatgevende stappen in SLS (stap 6.5) en ULS (stap 6.3) te toetsen: lage waterstand, hoge grondkerende hoogte en lage grondstijfheid. De lage stijfheid van grond is aangehouden, omdat dit maatgevend is voor het berekenen van de vervormingen als de verkeersbelasting zo'n grote rol speelt.

## 2.8.2 Waterstanden en stijghoogten

Het waterpeil in de Prinsengracht wordt beheerd op NAP -0,40 m. Aangenomen wordt dat de grondwaterstand gelijk is aan het waterpeil. De stijghoogte in de 1<sup>e</sup> tot en met 3<sup>e</sup> zandlaag wordt aangehouden op NAP -2,4m.

## 2.8.3 Vervormingen

### Walmuur

De walmuur dient visueel geen verschilzakking met de omgeving te vertonen. Maatgevend hierin is de vervorming in langsrichting.

Als criterium wordt aangehouden dat de verschillen tussen de zakking van de walmuur in langsrichting niet tot scheuren in het metselwerk of kieren in de bestrating mogen leiden. Hiertoe wordt een maximale relatieve rotatie ( $\beta$ ) van 1:300 aangehouden, zoals ook geldt voor nieuwe gemetselde gebouwen.

Omdat de schoorpaal een belangrijk onderdeel van de verticale belasting vormt wordt de verschilzetting tussen 2 'verankeringspunten' beschouwd:

- bij schoorpalen elke 3,2 m komt dit overeen met een verschilzakking van 10 mm tussen 2 steunpunten.

Er wordt uitgegaan van een verschilzakking van ongeveer 50 % van de absolute zakking. Dit leidt tot een absolute zettingseis van 20 mm, zowel in horizontale als verticale richting.

### Belendingen

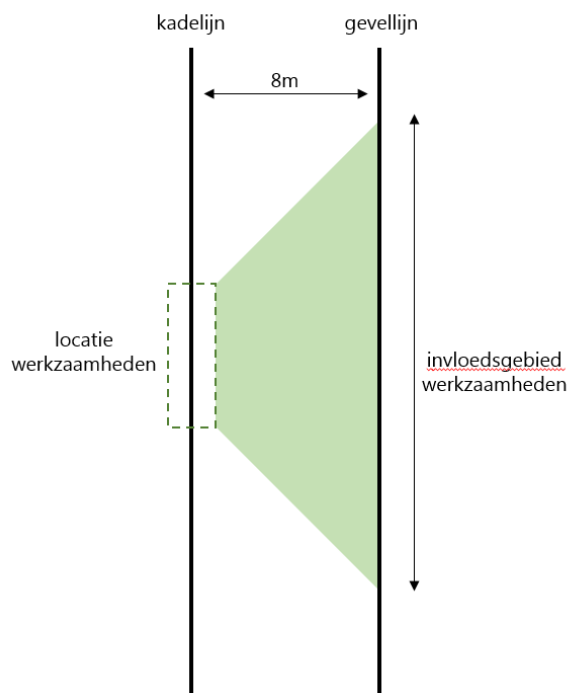
Als criterium wordt aangehouden dat de verschillen tussen de zakking van panden in langsrichting niet tot scheuren in het metselwerk mogen leiden. Hiertoe wordt een maximale relatieve rotatie ( $\beta$ ) van 1:600 aangehouden, zoals geldt voor bestaande gemetselde gebouwen. Voor de belendingen zijn daarom eveneens de verschilzettingen van belang.

Vershilzettingen kunnen ontstaan doordat werkzaamheden voor een deel van de panden al zijn uitgevoerd, maar voor een ander deel nog niet. De verschilzetting tussen de buitenmuren van panden wordt als volgt getoetst, zie ook :

- de kortste afstand tot de belendingen bedraagt 8,0 m;
- uitgangspunt is dat de invloed van de werkzaamheden onder een hoek van 45 graden richting de panden spreidt;
- hierdoor is er een tussenafstand van 8,0 meter is tussen maximale invloed en geen invloed van de werkzaamheden op de gevellijn.

Dit leidt tot een absolute zettingseis van de belendingen van 13 mm.

Afbeelding 2.3 Afleiding zettingseis belendingen (bovenaanzicht invloedsgebied werkzaamheden)



## 2.9 Materiaaleigenschappen

### 2.9.1 Betonconstructies

In het werk gestort (in buispaal):

- beton C30/37;
  - e-modulus (ongescheurd)  $33.000 \text{ N/mm}^2$ ;
  - e-modulus (gescheurd)  $10.000 \text{ N/mm}^2$ ;
  - uitzettingscoëfficiënt  $10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ;
- betonstaal B500B.

Prefab betonschort:

- beton C35/45;
  - e-modulus (ongescheurd)  $34.000 \text{ N/mm}^2$ ;
  - e-modulus (gescheurd)  $11.000 \text{ N/mm}^2$ ;
  - uitzettingscoëfficiënt  $10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ;
- betonstaal B500B.

De milieuklassen voor de constructie zijn:

- in het werk gestort: XC4, XD3 en XF4;
- prefab betonschort: XC4 en XF3.



## 2.9.2 Staalconstructies

- constructiestaal S355;
- damwand staal S240;
- buispaal staal S355.

## 2.10 Corrosie

In de constructieve berekeningen wordt rekening gehouden met een corrosie van 0,012 mm per jaar per zijde voor alle staalsoorten. In de geotechnische berekeningen geldt deze waarde ook, enkel voor corrosie van funderingselementen in veenlagen geldt een hogere waarde. Voor een zure bodem wordt, conform CUR 166, een corrosiesnelheid van 0,0325 mm per jaar per zijde aangehouden.



Tabel 3.1 Overzicht dimensionering

Ontwerp walmuur		
koppeling funderingselementen		gording
grondkering	type	combiwand, bestaande uit buispalen met een schachtdiameter (D) van 406 mm en AZ26-700 tussenplanken tot NAP -6,5 m
	fundatie	buispalen: NAP -20,0 m
walmuurconstructie		prefab betonschort
aanvullende ondersteuning		schoorpaal, verbonden d.m.v. ankerstoel aan buispaal
palen	type	schroefinjectie: buisdiameter 140 mm schoor 4:1 tot NAP -22,0 m of -23,0 m
	hart-op-hart	circa 3,2 m (bij achterliggend maaiveld op NAP +0,95 m) circa 1,8 m (bij achterliggend maaiveld op NAP +2,0 m)

# 4

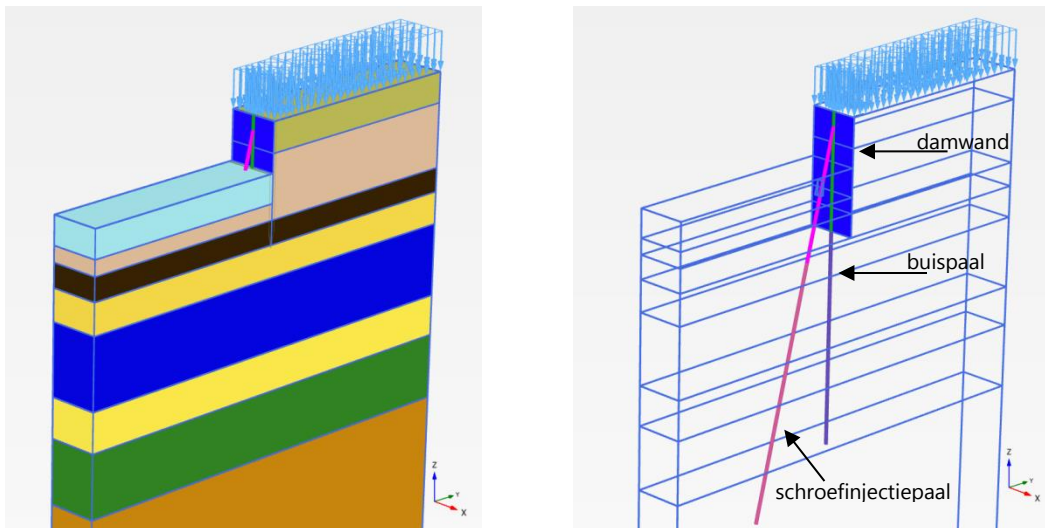
## GEOTECHNISCH ONTWERP

Voor het ontwerp van de Recht Boomssloot wordt in dit hoofdstuk nader bepaald wat de impact op de omgeving zal zijn met behulp van berekeningen met eindige elementenmethodes (Plaxis 3D). Daarnaast wordt op basis van deze berekening de krachtswerking en het draagvermogen van de constructie getoetst.

### 4.1 Model in Plaxis 3D

In Plaxis 3D is één moot van de combiwand gemodelleerd met de breedte van de hart op hart afstand van de palen. Voor de hoge doorsnede geldt dat met twee tussenplanken de breedte van één moot 1,8 m wordt. Voor de lage doorsnede, met vier tussenplanken, komt de breedte op 3,2 m. Afbeelding 4.1 toont een impressie van het Plaxis-model voor de lage doorsnede.

Afbeelding 4.1 Impressie Plaxis 3D-model (links ingebed in grondlagen, rechts enkel de constructie)



De focus van de berekeningen ligt op de krachtswerking in de nieuwe kademuur. De huidige keerwand is daarom eenvoudig gemodelleerd als een gefixeerd oppervlak. De invoergegevens van de buispaal, damwand en ankerdrukpaal van de toekomstige kademuur zijn hieronder weergegeven.

Tabel 4.1 Invoergegevens

Onderdeel	Invoer
buispaal Ø 406 mm en dikte 12,5 mm	<p>de buispaal is opgevuld met beton. Het oppervlak, gewicht en stijfheid ingevoerd in Plaxis is op basis van de staaldoorsnede:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>A = 0,01545 \text{ m}^2</math>;</li> <li>- <math>\gamma = 78 \text{ kN/m}^3</math>;</li> <li>- <math>E = 210 \times 10^6 \text{ kN/m}^2</math>;</li> </ul>
damwand AZ26-700	<p>de damwand gemodelleerd in Plaxis als vlakke plaat. Als referentiedikte wordt de hoogte van de plank aangehouden à 0,46m. De overige parameters zijn op basis van deze dikte bepaald, dusdanig dat de equivalente buigstijfheid (EI) in beide richtingen juist wordt benaderd. In de horizontale richting (<math>E_2</math>) betekent dit voor de damwand vanzelfsprekend een zeer lage buigstijfheid:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>\gamma = 3,195 \text{ kN/m}^3</math>;</li> <li>- <math>E_1 = 15,46 \times 10^6 \text{ kN/m}^2</math> en <math>E_2 = 773,1 \times 10^3 \text{ kN/m}^2</math>.</li> </ul>
schoorpaal Ø 140 mm en dikte 22,5 mm	<p>de schoorpaal wordt omhuld met grout met een diameter van 220 mm. Het oppervlak, gewicht en stijfheid ingevoerd in Plaxis is op basis van de staal doorsnede:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>A = 8,3 \times 10^{-3} \text{ m}^2</math>;</li> <li>- <math>\gamma = 78 \text{ kN/m}^3</math>;</li> <li>- <math>E = 210 \times 10^6 \text{ kN/m}^2</math>;</li> </ul>

## 4.2 Samenstelling kademuur

### 4.2.1 Damwanden

Bij de uitwerking van de constructie is uitgegaan van combiwanden met geschroefde buispalen tot in de tweede zandlaag en van korte tussenplanken van het type AZ26-700, tot onderaan de Hollandveenlaag (circa NAP -6,5 m) tegen onderloopsheid en onderuitzakken van grond. Vanuit het oogpunt van sterkte kan een lichtere damwand worden toegepast, maar vanwege de grote kans op het raken van obstakels wordt de voorkeur gegeven aan een plank met een grotere staaldikte, om installatieschade te voorkomen.

### 4.2.2 Nieuwe palen

#### Buispalen combiwand

Voor de nieuwe palen is uitgegaan van schroevend ingebrachte palen met groutinjectie in de zandlagen. Op deze palen is de uitvoeringsnorm EN12699:2000 van toepassing. Dit leidt tot de bijbehorende paalfactoren  $\alpha_s = 0,009$  en  $\alpha_p = 0,63$ . Deze paalfactoren gelden conform NEN 9997-1 wanneer de volgende uitgangspunten worden aangehouden:

- paaltype: in de grond gevormde groutschil rond buis met schroefpunt (staal);
- uitvoeringswijze: geschroefd zonder de paal tijdens het aanbrengen op en neer te halen; menging van de grond met grout.

#### Schoorpalen

In de berekening zijn paalfactoren voor de schoorpaal gehanteerd zoals gangbaar voor micropalen, waarop de uitvoeringsnorm EN14199:2005 van toepassing is. Deze paal is het meest vergelijkbaar met de schroefinjectiepaal in verband met zijn functie als drukpaal. Voor deze paal geldt  $\alpha_s = 0,008$  en  $\alpha_p = 0,63^*$ :

- type: in de grond gevormd met ankerbuizen en schroefbladen, waarbij grout direct tegen grond drukt;
- uitvoeringswijze: geschroefd, menging van de grond met grout.

- \* Geldend bij voorwaarde h: indien over de laatste gang van 8 x de paaldiameter, tot het beoogde paalpuntniveau, de boorbuis niet op-en-neer wordt gehaald, en na het op diepte komen van de paal aan de punt onder verhoogde druk wordt afgeperst en de paal wordt vastgedraaid, mag in plaats van 0,35 worden uitgegaan van een waarde van 0,63 (NEN 9997-1, tabel 7.C).

Vanwege de kans op drukverlies van het grout in de slappe lagen bij de bovenste meters van de paal, wordt de paal over de bovenste 5 m voorzien van corrosiebescherming.

### 4.2.3 Combiwand

Als uitgangspunt voor de combiwand is uitgegaan van schroevend ingebrachte stalen buispalen met groutinjectie en aangelaste sloten over de bovenste meters. De stalen buispalen worden met gesloten schroefpunt met vergrote voet ingebracht en in de eindfase gevuld met gewapend beton. Hiertussen worden drukkend AZ26-700 tussenplanken geplaatst tot NAP -6,5 m tegen onderloopsheid, danwel onderuitzakken van de grond achter de walmuur richting de gracht. De gording dient als constructieve aansluiting op de schoorpalen en het voorhangschort.

## 4.3 Fasering

De onderstaande fasering is aangehouden in het Plaxismodel:

- 1 initiële fase;
- 2 huidige walmuur;
- 3 ontgraven 0,5 m ten behoeve van installatie schroefinjectiepaal en ontlasten kademuur;
- 4 installatie combiwand en schoorpaal;
- 5 verwijderen huidige walmuur;
- 6 voorbelasten met 15 kPa tijdens de bouwfase (verkeersbelasting);
- 7 plaatsen schort en maximale bovenbelasting (20 kPa integraal, ten behoeve van krachtswerking);
- 8 UGT fase waarin de grondsterkte gereduceerd wordt (in combinatie met verhoging grondwaterstandsverschil en kerende hoogte conform CUR166).

Uit fase 8 volgen de maatgevende waardes ten behoeve van de toetsing van de combiwand op sterkte. Er is gebleken dat 1,2 x representatieve waardes van het moment en de normaalkracht nergens maatgevend is.

De resultaten van fase 6 worden gebruikt om omgevingsbeïnvloeding te toetsen. Een bovenbelasting van 20 kPa (fase 7) is namelijk niet realistisch op de Recht Boomssloot, maar is conservatief aangehouden om de maatgevende krachten in de constructie te bepalen.

## 4.4 Resultaten berekeningen Plaxis en D-Foundations

### 4.4.1 Doorsnede met hoog maaiveld (NAP +2,0 m)

#### Toetsing grondkerende constructie

In tabel 4.2 is het maximaal berekende moment in de constructie opgenomen en getoetst.

Tabel 4.2 Toetsing combiwand op sterkte (ULS) - bij 2 AZ26-700 tussenplanken

Omschrijving		
type wand	(-)	combiwand <sup>1)</sup>
staalklasse	(-)	S240
maximaal toegestaan buigend moment	(kNm)	431 <sup>2)</sup>
maximaal optredend buigend moment	(kNm)	340
unity check		0,78
		<b>voldoet</b>

<sup>1)</sup> Combiwand berekend per buispaal, niet per meter. Deze bestaat uit buispalen Ø 406 mm, wanddikte 12,5 mm en staalklasse S355, en gevuld met beton. De 2 tussenplanken AZ26-700 en betonvulling zijn eenvoudigheidshalve niet meegenomen bij de bepaling van de sterkte.

<sup>2)</sup> Corrosietoetslag van totaal 2,4 mm aan buitenzijden, uitgaande van corrosie in zand- en kleilagen. Maximaal moment treedt niet op in veenlaag.

### Toetsing verticaal draagvermogen

In deze paragraaf wordt het draagvermogen getoetst. De toetsing is uitgevoerd met behulp van berekeningen met D-Foundations, opgenomen in bijlage III. Correlatiefactoren zijn toegepast conform tabel A10.b in NEN-EN9997-1 voor een niet-stijf bouwwerk en 10 sonderingen.

Tabel 4.3 Uitgangspunten toetsing draagvermogen combiwandbuispaal hoge zijde

type damwand	(-)	AZ26-700 tot NAP -6,5m
diameter buispaal (schacht/punt)	(mm)	406/497
installatieniveau buispaal	(m+NAP)	-20
paalfactor op schachtwrijving	(-)	0,009
paalfactor op punt draagvermogen	(-)	0,63
gewicht constructie	(kN/sectie)	254 <sup>1)</sup>
negatieve kleef twee damplanken	(kN/sectie)	340
<b>totaal belastingen</b>	<b>(kN/m')</b>	<b>594</b>

<sup>1)</sup> Gewicht schort volgt vanuit het constructief ontwerp, 40 kN/m, gecombineerd met gewicht damplanken:  $(6,5+2,2)*1,4*146,9/9,81 = 182$  kN.

Zoals te zien is in de onderstaande tabel voldoet het draagvermogen van de combiwand buispaal ruim bij een paalpuntniveau van NAP -20 m. Ondiepere palen zijn niet mogelijk in verband met de wisselvallige conusweerstand van de Alleröd laag. In bijlage III is eveneens de toetsing van het draagvermogen per sondering opgenomen.

Tabel 4.4 Gemiddeld draagvermogen combiwandbuispaal 11 sonderingen (met  $\xi_3=1,25$ )

	$R_{c,cal,max,gem}$	$R_{c,d,gem}$	$F_{nsf,rep,max}$	$R_{c,net,d}$	U.C.
S1, S2, S3, S6, S7, S8, S9, S1a, S2a, S3a, S4a	2.175	1.450	285	1.165	0,51

In de onderstaande twee tabellen wordt het gemiddeld draagvermogen van de schoorpaal getoetst op basis van alle beschikbare sonderingen. In bijlage III is aanvullend de toetsing van het draagvermogen per sondering opgenomen.

Tabel 4.5 Uitgangspunten toetsing draagvermogen schoorpaal hoge zijde

diameter ankerpaal (schacht/voet)	(mm)	220/300
paalfactor op schachtwrijving	(-)	0,008
paalfactor op punt draagvermogen	(-)	0,63
belasting uit kadeconstructie	(kN/paal)	703 <sup>1)</sup>
installatieniveau	(m NAP)	-23,0

<sup>1)</sup> Berekende kracht in schoorpaal met Plaxis 3D, UGT fase.

Tabel 4.6 Gemiddeld draagvermogen ankerdrukspaal hoge zijde 11 sonderingen (met  $\xi_3=1,25$ )

	$R_{c,cal,max,gem}$	$R_{c,d,gem}$	$F_{nsf,rep,max}$	$R_{c,net,d}$	UC
S1, S2, S3, S6, S7, S8, S9, S1a, S2a, S3a, S4a	1.137	758	54	704	1,00

Er zijn in totaal 13 beschikbare sonderingen. Twee hiervan, S4 en S5, zijn te kort om als basis van het ontwerp te gebruiken. De overige sonderingen uit 2015 komen circa 1,0 m te kort om te voldoen aan de 4\*D onder het paalpuntniveau eis. Dit drietal sonderingen is conservatief en op basis van de overige sonderingen, 1,0 m verlengd.

Uitgangspunt bij de toetsing van het draagvermogen is dat de buispaal voldoende draagvermogen heeft om zijn eigen negatieve kleeft op te nemen, van de aanhangende damwanden en van de bovenbelasting.

Uitgangspunt bij de toetsing van het draagvermogen van de ankerdrukspaal is dat deze zijn eigen negatieve kleeft kan dragen en de verticale belasting die ontstaat door de horizontale belasting op de paal (resultaat van Plaxis 3D). Volgens tabel 4.4 en tabel 4.6 voldoet de constructie hieraan.

#### Toetsing doorsnede schroefinjectiepaal

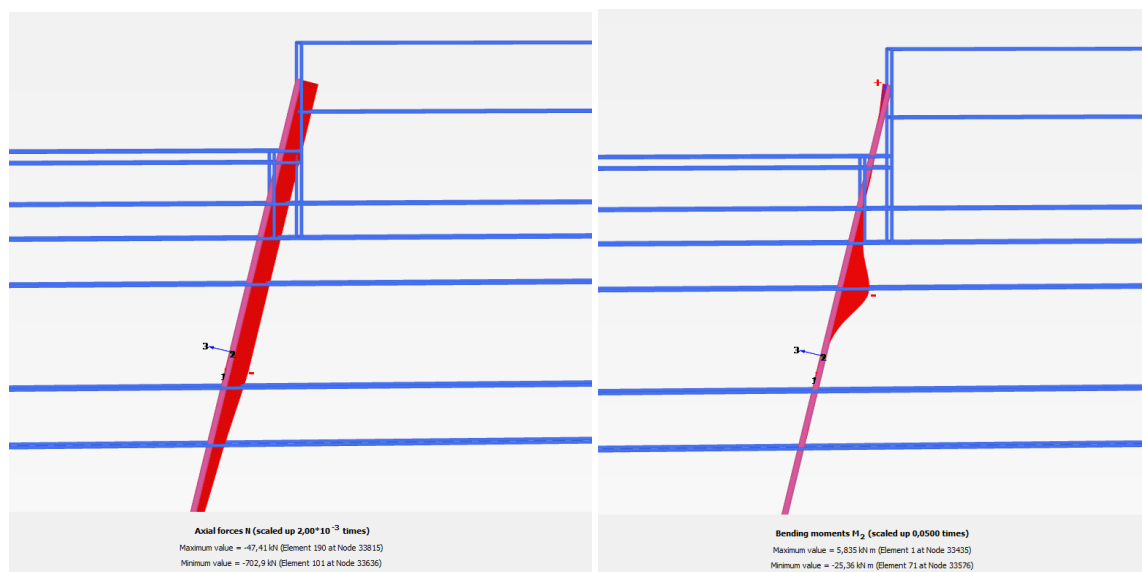
Het maximale optredende buigend moment in de ankerdrukspaal is 25 kNm (zie afbeelding 4.3) De bijbehorende normaalkracht is 703 kN. In de onderstaande tabel wordt geen rekening gehouden met corrosie in verband met het omhullende groutlichaam, en corrosiebescherming over het bovenste deel.



Tabel 4.7 Toetsing doorsnede schroefinjectiepaal

Omschrijving	Symbool	Waarde	Eenheid
maximaal optredend buigend moment	$M_d$	25	kNm
maximaal optredende normaalkracht	$F_d$	705	kN
oppervlakte paal	$A$	$8,14 \times 10^3$	mm <sup>2</sup>
weerstandsmoment paal	$W$	$2,12 \times 10^5$	mm <sup>3</sup>
maximaal optredende spanning	$\sigma_d$	205	N/mm <sup>2</sup>
toelaatbare spanning	$f_{yd}$	355	N/mm <sup>2</sup>
unity check		0,58	-
		<b>voldoet</b>	

Afbeelding 4.2 Maximaal berekende normaalkracht en moment in de ankerdrukpaal hoge zijde (UGT)



### Toetsing knik schroefinjectiepaal

De verwachting is dat er geen knik optreedt bij de schroefinjectiepaal. De schroefinjectiepaal is voor het grootste gedeelte met grond ondersteund waardoor weinig knik optreedt. Het stuk van waterbodem tot de ankerstoel heeft geen ondersteuning van grond. Echter is de kniklengte van de schroefinjectiepalen groter dan de lengte zonder ondersteuning grond. Met behulp van de Eulerse knikspanning (staalspanning wordt niet overschreden) wordt dit aangetoond:

$$\sigma_k = \pi^2 \cdot E \cdot \frac{I}{A \cdot l_k^2}$$

$$l_k = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{\sigma_k \cdot A}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 0,115 \cdot 10^{-3}}{240 \cdot 10^3 \cdot 0,03801}} = 5,1m$$

De kniklengte is 2,98 m voor de schroefinjectiepaal, terwijl de afstand van de schroefinjectiepaal zonder grondondersteuning circa 2,5 m is.

Daarnaast wordt met de methode van Shields het knikpotentieel van de slanke funderingspaal met de volgende formule berekend:

$$F_{r;knik;krit} = \frac{(8 \text{ à } 14) \cdot \sqrt{c_u \cdot EI_{paal}}}{1,5} = \frac{8 \cdot \sqrt{15 \cdot 3,12 \cdot 10^3}}{1,5} \approx 1150 \text{ kN}$$

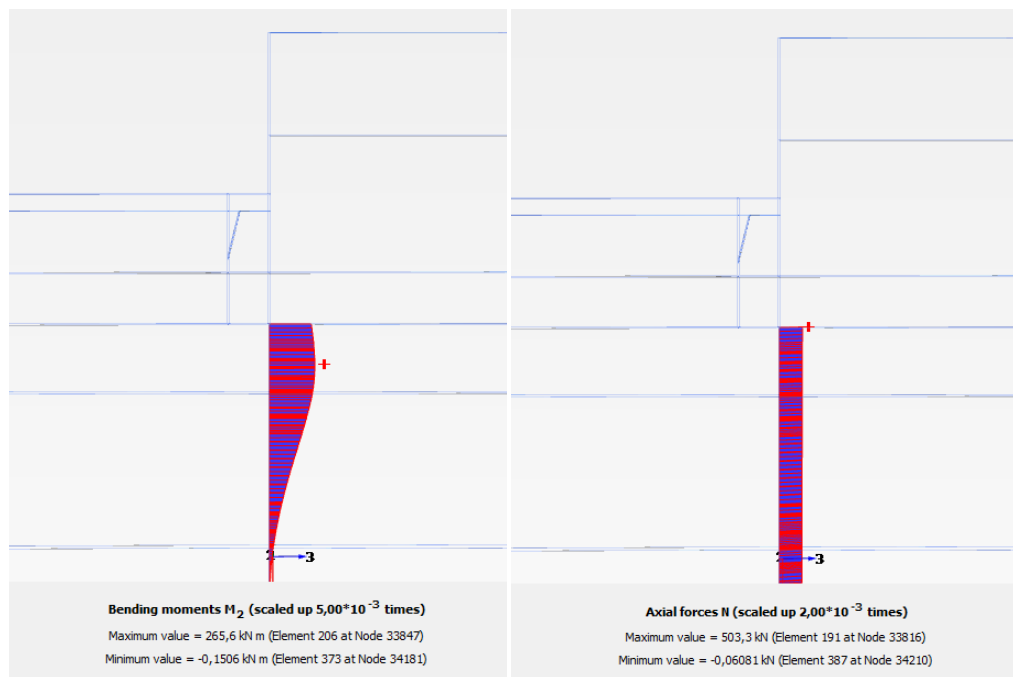
Hierin voor de buigstijfheid van de paal enkel de staaldoorsnede aangehouden. Voor de ongedraineerde schuifsterkte is conform tabel 2.b van NEN9997-1 de waarde voor slappe tot matige organische klei aangehouden. Gezien de maximale kracht in de ankerdrukpaal 703 kN bedraagt, wordt de kritieke knikkracht niet overschreden.

### Toetsing doorsnede buispaal

De kopmomenten van de buispaal zijn getoetst in DO rapport bijlage V.

In afbeelding 4.3 wordt het momenten- en normaalkrachtenverloop (UGT) in de buispaal weergegeven voor de hoge doorsnede. Ter hoogte van het maximale moment van 340 kNm is er een normaalkracht van circa 580 kN aanwezig.

Afbeelding 4.3 Maximaal berekende normaalkracht en moment in de buispaal hoge zijde (UGT)



In de tabel 4.8 wordt het maximale moment met de maximale normaalkracht getoetst. Er wordt geen rekening gehouden met corrosie in verband met het omhullende groutlichaam ter plaatse van het optredende maximale moment.

Tabel 4.8 Toetsing doorsnede buispaal

Omschrijving	Symbool	Waarde	Eenheid
maximaal optredend buigend moment	$M_d$	340	kNm
maximaal optredende normaalkracht	$F_d$	580	kN
oppervlakte paal	A	$1,54 \times 10^4$	mm <sup>2</sup>
weerstandsmoment paal	W	$1,47 \times 10^6$	mm <sup>3</sup>
maximaal optredende spanning	$\sigma_d$	270	N/mm <sup>2</sup>
toelaatbare spanning	$f_{yd}$	355	N/mm <sup>2</sup>
unity check		0,76	-
		<b>voldoet</b>	

### Toetsing damwand

Het kopmoment van de damwand is getoetst in DO rapport bijlage VI.

### Toetsing vervormingen constructie

Om de verplaatsingen ter plaatse van het hoge maaiveld te beperken worden er op die locatie minder tussenplanken toegepast dan bij het lage maaiveld. Bij twee tussenplanken, in plaats van vier, worden met Plaxis 3D vervormingen berekend zoals opgenomen in tabel 4.9.

Tabel 4.9 Toetsing uitbuiging constructie (SLS) - bij twee AZ26-700 tussenplanken

Omschrijving	Beschrijving	Horizontaal $u_y$ (mm)
voorbelasten	walmuur belasten met 15 kPa	51
eindsituatie	walmuur maximaal belast (20 kPa)	67
toegestaan	langsrichting	20
unity check		3,30 <b>voldoet niet</b>
eindsituatie - verschil	verschil maximale belasting t.o.v. oplevering	16
unity check		0,80
		<b>voldoet</b>

Uit de resultaten van tabel 4.9 volgt dat de deformaties de grenswaarde overschrijden. Het betreft echter niet een eis aan de damwand, maar een eis om scheurvorming in het metselwerk van het voorhangschort te voorkómen en een esthetische eis om een rechte kadelijn te verkrijgen. Er wordt daarom voorgesteld om, voordat het voorhangschort wordt geplaatst, direct achter de wand een belasting (bijvoorbeeld met

bouwmaterieel) aan te brengen die de combiwand licht voorbelast. Daarna wordt pas het voorhangschort geplaatst, waarbij minder restvervorming zal optreden.

De bijkomende verplaatsing na plaatsen van het schort wordt vooral veroorzaakt door verkeer in de gebruiksfase en komt daarmee op circa 16 mm (verschil tussen fase 'voorbelasten' en fase 'eindsituatie'), waarmee in het voorhangschort wordt voldaan aan de vervormingseis van 20 mm. Het resultaat van de Plaxisberekeningen is opgenomen in bijlage II.

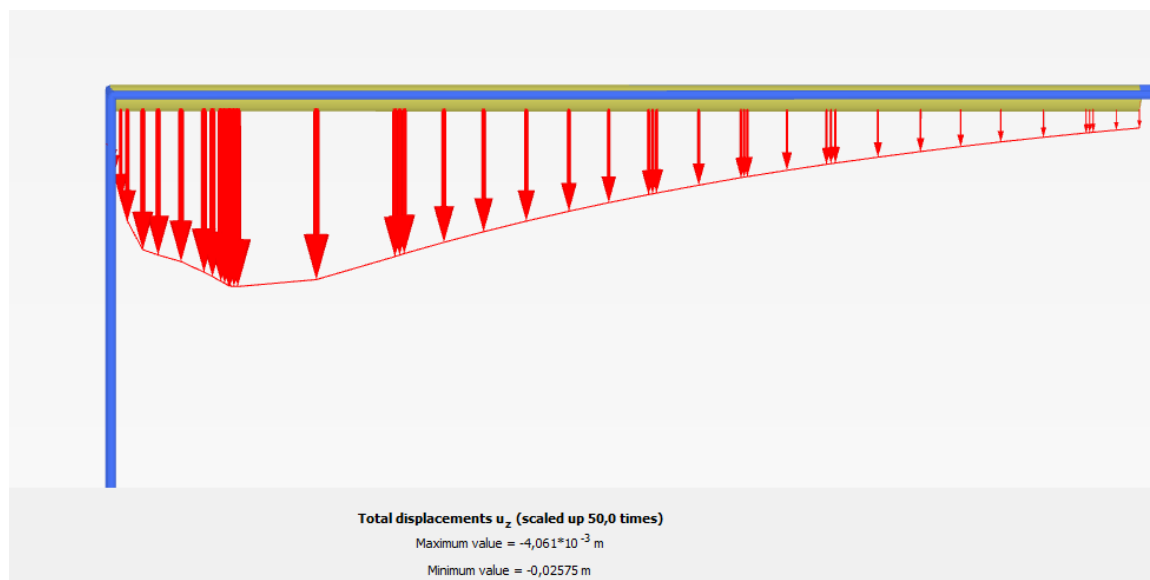
### Toetsing vervormingen maaiveld

In tabel 4.10 zijn de verticale verplaatsingen opgenomen op 8 m afstand tot de combiwand, ter hoogte van de dichtstbijzijnde gevel. Te zien is dat de berekende vervormingen voldoen aan de zettingseis opgenomen in paragraaf 2.8.3. De verplaatsingen zijn eveneens visueel inzichtelijk gemaakt in afbeelding 4.4. Horizontaal wordt er 6 mm verplaatsing berekend op 8 m afstand tot de kade.

Tabel 4.10 Toetsing berekende vervormingen maaiveld (SLS) op 8 m afstand tot walmuur - bij 2 AZ26-700 tussenplanken

Omschrijving	Beschrijving	Verticaal $u_z$ (mm)
eindsituatie	walmuur belast (15 kPa)	4
toegestaan	dwarsrichting	13
unity check		0,31
		voldoet

Afbeelding 4.4 Verticale verplaatsing maaiveld haaks op fase 6 (BGT)



De aan de kade grenzende panden zullen gefundeerd zijn in de 1<sup>e</sup> zandlaag. De zettingen van de 1<sup>e</sup> zandlaag blijven onder de 2 mm. Panden met een goede fundering zullen de verplaatsingen van de 1<sup>e</sup> zandlaag volgen. Panden met een slechte funderingen zijn eerder geneigd verplaatsen van het maaiveld te volgen.

#### 4.4.2 Doorsnede met laag maaiveld (NAP +0,95 m)

##### Toetsing vervormingen constructie

Bij vier tussenplanken worden met Plaxis 3D vervormingen berekend zoals opgenomen in tabel 4.11.

Tabel 4.11 Toetsing uitbuiging constructie (SLS) - bij 4 AZ26-700 tussenplanken

Omschrijving	Beschrijving	Horizontaal $u_y$ (mm)
voorbelasten	walmuur belasten met 15 kPa	17
eindsituatie	walmuur maximaal belast (20 kPa en bootlast)	30
toegestaan	langsrichting	20
unity check		1,45
		<b>voldoet niet</b>
eindsituatie - verschil	verschil maximale belasting t.o.v. oplevering	13
unity check		0,65
		<b>voldoet</b>

Uit de resultaten van tabel 4.7 volgt dat de deformaties de grenswaarde overschrijden. Het betreft echter niet een eis aan de damwand, maar een eis om scheurvorming in het metselwerk van het voorhangschort te voorkómen en een esthetische eis om een rechte kadelijn te verkrijgen. Er wordt daarom voorgesteld om, voordat het voorhangschort wordt geplaatst, direct achter de wand een belasting (bijvoorbeeld met bouwmaterieel) aan te brengen die de combiwand licht voorbelast. Daarna wordt pas het voorhangschort geplaatst, waarbij minder restvervorming zal optreden.

De bijkomende verplaatsing na plaatsen van het schort wordt vooral veroorzaakt door verkeer in de gebruiksfase en komt daarmee op circa 13 mm (verschil tussen fase 'voorbelasten' en fase 'eindsituatie'), waarmee in het voorhangschort wordt voldaan aan de vervormingseis van 20 mm.

Het resultaat van de Plaxis berekeningen is opgenomen in bijlage II.

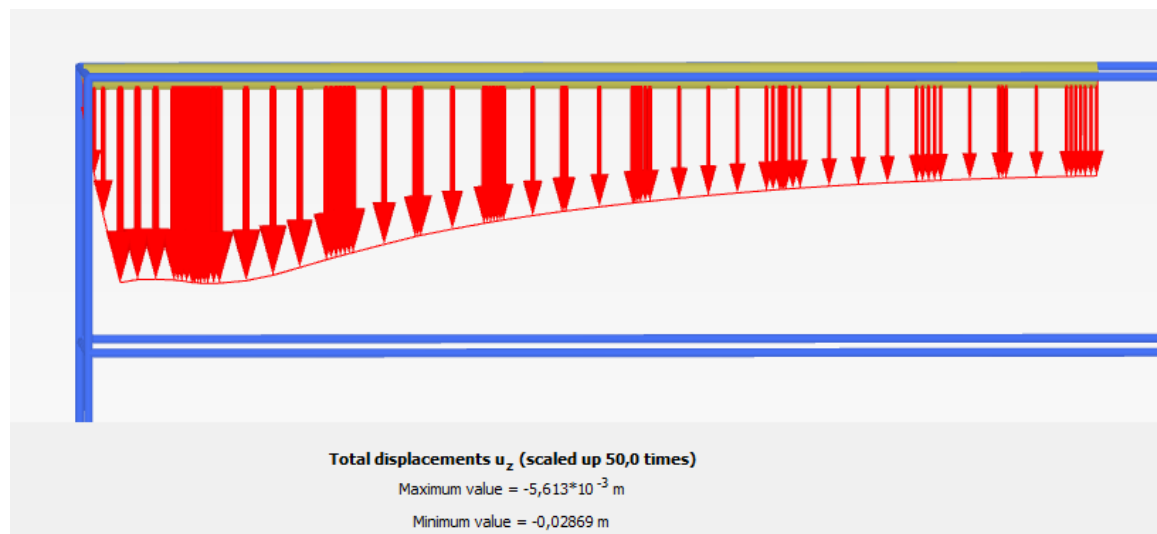
##### Toetsing vervormingen maaiveld

In tabel 4.8 zijn de verticale verplaatsingen opgenomen op 8 m afstand tot de combiwand, ter hoogte van de dichtstbijzijnde gevel. Te zien is dat de berekende vervormingen voldoen aan de zettingseis opgenomen in paragraaf 2.8.3. De verplaatsingen zijn eveneens visueel inzichtelijk gemaakt in afbeelding 4.3.

Tabel 4.12 Toetsing vervormingen maaiveld (SLS) op 8 m afstand tot walmuur- bij 4 AZ26-700 tussenplanken

Omschrijving	Beschrijving	Verticaal $u_z$ (mm)
eindsituatie	walmuur maximaal belast (20 kPa)	6
toegestaan	dwarsrichting	13
unity check		0,46
		<b>voldoet</b>

Afbeelding 4.5 Verticale verplaatsing maaiveld haaks op kade eindsituatie (BGT)



### Toetsing grondkerende constructie

In tabel 4.13 is het maximaal berekende moment in de constructie opgenomen.

Tabel 4.13 Toetsing combiwand op sterkte (SLS)

Omschrijving		
type wand	(-)	combiwand <sup>1)</sup>
staalklasse	(-)	S355
maximaal toegestaan buigend moment	(kNm)	431 <sup>2)</sup>
maximaal optredend buigend moment	(kNm)	293
unity check		0,68
		<b>voldoet</b>

<sup>1)</sup> Combiwand berekend per buispaal, niet per meter. Deze bestaat uit buispalen Ø 406 mm, wanddikte 12,5 mm en staalklasse S355, en gevuld met beton. De 4 tussenplanken AZ26-700 en betonvulling zijn eenvoudigheidshalve niet meegenomen bij de bepaling van de sterkte.

<sup>2)</sup> Corrosietoeslag 2,4 mm, uitgaande van corrosie in zand- en kleilagen. Maximaal moment treedt niet op in veenlaag.

### Toetsing draagvermogen

Aanvullend op de toetsing van de grondkerende constructie en vervormingen in de voorgaande paragrafen, wordt in deze paragraaf het draagvermogen getoetst. De toetsing is uitgevoerd met behulp van berekeningen met D-Foundations.

Tabel 4.14 Uitgangspunten toetsing draagvermogen combiwandbuispaal lage zijde (4 tussenplanken)

type damwand	(-)	AZ26-700 tot NAP -6,5m
diameter buispaal (schacht/punt)	(mm)	406/497
installatieniveau buispaal	(m+NAP)	-20
paalfactor op schachtwrijving	(-)	0,009
paalfactor op punt draagvermogen	(-)	0,63
gewicht constructie	(kN/sectie)	493 <sup>1)</sup>
negatieve kleef vier damplanken	(kN/sectie)	586
<b>totaal belastingen</b>	<b>(kN/m')</b>	<b>1.079</b>

<sup>1)</sup> Gewicht schort volgt vanuit het constructief ontwerp, 40 kN/m, gecombineerd met gewicht damplanken:  $(6,5+2,2)*2,8*146,9/9,81 = 365$  kN.

Tabel 4.15 Gemiddeld draagvermogen combiwandbuispaal 11 sonderingen (met  $\xi_3=1,25$ )

	$R_{c,cal,max,gem}$	$R_{c,d,gem}$	$F_{nsf,rep,max}$	$R_{c,net,d}$	U.C.
S1, S2, S3, S6, S7, S8, S9, S1a, S2a, S3a, S4a	2.145	1.430	250	1.180	0,91

In de onderstaande twee tabellen wordt het gemiddeld draagvermogen van de ankerdrukpaaal getoetst. Correlatiefactoren zijn toegepast conform tabel A10.a in NEN-EN9997-1 voor een niet-stijf bouwwerk en 10 sonderingen.

Tabel 4.16 Uitgangspunten toetsing draagvermogen ankerdrukpaaal lage zijde

diameter ankerpaal (schacht/voet)	(mm)	220/300
paalfactor op schachtwrijving	(-)	0,008
paalfactor op punt draagvermogen	(-)	0,63
belasting uit kadeconstructie	(kN/paal)	616 <sup>2)</sup>
installatieniveau	(m NAP)	-22,0

<sup>2)</sup> Berekende ankerpaal drukkracht met Plaxis 3D, UGT fase.

Tabel 4.17 Gemiddeld draagvermogen ankerdrukpaal lage zijde 11 sonderingen (met  $\xi_3=1,25$ )

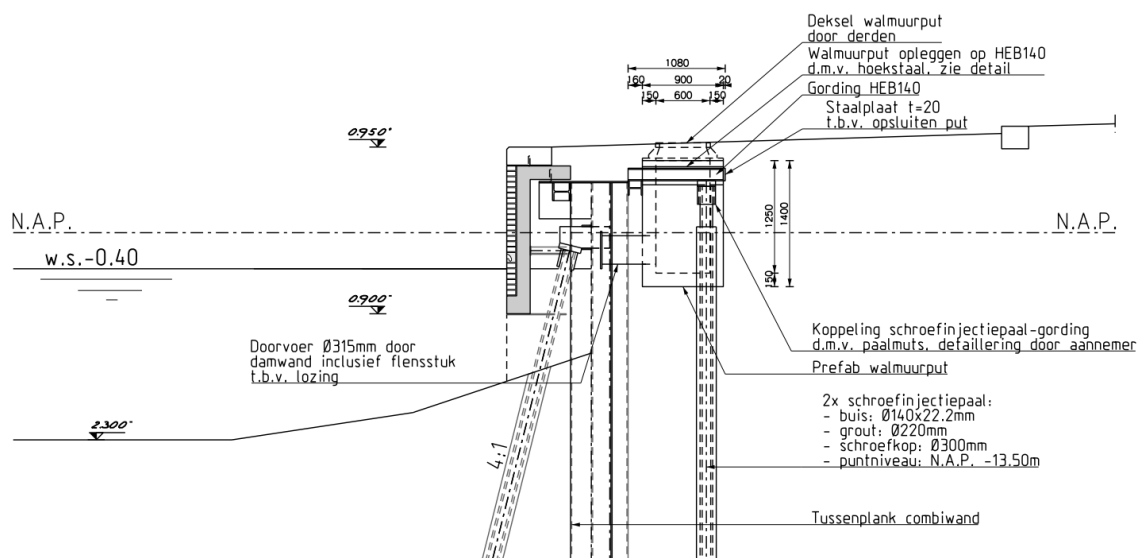
	$R_{C,cal,max,gem}$	$R_{C,d,gem}$	$R_{C,net,d}$	UC
S1, S2, S3, S6, S7, S8, S9, S1a, S2a, S3a, S4a	1.049	699	646	0,95

## 4.5 Fundering walmuurputten

### 4.5.1 Geometrie ontwerp

In het ontwerp van de walmuur zijn vier walmuurputten opgenomen. De walmuurputten worden gefundeerd op de buispalen van de walmuur en twee aan landzijde extra geplaatste verticale ankerdrukpalen. Het ontwerp is weergegeven in afbeelding 4.6. De walmuurputten zullen zowel op de hoge als lage zijde van de kade worden geplaatst achter de combiwand.

Afbeelding 4.6 Ontwerp walmuurput



### 4.5.2 Resultaten berekening

Voor de walmuurputten is een afmeting van 1x1x1 m aangehouden en een bijhorend maximaal gewicht van 24 kN. Op de walmuurputten kan een bovenbelasting à 20 kN/m<sup>2</sup> aangrijpen. Het gewicht dat de fundering moet kunnen dragen komt daarmee op 44 kN. De toets op draagvermogen voor de ankerdrukpalen is weergegeven in tabel 4.11. De toets is uitgevoerd voor de ankerdrukpalen onder de walmuurputten aan de hoge zijde, welke maatgevend is in verband met een grotere negatieve kleef dan aan de lage zijde.

Tabel 4.11 Toetsing verticaal draagvermogen walmuurput

Ankerpalen ten behoeve van walmuurput		
diameter ankerpaal (schacht/voet)	(mm)	220/300
paalpunt niveau	(m+NAP)	-13,5



Ankerpalen ten behoeve van walmuurput		
belasting walmuurput	(kN/paal)	20 <sup>1)</sup>
rekenwaarde bruto draagvermogen ankerpalen	(kN/paal)	393
negatieve kleef ankerpaal	(kN/paal)	165
rekenwaarde netto draagvermogen ankerpalen	(kN/paal)	228
unity check	(-)	0,09
toetsing	(-)	voldoet

<sup>1)</sup> Afgerond aandeel van de walmuurputbelasting die één ankerpaal moet kunnen dragen.

# 5

## CONSTRUCTIEF ONTWERP

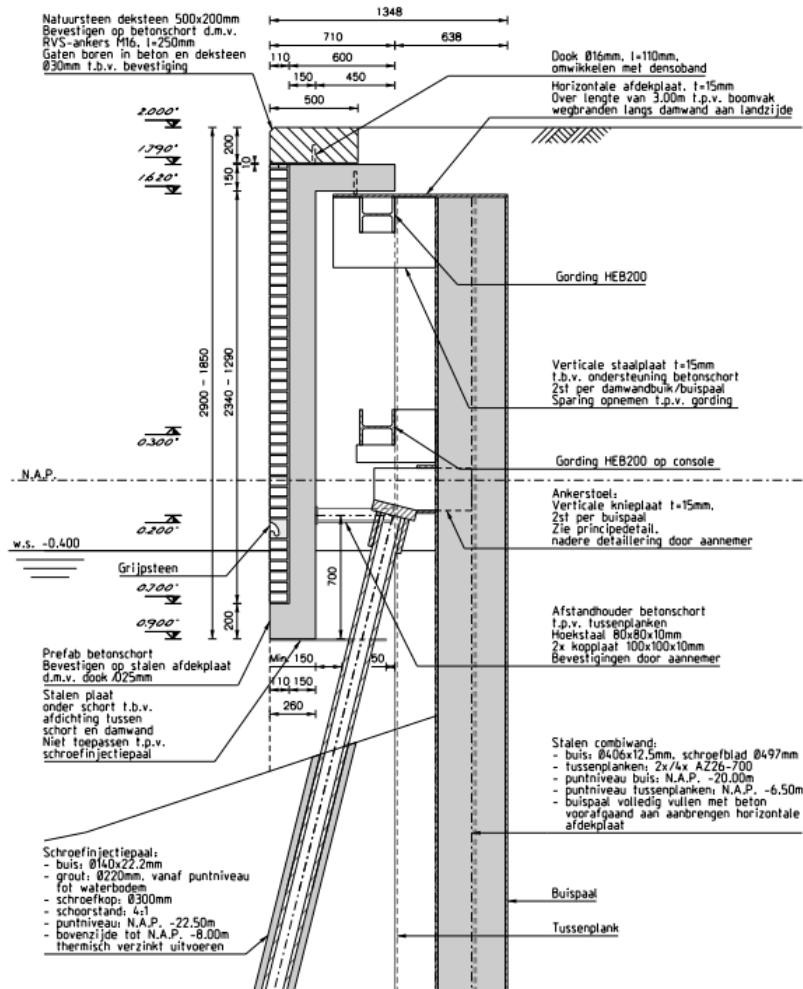
Het ontwerp van de walmuur Recht Boomssloot bestaat uit een combiwand met een schroefinjectiepaal. Voor de afwerking van de combiwand wordt aan de waterkant een prefab betonschort gehangen. De hoofdimensionering van volgende constructieve onderdelen worden in dit hoofdstuk bepaald:

- prefab beton voorhangschort;
- ankerstoel (ten behoeve van de bevestiging van de schroefinjectiepaal);
- gording;
- stelmogelijkheid.

### 5.1 Prefab betonschort

De betonnen schorten worden geprefabriceerd. Nadat het betondeel uitgehard is wordt het metselwerk voor het deel onder water gemaakt en aangevuld met specie voordat deze wordt geplaatst. Hierdoor zit het metselwerk goed verbonden met het beton. In afbeelding 5.1 is een detail van het betonschort te zien. Na het plaatsen van de schorten wordt het overig deel in het werk vanaf waterzijde gemetseld. Het metselwerk dient maximaal iedere 20 m gedilateerd te worden. Er wordt van uitgegaan dat de schorten een lengte krijgen van buispaal tot buispaal. Indien andere lengtes gewenst zijn dient nagegaan te worden of er wijzigingen in het ontwerp nodig zijn.

Afbeelding 5.1 Prefab betonschort



Het prefab betonschort heeft een dikte van 150 mm ter plaatse van het verticale deel. De hoogte van het betonschort is afhankelijk van de hoogte van het maaiveld. Er wordt rekening gehouden wordt met een lengte van 3-4 meter voor het prefab betonschort.

De schorten worden niet gedimensioneerd op aanvaarbelasting. Wanneer een schort beschadigd raakt, zal dit schort vervangen moeten worden.

### 5.1.1 Belasting

Naast het eigengewicht van de prefab betonschort, het metselwerk en de deksteen wordt gerekend met een veranderlijke verkeersbelasting en scheepvaartbelasting conform paragraaf 2.5.2.

### 5.1.2 Wapening prefab schorten

De wapening is bepaald aan de hand van snedekrachten ten gevolge van het eigengewicht en de veranderlijke belasting. Omdat de prefab schorten liggend getransporteerd worden, is er ook gekeken naar de benodigde wapening in liggende stand. De berekening van de prefab betonschorten staat in bijlage IV.

Toegepast worden beugels en horizontale staven van Ø 8-100. Verticaal zijn staven Ø 8-100 benodigd. Onderin het prefab schort worden plaatselijk wapeningsstaven Ø8 bijgelegd. In bijlage IV is een schets opgenomen van de wapening.

### 5.1.3 Verbinding prefab beton voorhangschort - combiwand

De verbinding van de betonschorten met de combiwand wordt gerealiseerd door een dook die door middel van een stalen plaat vastgelast wordt aan de gording en combiwand. De doorsnede van de dook is bepaald aan de hand van de controle op afschuiving. Voor de dook is uitgegaan van een wapeningsstaaf Ø25 met daaromheen Denso-band. Denso-band is blijven plastisch en kan daardoor mogelijke verlengingen/verkortingen door temperatuursinvloeden opvangen. Na het aanbrengen van denso-band wordt het gat en de stelruimte onder het element aangestort met krimparme mortel. De lasverbindingen van de dook aan de stalen plaat zijn niet berekend. Deze dienen in een vervolgfase door de aannemer gedetailleerd te worden.

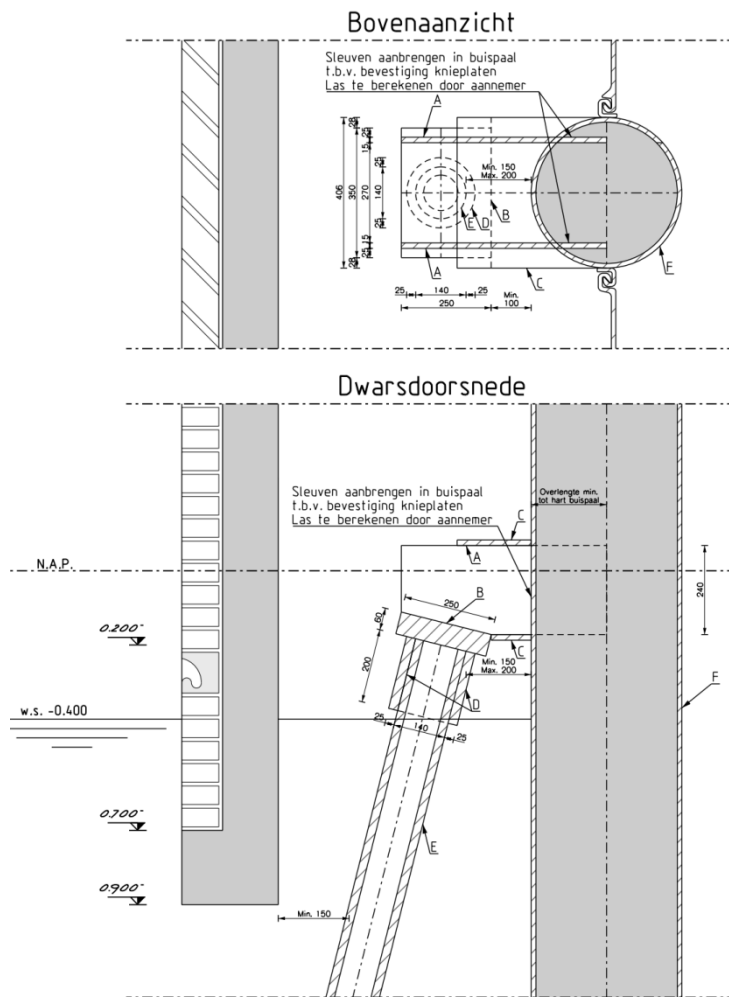
In bijlage VI worden de stalen platen bepaald voor de walmuur Recht Boomssloot.

## 5.2 Ankerstoel

De verbinding van de schroefinjectiepaal aan de combiwand is middels een ankerstoel met een 'bus' die over de schroefinjectiepaal schuift. De ankerstoel (afbeelding 5.2) bestaat uit de volgende onderdelen:

- basisplaat (B);
- knieplaten (knieplaten door sleuf in de buispaal) (A);
- onder- en bovenplaat (onder en boven de knieplaat) (C);
- bus met schroefdraad over schroefinjectiepaal (D).

Extra uitgangspunt voor de ankerstoel is dat de grootte van de knieschotten kunnen variëren door de uitvoeringstoleranties van de schroefinjectiepaal en de buispaal. In de berekening is rekening gehouden met meest ongunstige. De plaatsingstoleranties zijn genomen op het maaiveld. De buispaal kan echter ook een afwijking in schoorstand hebben. Hierom zijn de toleranties op het aangrijppingspunt van de ankerstoel op NAP +0,2 m groter dan op maaiveld. In de geometrie van de ankerstoel is rekening gehouden met een afwijking van de buispaal ten opzichte van de schroefinjectiepaal van  $\pm 50$  mm vanaf maaiveld.

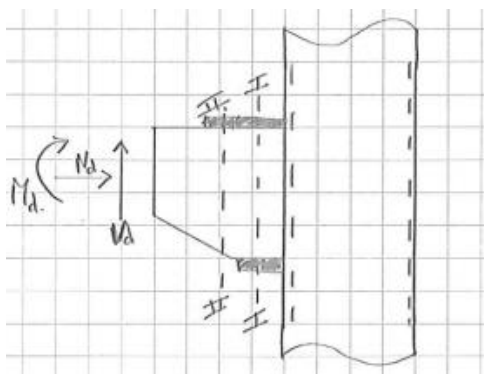


## Controle onderdelen

In de berekening van de ankerstoel worden alleen de afmetingen van de diverse staalonderdelen gedimensioneerd. De lasverbindingen tussen de diverse staalonderdelen worden niet berekend, de lasverbinding dient in de vervolgfase door de aannemer gedetailleerd te worden. De berekening van de ankerstoel is weergegeven in bijlage V.

De stalen onderdelen zijn afzonderlijk getoetst op de maatgevende krachten uit de schroefinjectiepaal. De ankerstoel is in 2 doorsneden (afbeelding 5.3) getoetst op maatgevende spanningen. In tabel 5.1 staat de controle op spanningen.

Afbeelding 5.3 Doorsnede I en II van ankerstoel



Tabel 5.1 Controle maatgevende spanningen Ankerstoel

Spanning	NAP +0,95 m		NAP +2,00 m	
	Doorsnede I	Doorsnede II	Doorsnede I	Doorsnede II
$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	136	147	155	168
$\sigma_N$ (N/mm <sup>2</sup> )	25	20	28	23
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	98	99	112	113
$\sigma_{vgl} = \sqrt{(\sigma^2 + \sigma_N^2 + 3\tau^2)}$ (N/mm <sup>2</sup> )	220	227	250	258
$f_{yd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	355	355	355	355
unity check	0,62	0,64	0,71	0,73
	voldoet	voldoet	voldoet	voldoet

### 5.3 Gording combiwand

Op zowel het lage gedeelte (NAP +0,95 m) en het hoge gedeelte (NAP +2,00 m) wordt aan de voorzijde aan de bovenkant van de combiwand een gording bevestigd. Het prefab betonschort heeft een overspanning van buispaal naar buispaal, het betonschort is hierdoor een stijve wandligger. De horizontale component van de ankerpaal wordt door deze gording opgenomen. De verticale component wordt rechtstreeks de buispaal van de combiwand ingeleid.

Voor de dimensionering van de gording is er niet met uitval gerekend van de schroefinjectiepalen en/of buispaal in de combiwand. In bijlage VI is de berekening van de gording voor NAP +0,95 m en NAP +2,00 m weergegeven. Uit de berekening volgt dat een HEB200 voldoet als gording.

### 5.4 Gording walmuurput

De walmuurput wordt opgehangen aan twee gordingen. De twee gording rusten op de gording van de combiwand en de op een gording die is ondersteund door twee schroefinjectiepalen. Ten behoeve van de walmuurput is een HEB160 als gording benodigd aan de combiwand. De walmuurput is opgehangen aan twee gordingen met een profiel HEB140. In bijlage VII is de berekening van deze gordingen opgenomen. De

walmuurput wordt aan twee zijden voorzien van een hoekstaal. Middels deze hoekstaal rust de walmuurput op de twee gordingen.

## 5.5 Stelmogelijkheid prefab betonschort

Per prefab betonschort worden 2 stelmogelijkheden toegepast. De stelmogelijkheden worden tussen het prefab betonschort en de buik van de damwand geplaatst. De stelmogelijkheid bestaat uit een hoekstaal 80x80x10 met 2 kopplaten aan weerszijden. In bijlage IV wordt de stelmogelijkheid gecontroleerd.

# 6

## UITVOERINGSASPECTEN

Het ontwerp van de walmuurvervanging Recht Boomssloot is mede tot stand gekomen door goed naar de uitvoeringsaspecten te kijken. Om de walmuur met succes te vervangen, zijn strenge restricties nodig op een aantal uitvoeringsaspecten. In dit hoofdstuk worden een aantal belangrijke uitvoeringsaspecten nader bekeken.

### 6.1 Trillingsarme uitvoeringsmethodes

Dit ontwerp heeft als uitgangspunt de toepassing van trillingsarme uitvoeringsmethodes. Dit heeft geleid tot de keuze voor een combiwand bestaande uit geschroefde buispalen en korte gedrukte tussenplanken. Ook worden er in het ontwerp geen damwanden tijdelijk uitgevoerd, omdat deze dan (trillend) getrokken moeten worden, of achter moeten blijven.

Het is mogelijk het ontwerp te versimpelen door niet voor trillingsarme uitvoeringsmethodes te kiezen. Wanneer de funderingselementen in plaats van drukken, trillend worden geïnstalleerd is er echter wel een hogere kans op omgevingsschade.

### 6.2 Fasering

De fasering is van groot belang voor de haalbaarheid. Het is immers niet mogelijk zwaar equipment op de bestaande walmuur aan te brengen, terwijl er nog geen stabiliserende maatregelen zijn aangebracht. Daarnaast kan de bestaande walmuur pas worden verwijderd als er een nieuwe grondkering beschikbaar is om de grond achter de walmuur op zijn plaats te houden. Ontgravingen tot een niveau dieper dan 0,5 m onder maaiveld zijn niet toegestaan. Ter plaatse van huisnummer 85 tot en met 101 is een tijdelijke stabilisatiemaatregel aanwezig. Op deze locatie dient een andere fasering aangehouden te worden.

#### 6.2.1 Hoofdfasering

De hoofdfasering is als volgt:

##### *Vorbereiding:*

- 1 voorbereiden werkterrein walmuur;
- 2 aanvoer boorstatief;
- 3 voor de start van het aanbrengen funderingselementen, is het toegestaan om de deksteen van de walmuur te verwijderen. Ook mag er maximaal ontgraven worden tot 0,50 m minus maaiveld. Dit in verband met stabiliteit belendingen. Lokaal is het toegestaan om maximaal te ontgraven tot 1,0m minus maaiveld, over een lengte van de walmuur van circa 10 m. De ontgraving tot 1m minus maaiveld moet direct gedicht worden na afronden werkzaamheden en/of einde werkdag;



#### *Aanbrengen funderingselementen:*

- 4 boren van kernen Ø 400 mm schoor voor schroefinjectiepalen;
- 5 aanbrengen schroefinjectiepalen, met grout (D in afbeelding 6.1), maximale belasting 30 ton gespreid met draglineschotten;
- 6 geboorde gaten vullen met schraal beton en zand voor de fixatie van de bestaande walmuur;
- 7 aanvoer crush/buispalenstelling;
- 8 crushen ter plaatse van buispalen, met bentonietmengsel;
- 9 schroevend aanbrengen van buispalen, met bentonietmengsel (E in afbeelding 6.1);
- 10 crushen ter plaatse van tussenplanken, met bentonietmengsel;
- 11 drukkend aanbrengen tussenplanken (E in afbeelding 6.1);

#### *Verwijderen bestaande walmuur en aanbrengen constructieve verbindingen:*

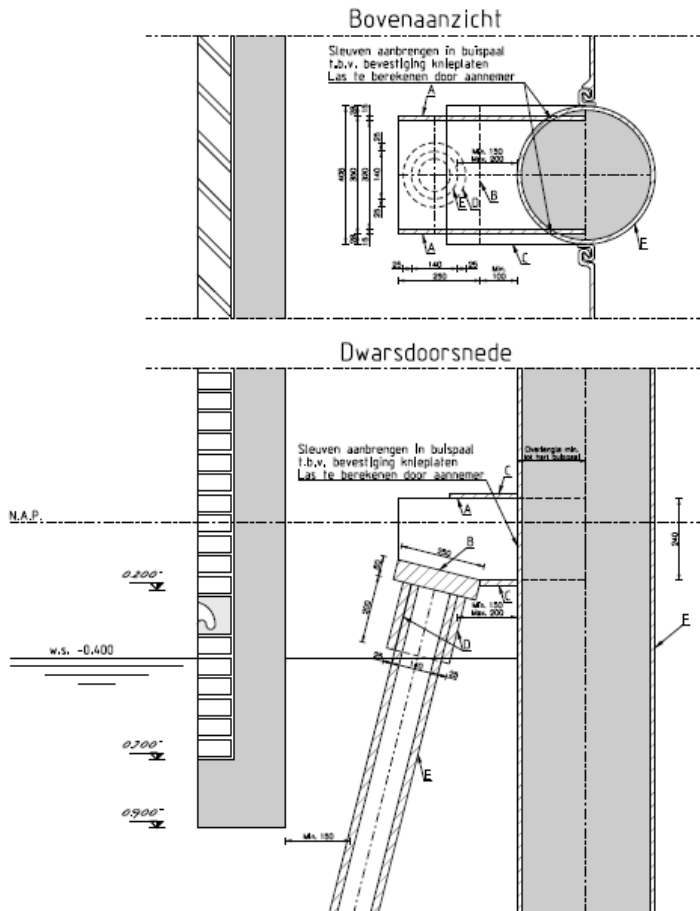
- 12 verwijderen bestaande walmuur (het eventueel gefaseerd aanbrengen van de tussenplanken en slopen van de bestaande walmuur is toegestaan\*);
- 13 aanbrengen ankerstoel (zie ook afbeelding 6.1):
  - 1 aanbrengen 'bus' om schroefinjectiepaal (D);
  - 2 aanbrengen knieschotten door sleuf buispaal (A);
  - 3 aanbrengen basisplaat (B);
  - 4 aanbrengen onder- en bovenplaat (C);
- 14 aanbrengen gording en aansluiting aan combiwand;
- 15 volstorten buispalen met beton;

#### *Afwerking walmuur:*

- 16 plaatsen prefab betonschort;
- 17 aanbrengen dekstenen en metselwerk;
- 18 afwerken maaiveld.

Omdat eerst de schroefinjectiepalen worden aangebracht en daarna pas de buispalen, is het van belang dat er rekening gehouden wordt met de uitvoeringstoleranties. In paragraaf 6.3 staan de uitvoeringstoleranties van schroefinjectiepalen en buispalen.

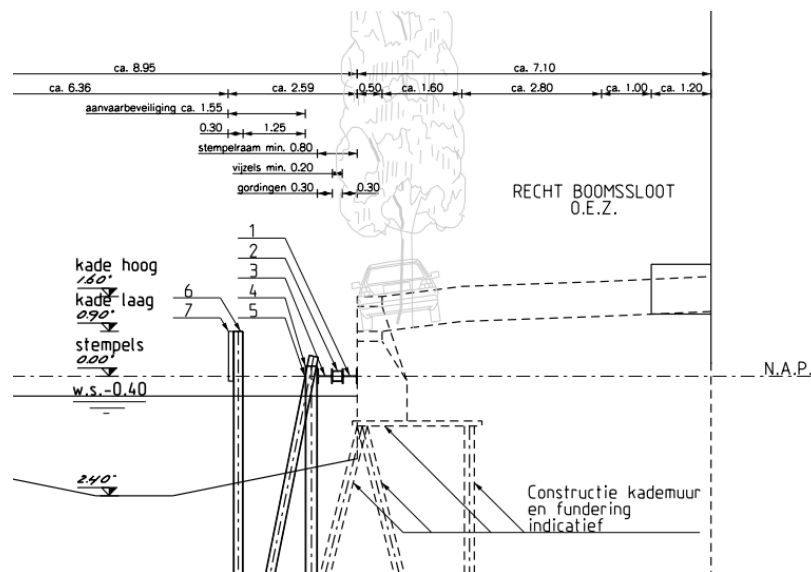
Afbeelding 6.1 Detail ankerstoel



## 6.2.2 Fasering ter plaatse van tijdelijke stabilisatiemaatregel

Begin 2015 werden er doorgaande verplaatsingen van de bestaande kademuur geconstateerd, met name ter hoogte van huisnummer 95. Om op korte termijn de kans op onveilige situaties te reduceren is er een tijdelijke stabilisatie maatregel aangebracht ter plaatse van huisnummer 85 tot en met 101. Op deze locatie dient een aangepaste fasering voor de walmuurvernieuwing aangehouden te worden. In afbeelding 6.2 is de tijdelijke stabilisatiemaatregel weergegeven.

Afbeelding 6.2 Tijdelijke stabilisatiemaatregel Recht Boomssloot



Indien de hoofdfasering wordt aangehouden ontstaat er mogelijk een conflict tussen de schoorstaande schroefinjectiepalen en de tijdelijke stabilisatiemaatregel. Om dit conflict te voorkomen wordt de volgende fasering aangehouden:

#### Vorbereiding:

- 1 voorbereiden werkterrein walmuur;
- 2 aanvoer boorstatief;

#### Aanbrengen funderingselementen:

- 3 de conflicterende damwand in het water wordt gedeeltelijk omhoog getrokken (tot NAP -5,00m), rekeninghoudend met de werkvakken aangegeven in paragraaf 6.2.3.;
- 4 boren van kernen Ø 400 mm schoor voor schroefinjectiepalen;
- 5 aanbrengen schroefinjectiepalen, met grout (D in afbeelding 6.1), maximale belasting 30 ton gespreid met draglineschotten;
- 6 geboorde gaten vullen met schraal beton en zand voor de fixatie aan de bestaande walmuur;
- 7 verwijderen overige gedeelte tijdelijk maatregel, rekeninghoudend met de werkvakken aangegeven in paragraaf 6.2.3.;
- 8 aanvoer crush/buispalenstelling;
- 9 crushen ter plaatse van buispalen, met bentonietmengsel;
- 10 schroevend aan brengen van buispalen, met bentonietmengsel (E in afbeelding 6.1);
- 11 crushen ter plaatse van tussenplanken, met bentonietmengsel;
- 12 drukkend aanbrengen tussenplanken (E in afbeelding 6.1);

#### Verwijderen bestaande walmuur en aanbrengen constructieve verbindingen:

- 13 verwijderen bestaande walmuur (het eventueel gefaseerd aanbrengen van de tussenplanken en slopen van de bestaande walmuur is toegestaan);
- 14 aanbrengen ankerstoel (zie ook afbeelding 6.1);
  - 1 aanbrengen 'bus' om schroefinjectiepaal (D);
  - 2 aanbrengen knieschotten door sleuf buispaal (A);
  - 3 aanbrengen basisplaat (B);
  - 4 aanbrengen onder- en bovenplaat (C);
- 15 volstorten buispalen met beton;
- 16 aanbrengen gording en aansluiting aan combiwand;

#### Afwerking walmuur:

- 17 plaatsen prefab betonschort;
- 18 aanbrengen dekstenen en metselwerk;
- 19 afwerken maaiveld.

### 6.2.3 Werkvakken

In het najaar van 2016 is de walmuurvernieuwing van een deel van de Prinsengracht met dezelfde bouwmethode uitgevoerd als voorzien is bij de Krom Boomssloot. Zoals beschreven in paragraaf 6.2.1 is het gefaseerd aanbrengen van de tussenplanken en slopen van de bestaande walmuur toegestaan.

Er zijn werkvakken voorgeschreven, waarbij eerst de koppeling tussen de ankerdrukpaal en de combiwand moet worden gerealiseerd, voordat voor een volgend werkvak de damplanken geïnstalleerd mogen worden. Dit om zettingen van het achterliggend maaiveld en naastgelegen panden te beperken. De volgende werkvakken zijn voorzien:

1. buispaal 1 t/m 4;
2. buispaal 4 t/m 7;
3. buispaal 7 t/m 9;
4. buispaal 9 t/m 11;
5. buispaal 11 t/m 15;
6. buispaal 15 t/m 19;
7. buispaal 19 t/m 23;
8. buispaal 23 t/m 26;
9. buispaal 26 t/m 28;
10. buispaal 28 t/m 30;
11. buispaal 30 t/m 32;
12. buispaal 32 t/m 35;
13. buispaal 35 t/m 38;
14. buispaal 38 t/m 41;
15. buispaal 41 t/m 44;
16. buispaal 44 t/m 49.

De volgende vakken zijn voorzien (op basis van slechte panden 53 t/m 63, 83, 85 en 95, staat panden 69 t/m 79 onbekend).

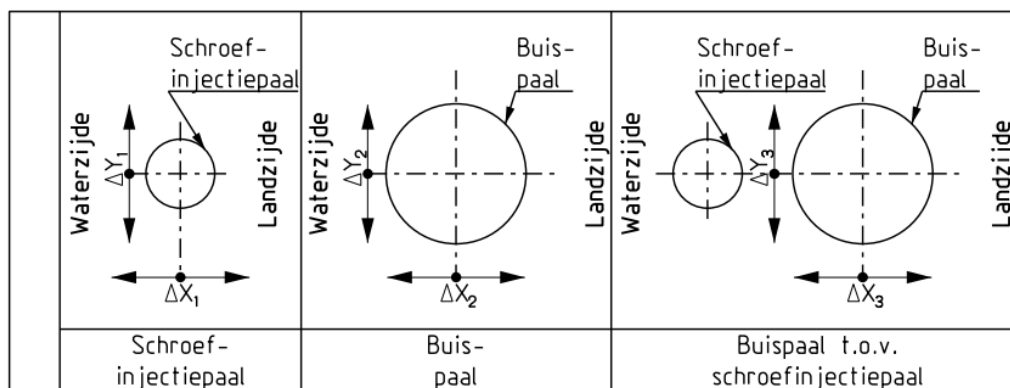
### 6.3 Uitvoeringstoleranties

De positie van de schroefinjectiepaal en de buispaal is van belang voor de krachtoverbrenging door de ankerstoel. Hierom zijn de uitvoeringstoleranties gelimiteerd. In afbeelding 6.2 staat de tolerantie van de schroefinjectiepaal en buispaal geschetst en in tabel 6.1 staan de toleranties die erbij horen. De toleranties zijn genomen op maaiveld.

Tabel 6.1 Uitvoeringstoleranties schroefinjectiepaal en buispaal (op maaiveld)

Schroefinjectiepaal		Buispaal		Buispaal ten opzichte van schroefinjectiepaal	
$\Delta x_1$ (mm)	$\pm 50$	$\Delta x_2$ (mm)	$\pm 50$	$\Delta x_3$ (mm)	$\pm 50$
$\Delta y_1$ (mm)	$\pm 20$	$\Delta y_2$ (mm)	$\pm 50$	$\Delta y_3$ (mm)	$\pm 50$

Afbeelding 6.3 Uitvoeringstolerantie schroefinjectiepaal en buispaal



## 6.4 Positionering en uitvoeringsvolgorde

De schroefinjectiepalen (4) moet met licht equipment worden uitgevoerd, zodat deze (deels) vanaf de kade is uit te voeren. De stelling dient middels draglineschotten te worden gespreid tot een belasting van maximaal 10 kPa. Het werken vanaf de kade is voor de schroefinjectiepalen wenselijk omdat het equipment vanwege de schoorstand dicht op de gevellijn van de panden komt. De schoorstand van de drukpaal is bovendien groot (4:1), dicht bij de grenzen van het haalbare, en dit is alleen mogelijk vanaf een vaste ondergrond, niet vanaf pontons. Ook moeten de schroefinjectiepalen worden uitgevoerd voordat de buispalen worden uitgevoerd omdat anders een ruimtelijk conflict ontstaat. De schroefinjectiepalen dienen over de volledige lengte te worden voorzien van groutinjectie. De schroefinjectiepalen dienen te worden geplaatst met een uitvoeringstolerantie volgens paragraaf 6.3.

De werkzaamheden 6 tot en met 9 worden bij voorkeur door één type equipment uitgevoerd, om onnodige aan- en afvoer te voorkomen. Maatgevend hierbij is het maken van de buispaal voor de combiwand, waartoe een stelling van circa 70 ton benodigd is. Crushen kan eventueel met een lichtere stelling van circa 30 ton, maar dit biedt geen toegevoegde waarde omdat deze dan apart moet worden aan- en afgevoerd.

De crushwerkzaamheden van zowel de damwand als van de buispalen in één gang, is nadrukkelijk niet toegestaan. Er ontstaat dan een doorgaande lijn waarover instabiliteit van de kade kan optreden. Per segment dienen na het crushen de damwanden te worden geïnstalleerd voordat verder wordt gegaan met het crushen van een volgend segment. Ook kan zo geborgd worden dat het bentonietmengsel in het crushgat niet vroegtijdig uithardt, en het drukken van damwanden onmogelijk wordt gemaakt.

Om de buispalen en damwanden te installeren is het gebruik van een heiframe aanbevolen. De onderlinge afwijkingen van de damwanden en buispalen worden hiermee in de hand gehouden. Daarnaast wordt het aangeraden, wanneer het materieel het toelaat, de buispalen in één gedeelte te installeren.

De toegestane belasting op de kade bedraagt, ná het maken van de buispalen, 10 kPa over een gebied van 30 m<sup>2</sup>, aangrenzend aan de kadeliijn. Voor het maken van de eerste palen dient middels continu-monitoring de deformatie van de kade te worden bewaakt. Dit geldt eveneens voor het crushen en installeren van de damwandplanken.

Na plaatsen van de combiwanden, tussenplanken en schroefinjectiepalen (met koppeling) is het toegestaan de kade te berijden met een betonwagen ten behoeve van het volstorten van de buispalen met beton. De buispalen dienen te worden gevuld met beton over de volledige lengte. Ook hier dient rekening mee te worden gehouden in de uitvoeringsplanning.

## 6.5 Aandachtspunt crushen

Aandachtspunt tijdens het crushen is dat boorvloeistof weg kan spoelen in de ruimte tussen de vloer van de bestaande kade en de waterbodem. Naar aanleiding van de duikinspectie is de verwachting dat dit niet optreedt, echter de volgende maatregelen worden geadviseerd:

- gebruik van een niet verontreinigde boorvloeistof;
- bij het terugtrekken van de boor wordt het gat gevuld met zand;
- start crushen bij een niet-maatgevende locatie, zodat de mate van uitspoeling bekeken kan worden en passende maatregelen getroffen kunnen worden.

Mocht er boorvloeistof wegspoelen, dan kan er gebruik gemaakt worden van een casing, welke tot op de vloer van de bestaande kade geplaatst wordt. Vervolgens kan zonder vloeistof de vloer doorboord worden.

Een tweede aandachtspunt is grondverplaatsingen ten gevolge van het crushen. Tijdens de crushwerkzaamheden dient middels monitoring de deformatie van de kade en nabij gelegen kritische panden te worden bewaakt. Het gefaseerd aanbrengen van de tussenplanken en verwijderen van de bestaande walmuur is wenselijk om instabiliteit van de gehele kademuur te voorkomen (losbreken kade door wigwerking crushstelling). Hierbij dient altijd een minimale overlap van vier tussenplanken met de bestaande walmuur behouden te blijven. Bij voorkeur worden daarom ook eerst de buispaal en ankerpalen gekoppeld, voordat er gestart wordt met het crushen ten behoeve van de damwanden.

## 6.6 Aandachtspunt installatie schroefinjectiepaal

Aandachtspunt bij de installatie van de schroefinjectiepaal is het over de laatste gang van 8 x de paaldiameter, tot het beoogde paalpuntniveau, de boorbuis niet op-en-neer halen, en na het op diepte komen van de paal aan de punt onder verhoogde druk afpersen en vastdraaien van de paal. Onder deze voorwaarde is voor de waarde van de paalfactor op puntweerstand uitgegaan van 0,9, in plaats van 0,5 (NEN 9997-1, tabel 7.C).

## 6.7 Bestaande kessen

Middels crushen wordt het mogelijk gemaakt de bestaande kade te doorboren met palen, en wordt de kans vergroot dat de damwanden succesvol op diepte kunnen worden gebracht.

Ter plaatse van de bestaande kessen kan het echter moeilijk zijn om beheersbaar te crushen danwel de damwand na het crushen hier doorheen te krijgen. De kessen kunnen bijvoorbeeld opzij worden gedrukt, waardoor één damwand inbrengen mogelijk wordt, maar de volgende dan alsnog tegen of op de kesp komt.

Omdat de kessen onder het grondwaterpeil liggen is er geen voor de hand liggende methode om dit probleem op te lossen. Op dit moment wordt voorzien de damwanden waar mogelijk te drukken, en op hoogte te laten staan waar kessen worden geraakt. Nadeel van deze methode is dat bij het drukken niet een enkele plank kan worden achtergelaten, en direct het hele combiwandcompartiment (van 4 planken) op hoogte blijft.

Middels een duikonderzoek zijn de bestaande kessen ingemeten op twee locaties op de Recht Boomssloot. Op basis van deze resultaten is de buispaal optimaal gepositioneerd. De kans op conflicten is hiermee verkleind.

## 6.8 Aansluiting op de kade

In verband met de knikstabiliteit, in het bijzonder bij de aansluiting bij de kop, dienen de ankerpalen van bovenaf tot op een niveau van NAP -8,0 m te worden beschermd tegen corrosie middels thermisch

verzinken. Vanaf deze diepte komen geen slappe veenlagen meer voor en kan er meer druk worden opgebouwd tijdens het grouten, waardoor vanaf deze diepte geen corrosiebescherming meer nodig is.

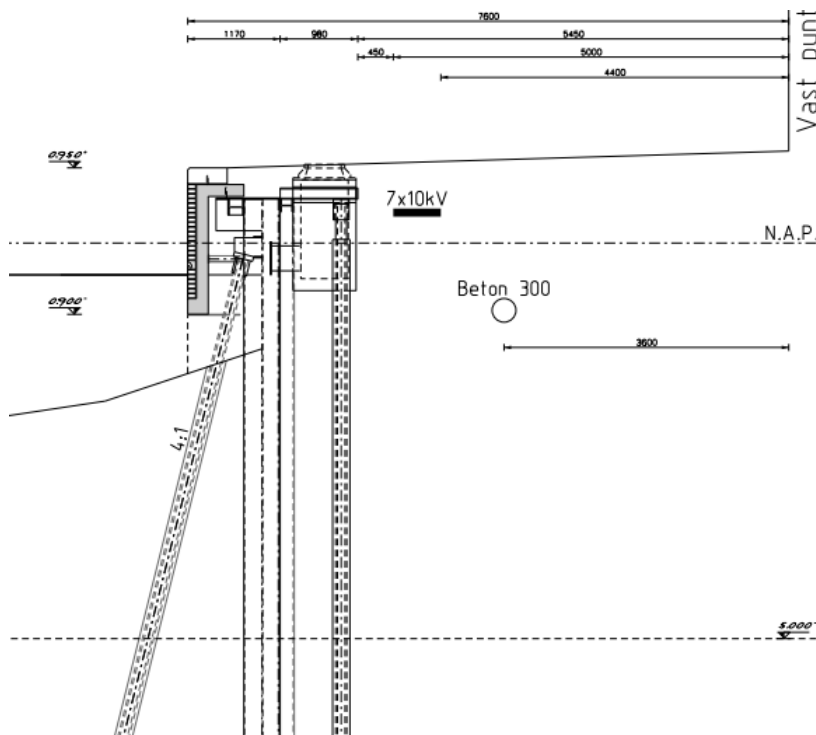
## 6.9 Aandachtspunt kabels en leidingen

De meeste kabels en leidingen worden verlegd richting de gevellijn voorafgaand aan de werkzaamheden, waardoor er geen specifiek zettingscriterium voor geldt. Het zettingscriterium van de panden is namelijk maatgevend.

Twee type kabels en leidingen liggen ten tijde van de werkzaamheden dicht bij de walmuur, waardoor zij een aandachtspunt zijn tijdens de uitvoering:

- 7x10kV kabels. Deze kabels zijn flexibel waardoor er geen zettingscriterium geldt. Wel moet deze kabel bundel beschermd worden tijdens de werkzaamheden van de walmuurpunten, die op korte afstand plaatsvinden;
- riolering, betonnen leiding met diameter 300 mm. Het bestaande riool zal na afloop van de werkzaamheden aan walmuur verlegd worden. De afstand van het riool tot de achterkant van de nieuwe walmuurconstructie varieert over de lengte van de walmuur, maar is gemiddeld ca. 3 m. Vanwege de relatief grote diepte (NAP -2,0 m) van de riolering zullen met name horizontale verplaatsingen een aandachtspunt zijn. Geadviseerd wordt het riool tijdens de uitvoering te monitoren.

Afbeelding 6.4 Dwarsprofiel nieuwe walmuurconstructie met locatie aanwezige kabels en leidingen



## CONCLUSIES

In navolging van het voorlopig ontwerp is in voorliggend rapport het definitief ontwerp opgesteld voor de walmuurvervanging van de Recht Boomssloot, te Amsterdam.

Het uitgewerkte ontwerp bestaat uit een combiwand bestaande uit buispalen en korte tussenplanken. Om de stabiliteit van de kade te waarborgen zijn daarnaast ter plaatse van de buispalen schroefinjectiepalen opgenomen.

### 7.1 Conclusies

De belangrijkste conclusies die uit het opstellen van het definitief ontwerp volgen zijn:

- in het ontwerp voldoen de berekende deformaties van de wand aan de esthetische eis door voldoende stelruimte in te bouwen in de prefab voorhangschorten;
- er is relatief zwaar equipment nodig voor het crushen van de bestaande wand en het schroevend inbrengen van de buispalen (circa 70 ton). Daarom is er bijzondere aandacht nodig voor de aan-/ en afvoer en positionering van zwaar equipment. Het is nadrukkelijk niet mogelijk te werken vanaf de bestaande kade;
- het uitgangspunt van het ontwerp is de toepassing van trillingsarme uitvoeringsmethodes. Het is mogelijk het ontwerp te versimpelen ten koste van een hogere kans op schade door trillingen;
- door in de fasering, eerst de schroefinjectiepalen en daarna de buispalen aan te brengen, is het snijpunt van beide palen een kritisch aspect. Door voldoende uitvoeringstolerantie in acht te nemen wordt dit aspect beheerst. De afmetingen van de ankerstoel kunnen variëren;
- ook is tijdens het maken van de ankerpalen de bestaande kade zeer kwetsbaar, door het kernen van een gat door de bestaande kade heen (nodig om de ankerpaal te plaatsen). Het uitboren van deze kern dient dan ook frezend en niet hamerend (pneumatisch/hydraulisch) plaats te vinden. Na het uitvoeren van elke ankerpaal moet de paal tijdelijk worden ondersteund met de nieuw gemaakte paal, alvorens over te gaan naar de volgende paal.

### 7.2 Aanbevelingen

Voor de vervolgfase worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- zorgvuldige en eenduidige afspraken zijn nodig in het bestek omtrent het toelaten van maaiveldbelasting vanuit equipment op de kade tijdens de uitvoering van het werk;
- ook eenduidige afspraken over de fasering zijn nodig, omdat er ogenschijnlijk geen flexibiliteit in de uitvoeringsfasering is waarop de aannemer kan optimaliseren;
- het zo vroeg mogelijk koppelen van de ankerdrukpaal met de combiwand is wenselijk, om uitbuiging van de combiwand te voorkomen. Hiertoe kunnen werkvakken worden toegepast, waarbij vòòr het crushen van de damwanden de koppeling wordt gerealiseerd. Op basis van de resultaten bij de uitvoering van de walmuurvernieuwing Prinsengracht, dient de fasering van de Recht Boomssloot te worden geoptimaliseerd;



- er is gebleken dat het crushen ten behoeve van de buispalen en damwanden bij de walmuurvernieuwing van de Krom Boomssloot tot de meest significante maaiveldzakkingen van alle faseringsstappen leidde. Dit zijn dan ook de meeste kritische fasen in relatie tot omgevingsbeïnvloeding;
- de crushwerkzaamheden van zowel de damwand als van de buispalen in één gang, is nadrukkelijk niet toegestaan. Er ontstaat dan een doorgaande lijn waarover instabiliteit van de kade kan optreden;
- tijdens de uitvoering dient rekening gehouden te worden met de aanwezige kabels en leidingen;
- aanbevolen wordt om een monitoringsplan op te stellen conform het Bouwprotocol van Amsterdam.



Bijlage(n)



# I

## BIJLAGE: GRONDONDERZOEK

Opdrachtgever: Witteveen en bos B.V.  
Postbus 12205  
1100 AE Amsterdam

Contact persoon: Mevr. B.P Dopper


Datum rapport: 10 december 2014

Projectnummer: 14.18385

Bijzonderheden:

Bijlagen: 12 Sonderingen  
3 Boorstaten  
2 situatieschetsen  
Toelichting grondonderzoek

## Grondonderzoek aan de Rechtboomsloot&Kromboomsloot In Amsterdam

Versie	Datum	Omschrijving	Paraaf projectleider
1	10-12-2014	Eerste versie	
2	10-12-2014	Definitieve versie	

## Toelichting grondonderzoek

### Onderzoek

De sonderingen worden door Lankelma conform NEN 5140 uitgevoerd, waarbij standaard de "electrische kleeftmantelconus" wordt toegepast, waarmee zowel de conusweerstand als de plaatselijke wrijvingsweerstand gelijktijdig wordt gemeten. Bij het uitvoeren van een sondering conform NEN 5140 wordt de puntweerstand gemeten, die moet worden onverwonnen om een conus met een tophoek van 60° en een basisoppervlak van 1000 mm<sup>2</sup> met een constante snelheid van ca. 20 mm/s in de bodem te drukken. Voor de meting van de wrijvingsweerstand is een mantel met een oppervlak van 15000 mm<sup>2</sup> boven de punt aangebracht. De druk op de conuspunt (conusweerstand in MPa) en de wrijving langs de kleeftmantel (plaatselijke wrijvingsweerstand in MPa) worden door rekstroken in de conus continu gemeten. Het basisoppervlak van de conus mag volgens de NEN 5140 tussen 500 en 2000 mm<sup>2</sup> variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten toegepast behoeven te worden. De sonderingen die uitgevoerd zijn door Lankelma worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm<sup>2</sup> en een manteloppervlak van 20000 mm<sup>2</sup>. Er wordt veelal gebruik gemaakt van een kortere conus waarbij in afwijking van NEN 5140 het cilindrische deel vanaf de conuspunt een lengte heeft van 230 mm in plaats van de genormeerde lengte van 400 mm. Uit onderzoek is naar voren gekomen, dat de invloed van de lengte van de conus op het sondeerresultaat verwaarloosbaar is, terwijl met een kortere conus met minder risico een grotere sondeerdiepte kan worden bereikt.

### Meetresultaat

De meetsignalen worden digitaal via een kabel of draadloos naar een elektrische meeteenheid gestuurd en tezamen met de diepte en de tijd op een computer opgeslagen. De definitieve verwerking van de gegevens vindt daarna op kantoor plaats, waarbij de gemeten parameters tegen de diepte in grafiekvorm wordt uitgewerkt. Door continue registratie van de gemeten conus- en wrijvingsweerstand wordt een nauwkeurig beeld van de gelaagdheid en de vastheid van de bodem verkregen. De weerstand wordt uitgedrukt in mega- pascal, 1 MPa is gelijk aan 1 N/mm<sup>2</sup>, en de diepte wordt uitgedrukt in meters. De plaatselijke wrijving wordt standaard gemeten en in de grafiek weergegeven. Daarbij wordt het wrijvingsgetal  $R_f$  in % aan de rechterkant in de grafiek weergegeven, dit geeft een indicatie van de bodemopbouw. (tabel 1)

In de elektrische conus is standaard een hellingmeter ingebouwd waarmee tijdens het sonderen de afwijking van de conus met de verticaal wordt geregistreerd. Onjuiste diepte aanduiding als gevolg van "krom sonderen" wordt hiermee voorkomen. Afhankelijk van de sondeerklasse wordt de diepte hiervoor gecorrigeerd.

Grondsoort	Conusweerstand (MPa)		Wrijvingsgetal (%)		
fijn zand	>	5	0,6	-	1,4
zand, siltig / kleilig	>	2	0,8	-	2,0
klei	0	-	5	2,0	-
veen	0	-	5	5,0	-

Tabel 1; grondsoort in vergelijking tot wrijvingsgetal

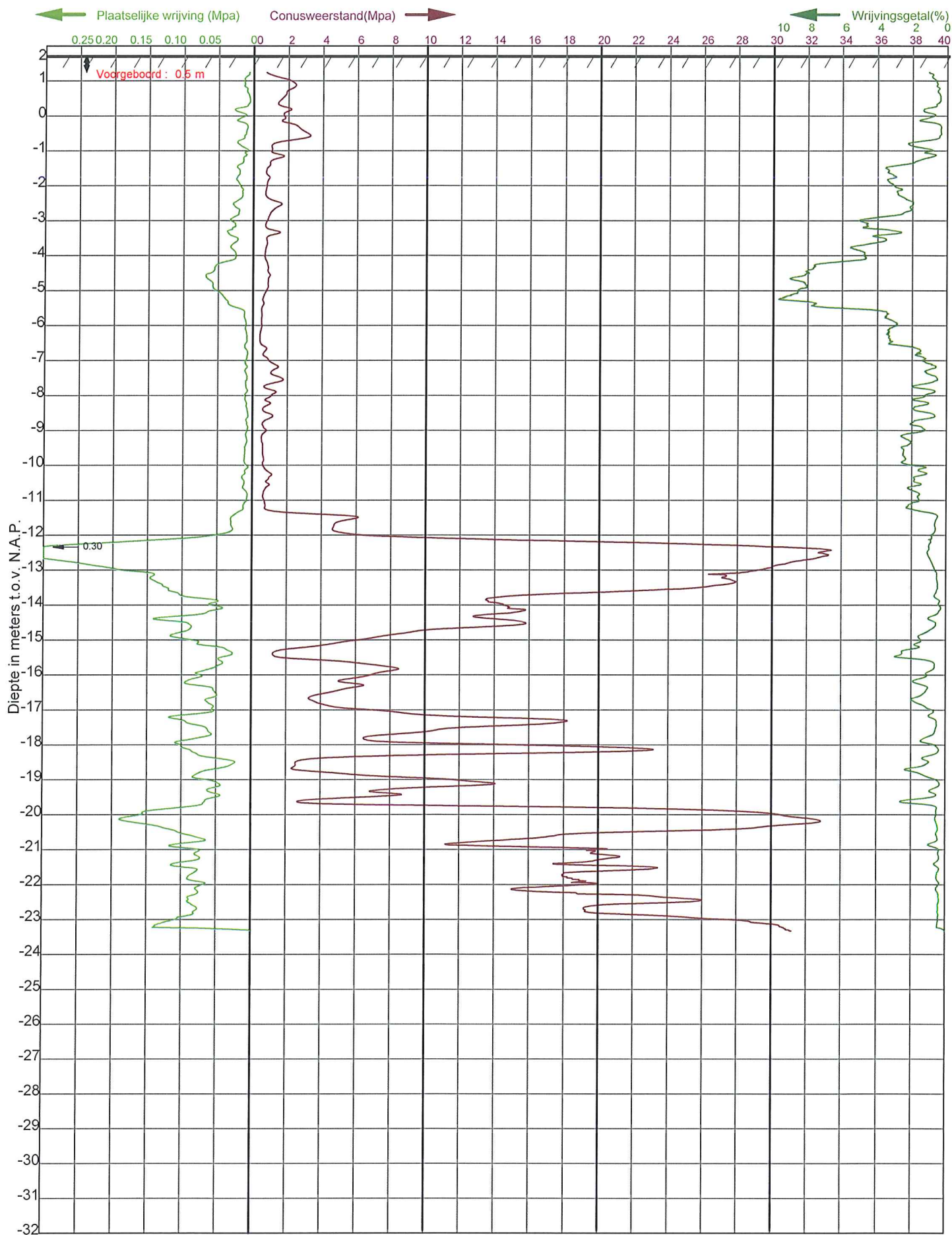
## Klassenindeling NEN 5140

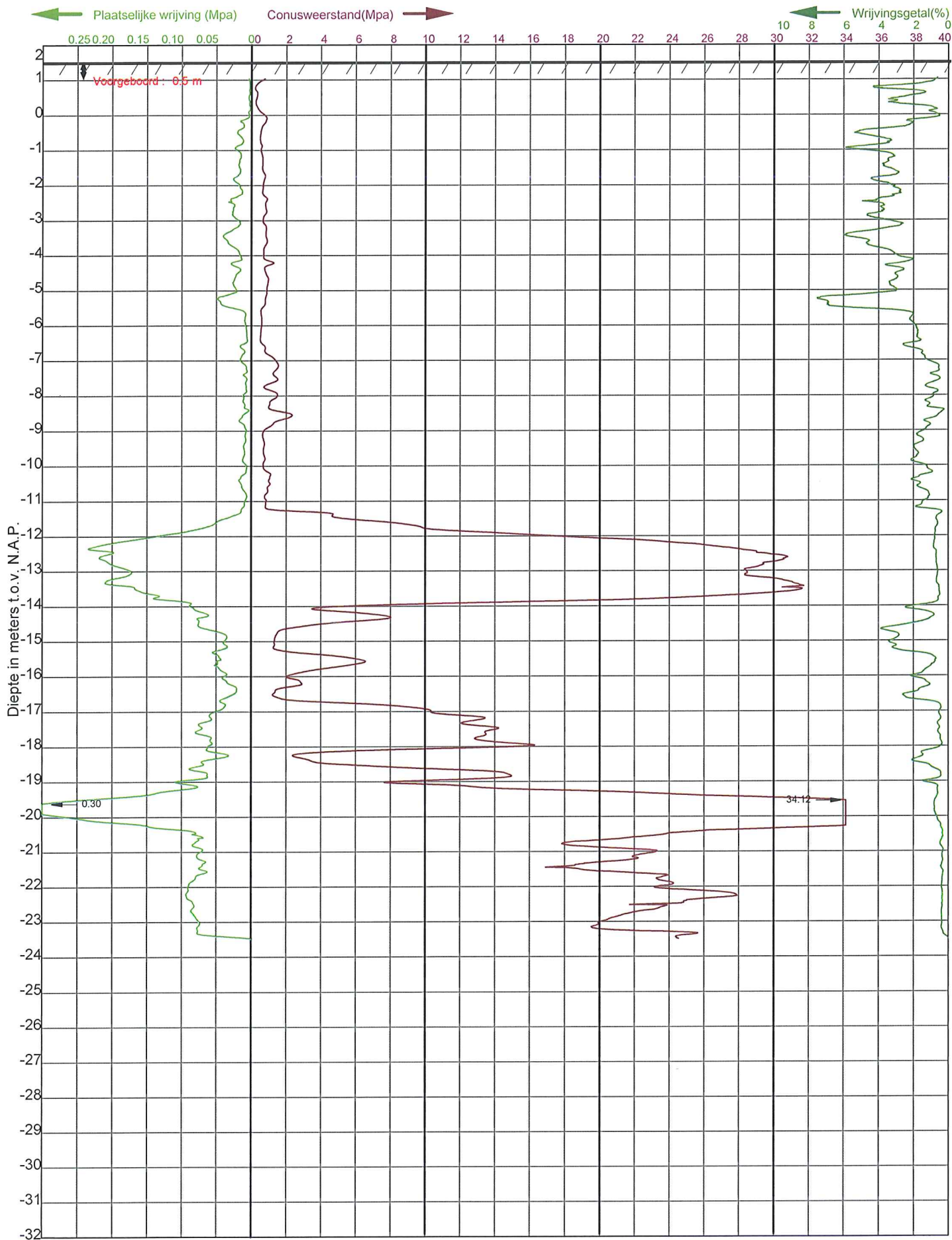
De Nederlandse norm gaat uit van vier kwaliteitsklassen. Voorafgaand aan de uitvoering dient een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse het werk minimaal uitgevoerd moet worden. Deze kwaliteitsklasse bepaalt de meetnauwkeurigheid van te meten conusweerstand, plaatselijke wrijvingsweerstand en diepte. Lankelma sonderingen vallen standaard in klasse 2. Dit is de hoogst haalbare kwaliteitsklasse voor de gebruikelijke meetapparatuur in Nederland. Klasse 1 sonderingen dienen alleen voor calibratiedoeleinden en wetenschappelijk onderzoek. Bij routinematige sonderingen kunnen de specificaties van klasse 1 sonderingen alleen door aanvullende maatregelen worden benaderd. In onderstaand tabel worden de diverse klasse weergegeven.

Klasse	Meetgrootheid	Toelaatbare meetnauwkeurigheid	Maximaal toelaatbare sondeerlengte interval tussen de meting
1	conusweerstand plaatselijke wrijvingsweerstand helling sondeerdiepte	0,05 MPa of 3 % 0,01 Mpa of 10 % 2° 0,2 m of 1 %	20 mm
2	conusweerstand plaatselijke wrijvingsweerstand helling sondeerdiepte	0,25 MPa of 5 % 0,05 Mpa of 15 % 2° 0,2 m of 2 %	50 mm
3	conusweerstand plaatselijke wrijvingsweerstand helling sondeerdiepte	0,5 MPa of 5 % 0,05 Mpa of 20 % 5° 0,2 m of 2 %	100 mm
4	conusweerstand plaatselijke wrijvingsweerstand sondeerdiepte	0,05 MPa of 3 % 0,01 Mpa of 10 % 0,2 m of 1 %	100 mm
Opm. de toelaatbare meetnauwkeurigheid is de grotere waarde van de absolute meetnauwkeurigheid en de relatieve meetnauwkeurigheid. De relatieve meetnauwkeurigheid geldt voor de meetwaarde en niet voor het meetbereik			

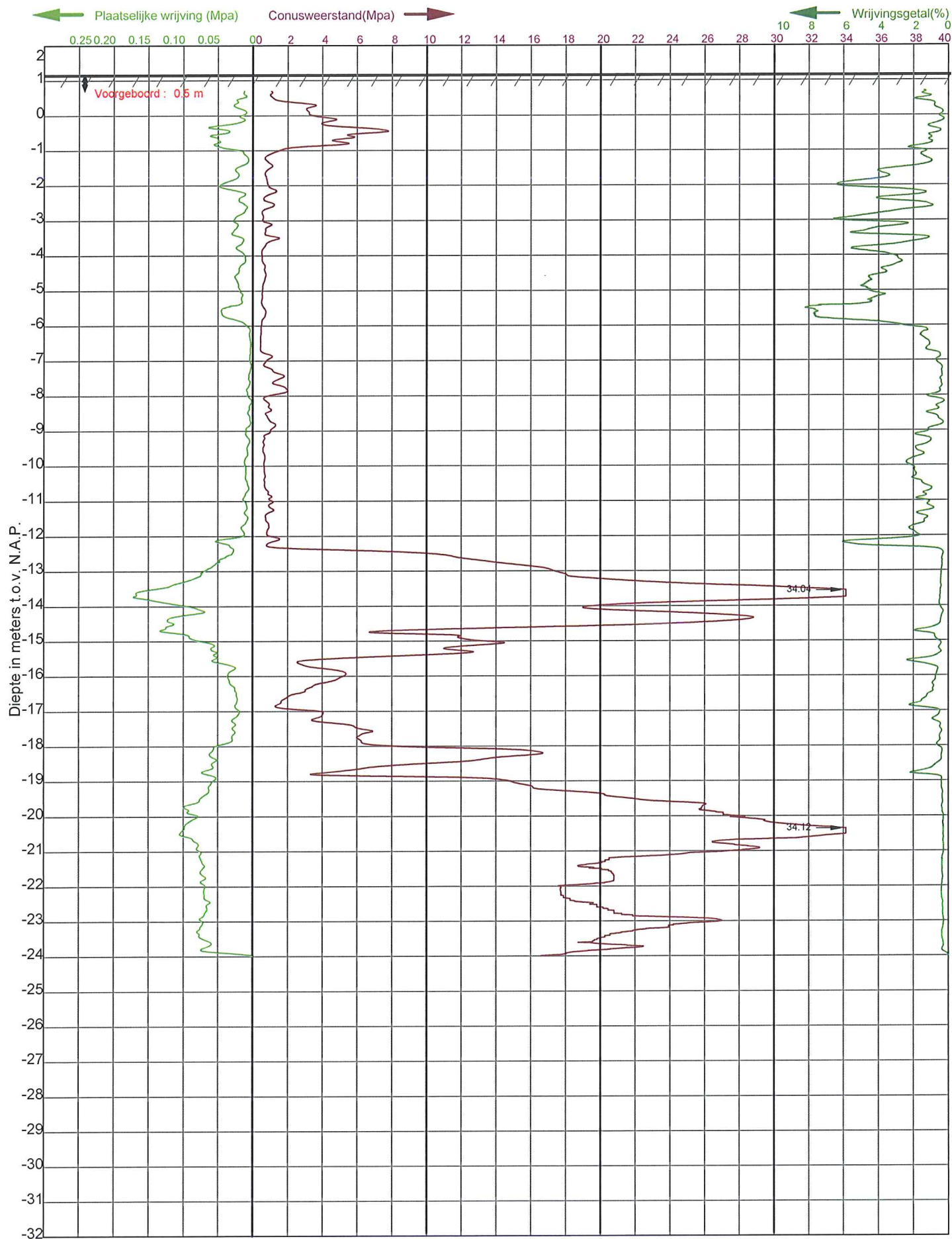
Tabel 2; kwaliteitsklasse

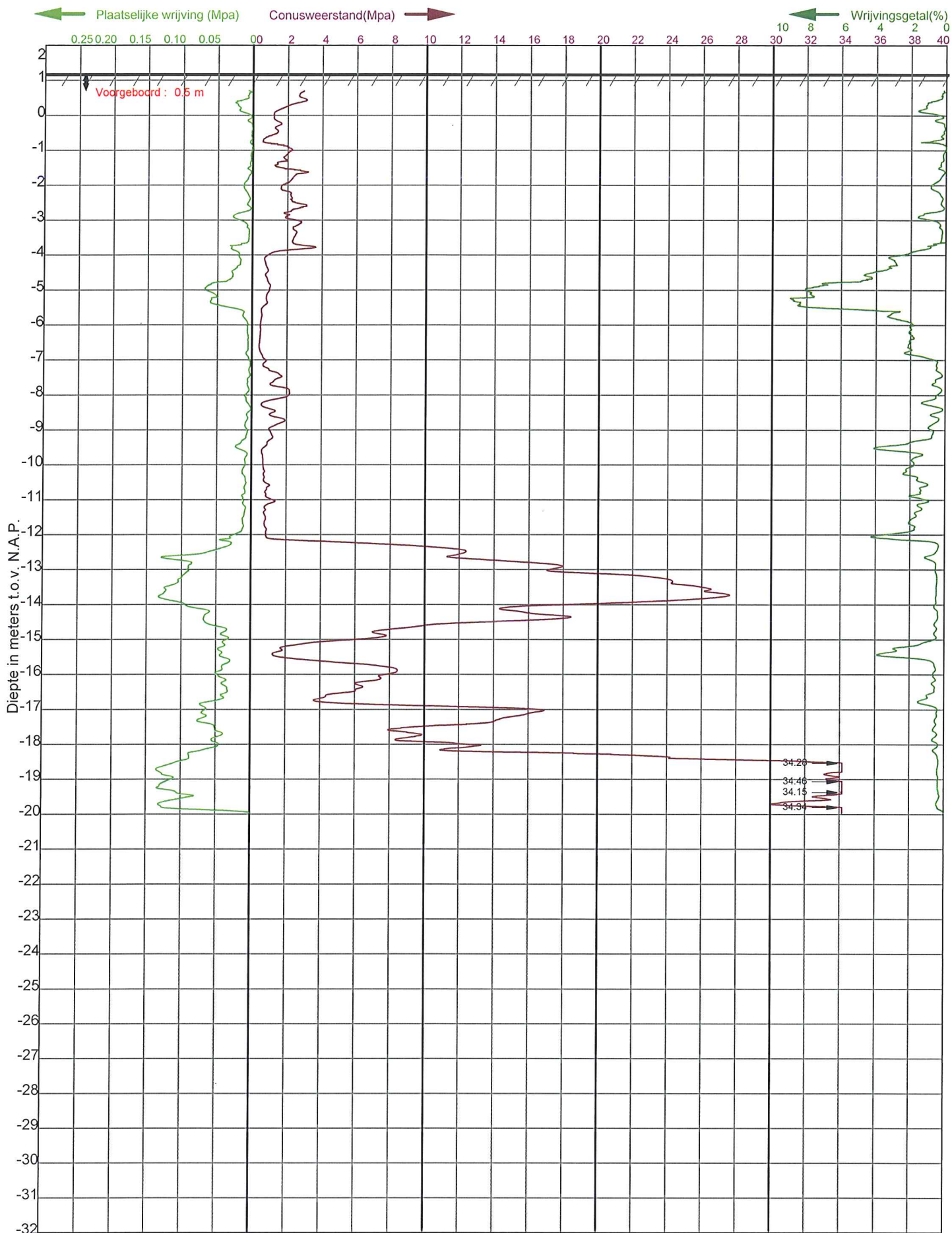




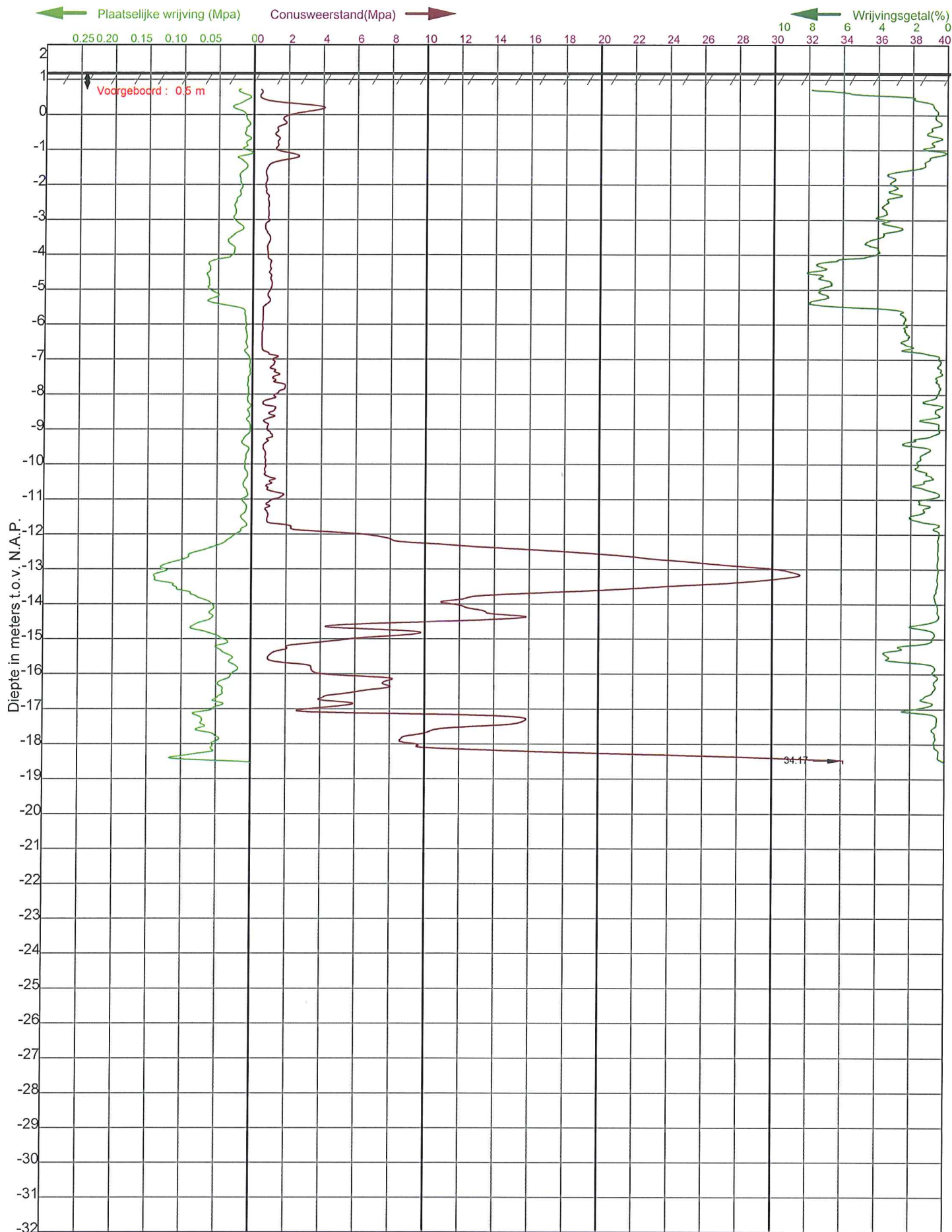


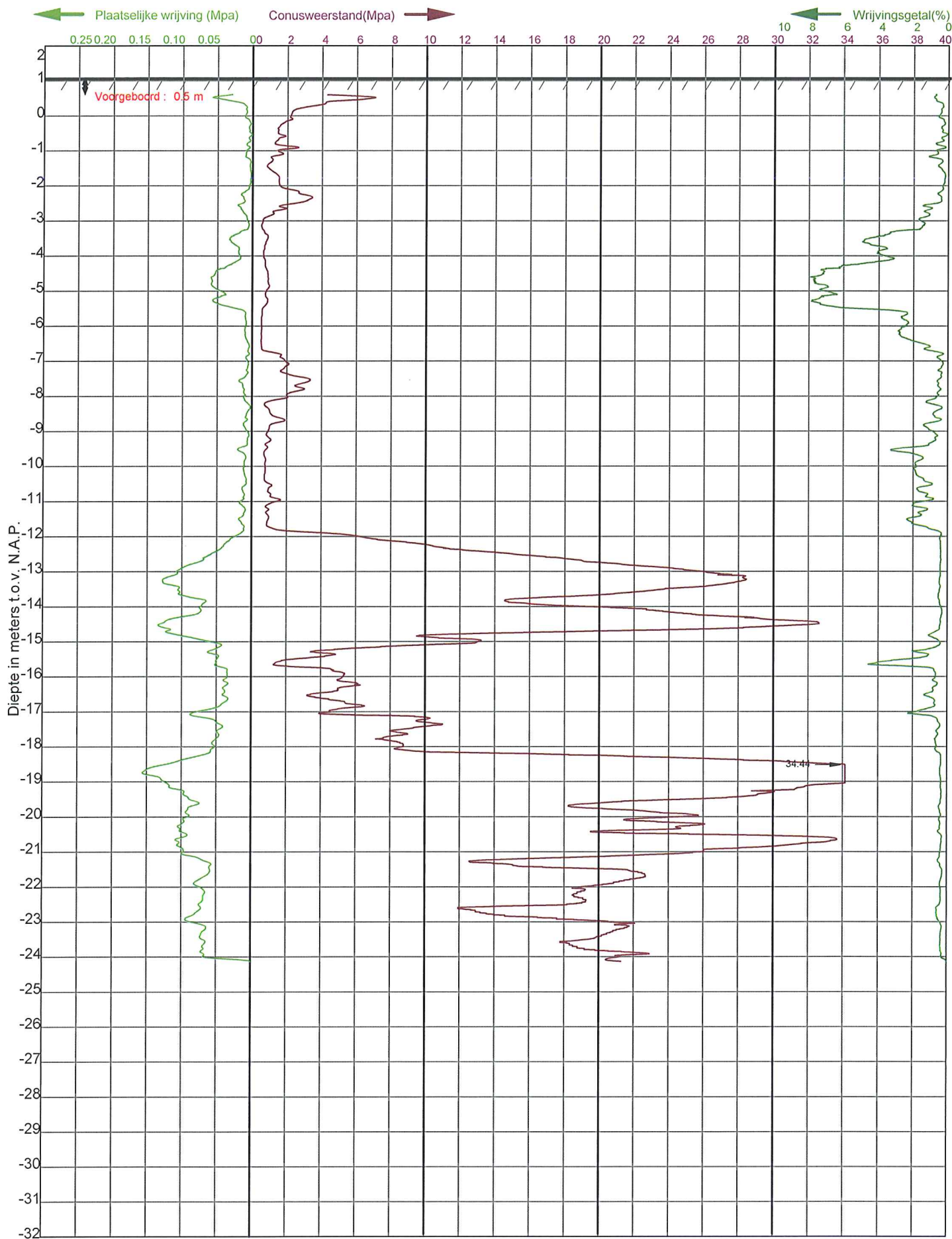




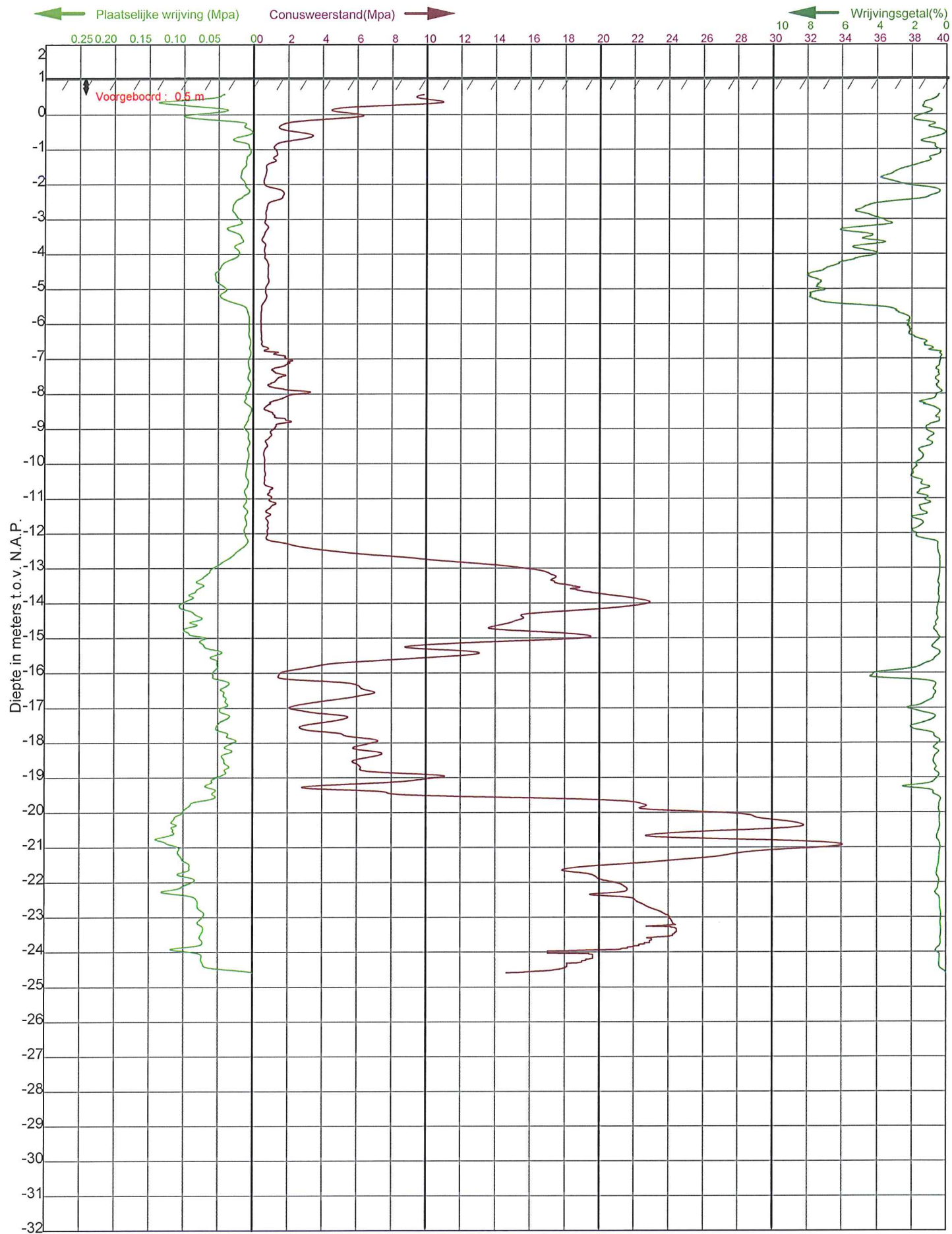


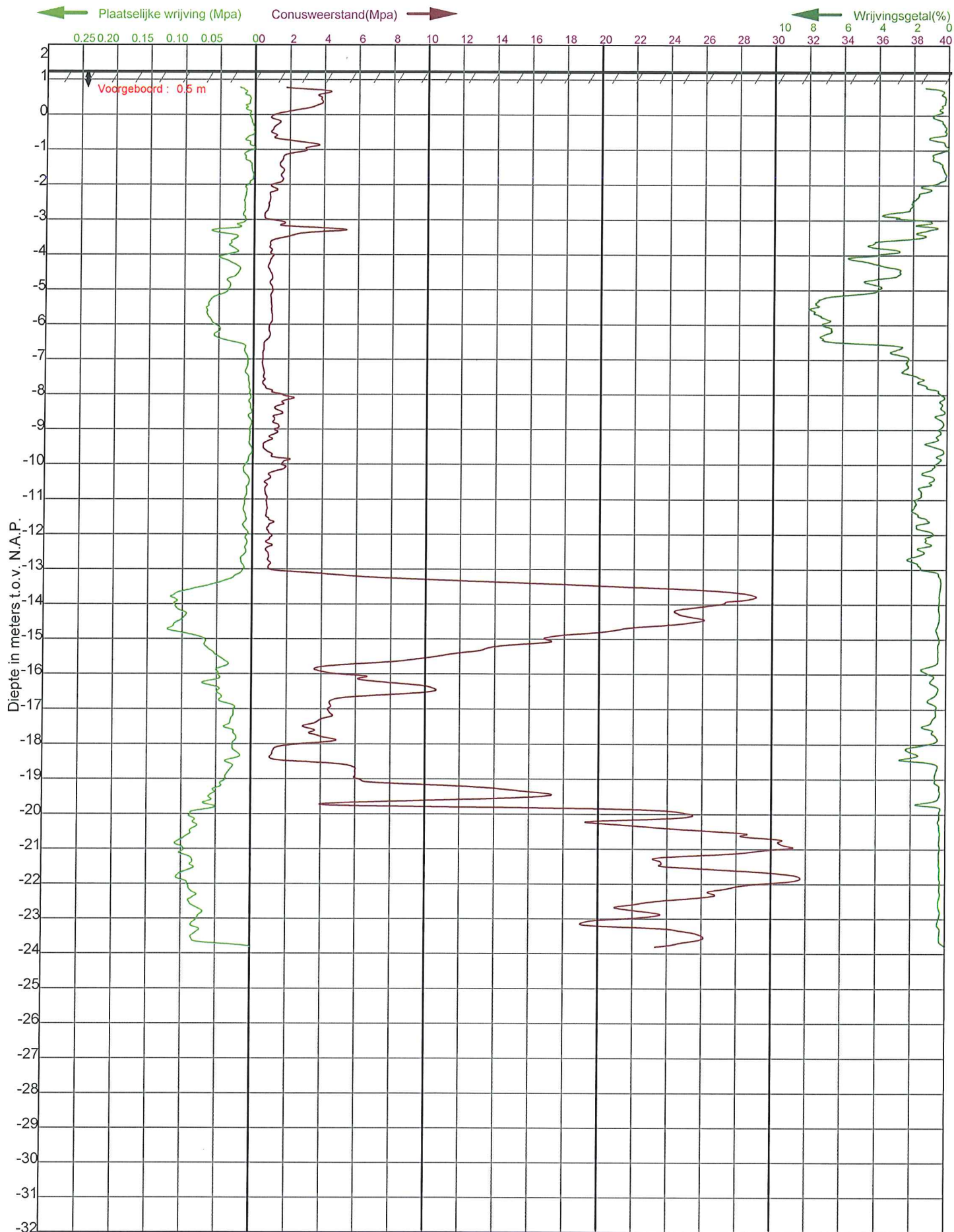




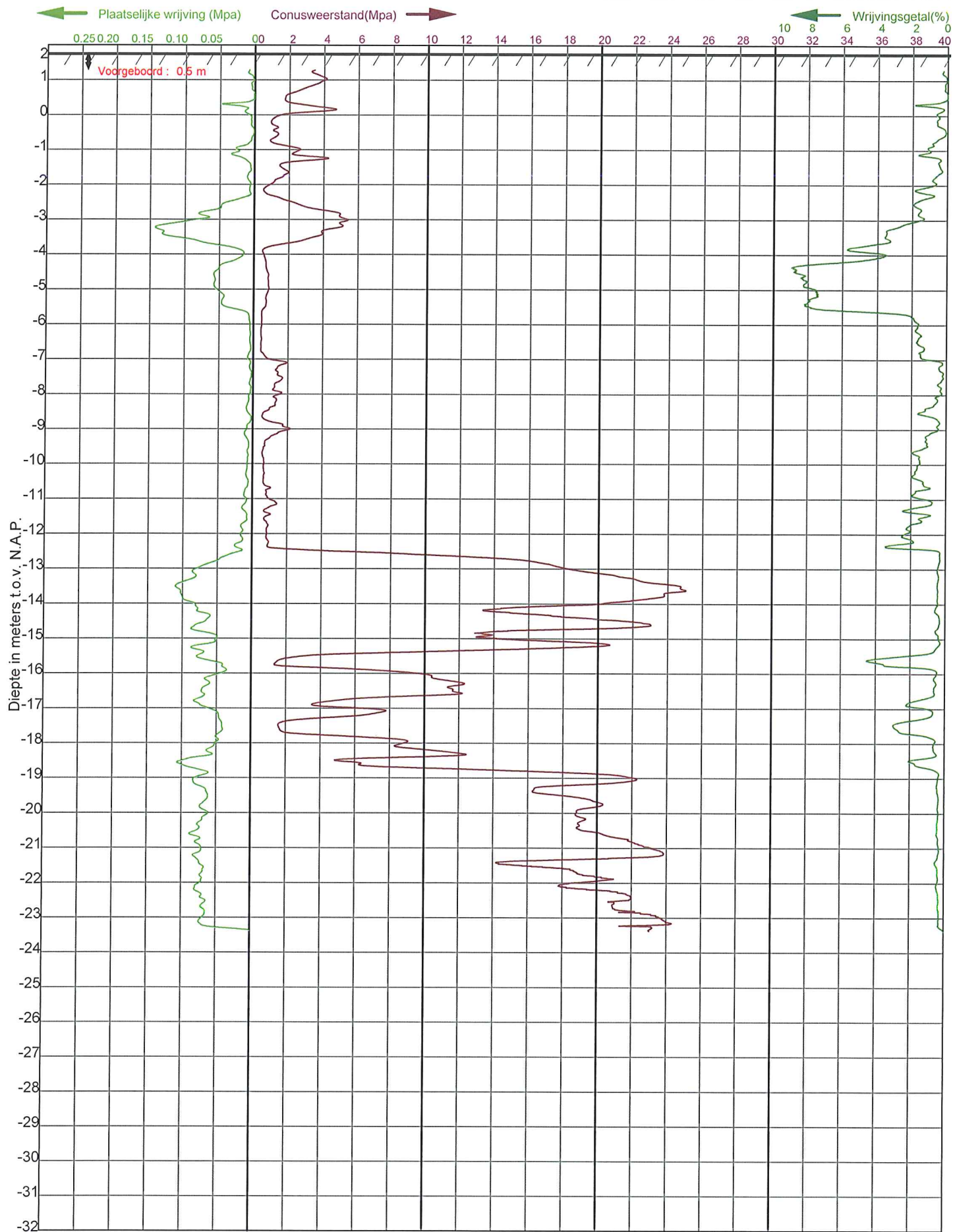


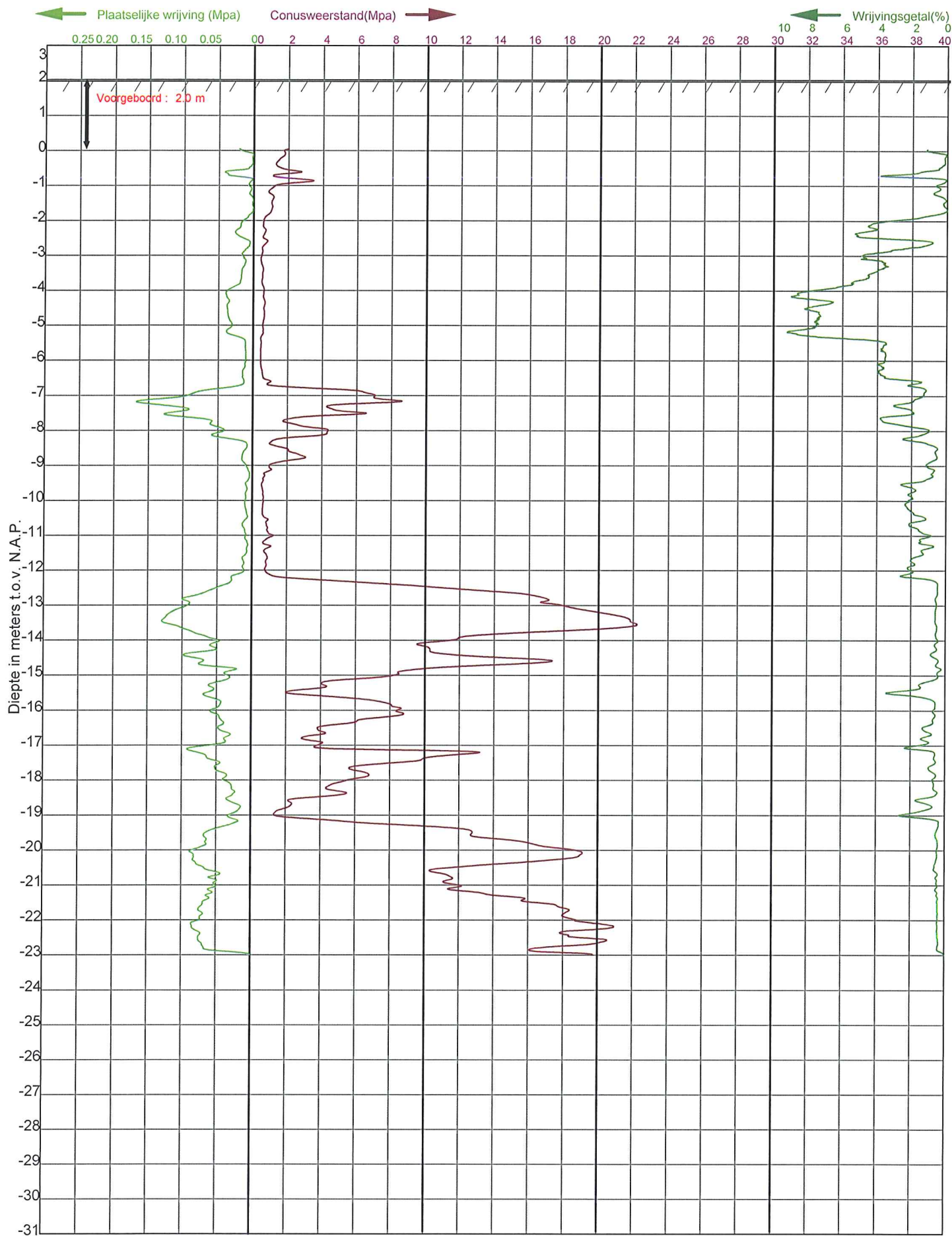




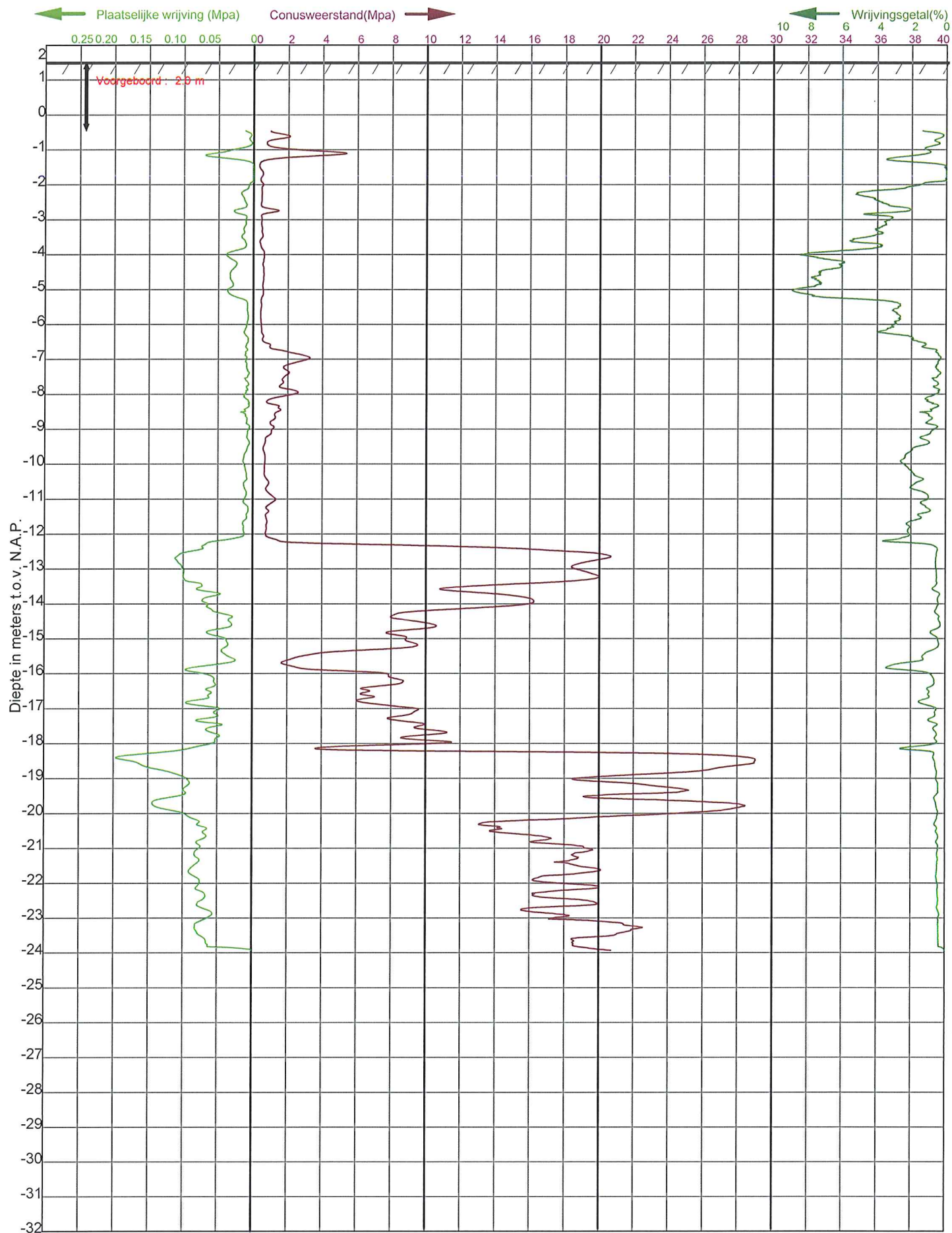


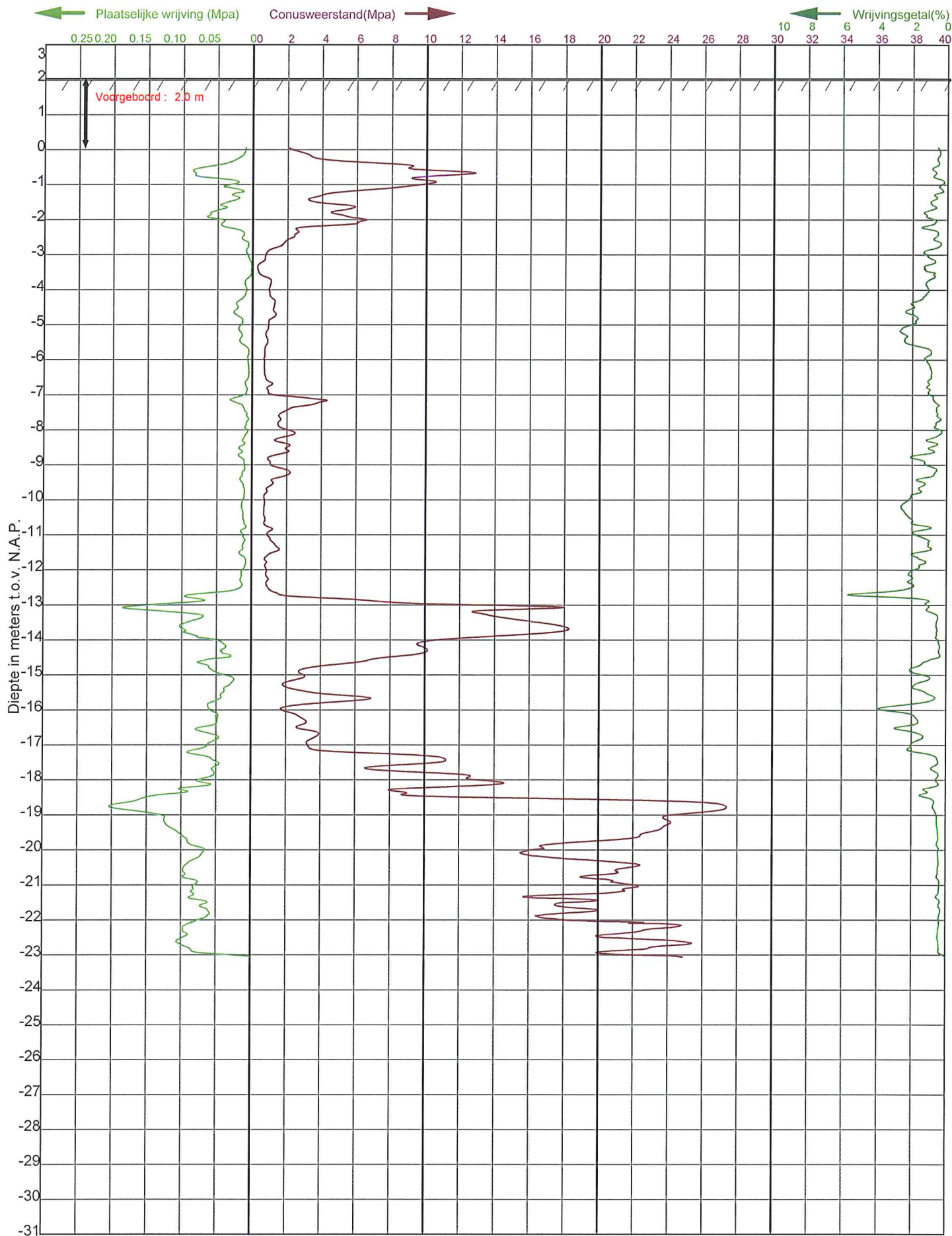












## Boorstaat: DKM 10

Waarderingscijfer

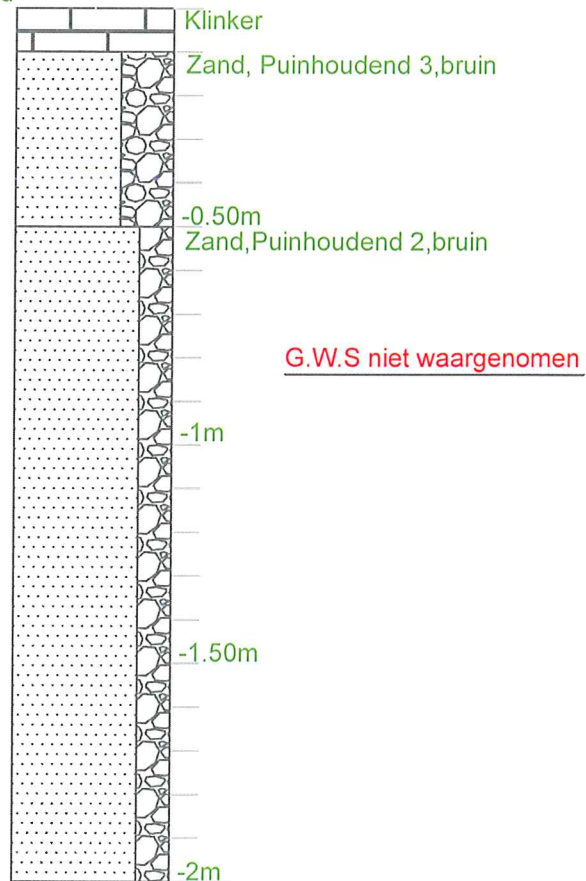
Gradatie zand

- 1: Uiterst fijn
- 2: Zeer fijn
- 3: Matig fijn
- 4: Matig grof
- 5: Zeer grof
- 6: Uiterst grof

Toevoegingen

- 1: Zwak
- 2: Matig
- 3: Sterk
- 4: Uiterst

0.0m = maaiveld





## Boorstaat: DKM 11

Waarderingscijfer

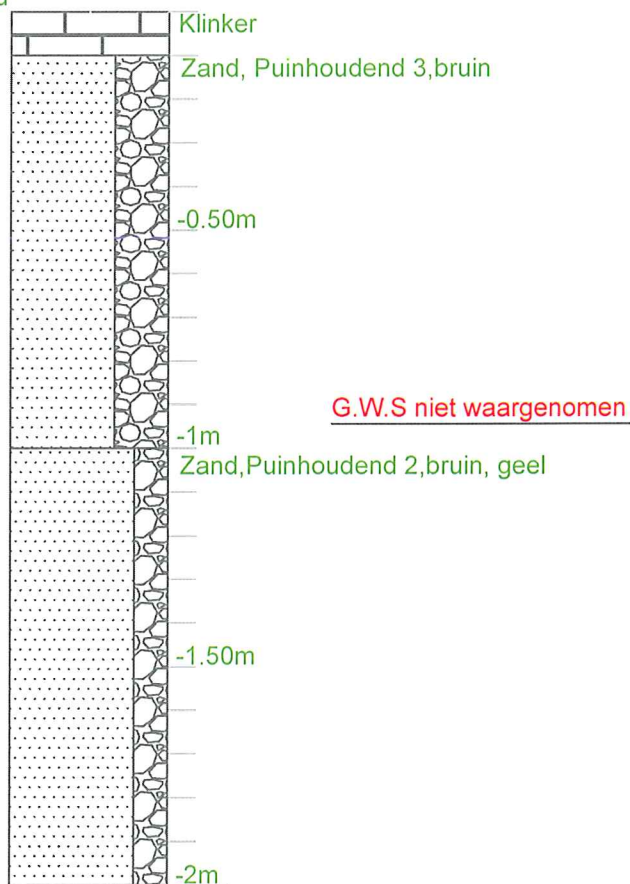
Gradatie zand

- 1: Uiterst fijn
- 2: Zeer fijn
- 3: Matig fijn
- 4: Matig grof
- 5: Zeer grof
- 6: Uiterst grof

Toevoegingen

- 1: Zwak
- 2: Matig
- 3: Sterk
- 4: Uiterst

0.0m = maaiveld



## Boorstaat: DKM 12

Waarderingscijfer

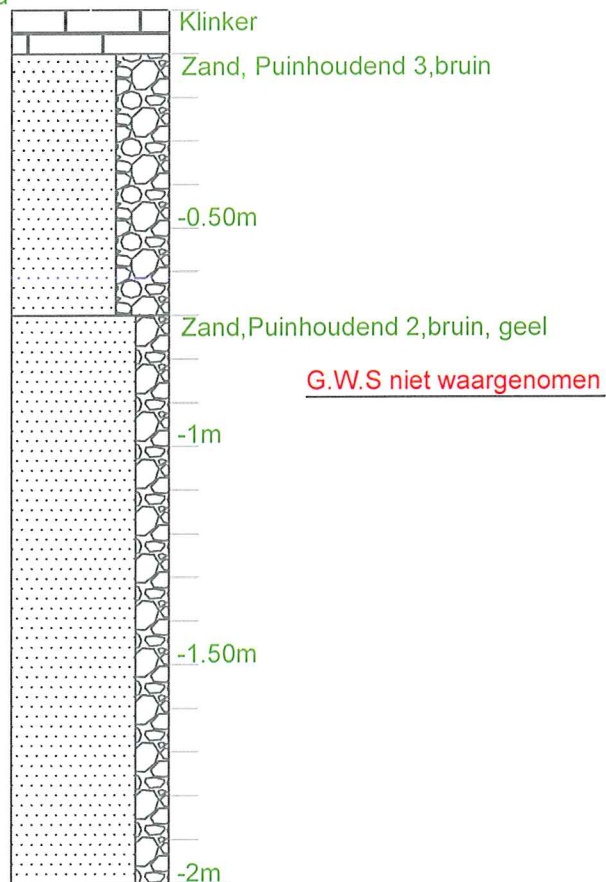
Gradatie zand

- 1: Uiterst fijn
- 2: Zeer fijn
- 3: Matig fijn
- 4: Matig grof
- 5: Zeer grof
- 6: Uiterst grof

Toevoegingen

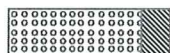
- 1: Zwak
- 2: Matig
- 3: Sterk
- 4: Uiterst

0.0m = maaiveld

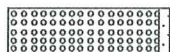


# Legenda conform NEN 5104

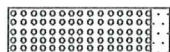
## Grind



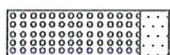
Grind, siltig



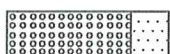
Grind, zwak zandig



Grind, matig zandig



Grind, sterk zandig

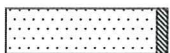


Grind, uiterst zandig

## Zand



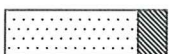
Zand, kleiig



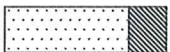
Zand, zwak siltig



Zand, matig siltig



Zand, sterk siltig



Zand, uiterst siltig

## Veen



Veen, mineraalarm



Veen, zwak kleiig



Veen, sterk kleiig



Veen, zwak zandig



Veen, sterk zandig

## Klei



Klei, zwak siltig



Klei, matig siltig



Klei, sterk siltig



Klei, uiterst siltig



Klei, zwak zandig



Klei, matig zandig



Klei, sterk zandig

## Leem

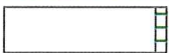


Leem, zwak zandig



Leem, sterk zandig

## Overige toevoegingen



Zwak humeus



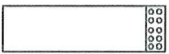
Matig humeus



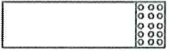
Sterk humeus



Zwak grindig



Matig grindig



Sterk grindig

## Peilbuis



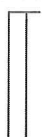
Filter

## Ongeroerd monster

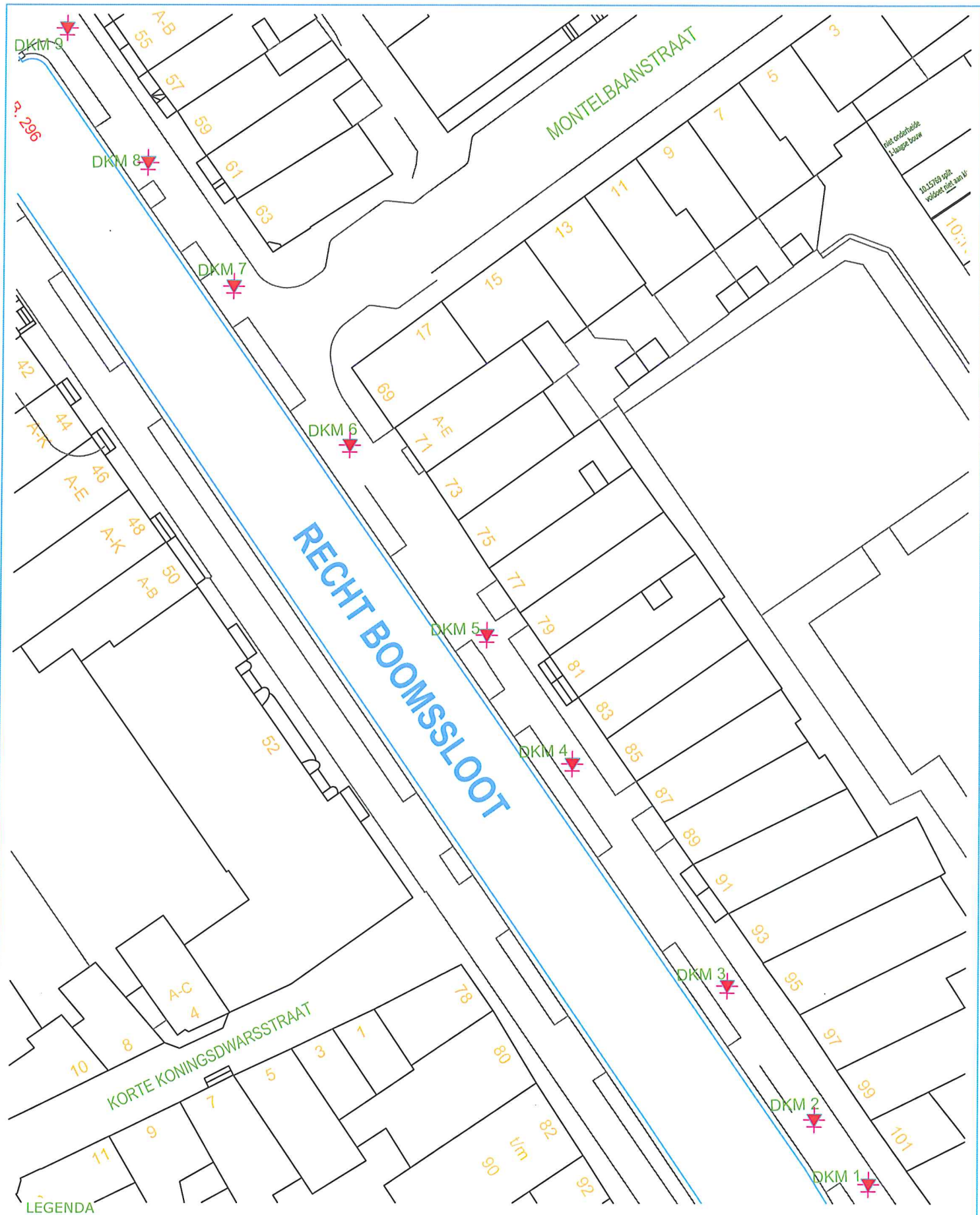


steekbus

## Geroerd monster







#### LEGENDA

- |  |   |   |
|--|---|---|
|  Diepsondering                           |  Sondering eerder uitgevoerd |  Boring (HB)   |
|  Diepsondering met plaatselijke wrijving |  Sondering niet uitgevoerd   |  Peilbuis (PB) |



- LANKELMA**  
ADVIESBUREAU  
VOOR GEO MILIEU EN FUNDERINGSTECHNIEK
- Postbus 712, 1440 AS Purmerend  
Telefoon: 0299 - 41 10 11  
website: [www.lankelma.nl](http://www.lankelma.nl) email: [info@lankelma.nl](mailto:info@lankelma.nl)

## Locatie sonderingen

Getekend: AB  
Schaal: n.v.t.  
Datum: 10-12-2014  
Gewijzigd:  
Werknr.: 1418385



Opdrachtgever: Gemeente Amsterdam  
Postbus 12693  
1100 AR Amsterdam

Contactpersoon: Dhr: Kroeger

Projectnummer: 17.19691

Datum rapport: 3 november 2017

Bijzonderheden:

Bijlagen: 4 Sonderingen  
1 Boorstaat  
1 Situatieschets  
Toelichting grondonderzoek



Versie	Datum	Omschrijving	Paraaf projectleider
1	3-11-2017	Eerste versie	
2	3-11-2017	Definitieve versie	

## Toelichting grondonderzoek

### Onderzoek

De sonderingen worden door Lankelma conform NEN-EN-ISO 22476-1 uitgevoerd, waarbij standaard de "electrische kleefmantelconus" wordt toegepast, waarmee zowel de conusweerstand als de plaatselijke wrijvingsweerstand gelijktijdig wordt gemeten. Bij het uitvoeren van een sondering conform NEN-EN-ISO 22476-1 wordt de puntweerstand gemeten, die moet worden overwonnen om een conus met een tophoek van 60° en een basisoppervlak van 1000 mm<sup>2</sup> met een constante snelheid van ca. 20 mm/s in de bodem te drukken. Voor de meting van de wrijvingsweerstand is een mantel met een oppervlak van 15000 mm<sup>2</sup> boven de punt aangebracht. De druk op de conuspunt (conusweerstand in MPa) en de wrijving langs de kleefmantel (plaatselijke wrijvingsweerstand in MPa) worden door rekstroken in de conus continu gemeten. Het basisoppervlak van de conus mag volgens de NEN-EN-ISO 22476-1 tussen 500 en 2000 mm<sup>2</sup> variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten toegepast behoeven te worden. De sonderingen die uitgevoerd zijn door Lankelma worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm<sup>2</sup> en een manteloppervlak van 20000 mm<sup>2</sup>.

Er wordt veelal gebruik gemaakt van een kortere conus waarbij in afwijking van NEN-EN-ISO 22476-1 het cilindrische deel vanaf de conuspunt een lengte heeft van 230 mm in plaats van de genormeerde lengte van 400 mm. Uit onderzoek is naar voren gekomen, dat de invloed van de lengte van de conus op het sondeerresultaat verwaarloosbaar is, terwijl met een kortere conus met minder risico een grotere sondeerdiepte kan worden bereikt.

### Meetresultaat

De meetsignalen worden digitaal via een kabel of draadloos naar een elektrische meeteenheid gestuurd en tezamen met de diepte en de tijd op een computer opgeslagen. De definitieve verwerking van de gegevens vindt daarna op kantoor plaats, waarbij de gemeten parameters tegen de diepte in grafiekvorm wordt uitgewerkt. Door continue registratie van de gemeten conus- en wrijvingsweerstand wordt een nauwkeurig beeld van de gelaagdheid en de vastheid van de bodem verkregen. De weerstand wordt uitgedrukt in mega- pascal, 1 MPa is gelijk aan 1 N/mm<sup>2</sup>, en de diepte wordt uitgedrukt in meters. De plaatselijke wrijving wordt standaard gemeten en in de grafiek weergegeven. Daarbij wordt het wrijvingsgetal  $R_f$  in % aan de rechterkant in de grafiek weergegeven, dit geeft een indicatie van de bodemopbouw. (tabel 1)

In de elektrische conus is standaard een hellingmeter ingebouwd waarmee tijdens het sonderen de afwijking van de conus met de verticaal wordt geregistreerd. Onjuiste diepte-aanduiding als gevolg van "krom sonderen" wordt hiermee voorkomen. Afhankelijk van de sondeerklasse wordt de diepte hiervoor gecorrigeerd.

Grondsoort	Conusweerstand (MPa)		Wrijvingsgetal (%)		
fijn zand		> 5	0,6	-	1,4
zand, siltig / kleiig		> 2	0,8	-	2,0
klei	0	- 5	2,0	-	7,0
veen	0	- 5	5,0	-	12,0

Tabel 1; grondsoort in vergelijking tot wrijvingsgetal

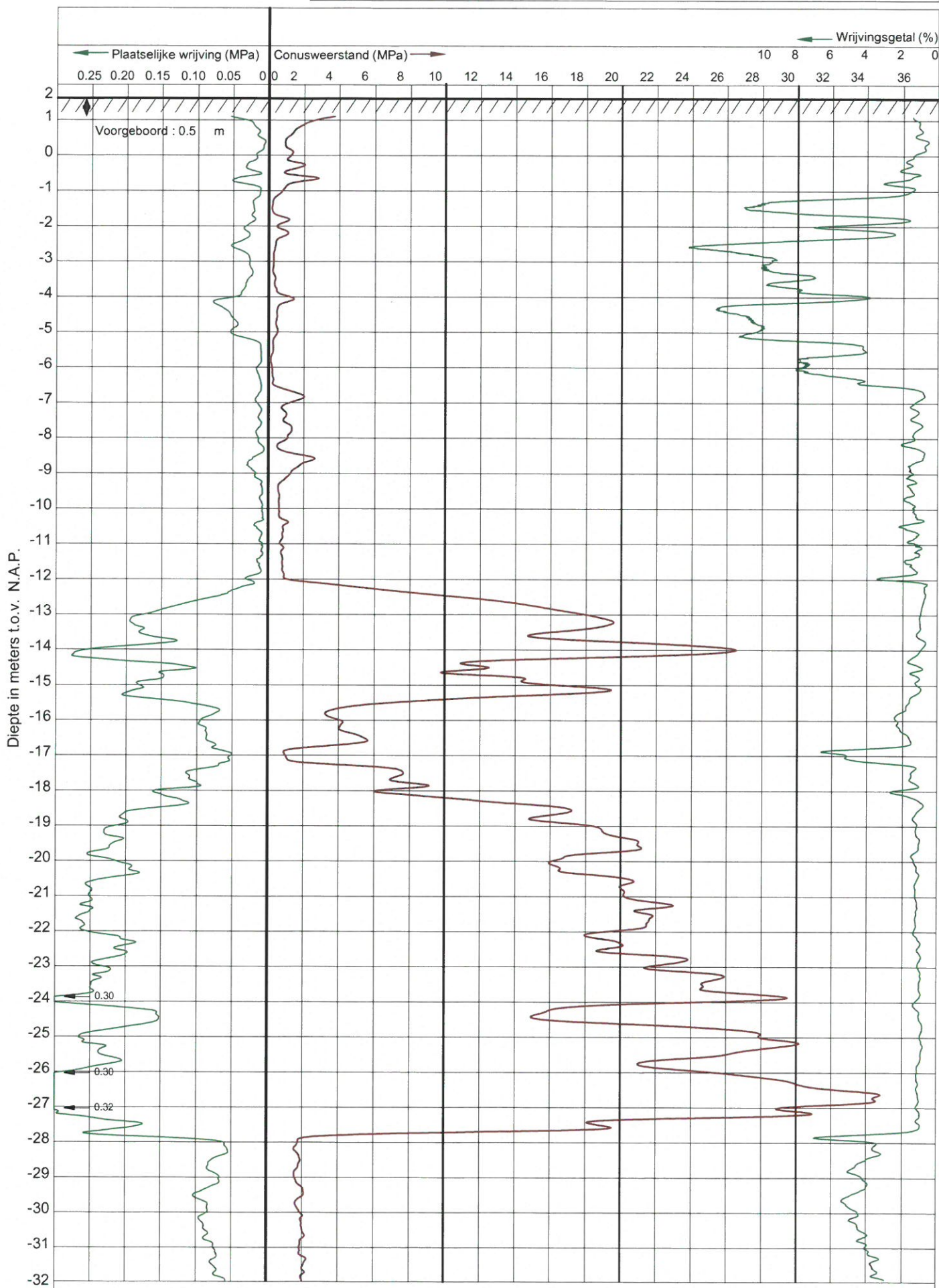


### Klassenindeling: NEN-EN ISO 22476-1 elektrisch sonderen

De Nederlandse norm gaat uit van vier kwaliteitsklassen. Voorafgaand aan de uitvoering dient een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse het werk minimaal uitgevoerd moet worden. Deze kwaliteitsklasse bepaalt de meetnauwkeurigheid van te meten conusweerstand, plaatselijke wrijvingsweerstand en diepte. Lankelma sonderingen vallen standaard in klasse 2. Dit is de hoogst haalbare kwaliteitsklasse voor de gebruikelijke meetapparatuur in Nederland. Klasse 1 sonderingen dienen alleen voor calibratiedoeleinden en wetenschappelijk onderzoek. Bij routinematige sonderingen kunnen de specificaties van klasse 1 sonderingen alleen door aanvullende maatregelen worden benaderd. In onderstaand tabel worden de diverse klasse weergegeven.

Klasse	Meetgrootheid	Toelaatbare meeton nauw- keurigheid	Maximaal toelaatbare sondeerlengte interval tussen de meting
1	conusweerstand plaatselijke wrijvingsweerstand waterspanning helling sondeerdiepte	35 kPa of 5% 5 kPa of 10% 10 kPa of 2% 2° 0,1m of 1%	20 mm
2	conusweerstand plaatselijke wrijvingsweerstand waterspanning helling sondeerdiepte	100 kPa of 5% 15 kPa of 15% 25 kPa of 3% 2° 0,1m of 1%	20 mm
3	conusweerstand plaatselijke wrijvingsweerstand waterspanning helling sondeerdiepte	200 kPa of 5% 25 kPa of 15% 50 kPa of 5% 5° 0,2m of 2%	50 mm
4	conusweerstand plaatselijke wrijvingsweerstand sondeerdiepte	500 kPa of 5% 50 kPa of 20% 0,2m of 1%	50 mm
Opm. de toelaatbare meeton nauwkeurigheid is de grotere waarde van de absolute meeton nauwkeurigheid en de relatieve meeton nauwkeurigheid. De relatieve meeton nauwkeurigheid geldt voor de meetwaarde en niet voor het meetbereik			

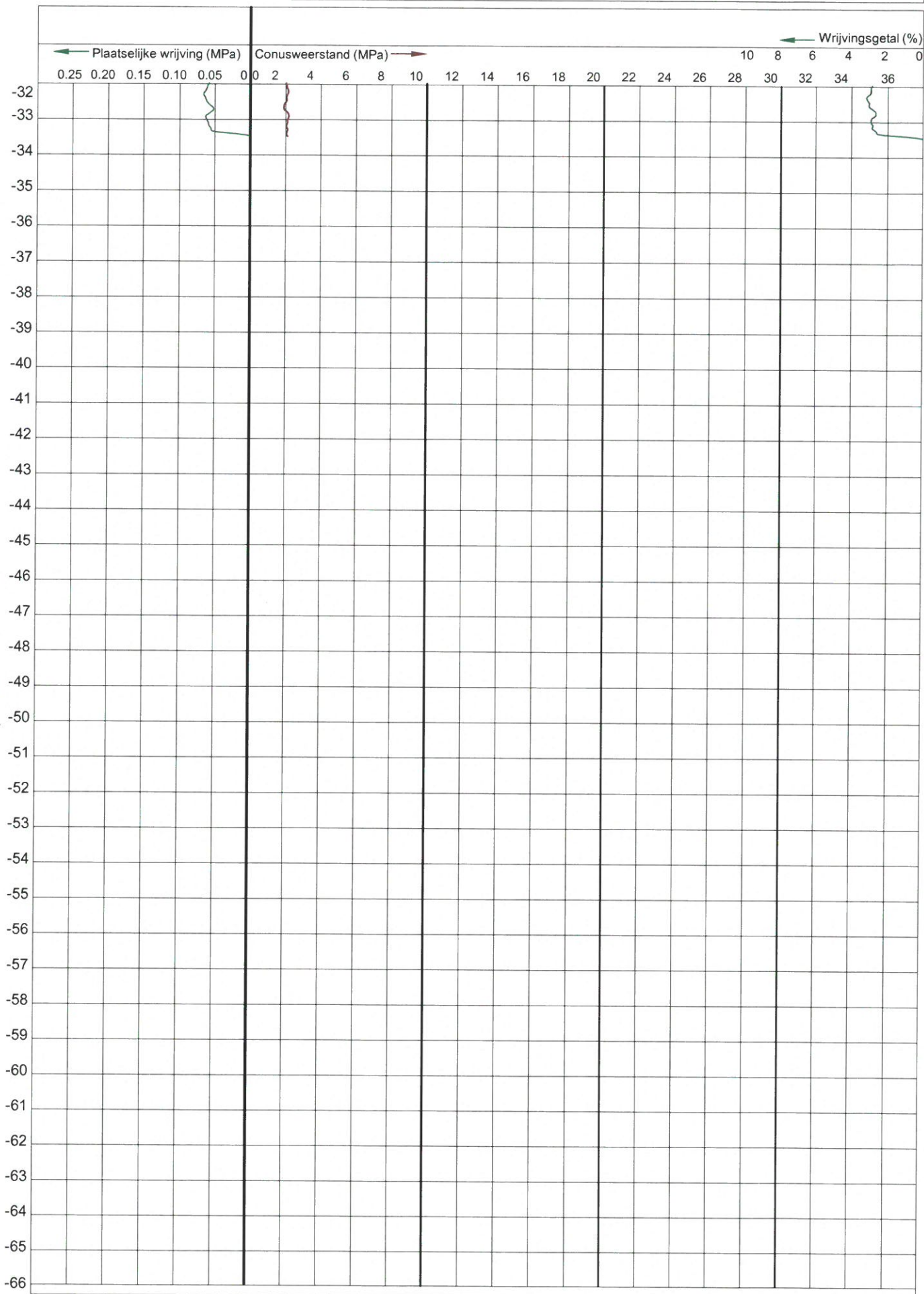
Tabel 2: kwaliteitsklasse

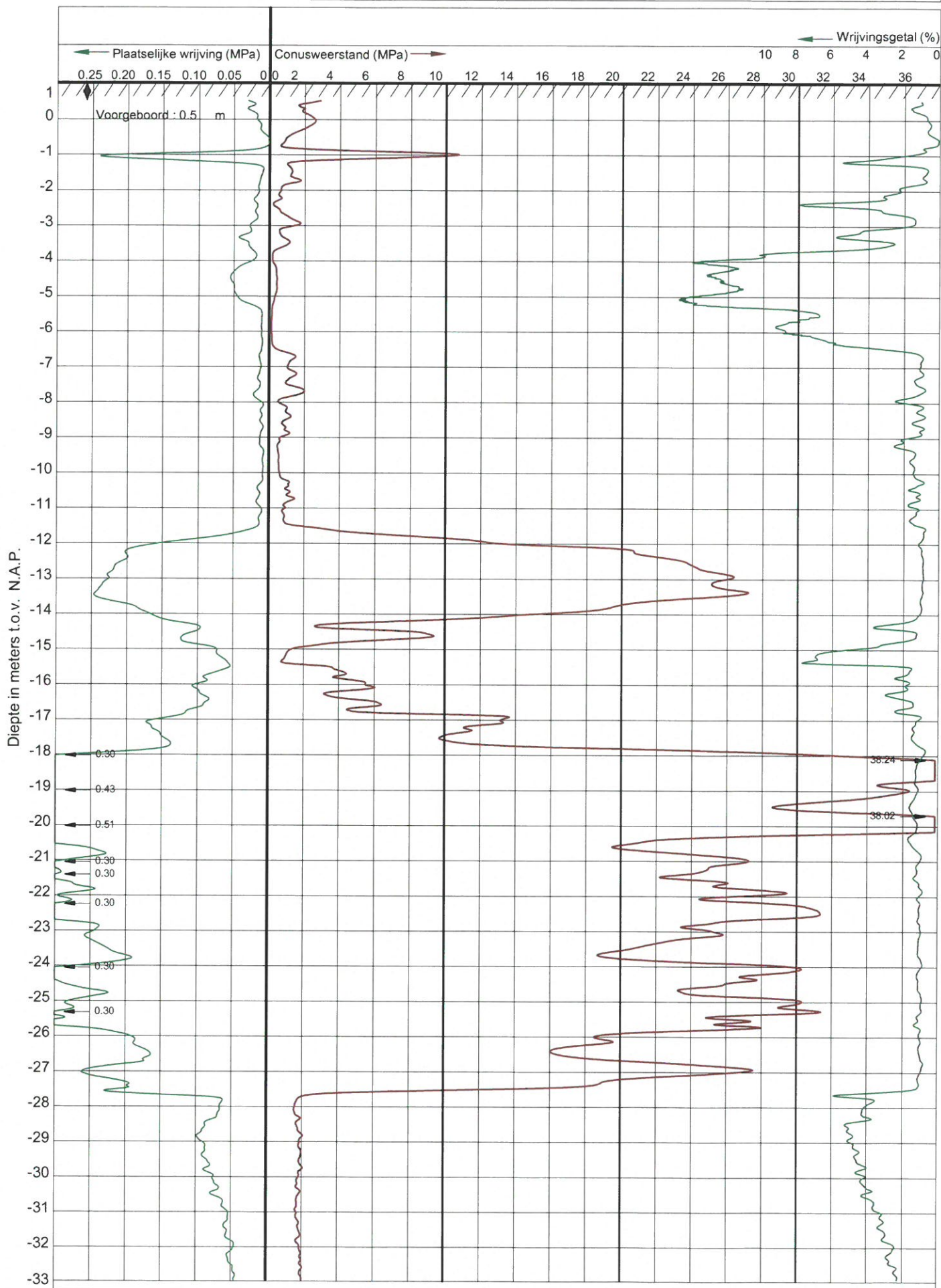






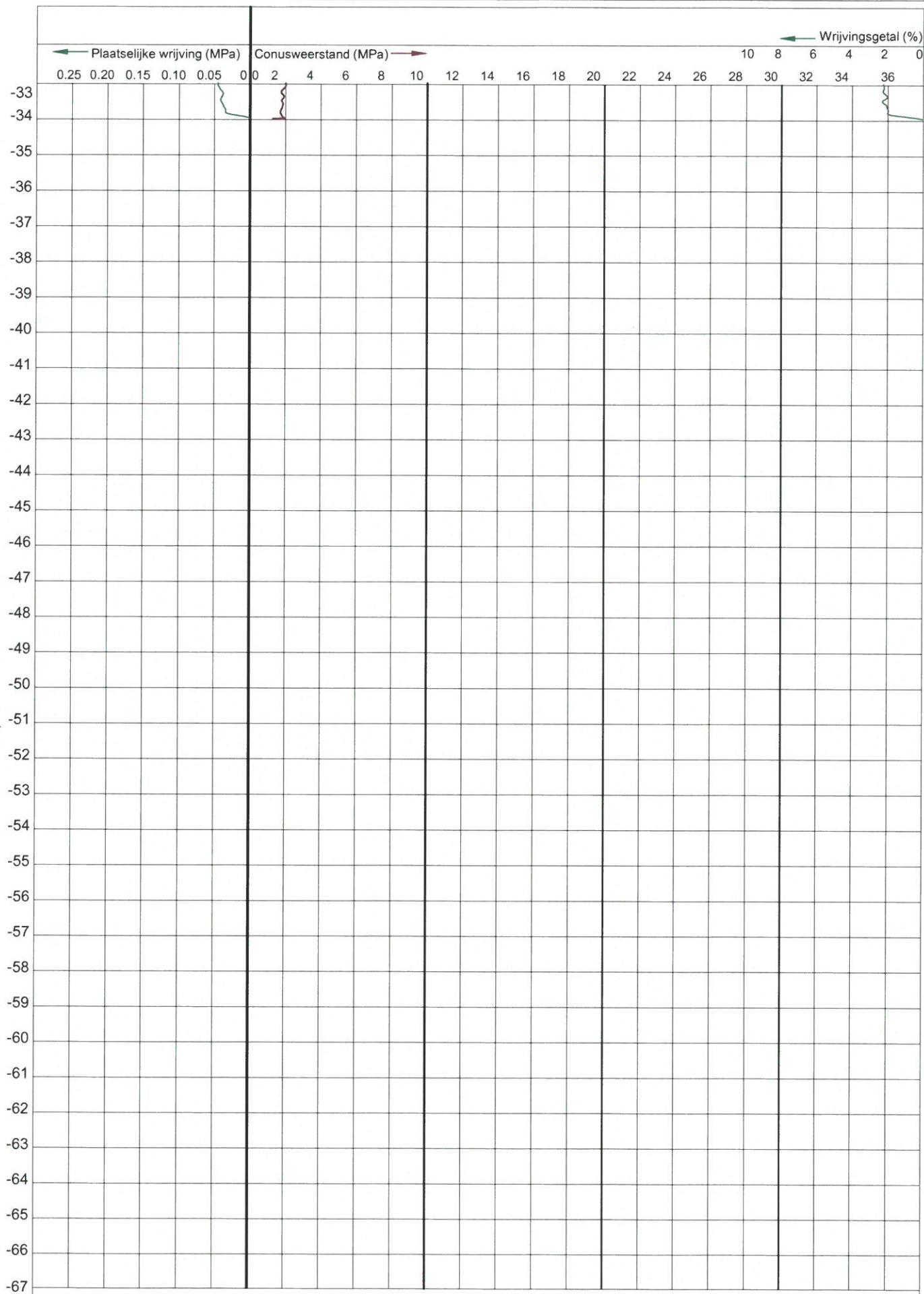
Diepte in meters t.o.v. N.A.P.

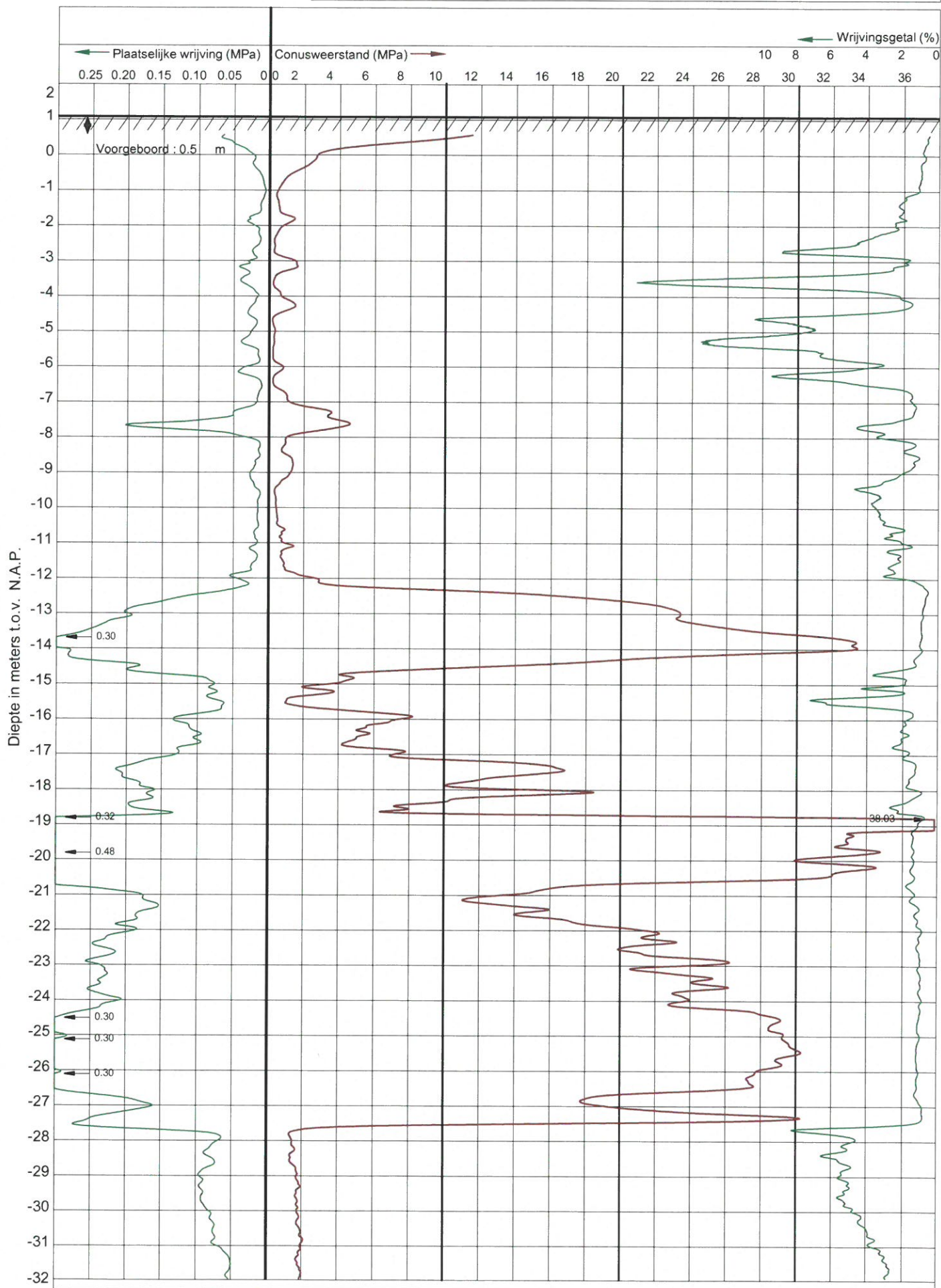






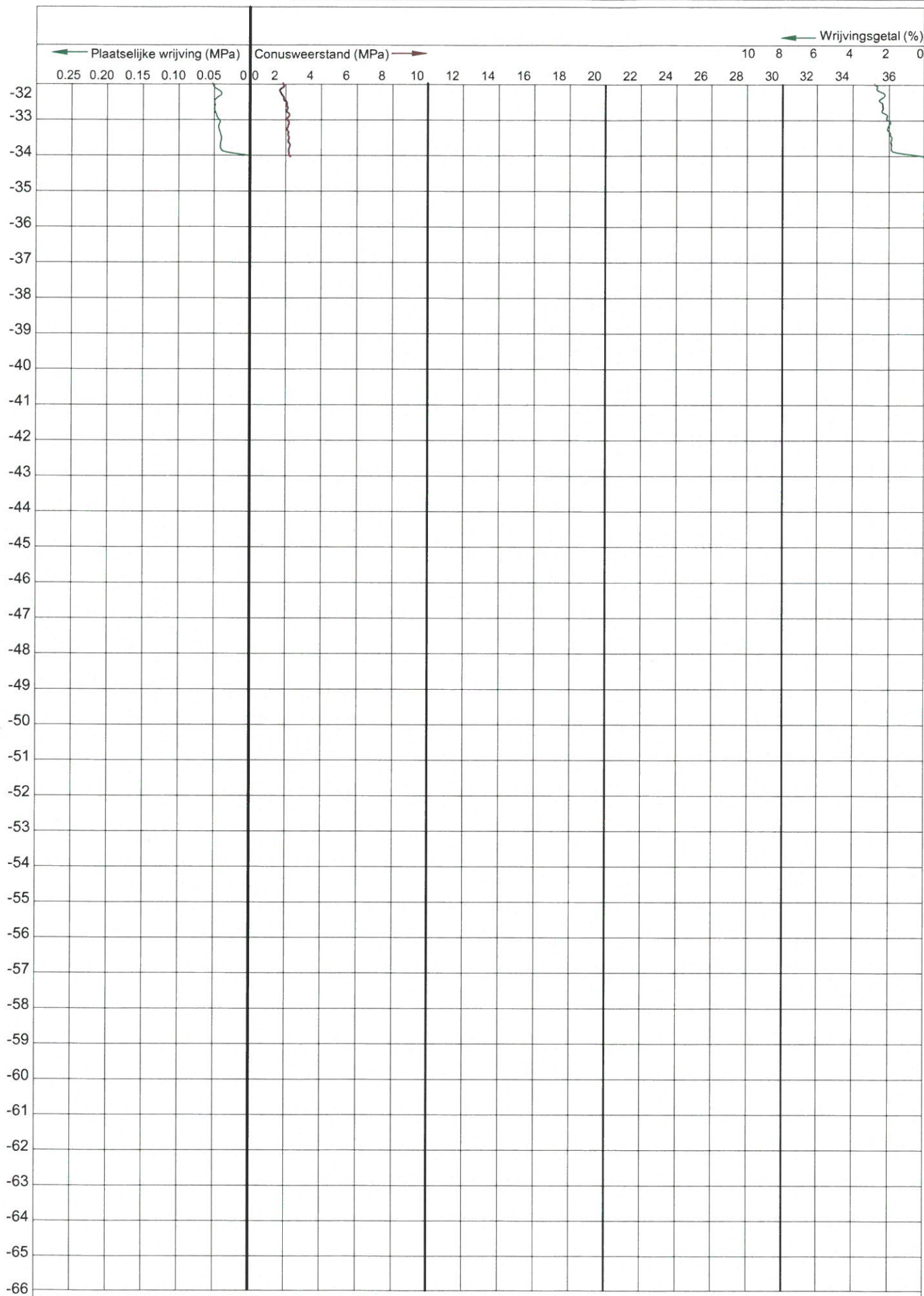
Diepte in meters t.o.v. N.A.P.



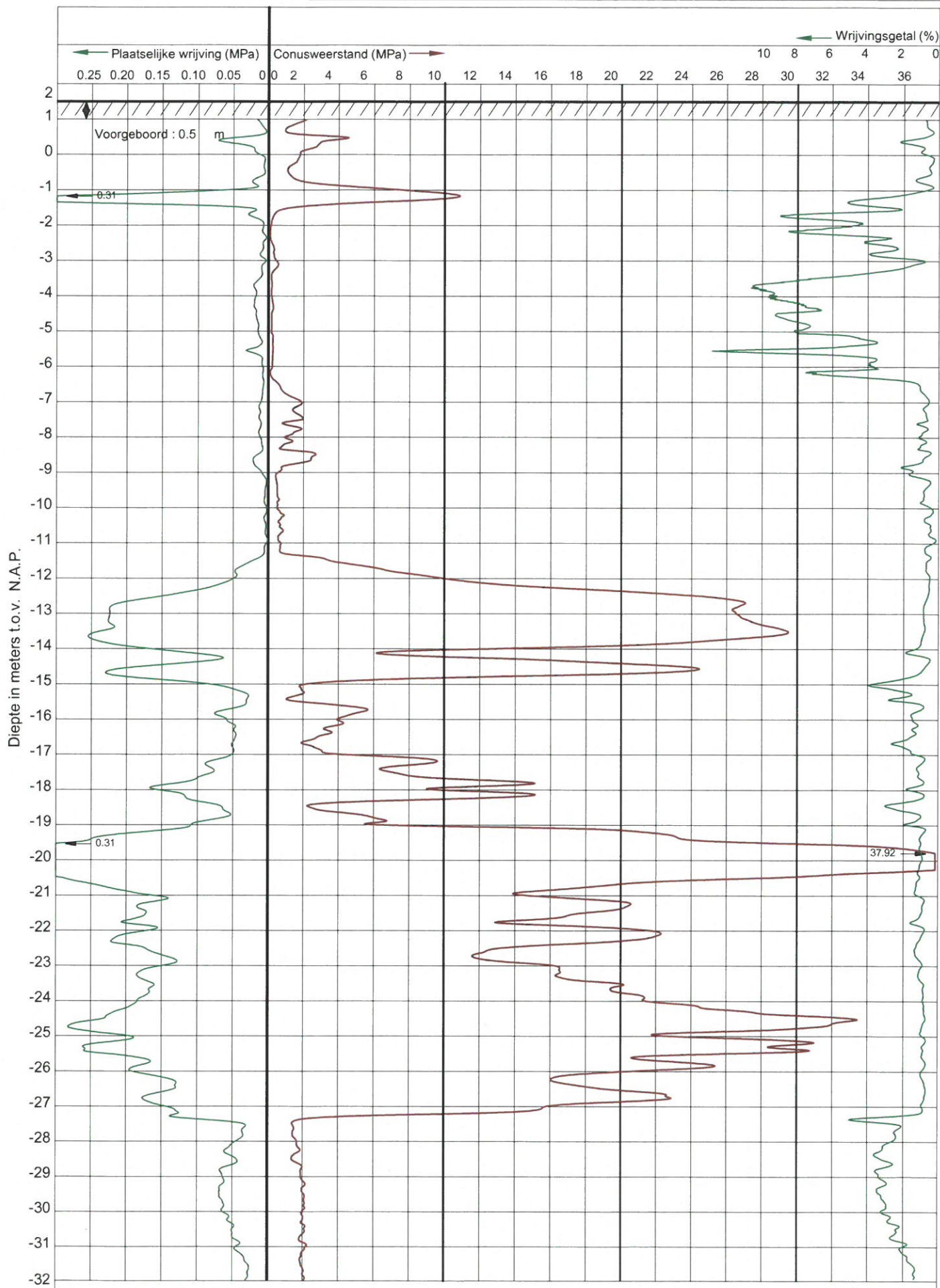




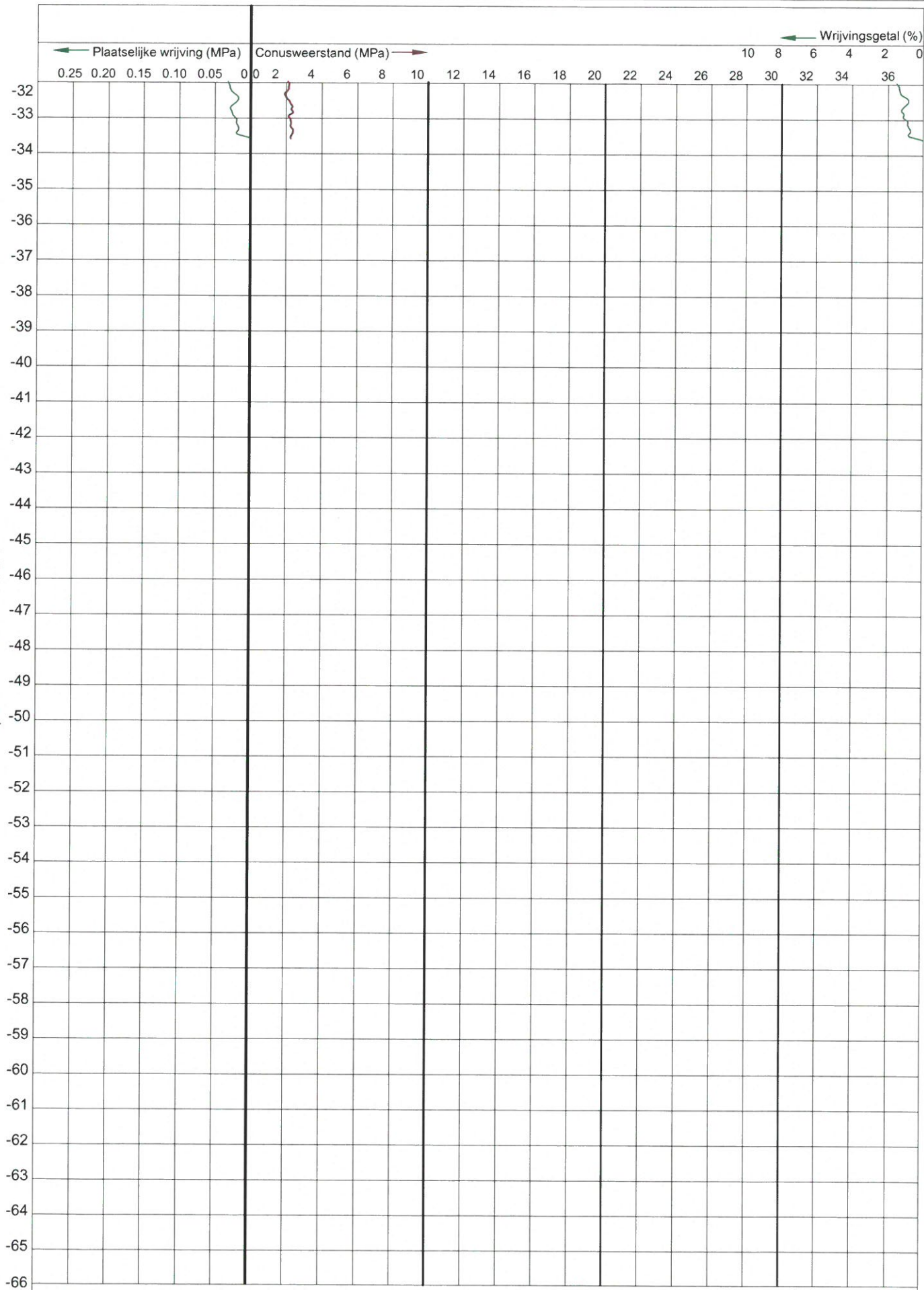
Diepte in meters t.o.v. N.A.P.







Diepte in meters t.o.v. N.A.P.



## Boorstaat: DKM 3

Waarderingscijfer

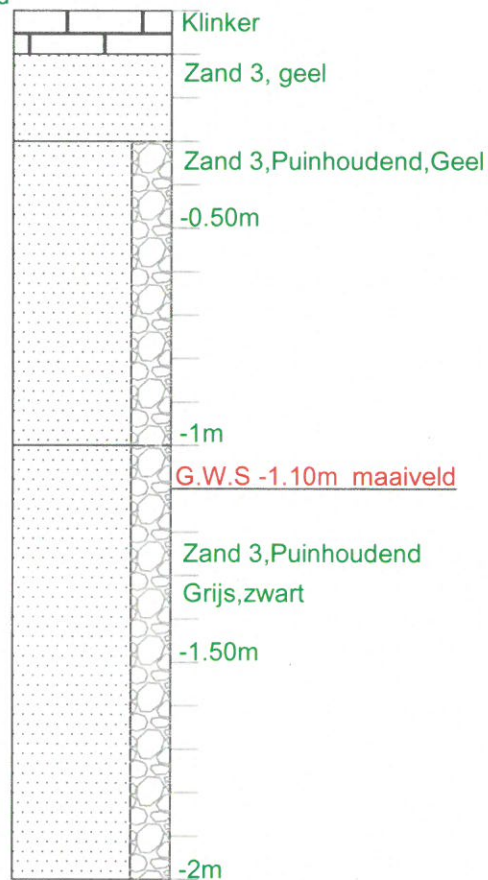
Gradatie zand

- 1: Uiterst fijn
- 2: Zeer fijn
- 3: Matig fijn
- 4: Matig grof
- 5: Zeer grof
- 6: Uiterst grof

Toevoegingen

- 1: Zwak
- 2: Matig
- 3: Sterk
- 4: Uiterst

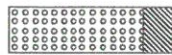
0.0m = maaiveld



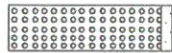


# Legenda conform NEN-EN-ISO 22476-1

## Grind



Grind, siltig



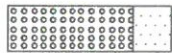
Grind, zwak zandig



Grind, matig zandig



Grind, sterk zandig



Grind, uiterst zandig

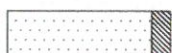
## Zand



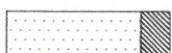
Zand, kleiig



Zand, zwak siltig



Zand, matig siltig

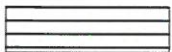


Zand, sterk siltig

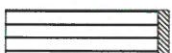


Zand, uiterst siltig

## Veen



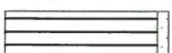
Veen, mineraalarm



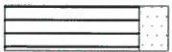
Veen, zwak kleiig



Veen, sterk kleiig



Veen, zwak zandig



Veen, sterk zandig

## Klei



Klei, zwak siltig



Klei, matig siltig



Klei, sterk siltig



Klei, uiterst siltig



Klei, zwak zandig



Klei, matig zandig



Klei, sterk zandig

## Leem



Leem, zwak zandig

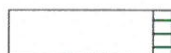


Leem, sterk zandig

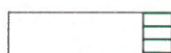
## Overige toevoegingen



Zwak humeus



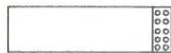
Matig humeus



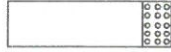
Sterk humeus



Zwak grindig



Matig grindig



Sterk grindig

## Peilbuis



Filter

## Ongeroerd monster



steekbus

## Geroerd monster



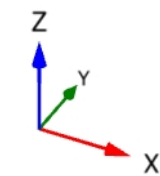
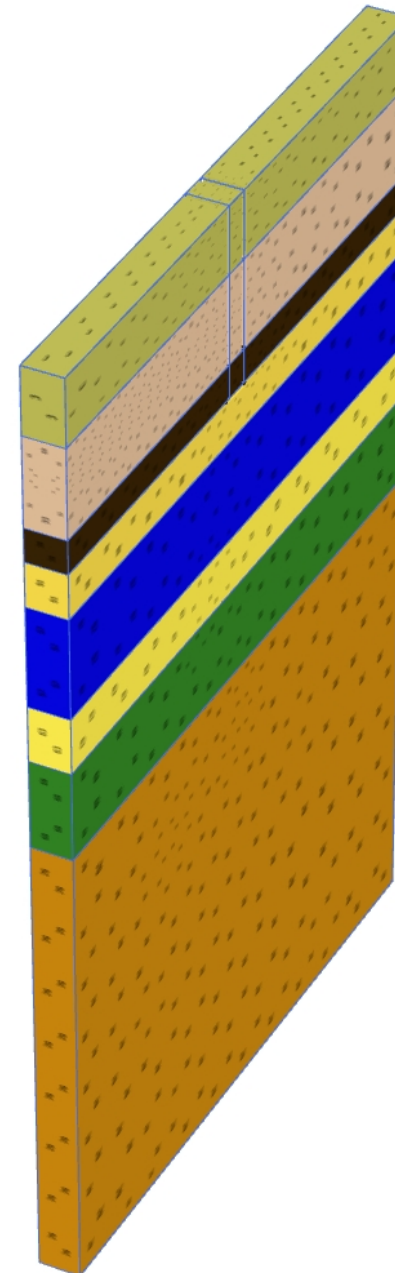
# II

## BIJLAGE: BEREKENING VERVORMINGEN EN KRACHTSWERKING (PLAXIS)



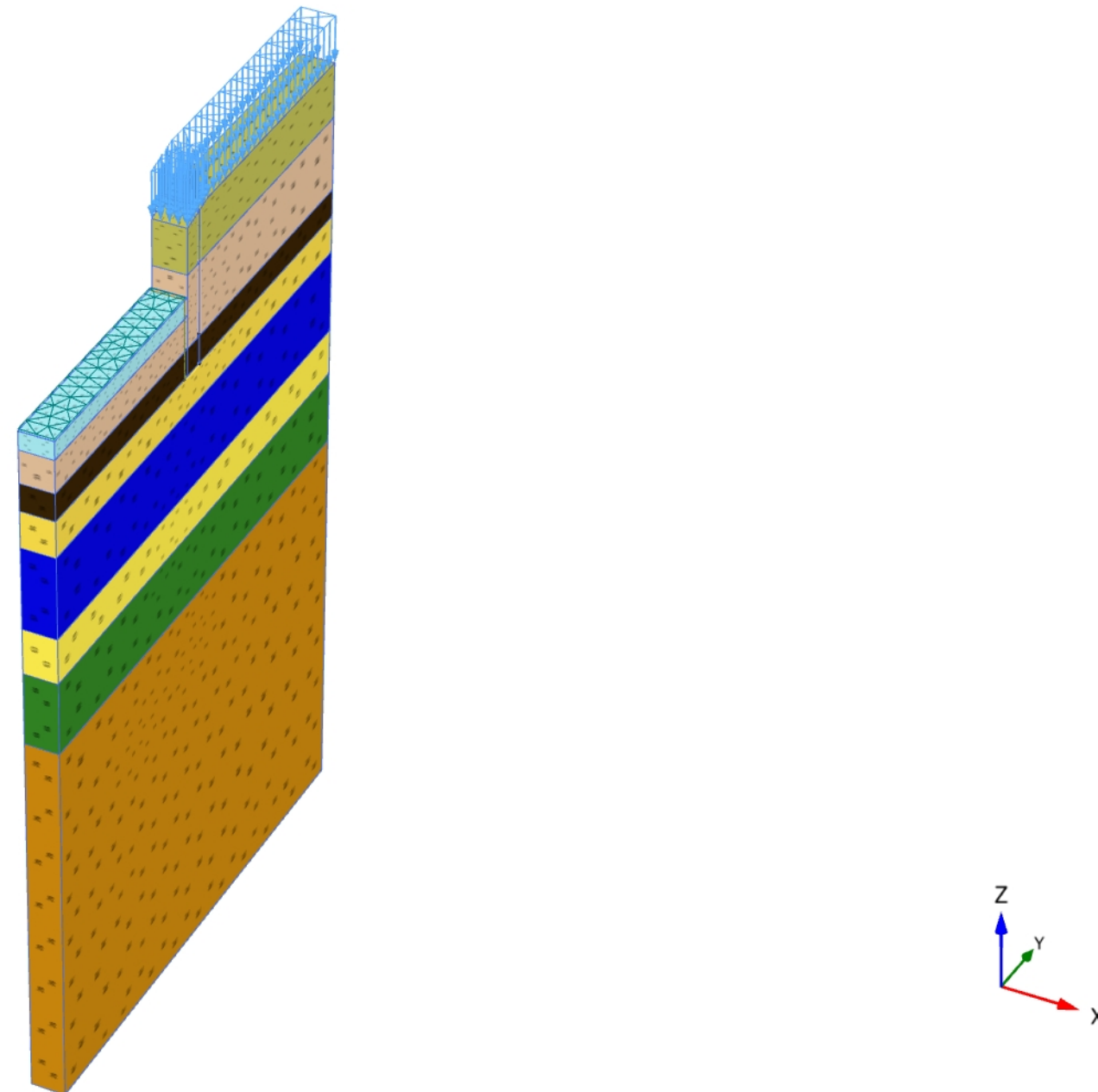
# PLAXIS Report

### 1.1.1.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Connectivity plot



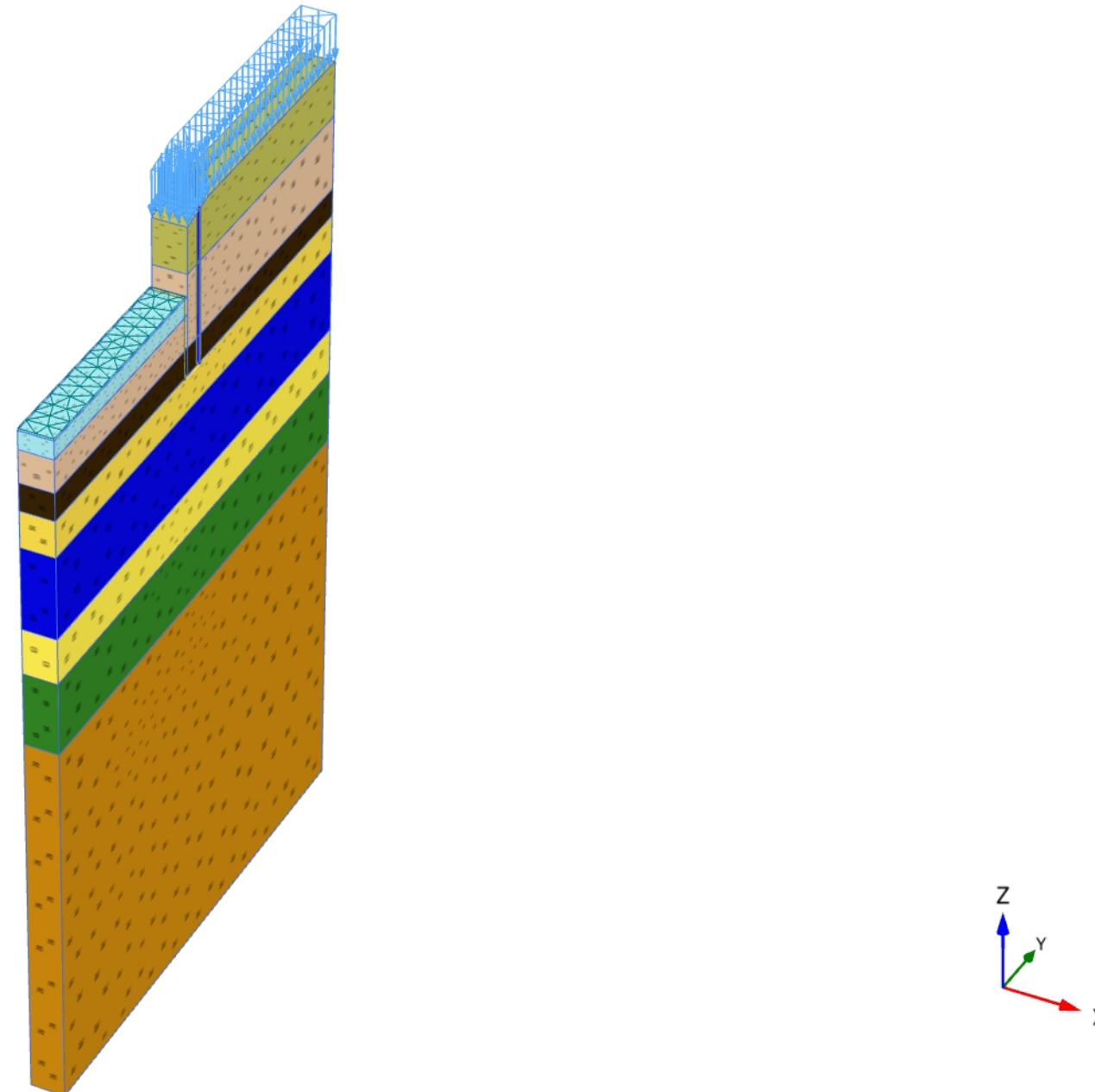
**Connectivity plot**

1.1.1.2 Calculation results, 1 - Ontgraven 0.5m t.b.v. installatie ankerpalen [Phase\_3] (12/3), Connectivity plot



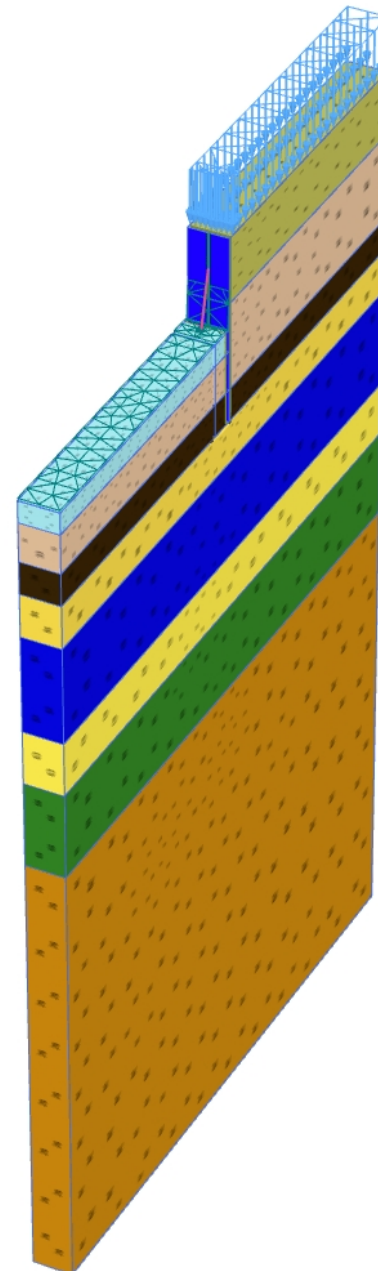
**Connectivity plot**

### 1.1.1.3 Calculation results, 2 - Installatie combiwand + ankerpalen [Phase\_4] (13/6), Connectivity plot



**Connectivity plot**

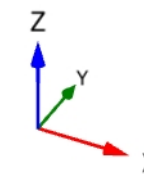
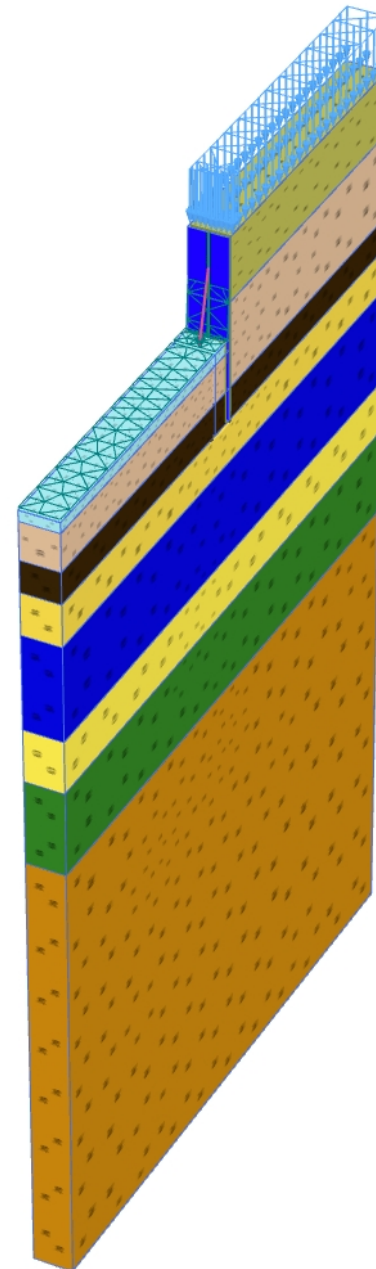
#### 1.1.1.4 Calculation results, 4 - Voorbelasten kade [Phase\_1] (1/21), Connectivity plot



**Connectivity plot**

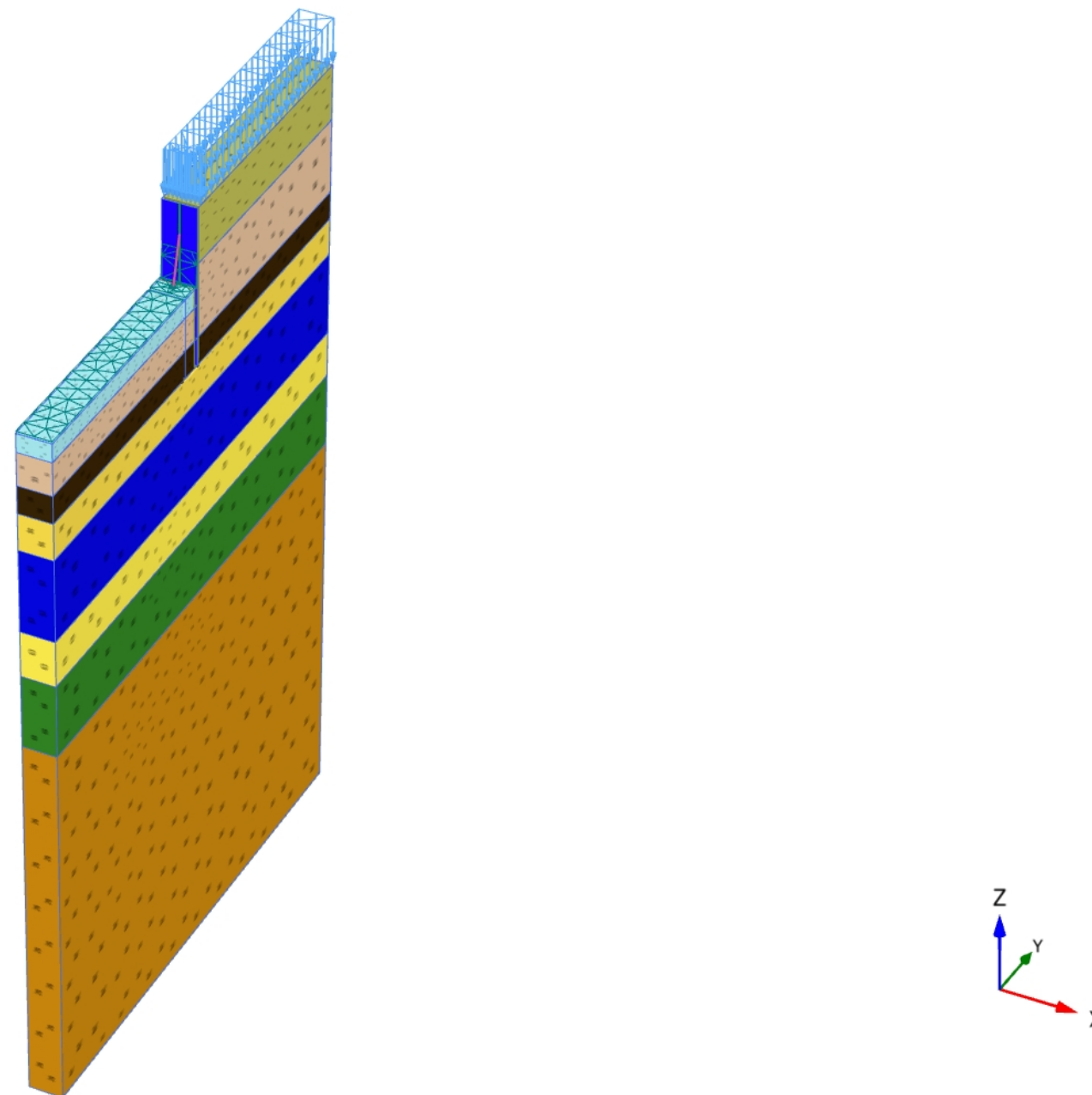


### 1.1.1.5 Calculation results, 6a - Voorbereiding UGT fase [Phase\_11] (11/80), Connectivity plot



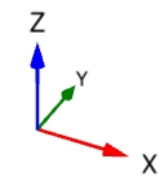
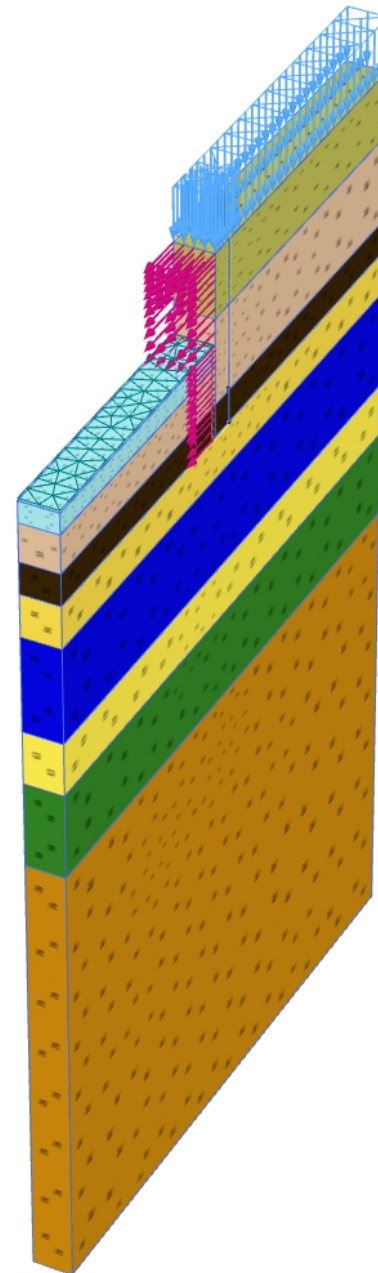
**Connectivity plot**

### 1.1.1.6 Calculation results, 5 - Eindsituatie [Phase\_7] (17/95), Connectivity plot



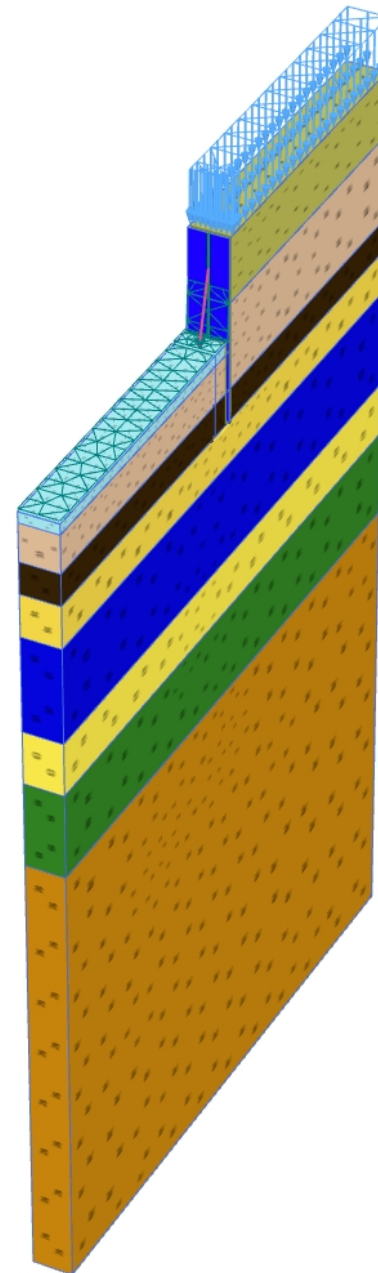
**Connectivity plot**

### 1.1.1.7 Calculation results, Huidige situatie [Phase\_10] (16/157), Connectivity plot



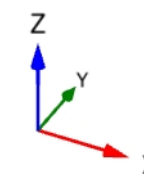
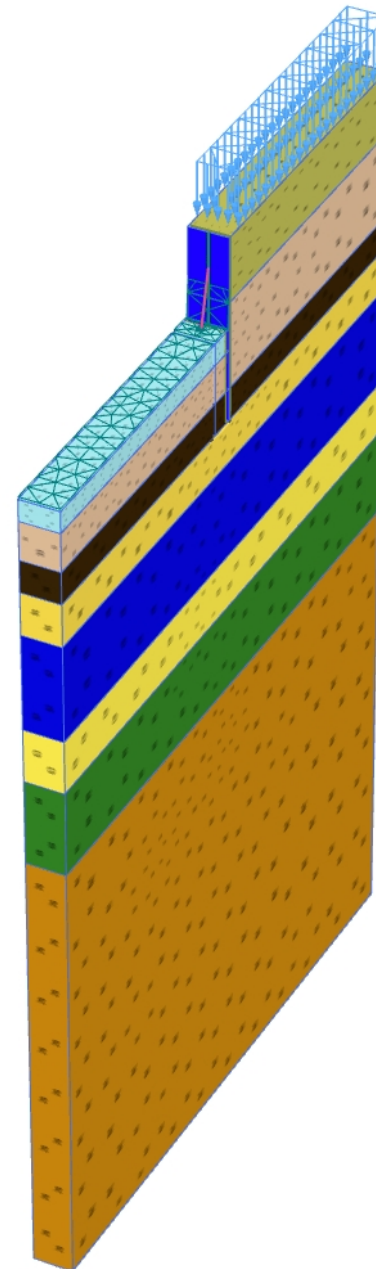
**Connectivity plot**

### 1.1.1.8 Calculation results, 6b - Phi-c' 1.25 [Phase\_9] (19/239), Connectivity plot



**Connectivity plot**






### 1.1.1.9 Calculation results, 3 - Slopen oude kademuur [Phase\_5] (14/343), Connectivity plot



**Connectivity plot**








1.1.2.1.1.1 Materials - Soil and interfaces - Hardening soil (1/2)

Identification		01 BGT Aanvulling	11 BGT Hydrobiaklei	13 BGT 1e zandlaag	14 BGT Alleröd	17 BGT Tweede zandlaag
Identification number		1	2	3	4	5
Drainage type		Drained	Undrained (A)	Drained	Drained	Drained
Colour						
Comments						
$\gamma_{unsat}$	kN/m <sup>3</sup>	16,00	15,20	19,80	18,50	19,00
$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	18,00	15,20	19,80	18,50	19,00
Dilatancy cut-off		No	No	No	No	No
$e_{init}$		0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,6400
$e_{min}$		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$e_{max}$		999,0	999,0	999,0	999,0	999,0
Rayleigh		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Rayleigh		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$E_{50}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	8567	6500	35,00E3	15,00E3	32,00E3
$E_{oed}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	6000	4633	20,00E3	7000	25,00E3
$E_{ur}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	25,00E3	13,00E3	100,0E3	30,00E3	80,00E3
power (m)		0,5000	0,8000	0,5000	0,5000	0,5000
Use alternatives		No	No	No	No	No
$C_c$		0,05750	0,07447	0,01725	0,04929	0,01509
$C_s$		0,01242	0,02388	3,105E-3	0,01035	4,244E-3
$e_{init}$		0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,6400
$C_{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	2,000	5,000	0,1000	0,1000	0,1000
(phi)	°	22,00	22,00	33,00	28,00	33,00
(psi)	°	0,000	0,000	3,000	0,000	3,000
Set to default values		Yes	Yes	Yes	No	No
$\gamma_{ur}$		0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000
$p_{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
$K_0^{nc}$		0,6254	0,6254	0,4554	0,4000	0,4000
$c_{inc}$	kN/m <sup>2</sup> /m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Identification		01 BGT Aanvulling	11 BGT Hydrobiaklei	13 BGT 1e zandlaag	14 BGT Alleröd	17 BGT Tweede zandlaag
$z_{ref}$	m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$R_f$		0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m <sup>2</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0,9866	0,9866	0,9866	0,9866	0,9866
$u$		0,4950	0,4950	0,4950	0,4950	0,4950
$K_{w,ref} / n$	kN/m <sup>2</sup>	1,024E6	532,6E3	4,097E6	1,229E6	3,278E6
Strength		Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
$R_{inter}$		0,6700	0,6700	0,6700	0,6700	0,6700
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$i_{inter}$		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity $_1, dk$	m <sup>3</sup> /day/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Drainage conductivity $_2, dk$	m <sup>3</sup> /day/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$K_o$ determination		Automatic	Manual	Manual	Manual	Automatic
$K_{0,x} = K_{0,y}$		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$K_{0,x}$		10,00E9	0,5774	0,4701	0,5460	0,4000
$K_{0,y}$		10,00E9	0,5774	0,4701	0,5460	0,4000
OCR		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
POP	kN/m <sup>2</sup>	20,00	20,00	0,000	0,000	0,000
$k_x$	m/day	0,08640	0,1500	0,8600	0,08600E-3	0,000
$k_y$	m/day	0,08640	0,1500	0,8600	0,08600E-3	0,000
$k_z$	m/day	0,08640	0,1500	0,8600	0,08600E-3	0,000
$e_{init}$		0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,6400
$S_s$	1/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$c_k$		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12	1000E12

1.1.2.1.1.2 Materials - Soil and interfaces - Hardening soil (2/2)

Identification		08 BGT Hollandveen	09 BGT Oude Zeeklei	10 BGT Wadafzetting zandig	19 BGT Eemlaag	Slappe klei
Identification number		6	7	8	9	11
Drainage type		Undrained (A)	Undrained (A)	Drained	Undrained (A)	Undrained (A)
Colour						
Comments						
$\gamma_{unsat}$	kN/m <sup>3</sup>	10,50	16,50	17,90	17,10	14,00
$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	10,50	16,50	17,90	17,10	14,00
Dilatancy cut-off		No	No	No	No	No
$e_{init}$		7,780	1,350	0,9700	0,3000	7,780
$e_{min}$		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$e_{max}$		999,0	999,0	999,0	999,0	999,0
Rayleigh		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Rayleigh		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$E_{50}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	2000	7500	10,00E3	8000	2000
$E_{oed}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	830,0	4100	6310	3924	830,0
$E_{ur}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	7000	20,00E3	25,00E3	30,00E3	7000
power (m)		0,8000	0,8000	0,5000	0,5000	0,8000
Use alternatives		No	No	No	No	No
$C_c$		2,433	0,1318	0,07181	0,07620	2,433
$C_s$		0,2732	0,02559	0,01631	8,970E-3	0,2732
$e_{init}$		7,780	1,350	0,9700	0,3000	7,780
$C_{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	5,000	5,000	2,000	10,00	2,000
(phi)	°	18,00	22,00	22,00	29,00	18,00
(psi)	°	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Set to default values		No	No	Yes	Yes	No
$\gamma_{ur}$		0,1500	0,1500	0,2000	0,2000	0,1500
$p_{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
$K_0^{nc}$		0,6500	0,6254	0,6254	0,5152	0,6500
$c_{inc}$	kN/m <sup>2</sup> /m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Identification		08 BGT Hollandveen	09 BGT Oude Zeeklei	10 BGT Wadafzetting zandig	19 BGT Eemlaag	Slappe klei
$z_{ref}$	m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$R_f$		0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m <sup>2</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0,9890	0,9890	0,9866	0,9866	0,9890
$u$		0,4950	0,4950	0,4950	0,4950	0,4950
$K_{w,ref} / n$	kN/m <sup>2</sup>	300,0E3	857,1E3	1,024E6	1,229E6	300,0E3
Strength		Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
$R_{inter}$		0,5000	0,6700	0,6700	0,6700	0,5000
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$i_{inter}$		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity $_1, dk$	m <sup>3</sup> /day/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Drainage conductivity $_2, dk$	m <sup>3</sup> /day/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$K_o$ determination		Automatic	Automatic	Automatic	Manual	Automatic
$K_{0,x} = K_{0,y}$		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$K_{0,x}$		10,00E9	10,00E9	0,6254	0,4264	10,00E9
$K_{0,y}$		10,00E9	10,00E9	0,6254	0,4264	10,00E9
OCR		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
POP	kN/m <sup>2</sup>	20,00	20,00	0,000	0,000	10,00
$k_x$	m/day	0,000	0,000	0,000	0,09500	0,000
$k_y$	m/day	0,000	0,000	0,000	0,09500	0,000
$k_z$	m/day	0,000	0,000	0,000	0,09500	0,000
$e_{init}$		7,780	1,350	0,9700	0,3000	7,780
$S_s$	1/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$c_k$		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12	1000E12


1.1.2.1.2 Materials - Soil and interfaces - Linear elastic

Identification		Beton
Identification number		10
Drainage type		Non-porous
Colour		<div></div>
Comments		
	unsat	kN/m³
		40,00
	sat	kN/m³
		40,00
Dilatancy cut-off		No
e <sub>init</sub>		0,5000
e <sub>min</sub>		0,000
e <sub>max</sub>		999,0
Rayleigh		0,000
Rayleigh		0,000
E		kN/m²
		50,00E6
(nu)		0,2000
G		kN/m²
		20,83E6
E <sub>oed</sub>		kN/m²
		55,56E6
V <sub>s</sub>		m/s
		2260
V <sub>p</sub>		m/s
		3691
Set to default values		Yes
E <sub>inc</sub>		kN/m²/m
		0,000
Z <sub>ref</sub>		m
		0,000
Strength		Manual
R <sub>inter</sub>		0,5000
Consider gap closure		Yes
		0,000
Cross permeability		Impermeable
Drainage conductivity <sub>1</sub> , dk		m³/day/m
		0,000
Drainage conductivity <sub>2</sub> , dk		m³/day/m
		0,000





Identification			Beton
K <sub>0</sub> determination			Automatic
K <sub>0,x</sub> = K <sub>0,y</sub>			Yes
K <sub>0,x</sub>			1,000
K <sub>0,y</sub>			1,000
k <sub>x</sub>	m/day		0,000
k <sub>y</sub>	m/day		0,000
k <sub>z</sub>	m/day		0,000
e <sub>init</sub>			0,5000
c <sub>k</sub>			1000E12

1.1.2.2 Materials - Anchors -

Identification	Anker, ter ondersteuning oude kade ipv palen		
Identification number	1		
Comments	staaf met diameter 40mm		
Colour			
Material type	Elastic		
EA	kN	263,0E3	
Identification number	1		
Identification number	1		



1.1.2.3 Materials - Plates -

Identification		PU 22	AZ 26-700
Identification number		1	2
Comments			
Colour			
Material type		Elastic	Elastic
d	m	0,4500	0,4600
	kN/m <sup>3</sup>	3,195	3,195
Isotropic		No	No
E <sub>1</sub>	kN/m <sup>2</sup>	13,68E6	15,46E6
E <sub>2</sub>	kN/m <sup>2</sup>	683,9E3	773,1E3
<sub>12</sub>		0,000	0,000
G <sub>12</sub>	kN/m <sup>2</sup>	683,9E3	773,1E3
G <sub>13</sub>	kN/m <sup>2</sup>	1,423E6	1,423E6
G <sub>23</sub>	kN/m <sup>2</sup>	426,8E3	426,8E3
Rayleigh		0,000	0,000
Rayleigh		0,000	0,000
Prevent punching		No	Yes
Identification number		1	2

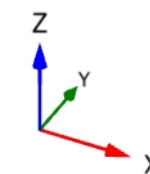
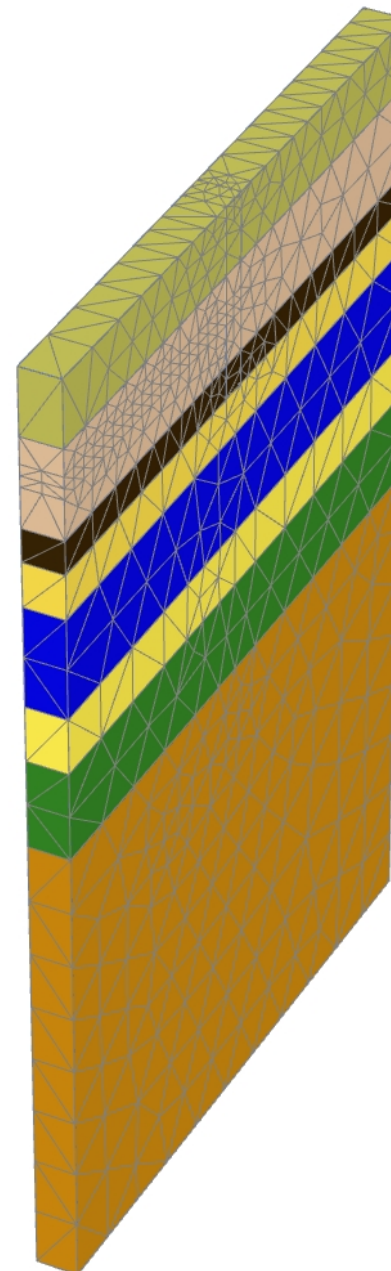
1.1.2.4 Materials - Beams -

Identification		Buispaal
Identification number		1
Comments		Diameter 406 mm, dikte 12,5 mm
Colour		<div></div>
Material type		Elastic
E	kN/m <sup>2</sup>	210,0E6
	kN/m <sup>3</sup>	78,00
Beam type		Predefined
Predefined beam type		Circular tube
Diameter	m	0,4060
Thickness	m	0,01250
A	m <sup>2</sup>	0,01545
I <sub>2</sub>	m	0,2994E-3
I <sub>3</sub>	m	0,2994E-3
Rayleigh		0,000
Rayleigh		0,000
Identification number		1

1.1.2.5 Materials - Embedded beams -

Identification			Schroefinjectiepaal	Buispaal
Identification number			1	2
Comments			Diameter grout 220 mm. Schacht en puntweerstand uit D-foundations(repwaarde) (E beton en staal gecombineerd obv % doorsnede)	Diameter 406 mm, dikte 12,5 mm
Colour				
Material type			Elastic	Elastic
E	kN/m <sup>2</sup>		210,0E6	210,0E6
	kN/m <sup>3</sup>		78,00	78,00
Beam type			Predefined	Predefined
Predefined beam type			Circular tube	Circular tube
Diameter	m		0,1400	0,4060
Thickness	m		0,02250	0,01250
A	m <sup>2</sup>		8,306E-3	0,01545
I <sub>2</sub>	m		0,01486E-3	0,2994E-3
I <sub>3</sub>	m		0,01486E-3	0,2994E-3
Rayleigh			0,000	0,000
Rayleigh			0,000	0,000
Axial skin resistance			Multi-linear	Multi-linear
Multi-linear axial resistance			Axial skin resistance table	Axial skin resistance table
F <sub>max</sub>	kN		500,0	1100
Identification number			1	2

2.1.1.1.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Total displacements  $u_z$

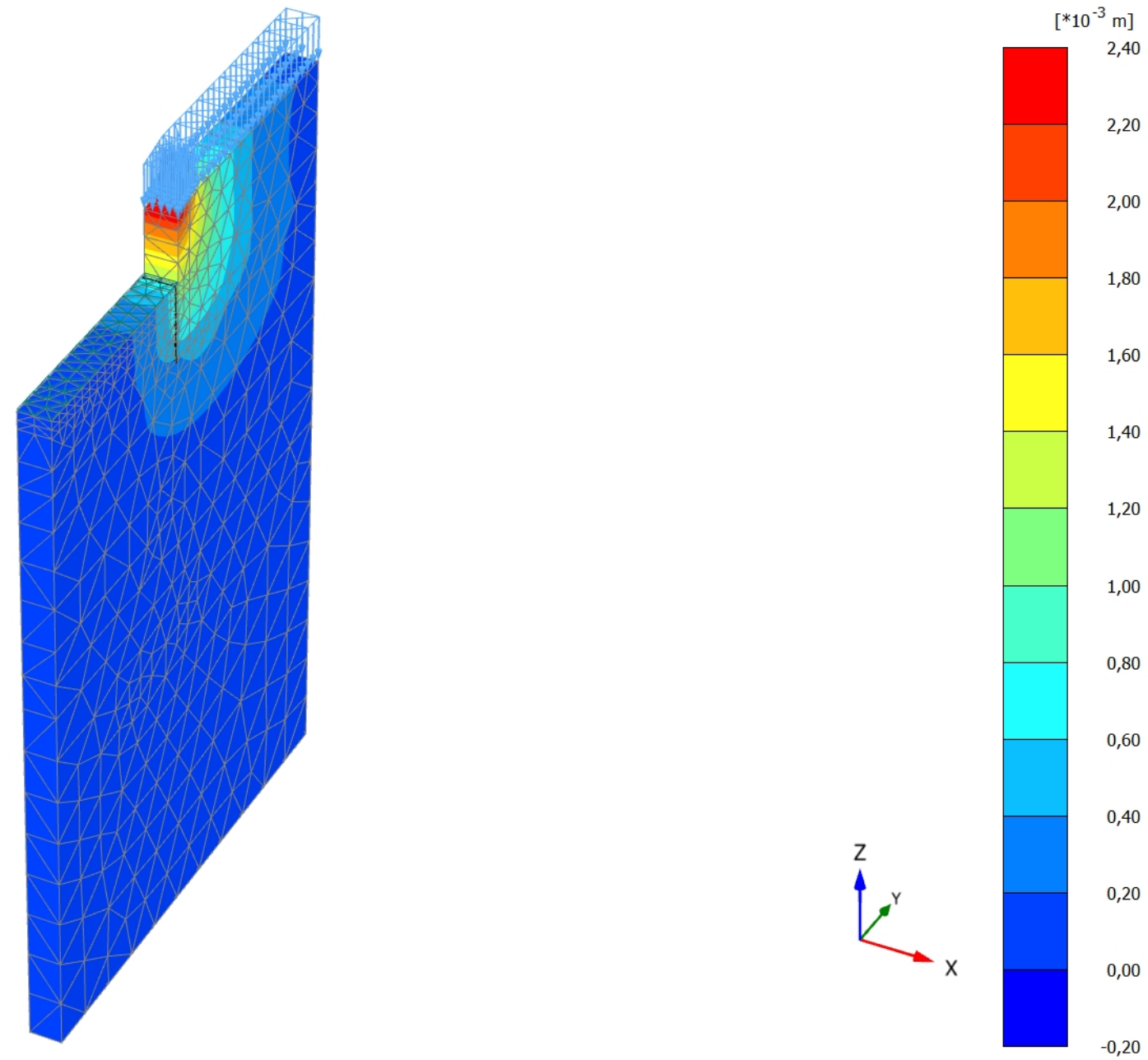


**Total displacements  $u_z$**

Uniform value of 0,000 m



2.1.1.1.2 Calculation results, 1 - Ontgraven 0.5m t.b.v. installatie ankerpalen [Phase\_3] (12/3), Total displacements  $u_z$

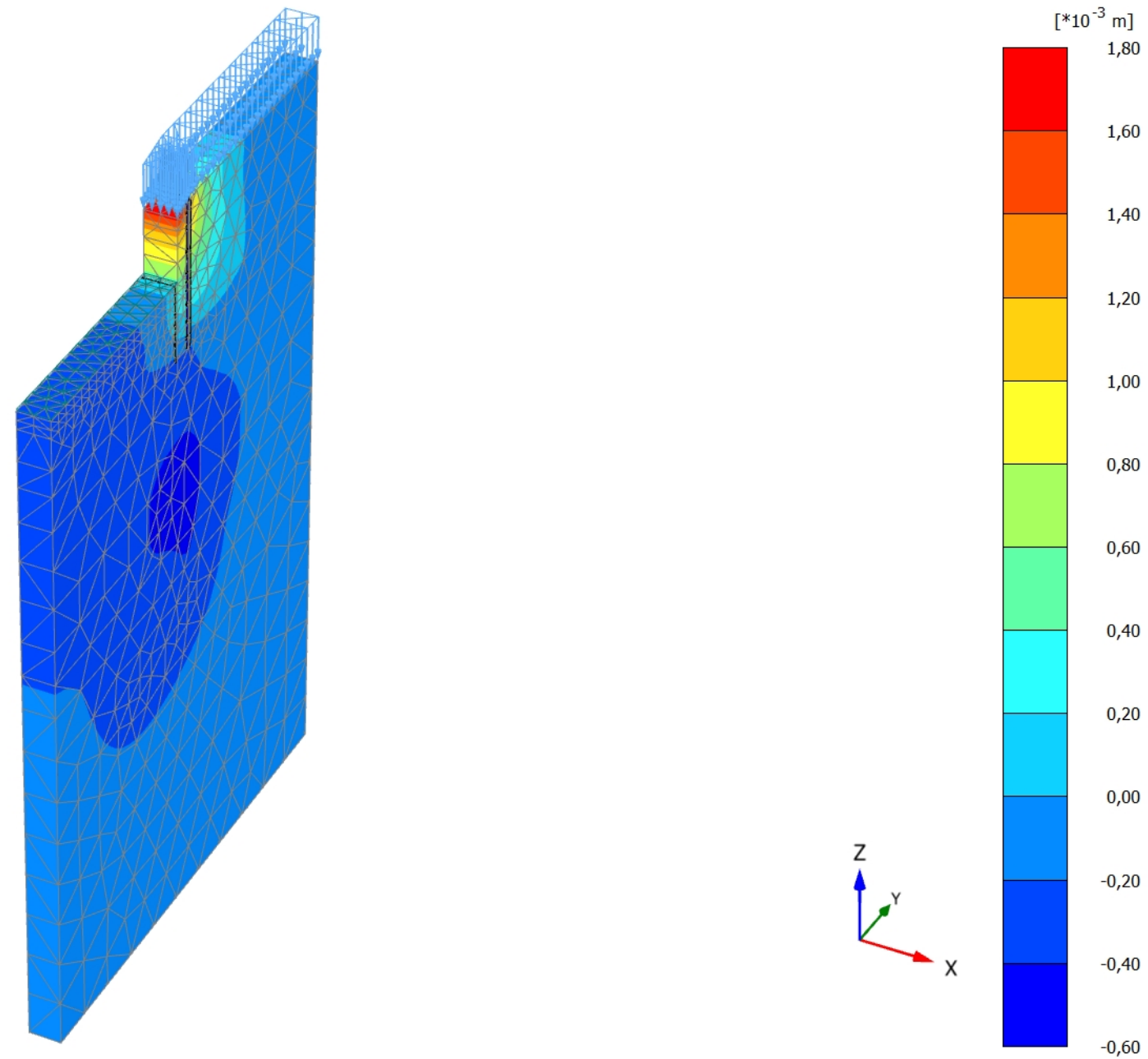


**Total displacements  $u_z$**

Maximum value =  $2,378 \cdot 10^{-3}$  m (Element 510 at Node 543)

Minimum value = 0,000 m (Element 19242 at Node 33367)

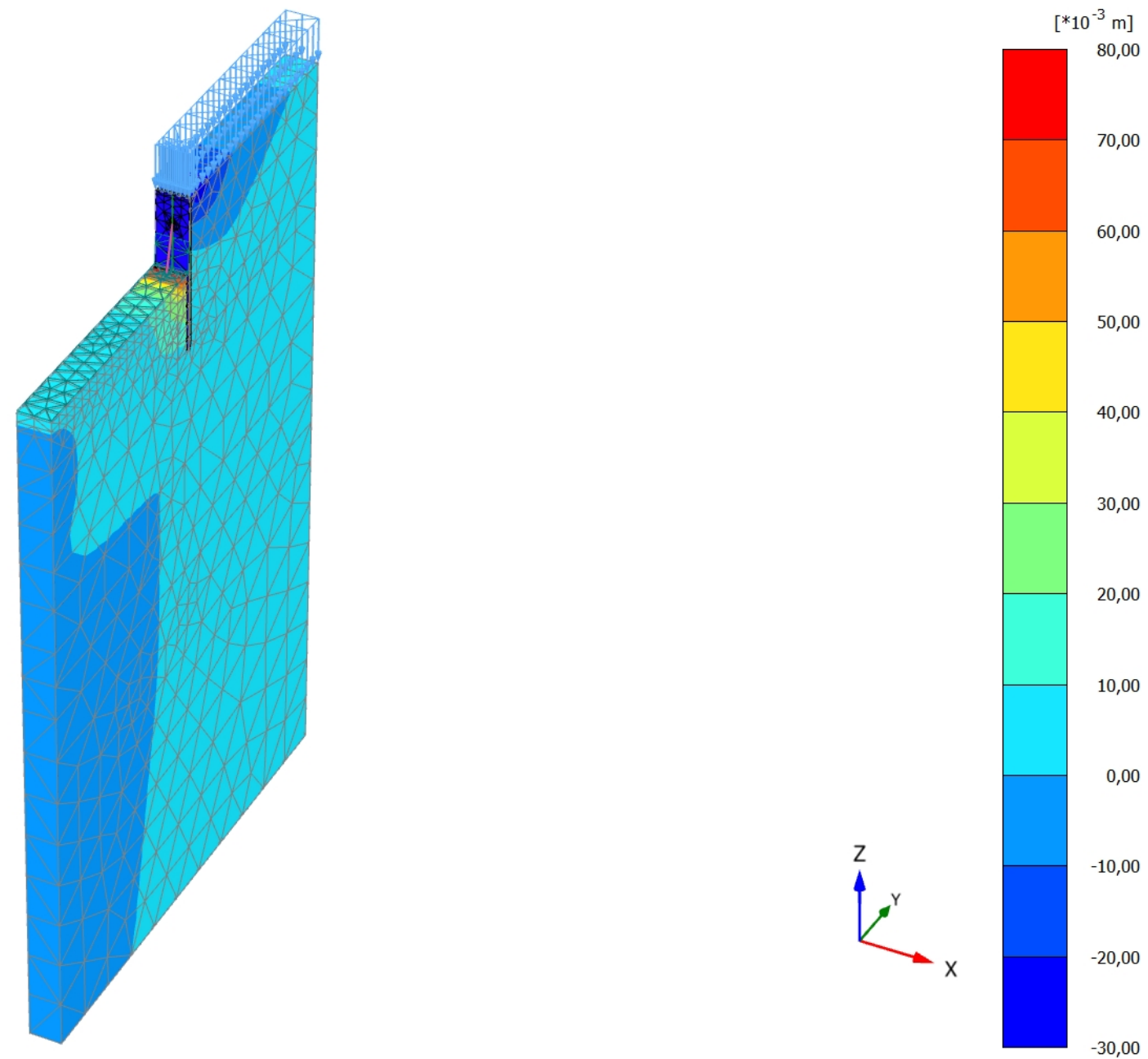
### 2.1.1.1.3 Calculation results, 2 - Installatie combiwand + ankerpalen [Phase\_4] (13/6), Total displacements $u_z$



#### Total displacements $u_z$

Maximum value =  $1,683 \cdot 10^{-3}$  m (Element 510 at Node 543)  
 Minimum value =  $-0,5602 \cdot 10^{-3}$  m (Element 13875 at Node 30215)

#### 2.1.1.1.4 Calculation results, 4 - Voorbelasten kade [Phase\_1] (1/21), Total displacements $u_z$

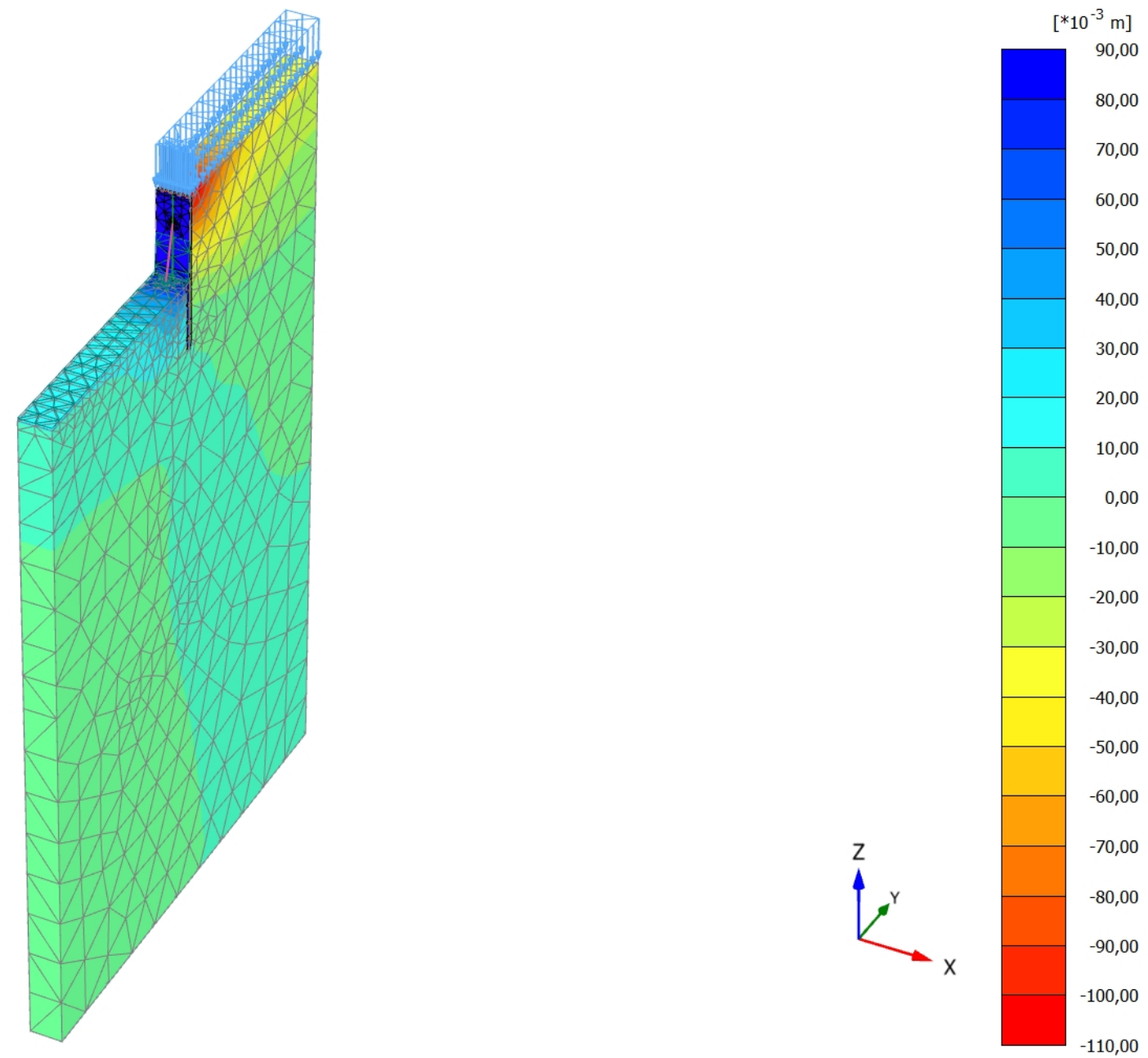


#### Total displacements $u_z$

Maximum value = 0,07639 m (Element 1881 at Node 2647)

Minimum value = -0,02588 m (Element 12 at Node 3818)

## 2.1.1.1.5 Calculation results, 6a - Voorbereiding UGT fase [Phase\_11] (11/80), Total displacements $u_z$

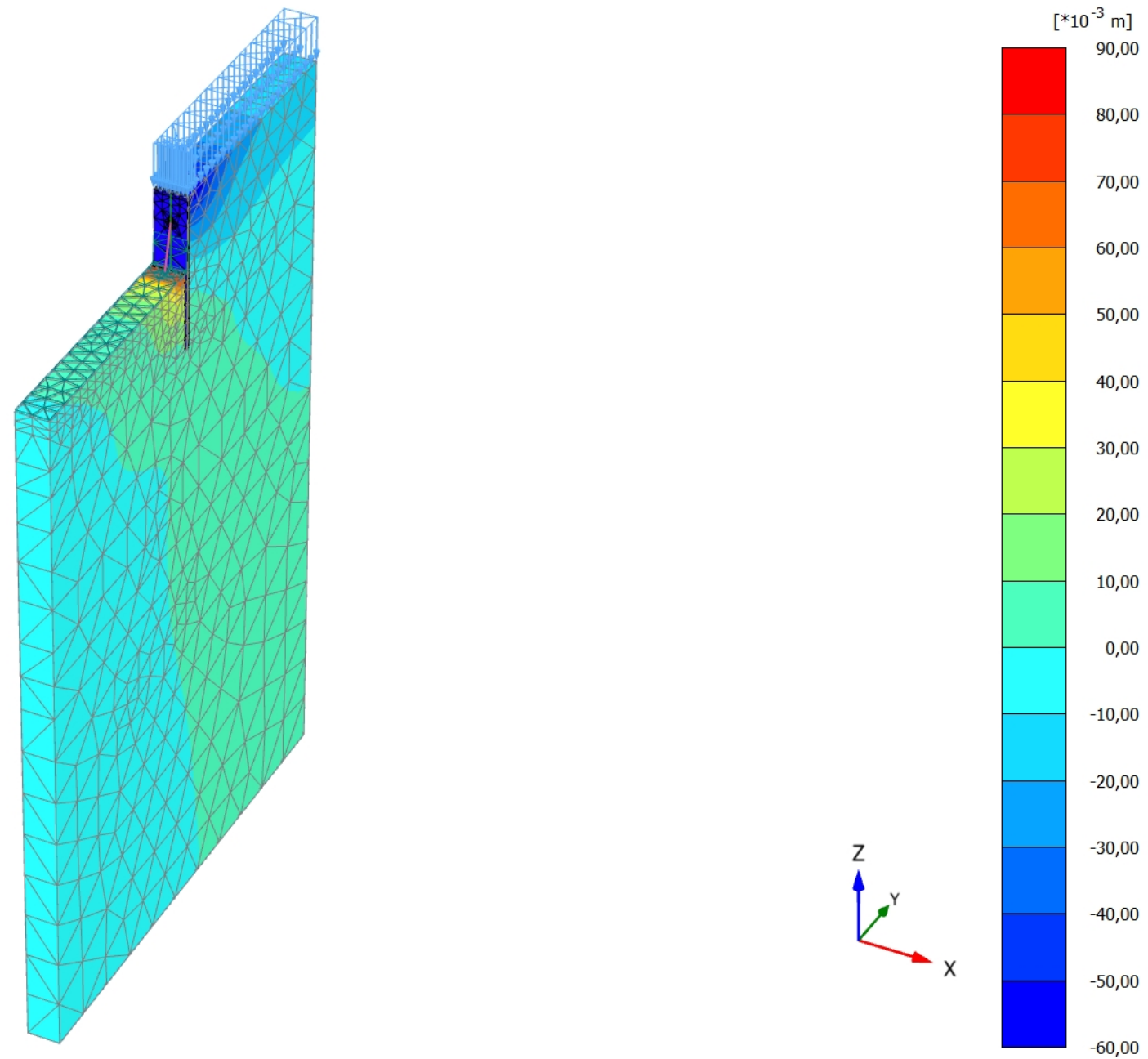


### Total displacements $u_z$

Maximum value = 0,08727 m (Element 2304 at Node 2638)

Minimum value = -0,1066 m (Element 24 at Node 3846)

## 2.1.1.1.6 Calculation results, 5 - Eindsituatie [Phase\_7] (17/95), Total displacements $u_z$



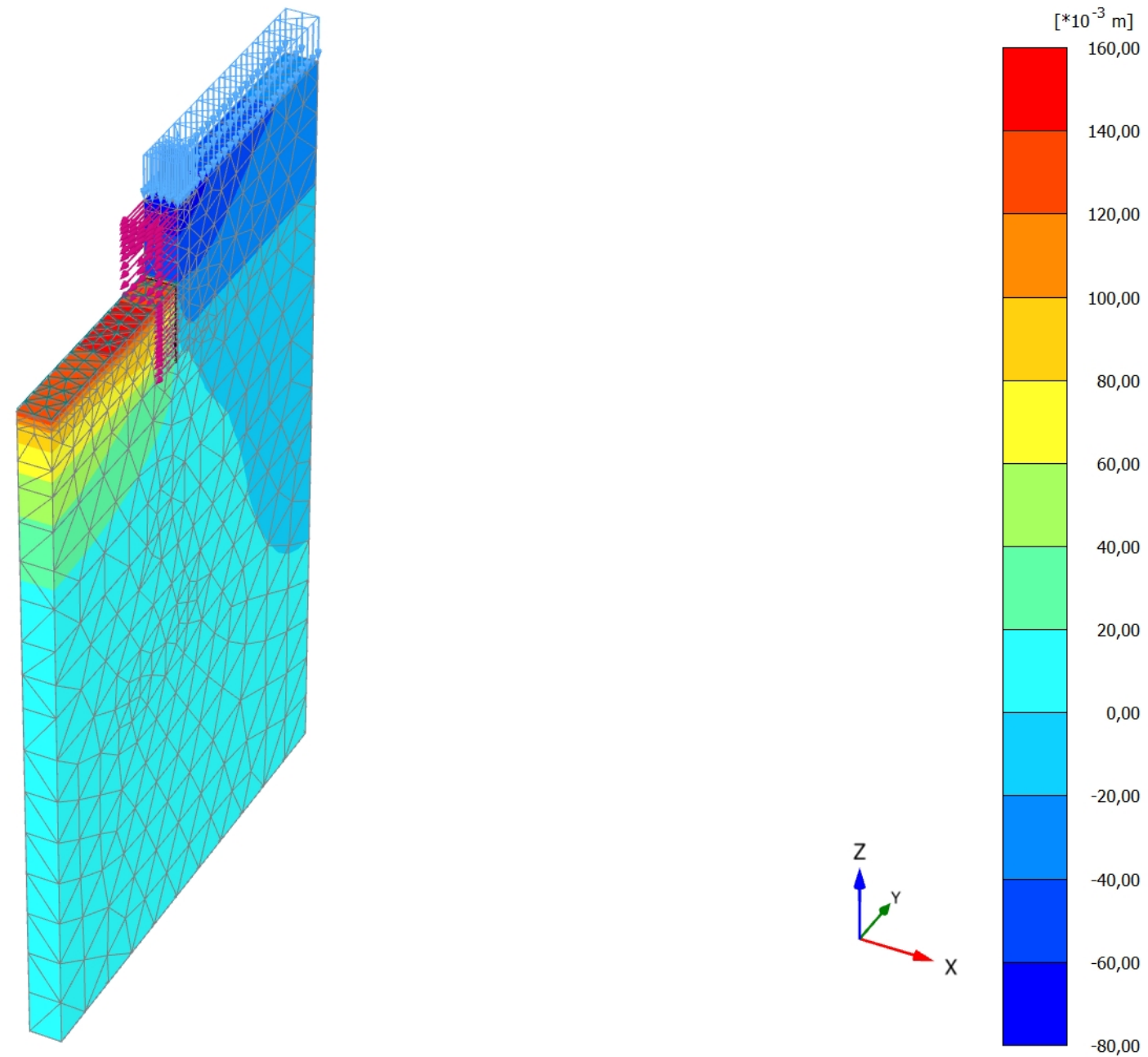
### Total displacements $u_z$

Maximum value = 0,08380 m (Element 1881 at Node 2647)

Minimum value = -0,05706 m (Element 12 at Node 3818)



# 2.1.1.1.7 Calculation results, Huidige situatie [Phase\_10] (16/157), Total displacements $u_z$



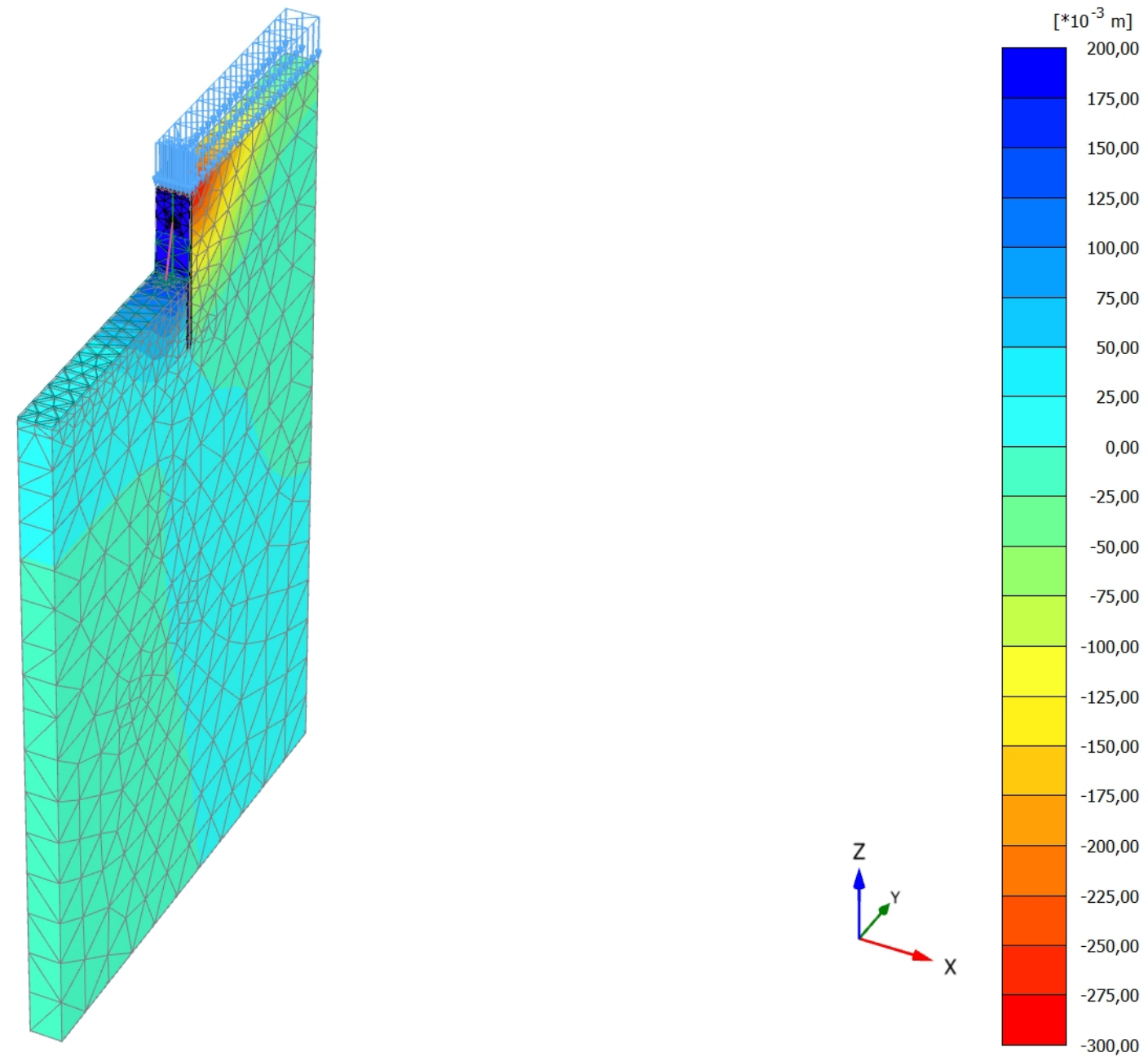
## **Total displacements $u_z$**

Maximum value = 0,1463 m (Element 1793 at Node 931)

Minimum value = -0,06561 m (Element 31 at Node 806)



# 2.1.1.1.8 Calculation results, 6b - Phi-c' 1.25 [Phase\_9] (19/239), Total displacements $u_z$

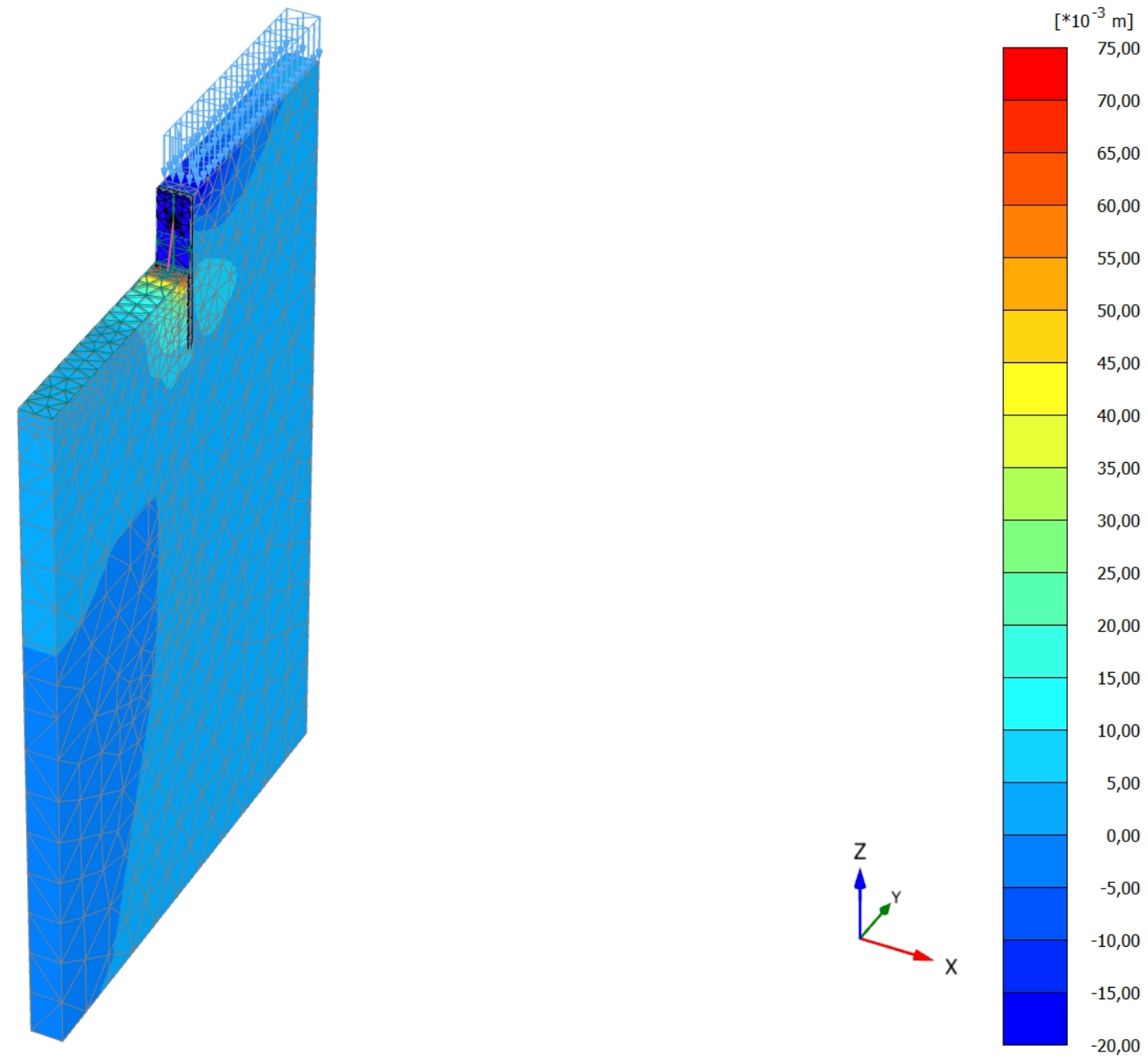


## **Total displacements $u_z$**

Maximum value = 0,1772 m (Element 2304 at Node 2638)

Minimum value = -0,2955 m (Element 11 at Node 3861)

# 2.1.1.1.9 Calculation results, 3 - Slopen oude kademuur [Phase\_5] (14/343), Total displacements $u_z$

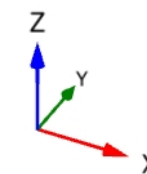
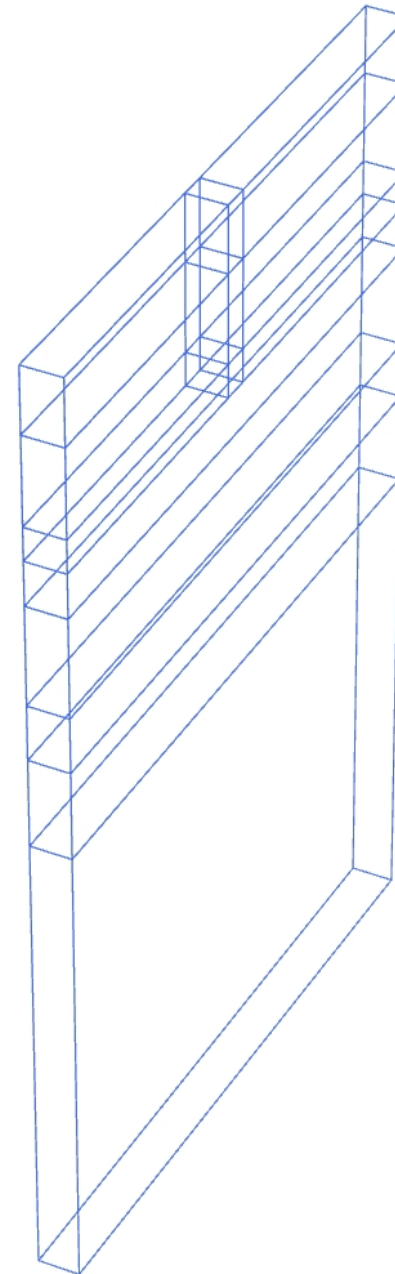


## **Total displacements $u_z$**

Maximum value = 0,07471 m (Element 1881 at Node 2647)

Minimum value = -0,01808 m (Element 314 at Node 3809)

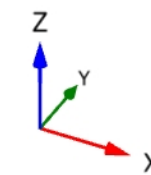
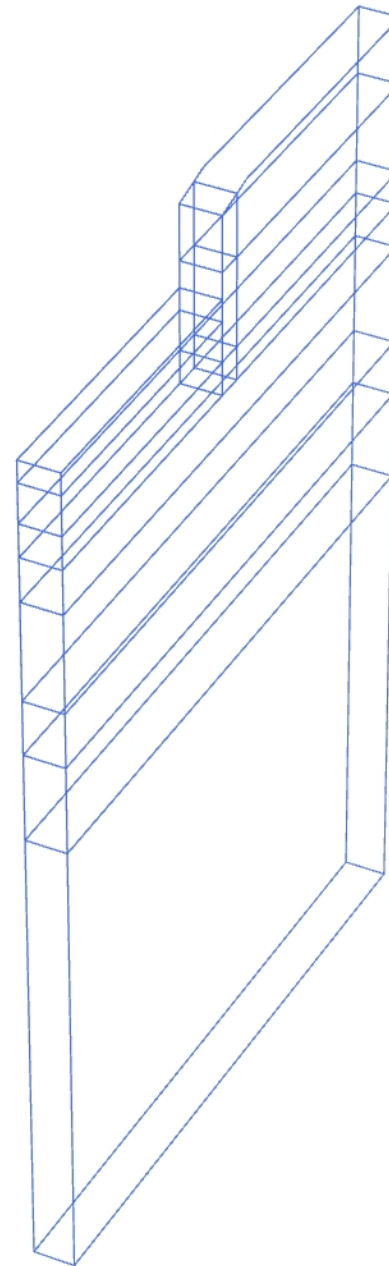
### 3.1.1.1.1 Calculation results, Beam, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Axial forces N



**Axial forces N (scaled up 1,00 times)**

No results

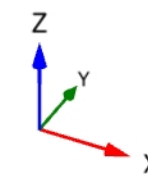
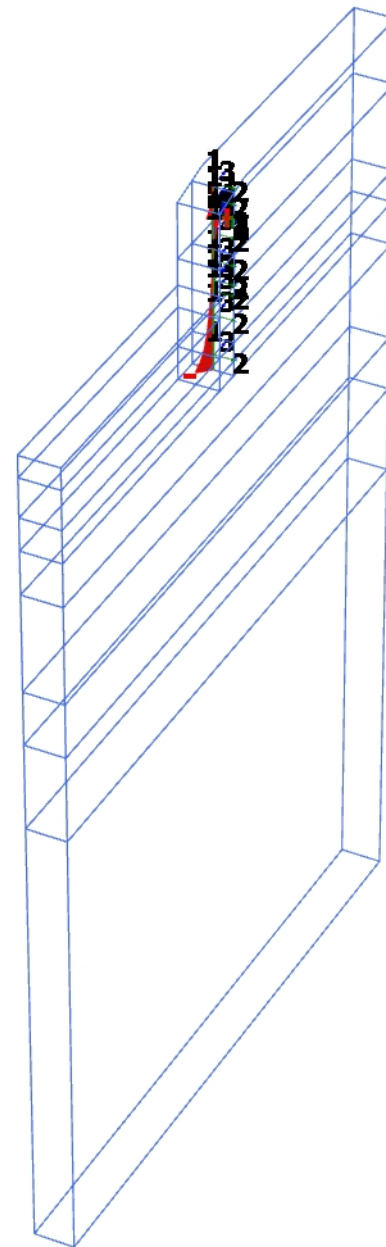
### 3.1.1.1.2 Calculation results, Beam, 1 - Ontgraven 0.5m t.b.v. installatie ankerpalen [Phase\_3] (12/3), Axial forces N



**Axial forces N (scaled up 1,00 times)**

No results

### 3.1.1.1.3 Calculation results, Beam, 2 - Installatie combiwand + ankerpalen [Phase\_4] (13/6), Axial forces N

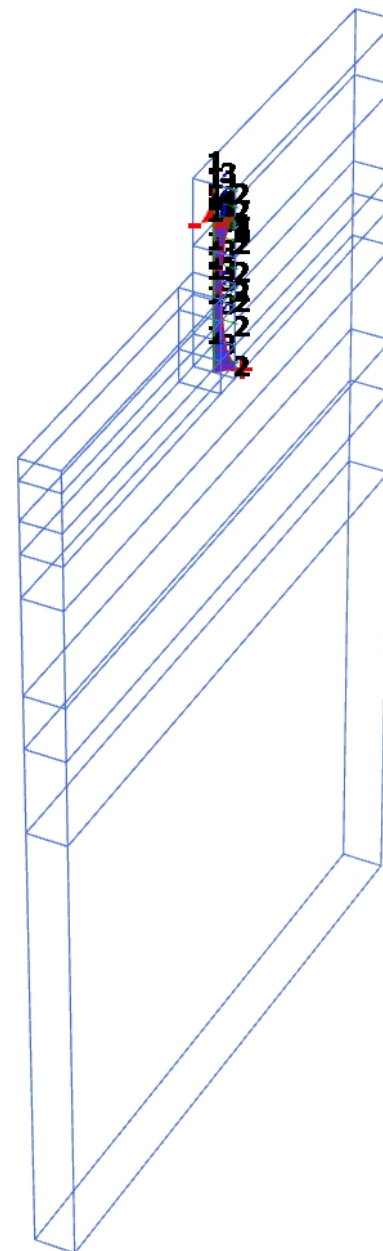


#### Axial forces N (scaled up 0,0500 times)

Maximum value = 5,779 kN (Element 7 at Node 3126)

Minimum value = -14,19 kN (Element 18 at Node 6871)

### 3.1.1.1.4 Calculation results, Beam, 4 - Voorbelasten kade [Phase\_1] (1/21), Axial forces N



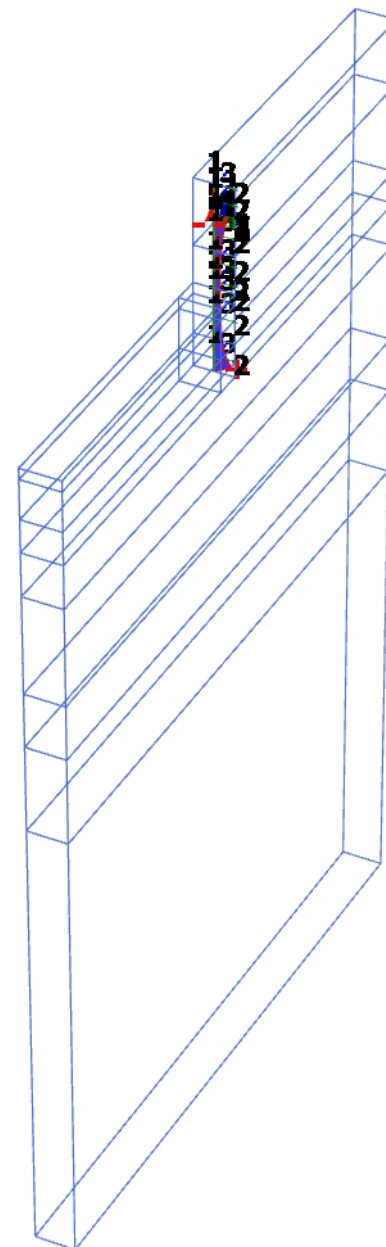
**Axial forces N (scaled up  $5,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 181,9 kN (Element 18 at Node 6871)

Minimum value = -98,57 kN (Element 6 at Node 3179)



### 3.1.1.1.5 Calculation results, Beam, 6a - Voorbereiding UGT fase [Phase\_11] (11/80), Axial forces N

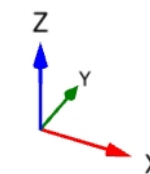
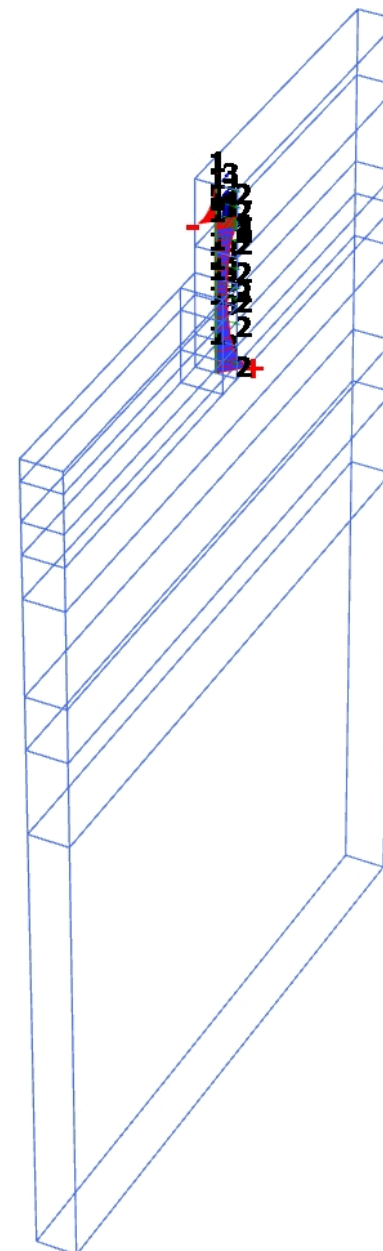


**Axial forces N (scaled up  $2,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 342,7 kN (Element 18 at Node 6871)

Minimum value = -178,8 kN (Element 6 at Node 3179)

### 3.1.1.1.6 Calculation results, Beam, 5 - Eindsituatie [Phase\_7] (17/95), Axial forces N

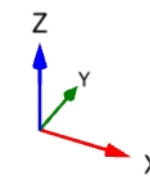
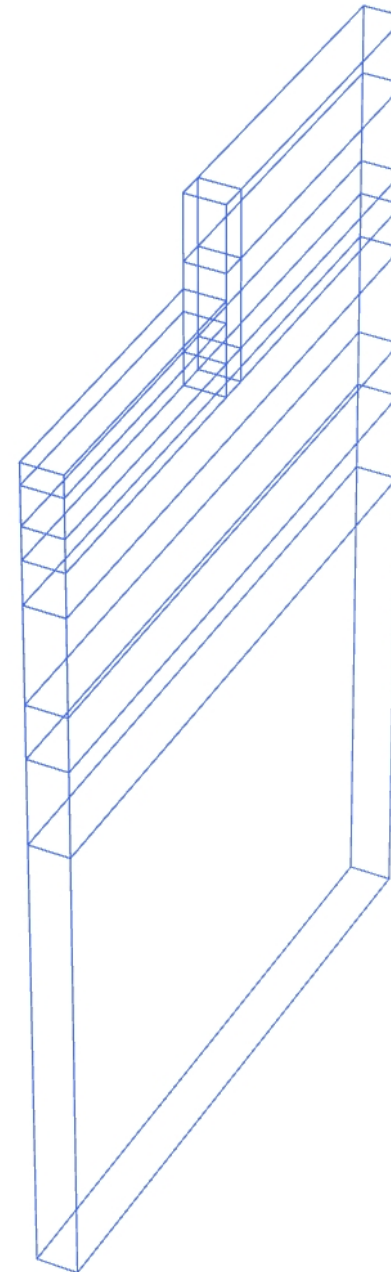


**Axial forces N (scaled up  $5,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 247,9 kN (Element 18 at Node 6871)

Minimum value = -136,2 kN (Element 6 at Node 3179)

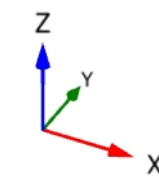
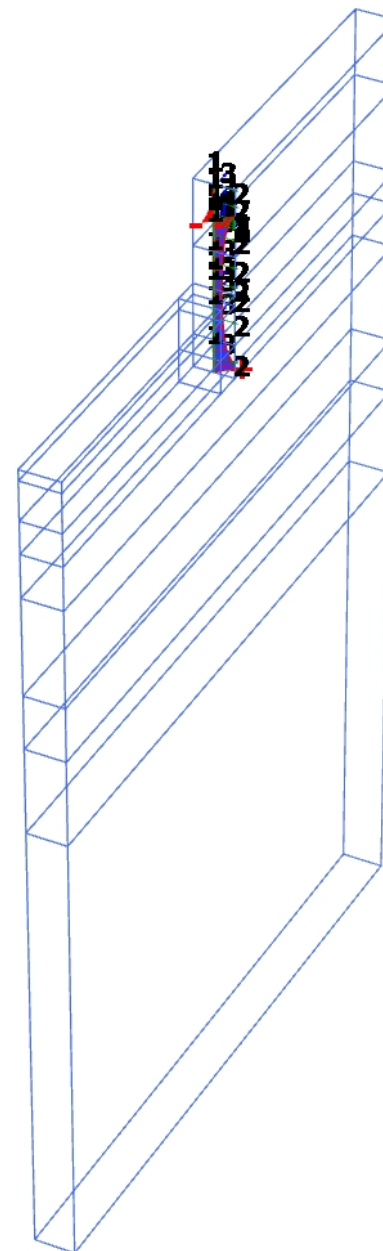
### 3.1.1.1.7 Calculation results, Beam, Huidige situatie [Phase\_10] (16/157), Axial forces N



**Axial forces N (scaled up 1,00 times)**

No results

### 3.1.1.1.8 Calculation results, Beam, 6b - Phi-c' 1.25 [Phase\_9] (19/239), Axial forces N

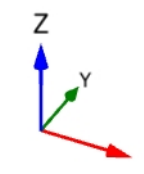
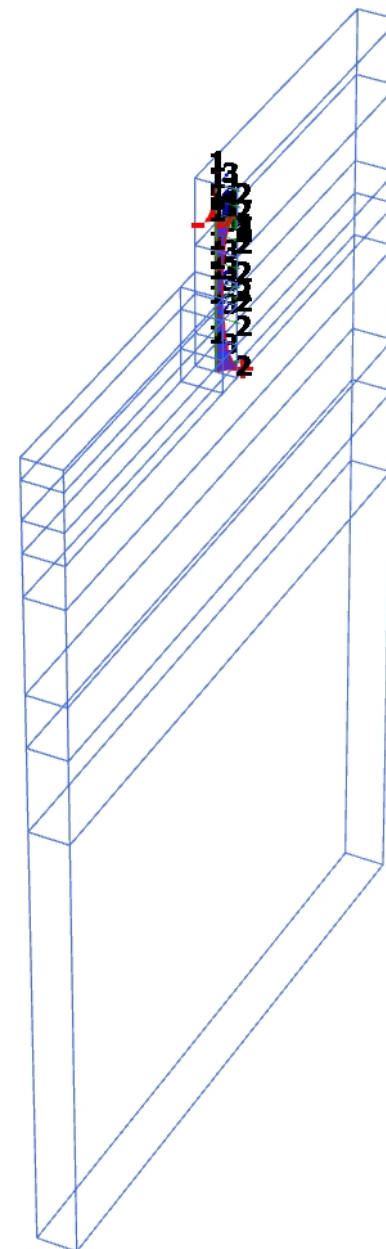


**Axial forces N (scaled up  $2,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 449,6 kN (Element 18 at Node 6871)

Minimum value = -229,9 kN (Element 6 at Node 3179)

### 3.1.1.1.9 Calculation results, Beam, 3 - Slopen oude kademuur [Phase\_5] (14/343), Axial forces N

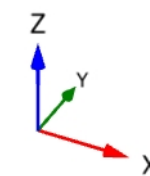
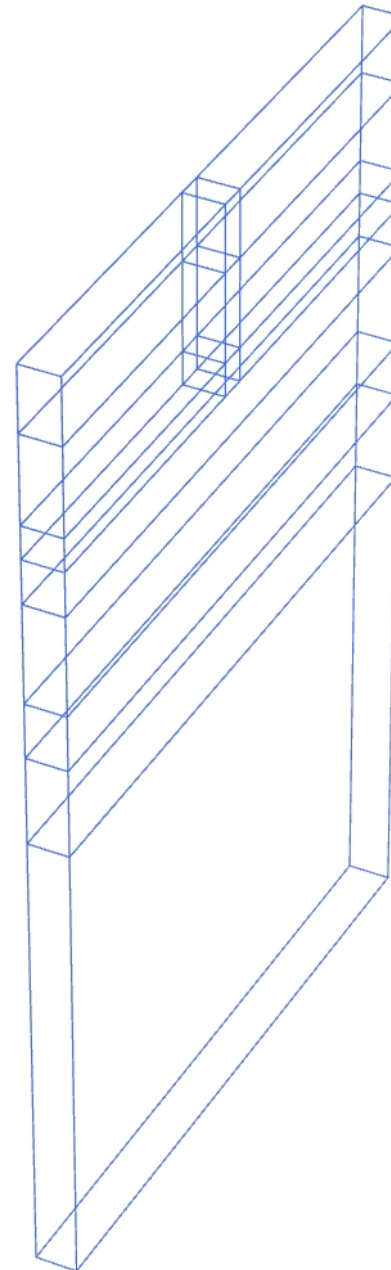


**Axial forces N (scaled up  $5,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 167,2 kN (Element 18 at Node 6871)

Minimum value = -87,99 kN (Element 6 at Node 3179)

### 3.2.1.1.1.1 Calculation results, Plate, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Total displacements $u_y$

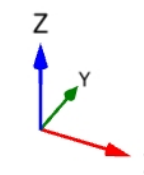
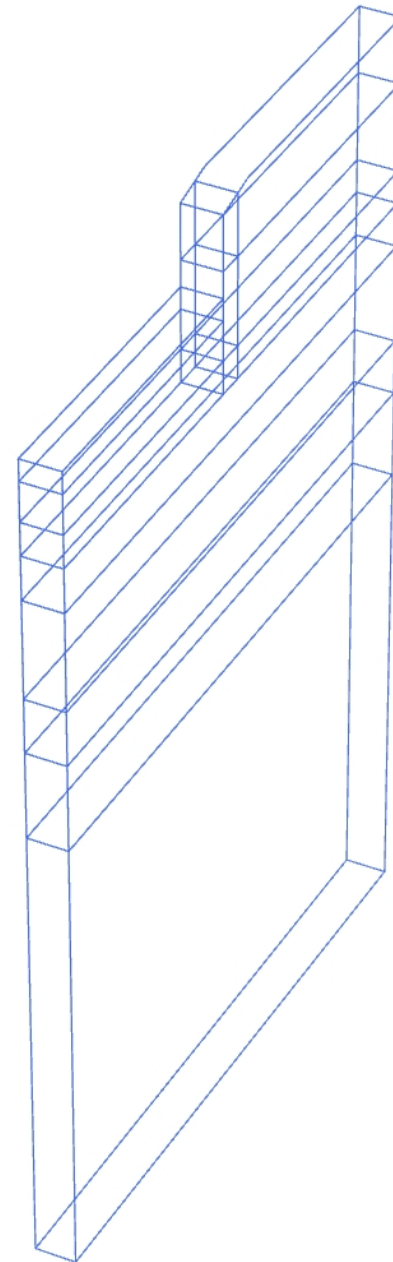


**Total displacements  $u_y$  (at true scale)**

No results



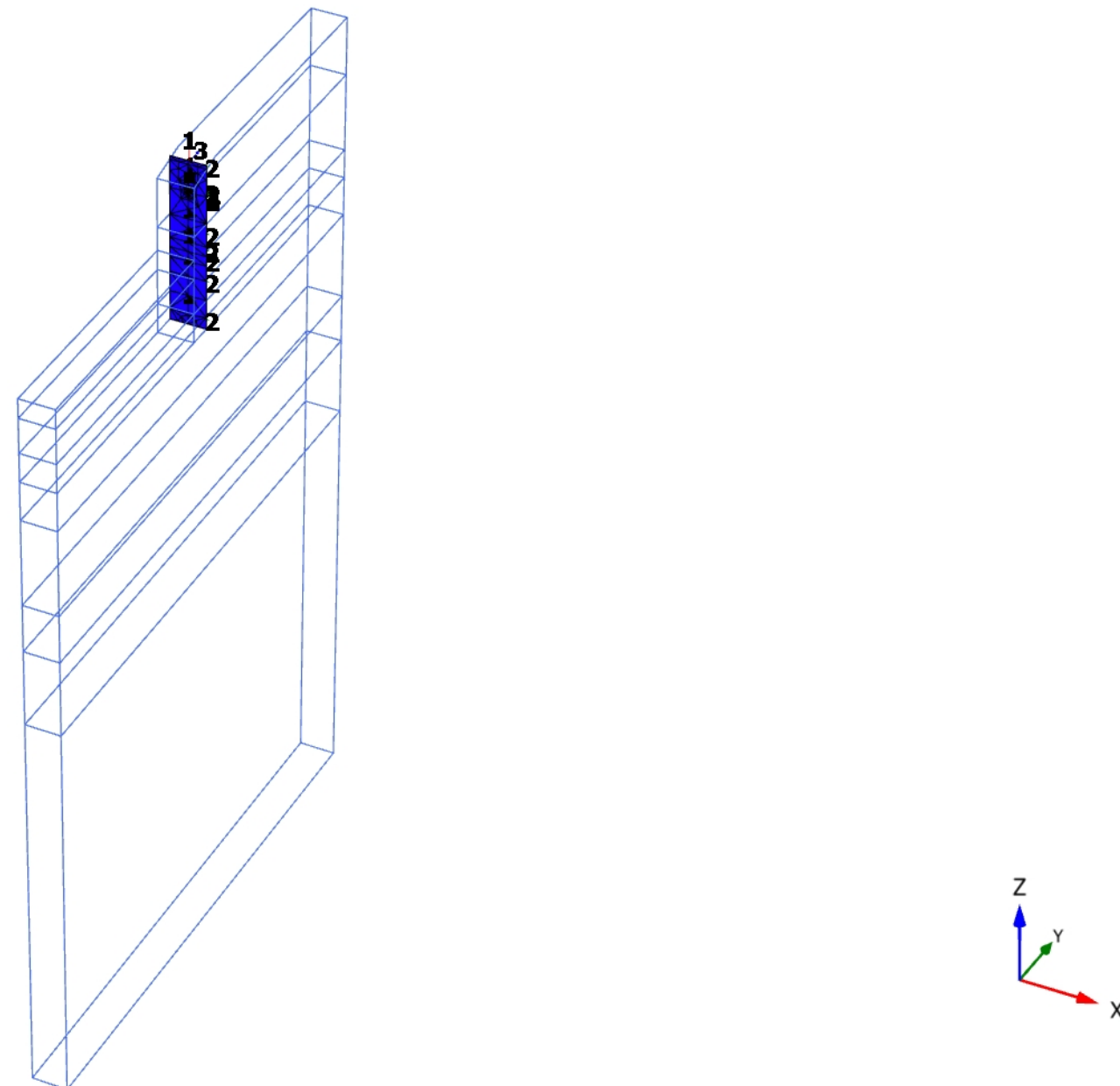
### 3.2.1.1.1.2 Calculation results, Plate, 1 - Ontgraven 0.5m t.b.v. installatie ankerpalen [Phase\_3] (12/3), Total displacements $u_y$



**Total displacements  $u_y$  (at true scale)**

No results

### 3.2.1.1.1.3 Calculation results, Plate, 2 - Installatie combiwand + ankerpalen [Phase\_4] (13/6), Total displacements $u_y$

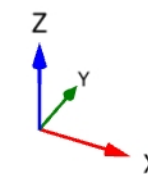
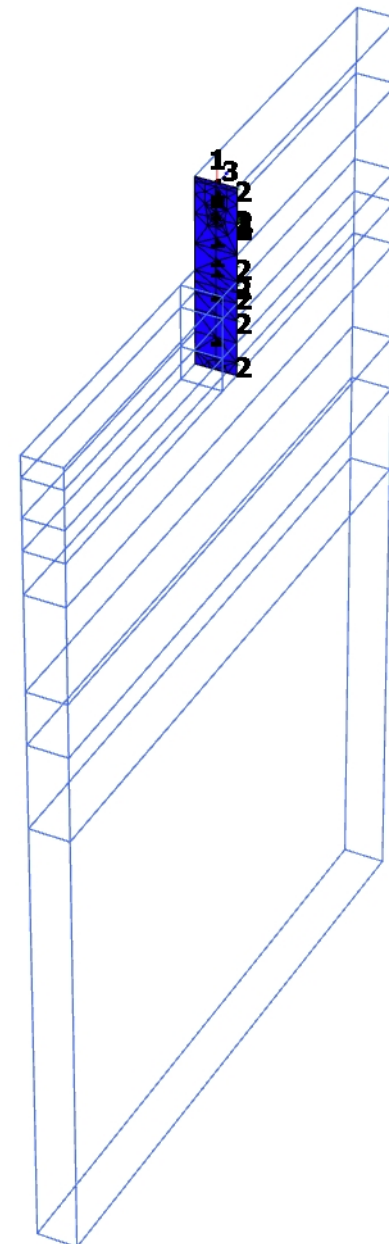


**Total displacements  $u_y$  (scaled up  $10,0 \cdot 10^3$  times)**

Maximum value =  $0,04884 \cdot 10^{-3}$  m (Element 2 at Node 1823)

Minimum value =  $-0,08264 \cdot 10^{-3}$  m (Element 89 at Node 1886)

#### 3.2.1.1.1.4 Calculation results, Plate, 4 - Voorbelasten kade [Phase\_1] (1/21), Total displacements $u_y$

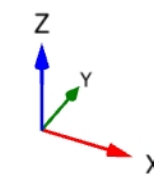
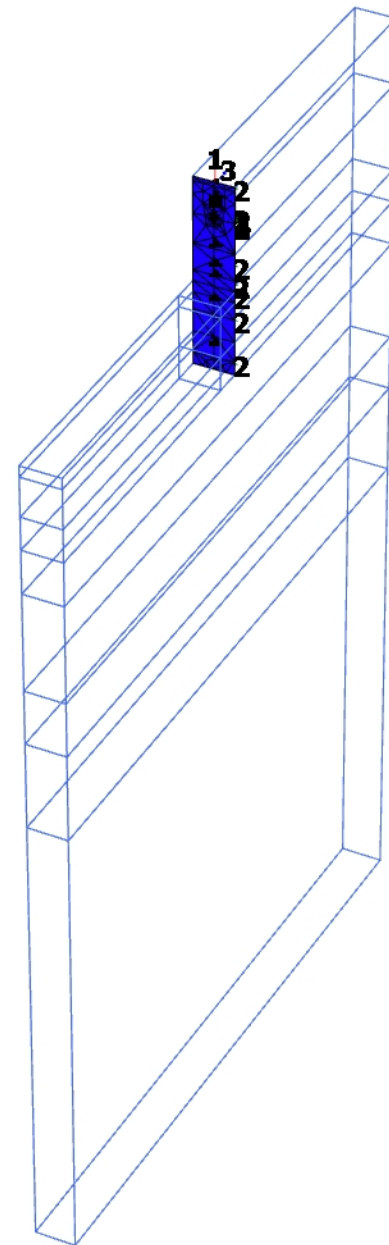


**Total displacements  $u_y$  (scaled up 50,0 times)**

Maximum value =  $-1,838 \cdot 10^{-3}$  m (Element 114 at Node 6876)

Minimum value =  $-0,04279$  m (Element 1 at Node 1840)

### 3.2.1.1.1.5 Calculation results, Plate, 6a - Voorbereiding UGT fase [Phase\_11] (11/80), Total displacements $u_y$

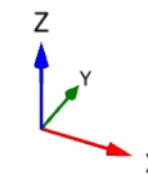
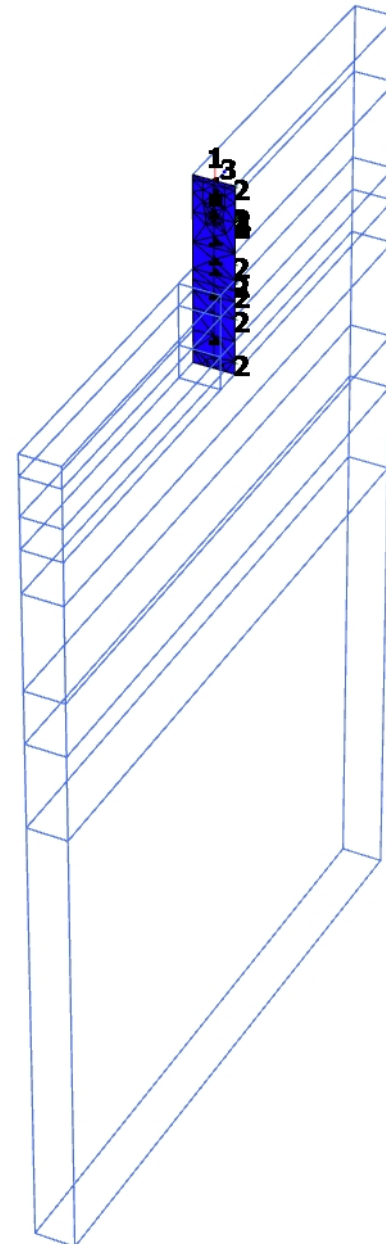


**Total displacements  $u_y$  (scaled up 10,0 times)**

Maximum value = -0,01921 m (Element 114 at Node 6876)

Minimum value = -0,1146 m (Element 1 at Node 1840)

### 3.2.1.1.1.6 Calculation results, Plate, 5 - Eindsituatie [Phase\_7] (17/95), Total displacements $u_y$

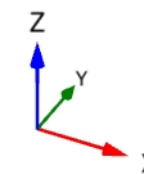
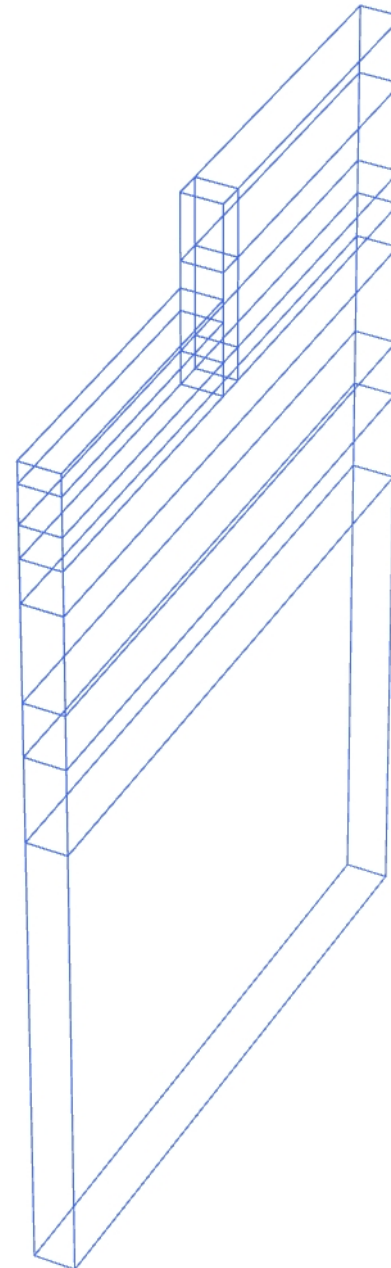


**Total displacements  $u_y$  (scaled up 20,0 times)**

Maximum value =  $-6,700 \cdot 10^{-3}$  m (Element 114 at Node 6876)

Minimum value =  $-0,06739$  m (Element 1 at Node 1840)

### 3.2.1.1.1.7 Calculation results, Plate, Huidige situatie [Phase\_10] (16/157), Total displacements $u_y$

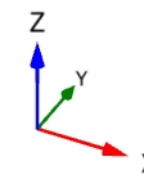
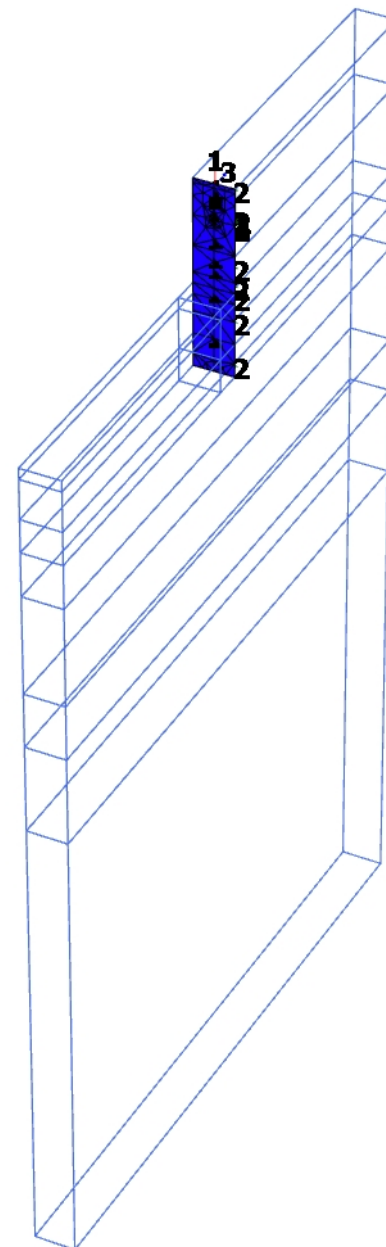


**Total displacements  $u_y$  (at true scale)**

No results



### 3.2.1.1.1.8 Calculation results, Plate, 6b - Phi-c' 1.25 [Phase\_9] (19/239), Total displacements $u_y$

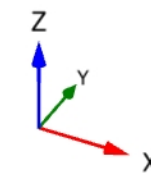
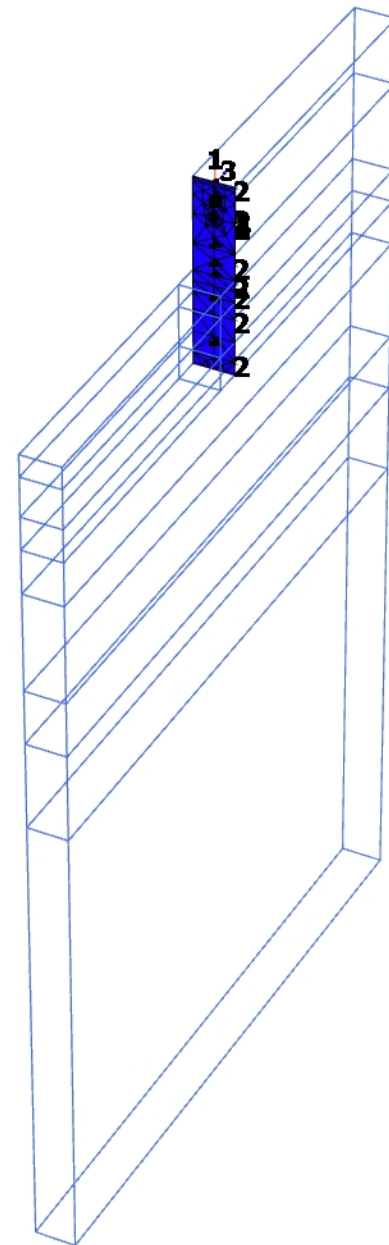


**Total displacements  $u_y$  (scaled up 5,00 times)**

Maximum value = -0,06664 m (Element 114 at Node 6876)

Minimum value = -0,3023 m (Element 7 at Node 1853)

### 3.2.1.1.1.9 Calculation results, Plate, 3 - Slopen oude kademuur [Phase\_5] (14/343), Total displacements $u_y$

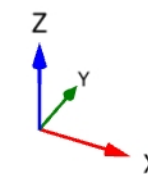
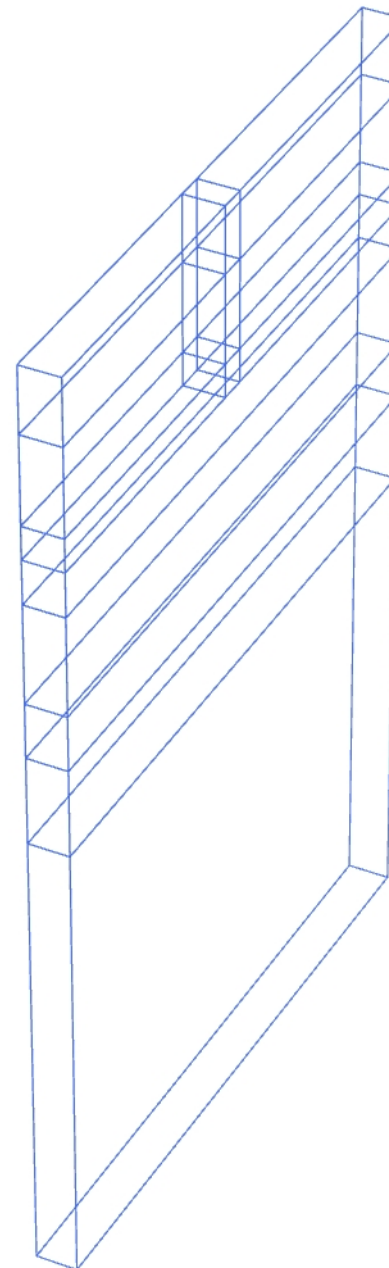


**Total displacements  $u_y$  (scaled up 50,0 times)**

Maximum value =  $-1,630 \cdot 10^{-3}$  m (Element 114 at Node 6876)

Minimum value =  $-0,03786$  m (Element 1 at Node 1840)

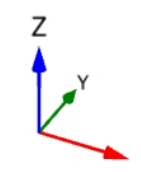
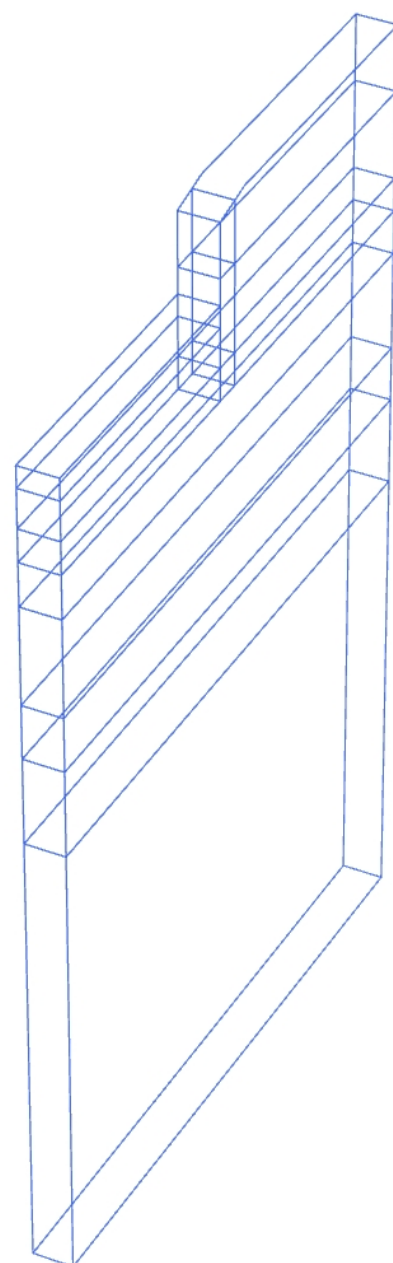
### 3.3.1.1.1 Calculation results, Embedded beam, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Bending moments $M_2$



**Bending moments  $M_2$  (scaled up 1,00 times)**

No results

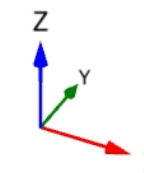
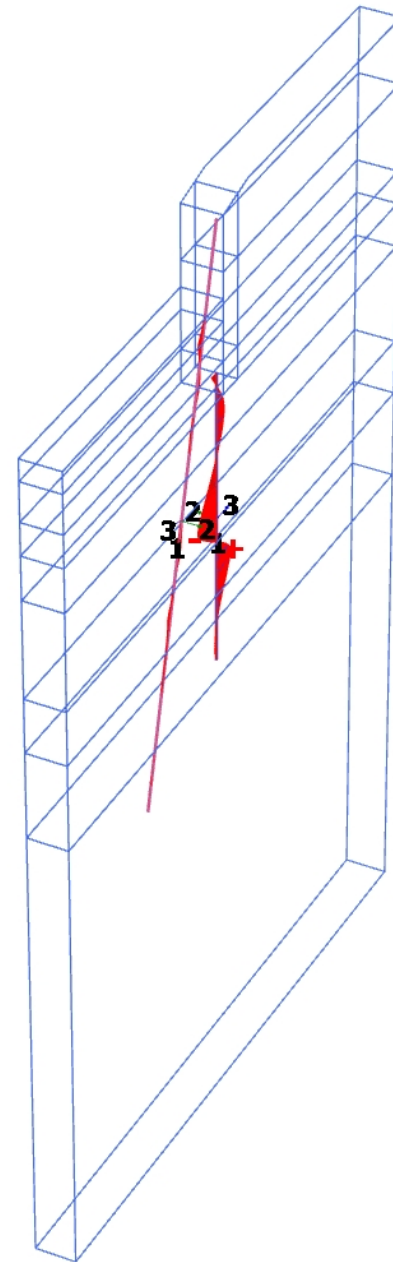
### 3.3.1.1.2 Calculation results, Embedded beam, 1 - Ontgraven 0.5m t.b.v. installatie ankerpalen [Phase\_3] (12/3), Bending moments $M_2$



**Bending moments  $M_2$  (scaled up 1,00 times)**

No results

### 3.3.1.1.3 Calculation results, Embedded beam, 2 - Installatie combiwand + ankerpalen [Phase\_4] (13/6), Bending moments $M_2$

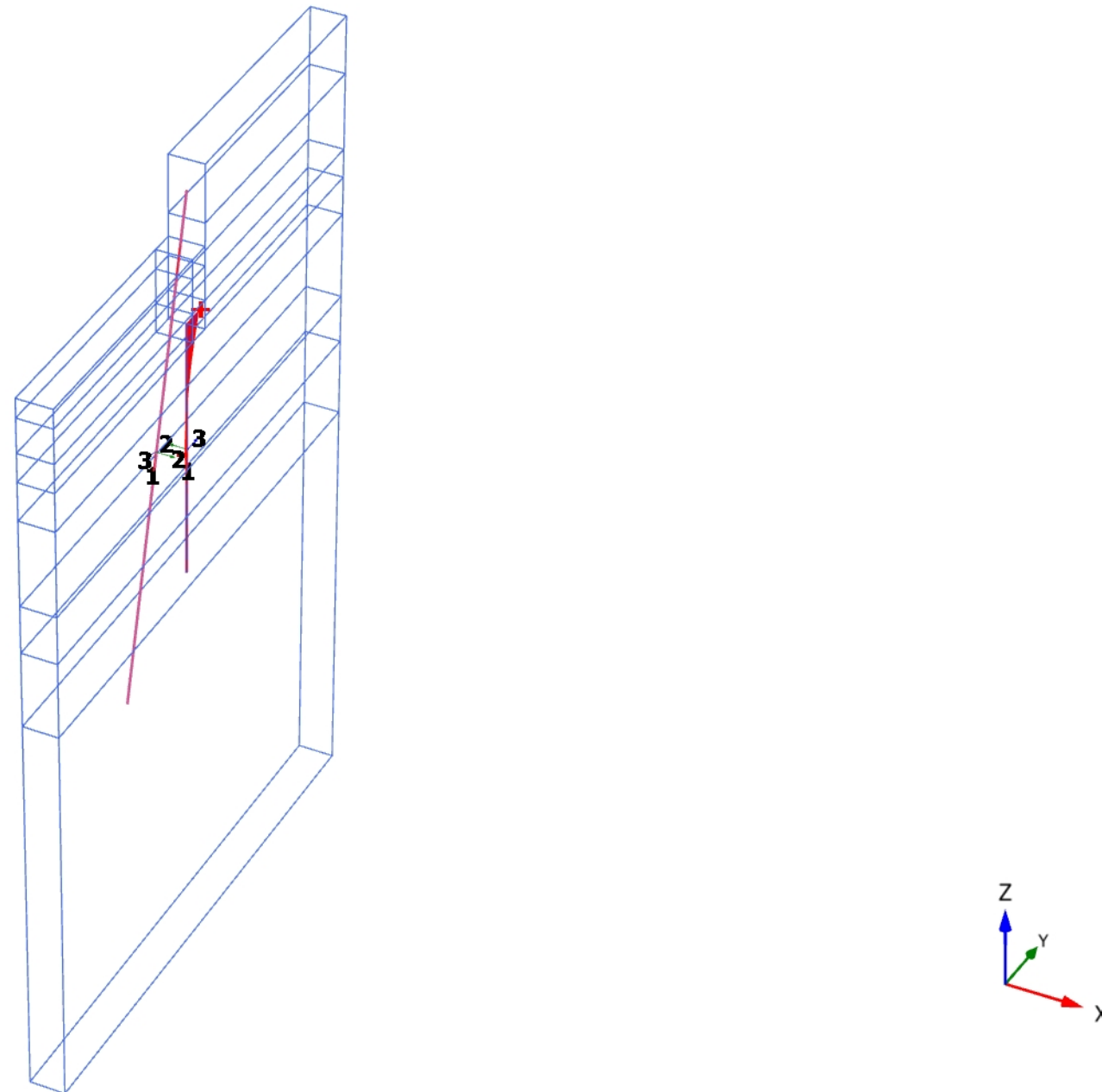


#### Bending moments $M_2$ (scaled up 5,00 times)

Maximum value = 0,2400 kN m (Element 322 at Node 34079)

Minimum value = -0,3166 kN m (Element 283 at Node 34001)

### 3.3.1.1.4 Calculation results, Embedded beam, 4 - Voorbelasten kade [Phase\_1] (1/21), Bending moments $M_2$



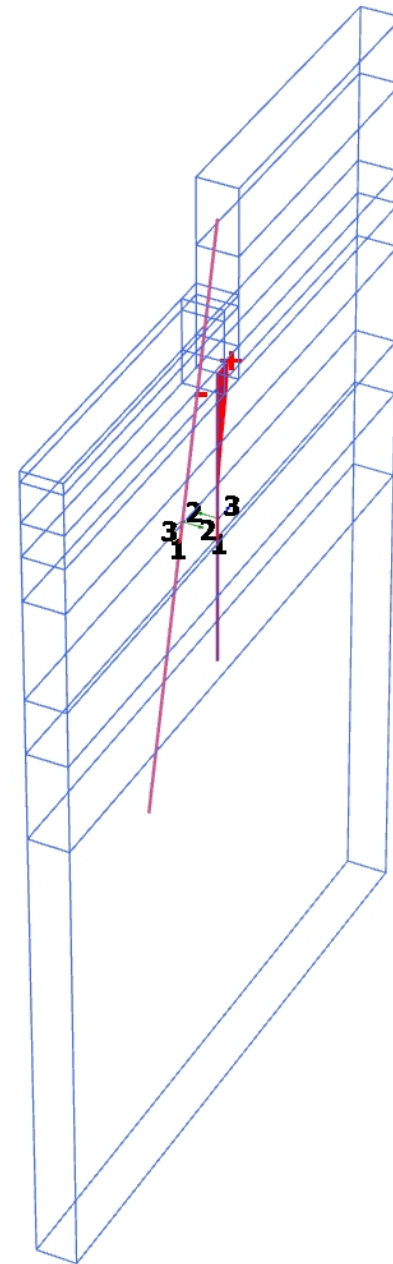
#### **Bending moments $M_2$ (scaled up 0,0100 times)**

Maximum value = 111,6 kN m (Element 191 at Node 33816)

Minimum value = -14,32 kN m (Element 285 at Node 34005)



### 3.3.1.1.5 Calculation results, Embedded beam, 6a - Voorbereiding UGT fase [Phase\_11] (11/80), Bending moments $M_2$

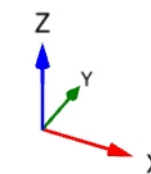
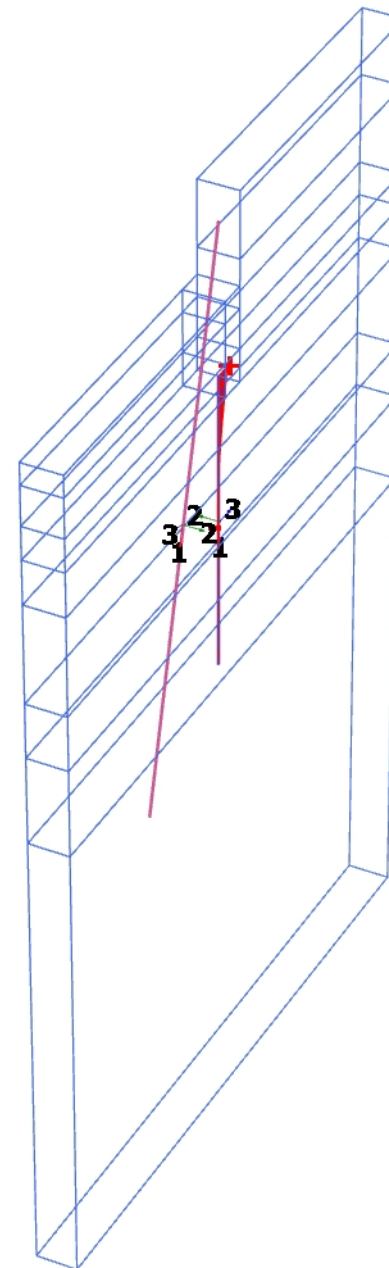


**Bending moments  $M_2$  (scaled up  $5,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 176,0 kN m (Element 191 at Node 33816)

Minimum value = -9,355 kN m (Element 55 at Node 33544)

### 3.3.1.1.6 Calculation results, Embedded beam, 5 - Eindsituatie [Phase\_7] (17/95), Bending moments $M_2$

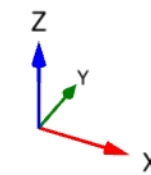
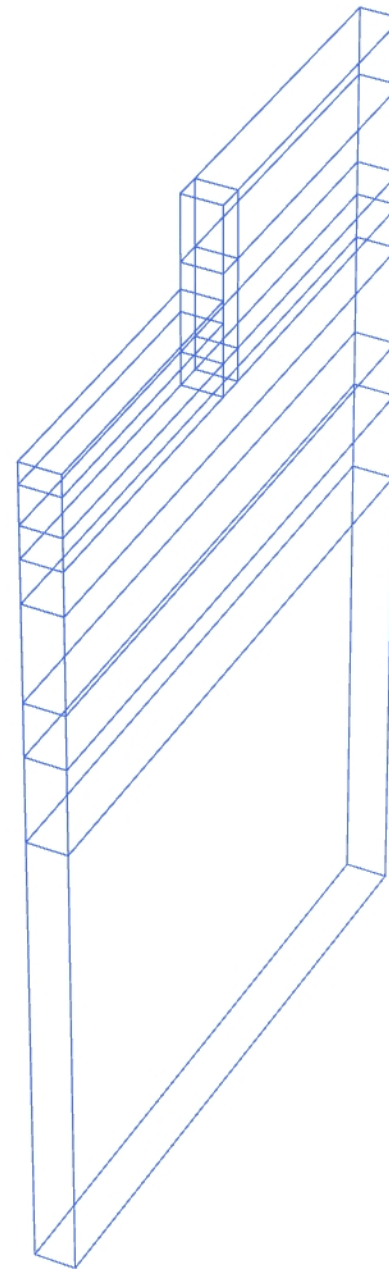


**Bending moments  $M_2$  (scaled up  $5,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 142,9 kN m (Element 191 at Node 33816)

Minimum value = -12,63 kN m (Element 285 at Node 34006)

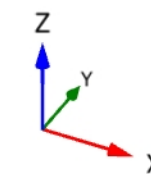
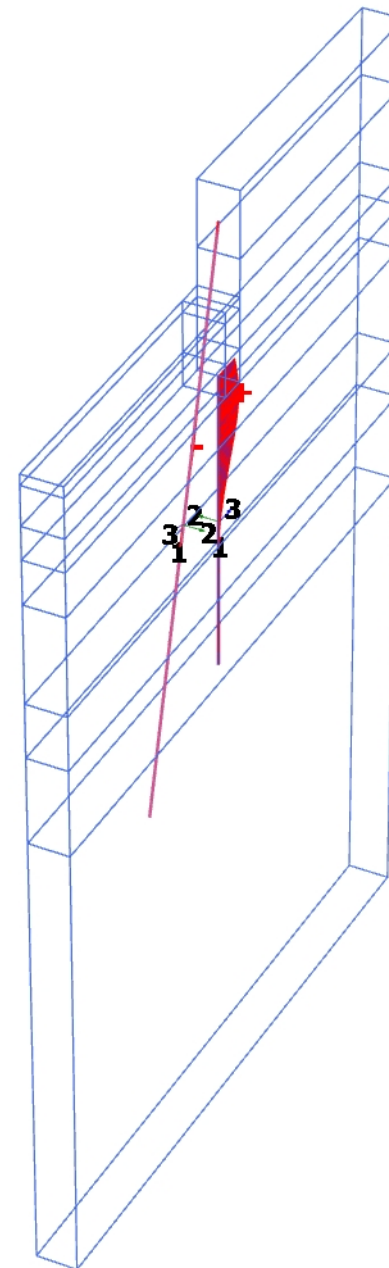
### 3.3.1.1.7 Calculation results, Embedded beam, Huidige situatie [Phase\_10] (16/157), Bending moments $M_2$



**Bending moments  $M_2$  (scaled up 1,00 times)**

No results

### 3.3.1.1.8 Calculation results, Embedded beam, 6b - Phi-c' 1.25 [Phase\_9] (19/239), Bending moments $M_2$

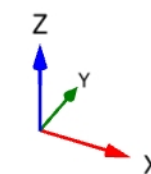
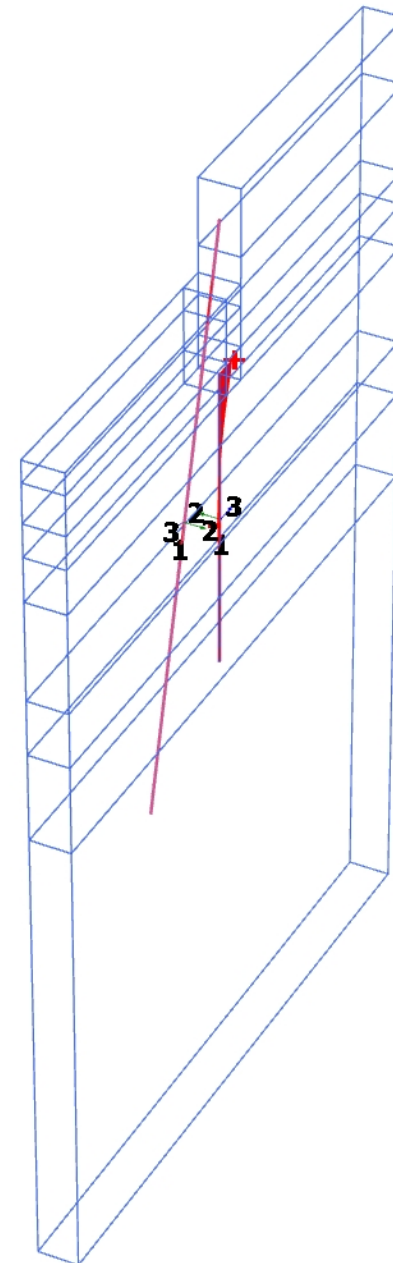


**Bending moments  $M_2$  (scaled up  $5,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 339,1 kN m (Element 216 at Node 33867)

Minimum value = -25,36 kN m (Element 71 at Node 33576)

### 3.3.1.1.9 Calculation results, Embedded beam, 3 - Slopen oude kademuur [Phase\_5] (14/343), Bending moments $M_2$

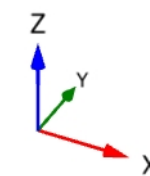
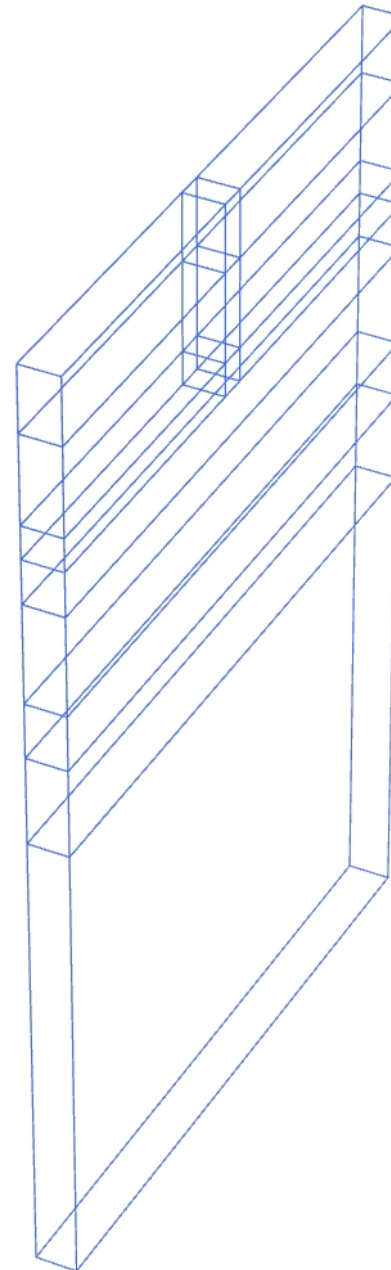


#### Bending moments $M_2$ (scaled up 0,0100 times)

Maximum value = 101,0 kN m (Element 191 at Node 33816)

Minimum value = -13,20 kN m (Element 285 at Node 34005)

### 3.3.1.2.1 Calculation results, Embedded beam, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Axial forces N

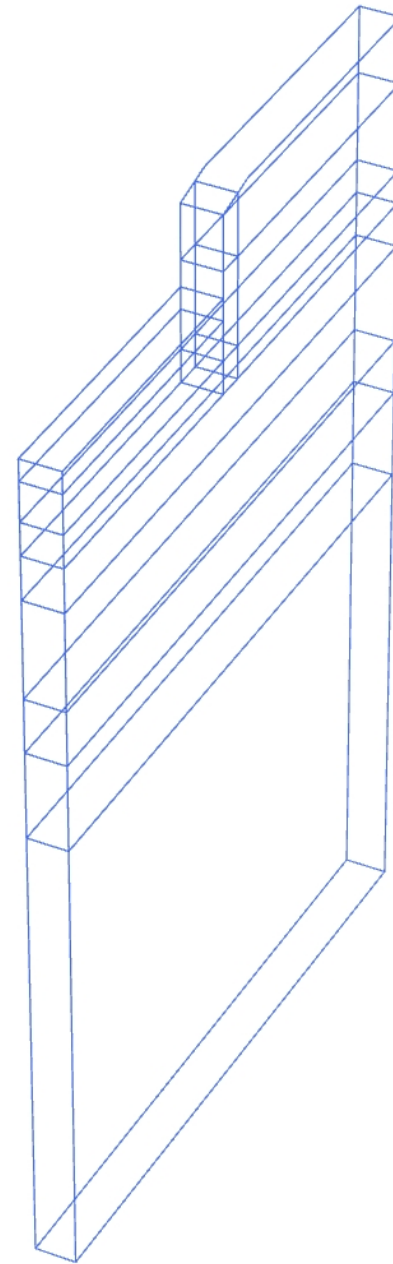


**Axial forces N (scaled up 1,00 times)**

No results



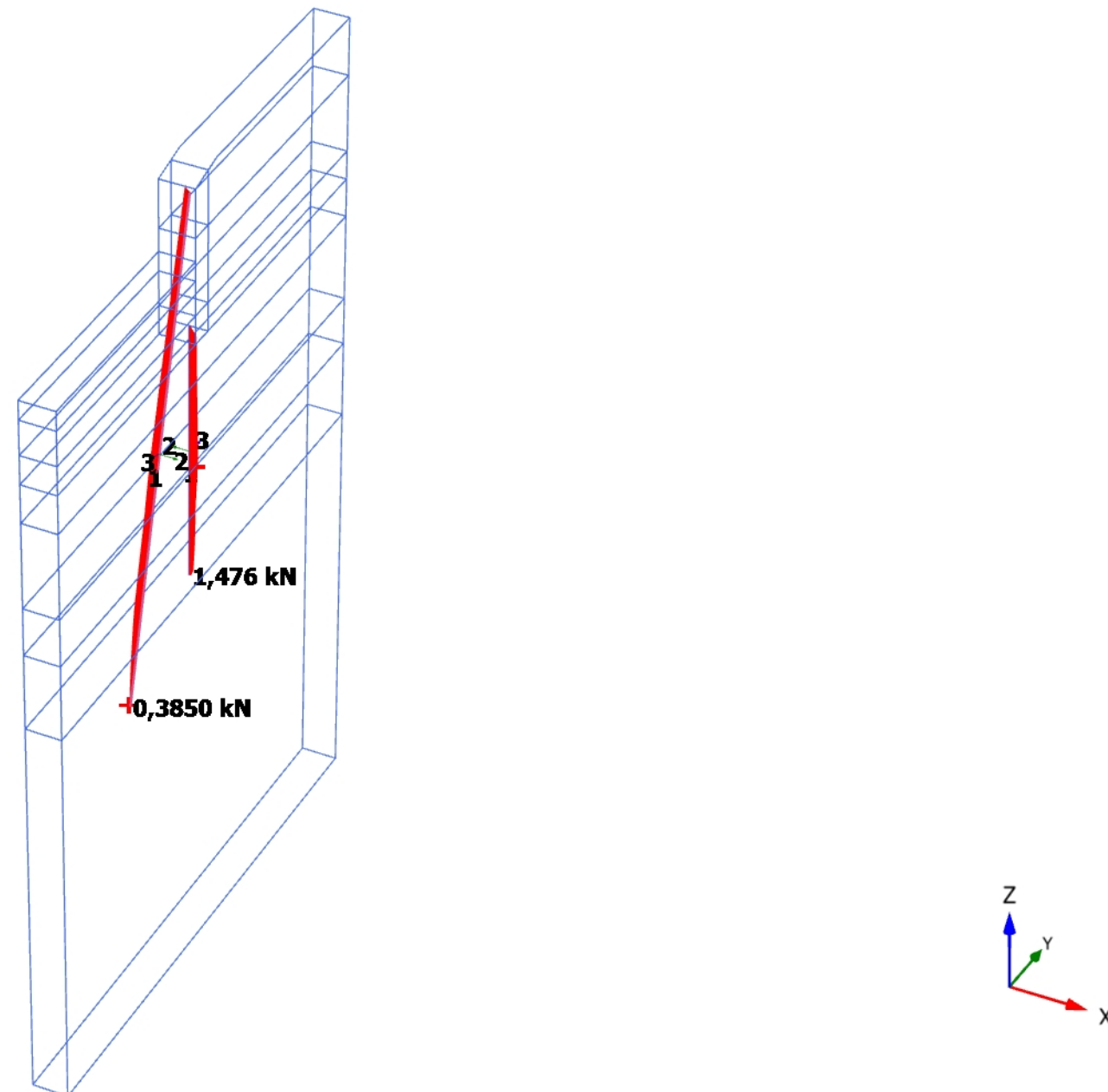
### 3.3.1.2.2 Calculation results, Embedded beam, 1 - Ontgraven 0.5m t.b.v. installatie ankerpalen [Phase\_3] (12/3), Axial forces N



**Axial forces N (scaled up 1,00 times)**

No results

### 3.3.1.2.3 Calculation results, Embedded beam, 2 - Installatie combiwand + ankerpalen [Phase\_4] (13/6), Axial forces N

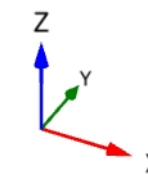
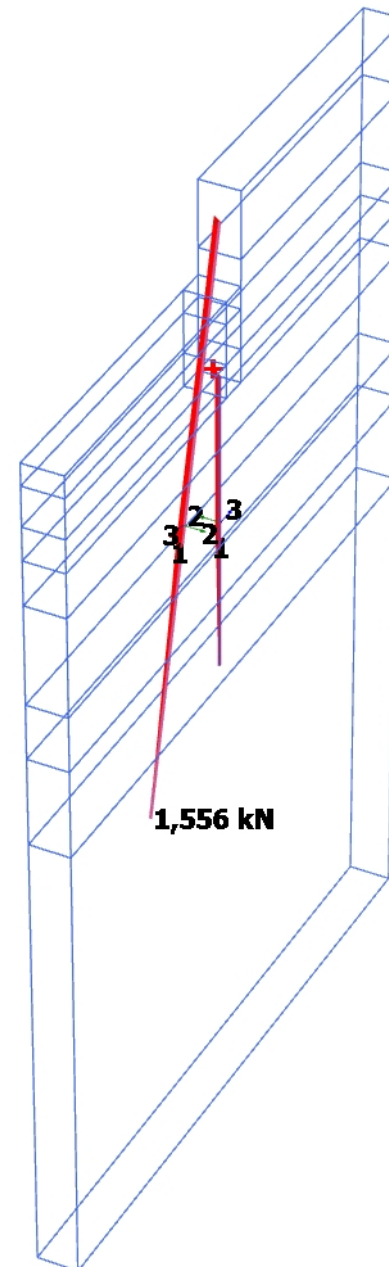


#### Axial forces N (scaled up 0,0500 times)

Maximum value = -0,3273 kN (Element 190 at Node 33815)

Minimum value = -22,46 kN (Element 282 at Node 34000)

### 3.3.1.2.4 Calculation results, Embedded beam, 4 - Voorbelasten kade [Phase\_1] (1/21), Axial forces N

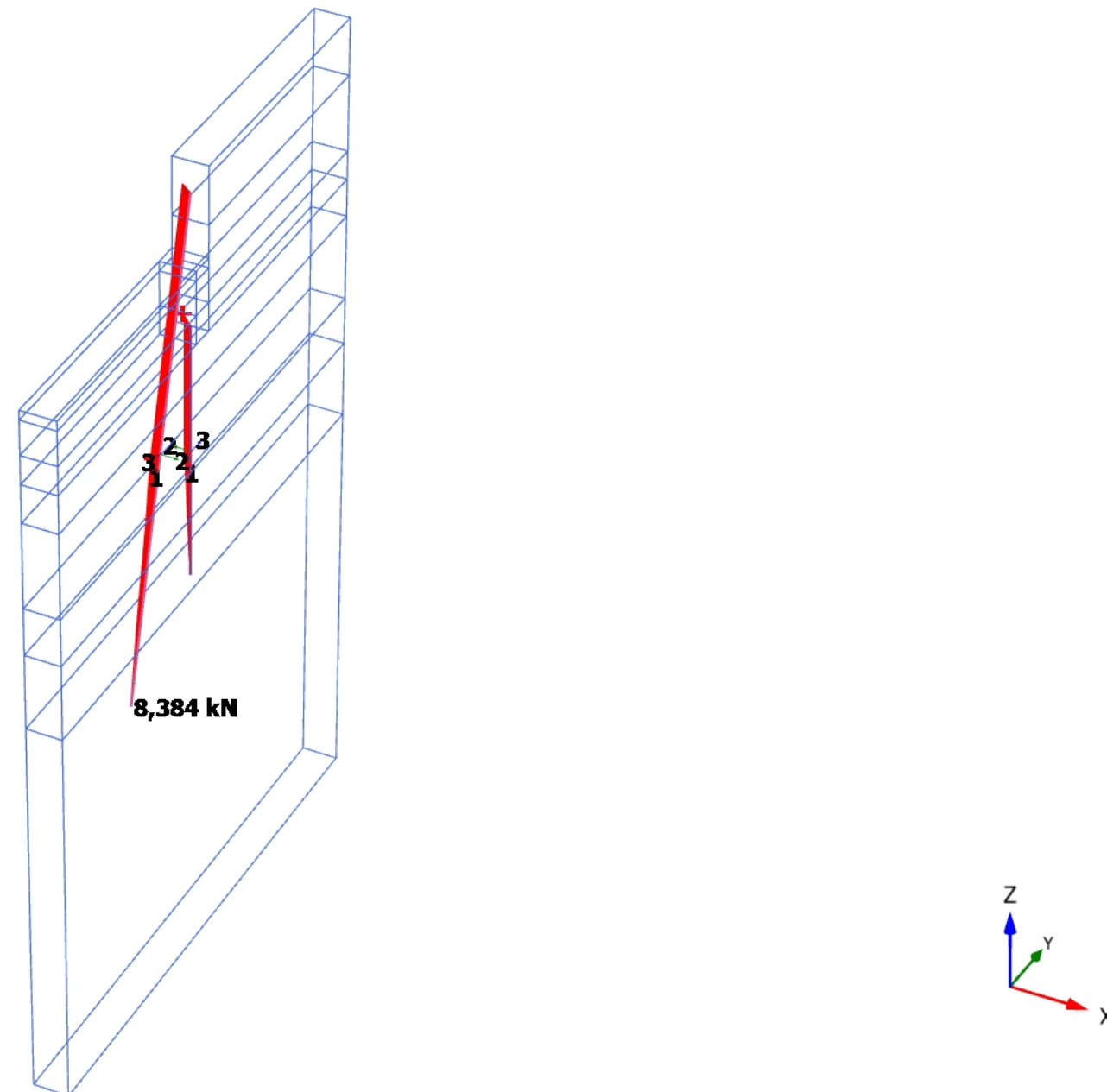


**Axial forces N (scaled up  $2,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 234,4 kN (Element 191 at Node 33816)

Minimum value = -297,9 kN (Element 101 at Node 33636)

### 3.3.1.2.5 Calculation results, Embedded beam, 6a - Voorbereiding UGT fase [Phase\_11] (11/80), Axial forces N

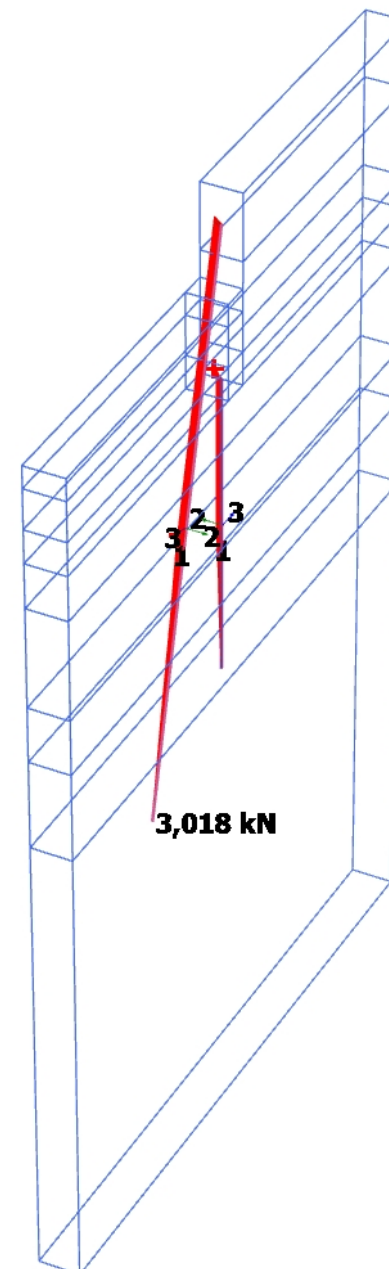


**Axial forces N (scaled up  $2,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 441,5 kN (Element 191 at Node 33816)

Minimum value = -546,5 kN (Element 101 at Node 33636)

### 3.3.1.2.6 Calculation results, Embedded beam, 5 - Eindsituatie [Phase\_7] (17/95), Axial forces N

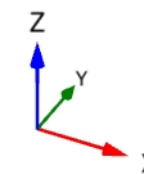
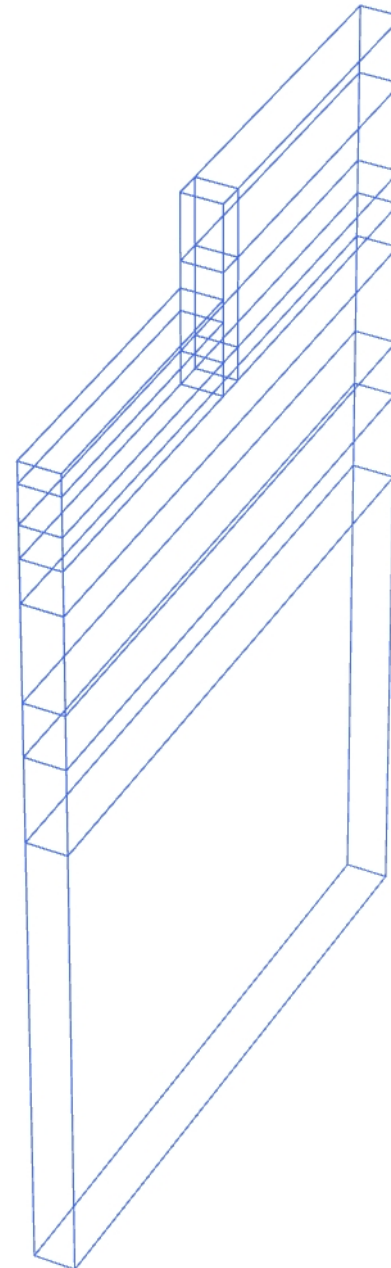


**Axial forces N (scaled up  $2,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 319,4 kN (Element 191 at Node 33816)

Minimum value = -415,0 kN (Element 101 at Node 33636)

### 3.3.1.2.7 Calculation results, Embedded beam, Huidige situatie [Phase\_10] (16/157), Axial forces N

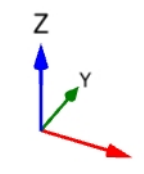
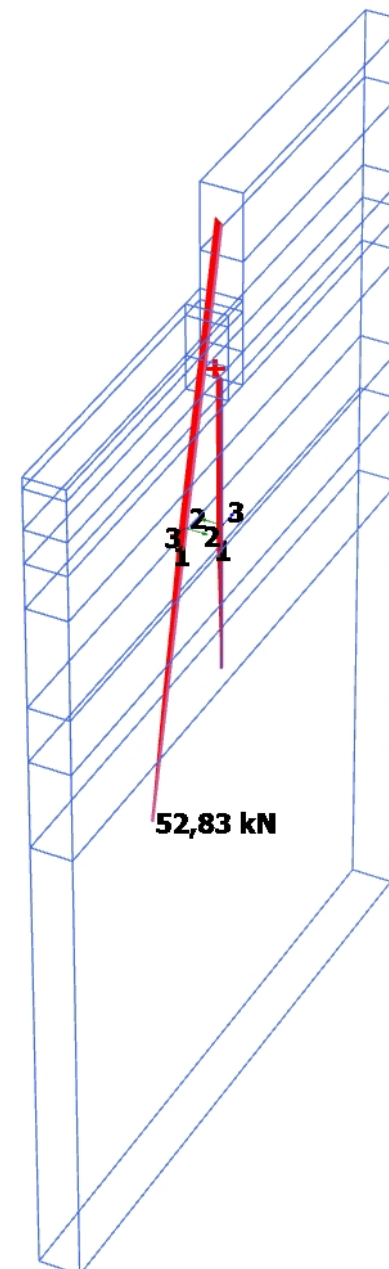


**Axial forces N (scaled up 1,00 times)**

No results



### 3.3.1.2.8 Calculation results, Embedded beam, 6b - Phi-c' 1.25 [Phase\_9] (19/239), Axial forces N

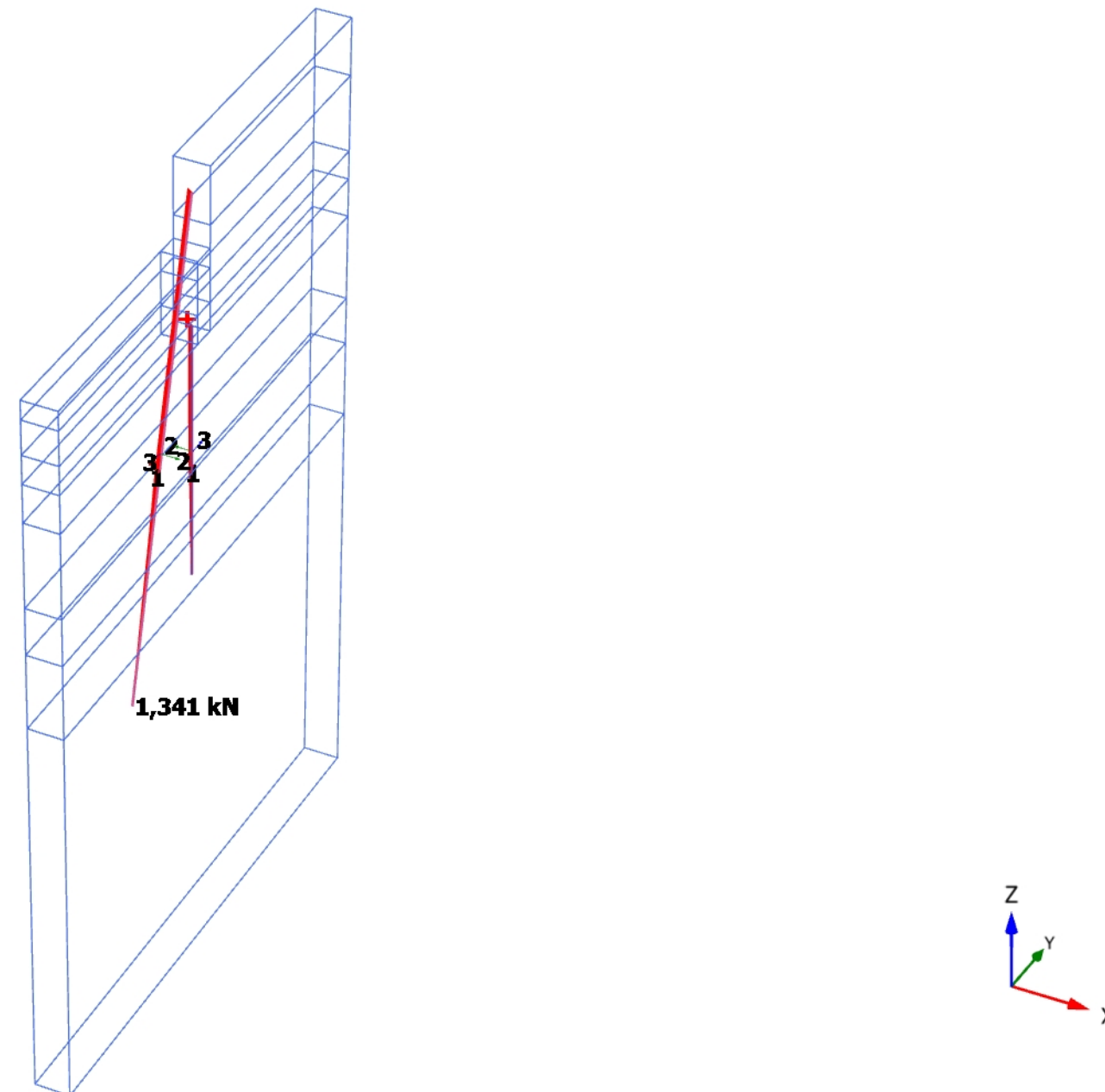


#### Axial forces N (scaled up $1,00 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 579,2 kN (Element 191 at Node 33816)

Minimum value = -702,9 kN (Element 101 at Node 33636)

### 3.3.1.2.9 Calculation results, Embedded beam, 3 - Slopen oude kademuur [Phase\_5] (14/343), Axial forces N



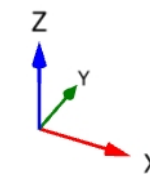
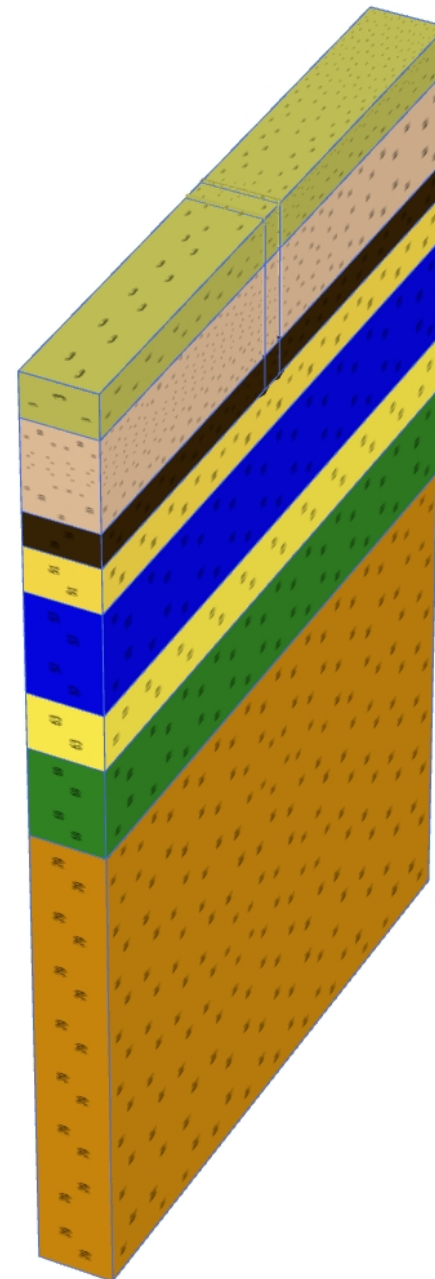
**Axial forces N (scaled up  $2,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 215,4 kN (Element 191 at Node 33816)

Minimum value = -267,4 kN (Element 101 at Node 33636)

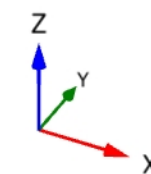
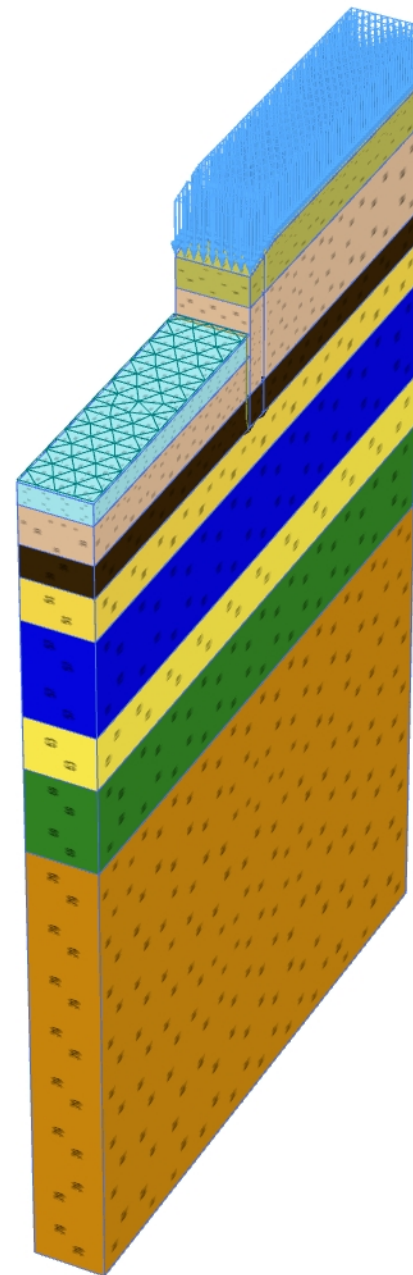
# PLAXIS Report

### 1.1.1.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Connectivity plot



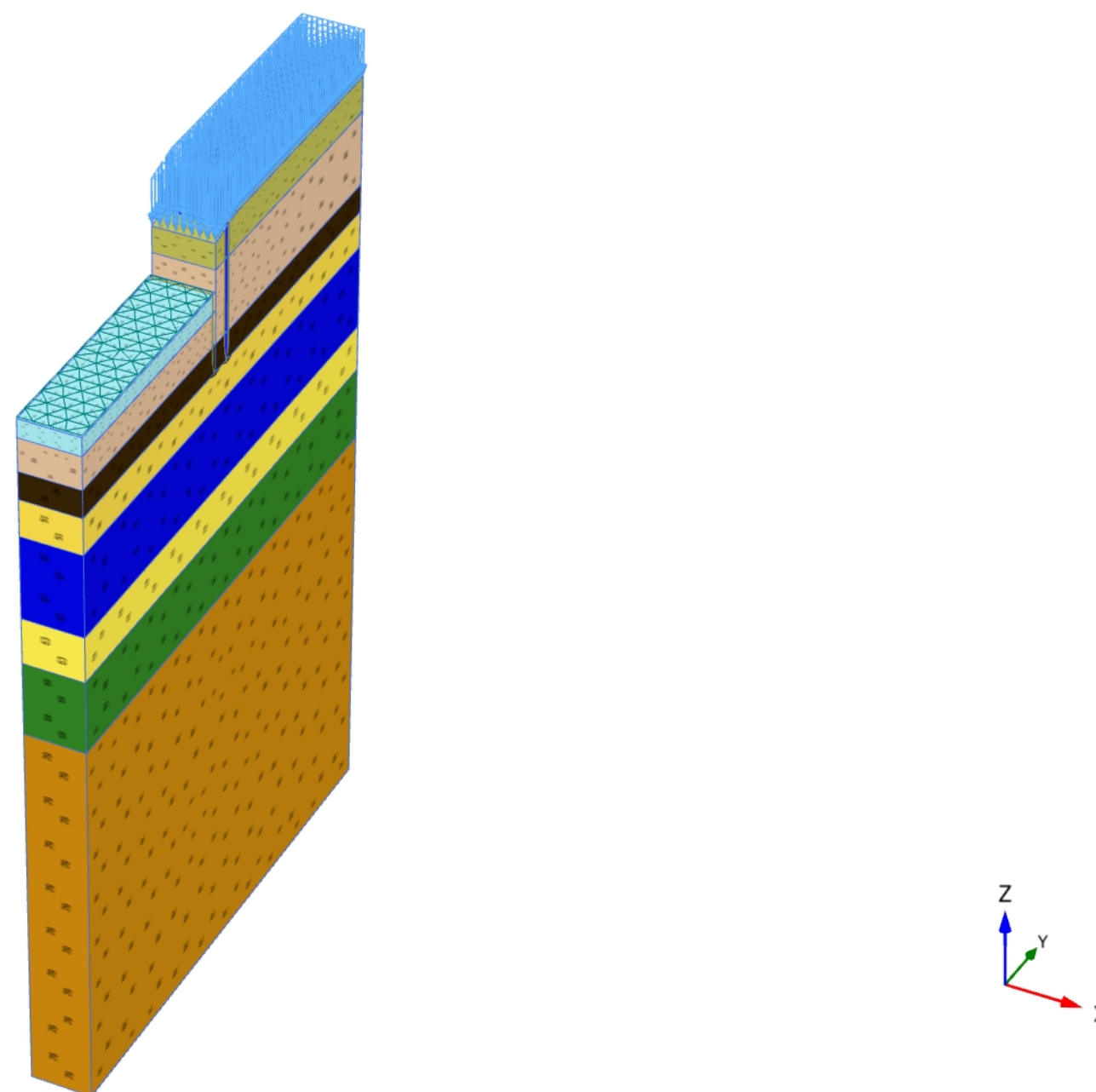
**Connectivity plot**

### 1.1.1.2 Calculation results, 1 - Ontgraven 0.5m t.b.v. installatie ankerpalen [Phase\_3] (12/3), Connectivity plot



**Connectivity plot**

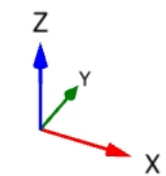
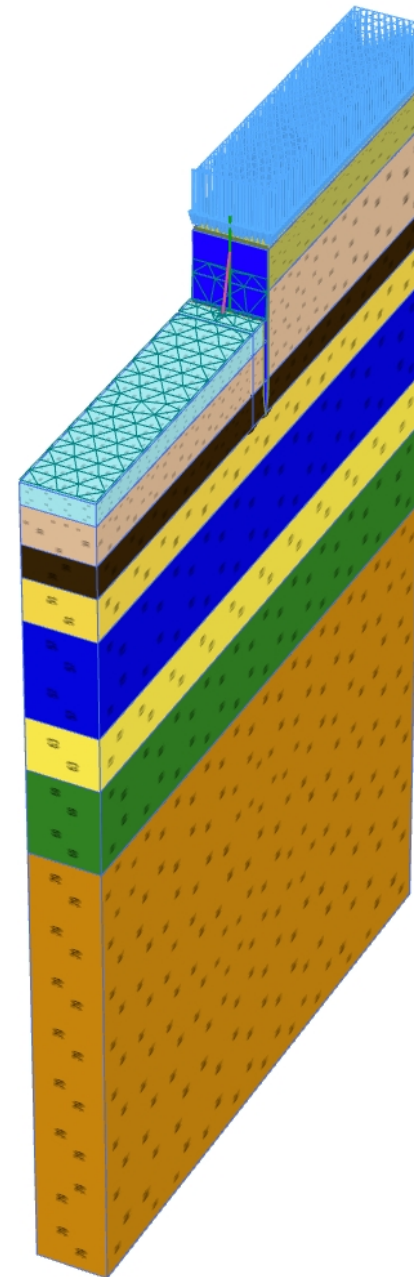
### 1.1.1.3 Calculation results, 2 - Installatie combiwand + ankerpalen [Phase\_4] (13/6), Connectivity plot



**Connectivity plot**

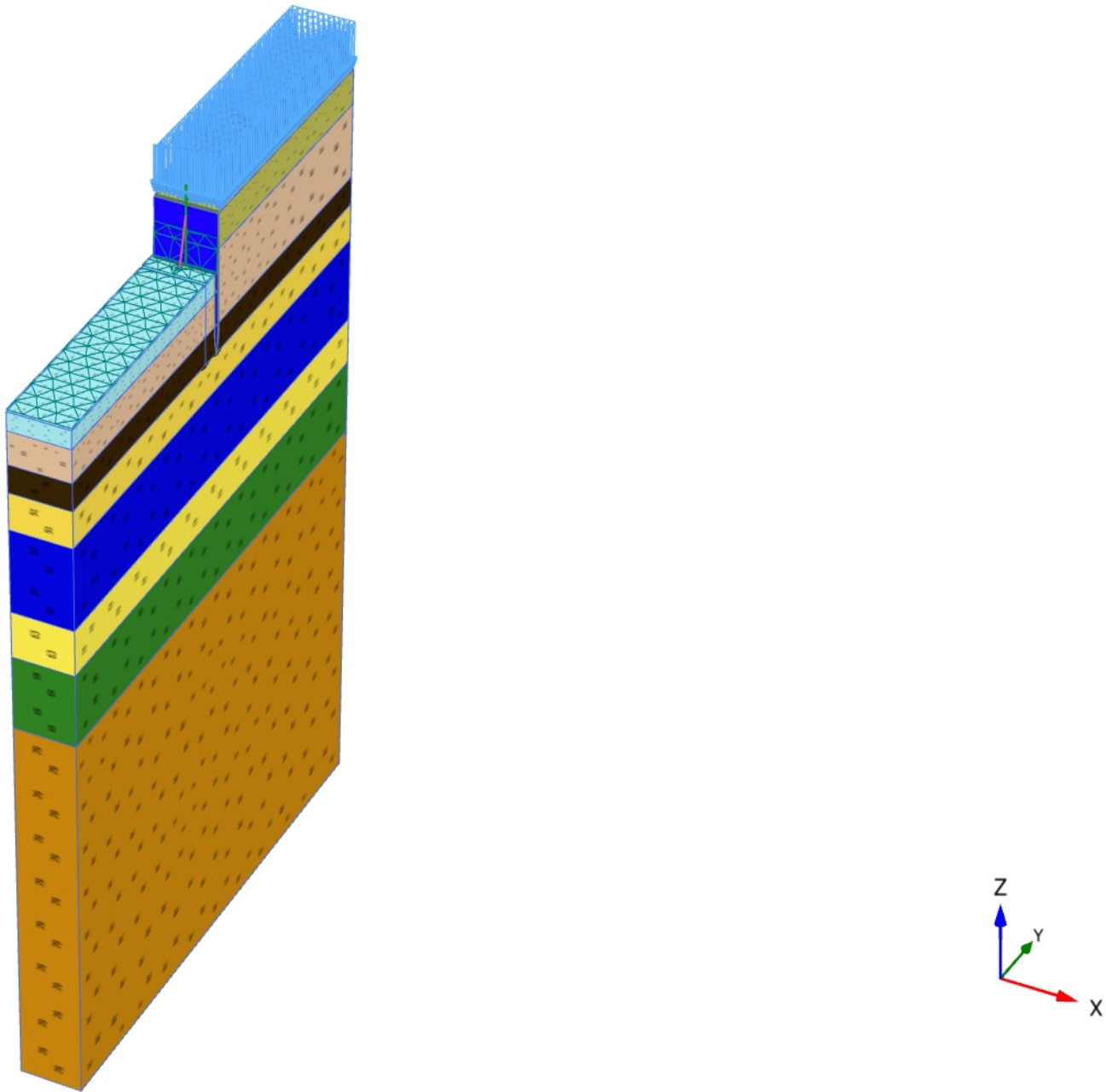


#### 1.1.1.4 Calculation results, 4 - Voorbelasten kade [Phase\_1] (1/12), Connectivity plot



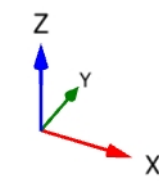
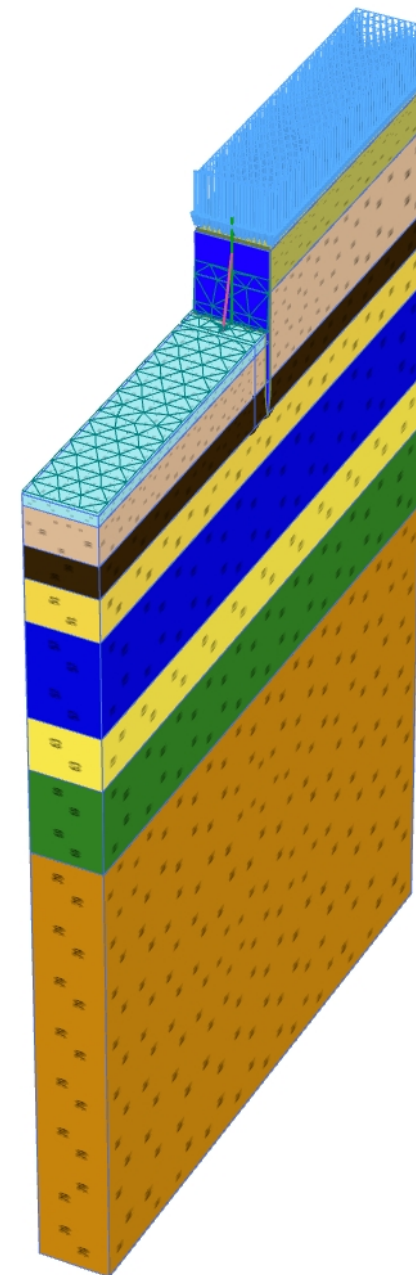
**Connectivity plot**

1.1.1.5 Calculation results, 5 - Eindsituatie [Phase\_7] (17/22), Connectivity plot



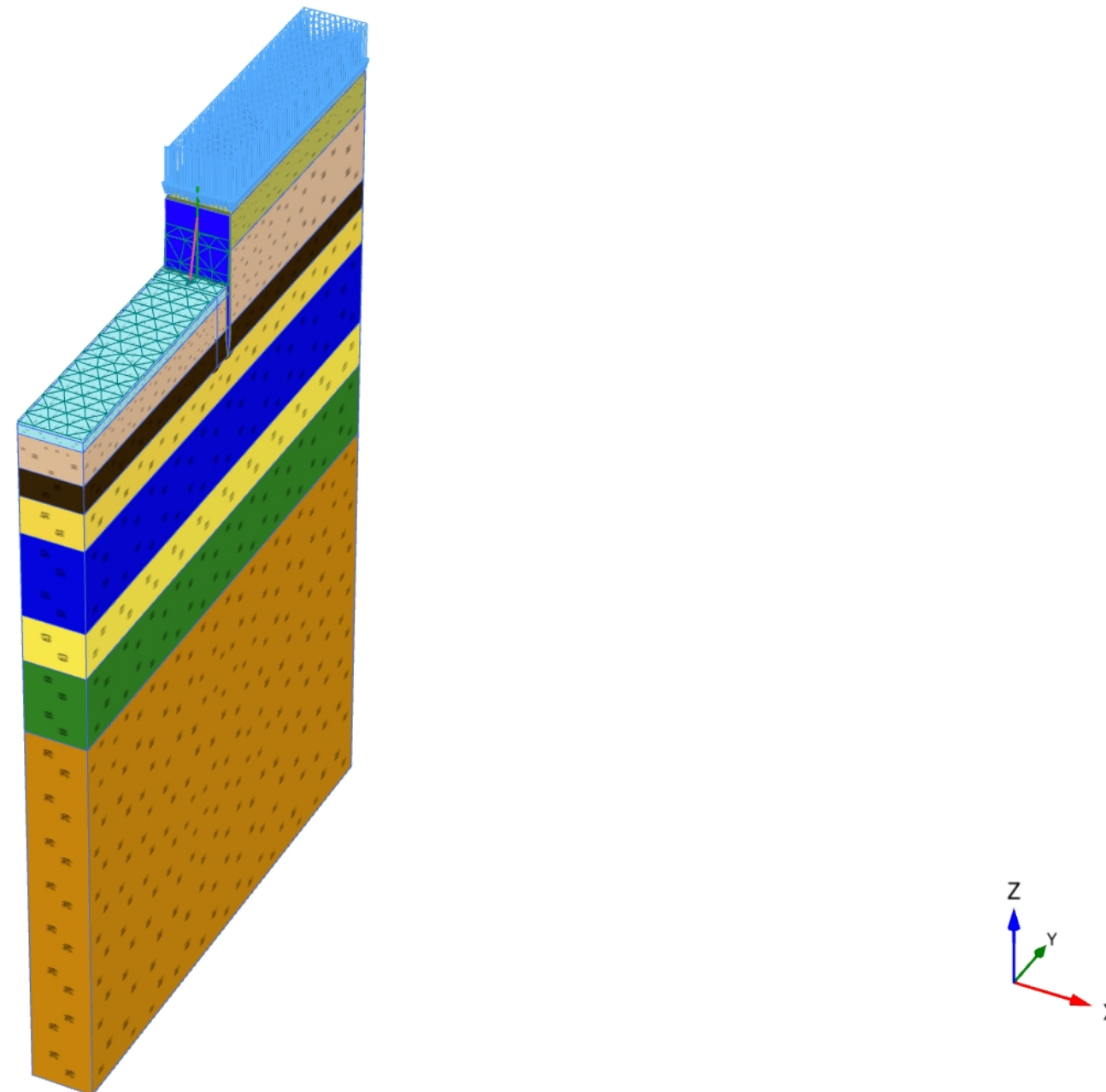
Connectivity plot

### 1.1.1.6 Calculation results, 6a - Voorbereiding UGT fase [Phase\_11] (11/37), Connectivity plot



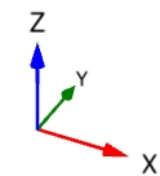
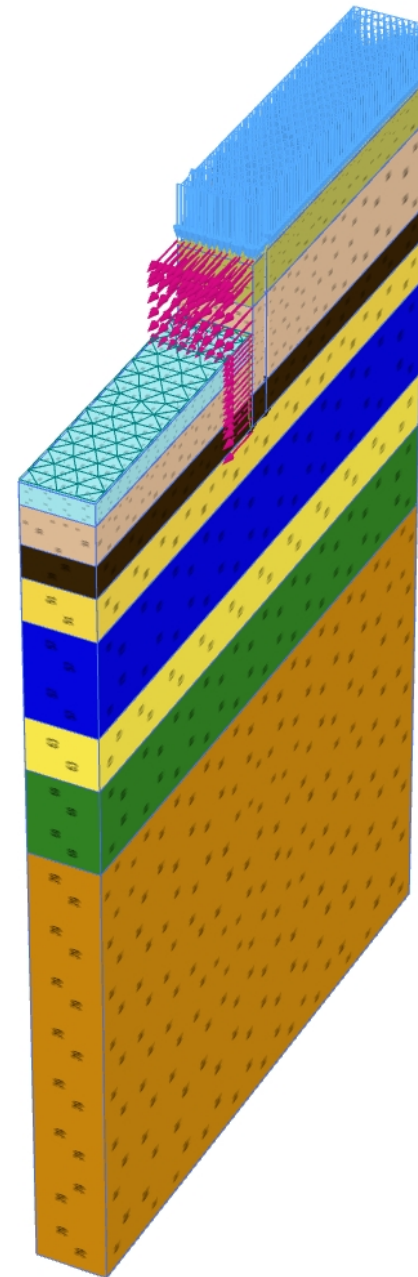
**Connectivity plot**

### 1.1.1.7 Calculation results, 6b - Phi-c' 1.25 [Phase\_9] (19/97), Connectivity plot



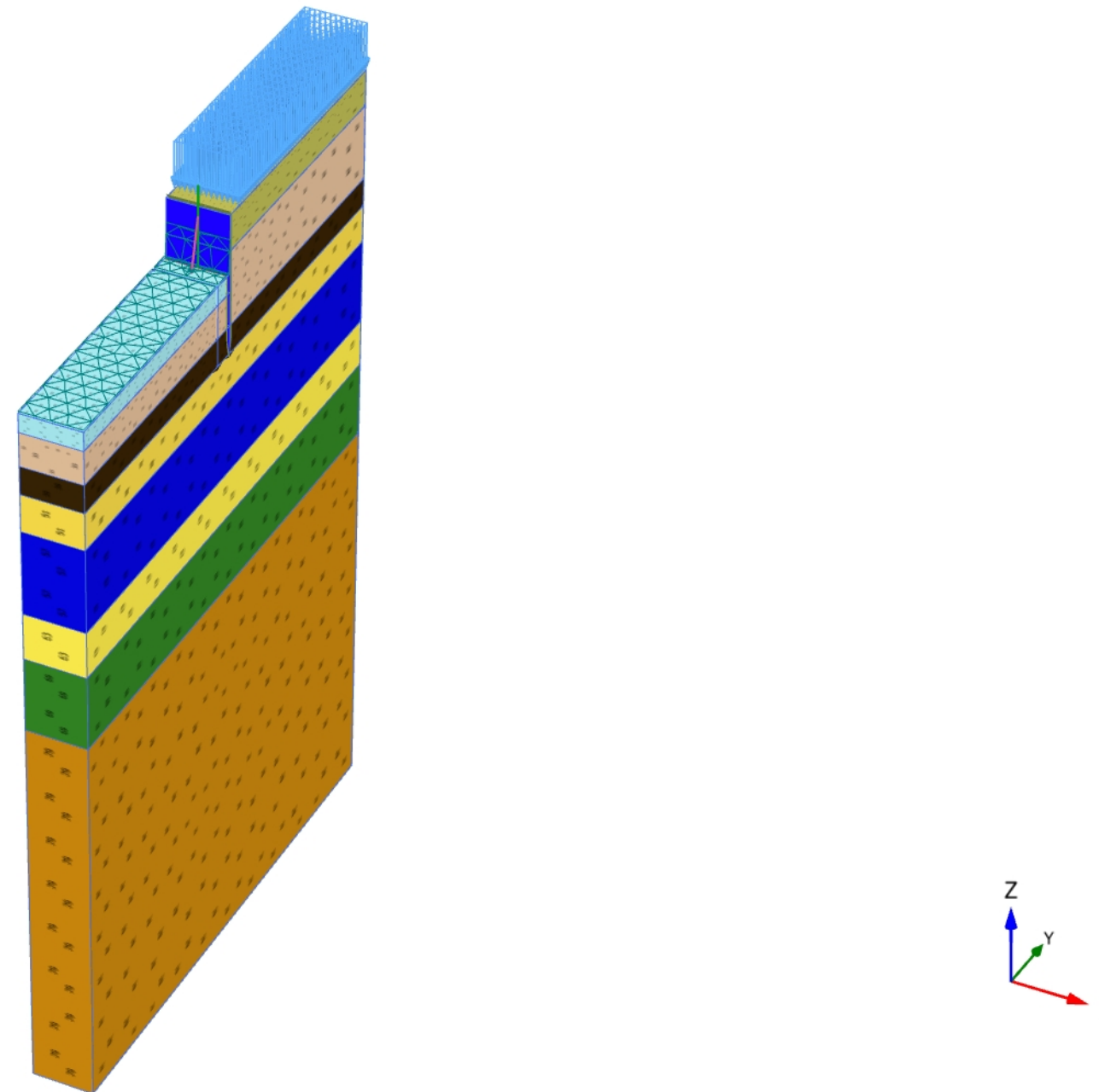
**Connectivity plot**

### 1.1.1.8 Calculation results, Huidige situatie [Phase\_10] (16/134), Connectivity plot



**Connectivity plot**






### 1.1.1.9 Calculation results, 3 - Slopen oude kademuur [Phase\_5] (14/154), Connectivity plot



**Connectivity plot**








1.1.2.1.1.1 Materials - Soil and interfaces - Hardening soil (1/2)

Identification		01 BGT Aanvulling	11 BGT Hydrobiaklei	13 BGT 1e zandlaag	14 BGT Alleröd	17 BGT Tweede zandlaag
Identification number		1	2	3	4	5
Drainage type		Drained	Undrained (A)	Drained	Drained	Drained
Colour						
Comments						
$\gamma_{unsat}$	kN/m <sup>3</sup>	16,00	15,20	19,80	18,50	19,00
$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	18,00	15,20	19,80	18,50	19,00
Dilatancy cut-off		No	No	No	No	No
$e_{init}$		0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,6400
$e_{min}$		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$e_{max}$		999,0	999,0	999,0	999,0	999,0
Rayleigh		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Rayleigh		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$E_{50}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	8567	6500	35,00E3	15,00E3	32,00E3
$E_{oed}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	6000	4633	20,00E3	7000	25,00E3
$E_{ur}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	25,00E3	13,00E3	100,0E3	30,00E3	80,00E3
power (m)		0,5000	0,8000	0,5000	0,5000	0,5000
Use alternatives		No	No	No	No	No
$C_c$		0,05750	0,07447	0,01725	0,04929	0,01509
$C_s$		0,01242	0,02388	3,105E-3	0,01035	4,244E-3
$e_{init}$		0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,6400
$c_{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	2,000	5,000	0,1000	0,1000	0,1000
(phi)	°	22,00	22,00	33,00	28,00	33,00
(psi)	°	0,000	0,000	3,000	0,000	3,000
Set to default values		Yes	Yes	Yes	No	No
$\gamma_{ur}$		0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000
$p_{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
$K_0^{nc}$		0,6254	0,6254	0,4554	0,4000	0,4000
$c_{inc}$	kN/m <sup>2</sup> /m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Identification		01 BGT Aanvulling	11 BGT Hydrobiaklei	13 BGT 1e zandlaag	14 BGT Alleröd	17 BGT Tweede zandlaag
$z_{ref}$	m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$R_f$		0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m <sup>2</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0,9866	0,9866	0,9866	0,9866	0,9866
$u$		0,4950	0,4950	0,4950	0,4950	0,4950
$K_{w,ref} / n$	kN/m <sup>2</sup>	1,024E6	532,6E3	4,097E6	1,229E6	3,278E6
Strength		Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
$R_{inter}$		0,6700	0,6700	0,6700	0,6700	0,6700
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$i_{inter}$		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity $_1, dk$	m <sup>3</sup> /day/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Drainage conductivity $_2, dk$	m <sup>3</sup> /day/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$K_o$ determination		Automatic	Manual	Manual	Manual	Automatic
$K_{0,x} = K_{0,y}$		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$K_{0,x}$		10,00E9	0,5774	0,4701	0,5460	0,4000
$K_{0,y}$		10,00E9	0,5774	0,4701	0,5460	0,4000
OCR		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
POP	kN/m <sup>2</sup>	20,00	20,00	0,000	0,000	0,000
$k_x$	m/day	0,08640	0,1500	0,8600	0,08600E-3	0,000
$k_y$	m/day	0,08640	0,1500	0,8600	0,08600E-3	0,000
$k_z$	m/day	0,08640	0,1500	0,8600	0,08600E-3	0,000
$e_{init}$		0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,6400
$S_s$	1/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$c_k$		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12	1000E12

1.1.2.1.1.2 Materials - Soil and interfaces - Hardening soil (2/2)

Identification		08 BGT Hollandveen	09 BGT Oude Zeeklei	10 BGT Wadafzetting zandig	19 BGT Eemlaag	Slappe klei
Identification number		6	7	8	9	11
Drainage type		Undrained (A)	Undrained (A)	Drained	Undrained (A)	Undrained (A)
Colour						
Comments						
$\gamma_{unsat}$	kN/m <sup>3</sup>	10,50	16,50	17,90	17,10	14,00
$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	10,50	16,50	17,90	17,10	14,00
Dilatancy cut-off		No	No	No	No	No
$e_{init}$		7,780	1,350	0,9700	0,3000	7,780
$e_{min}$		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$e_{max}$		999,0	999,0	999,0	999,0	999,0
Rayleigh		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Rayleigh		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$E_{50}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	2000	7500	10,00E3	8000	2000
$E_{oed}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	830,0	4100	6310	3924	830,0
$E_{ur}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	7000	20,00E3	25,00E3	30,00E3	7000
power (m)		0,8000	0,8000	0,5000	0,5000	0,8000
Use alternatives		No	No	No	No	No
$C_c$		2,433	0,1318	0,07181	0,07620	2,433
$C_s$		0,2732	0,02559	0,01631	8,970E-3	0,2732
$e_{init}$		7,780	1,350	0,9700	0,3000	7,780
$C_{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	5,000	5,000	2,000	10,00	2,000
(phi)	°	18,00	22,00	22,00	29,00	18,00
(psi)	°	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Set to default values		No	No	Yes	Yes	No
$\gamma_{ur}$		0,1500	0,1500	0,2000	0,2000	0,1500
$p_{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
$K_0^{nc}$		0,6500	0,6254	0,6254	0,5152	0,6500
$c_{inc}$	kN/m <sup>2</sup> /m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



Identification		08 BGT Hollandveen	09 BGT Oude Zeeklei	10 BGT Wadafzetting zandig	19 BGT Eemlaag	Slappe klei
$z_{ref}$	m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$R_f$		0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m <sup>2</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0,9890	0,9890	0,9866	0,9866	0,9890
$u$		0,4950	0,4950	0,4950	0,4950	0,4950
$K_{w,ref} / n$	kN/m <sup>2</sup>	300,0E3	857,1E3	1,024E6	1,229E6	300,0E3
Strength		Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
$R_{inter}$		0,5000	0,6700	0,6700	0,6700	0,5000
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$i_{inter}$		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity $_1, dk$	m <sup>3</sup> /day/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Drainage conductivity $_2, dk$	m <sup>3</sup> /day/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$K_o$ determination		Automatic	Automatic	Automatic	Manual	Automatic
$K_{0,x} = K_{0,y}$		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$K_{0,x}$		10,00E9	10,00E9	0,6254	0,4264	10,00E9
$K_{0,y}$		10,00E9	10,00E9	0,6254	0,4264	10,00E9
OCR		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
POP	kN/m <sup>2</sup>	20,00	20,00	0,000	0,000	10,00
$k_x$	m/day	0,000	0,000	0,000	0,09500	0,000
$k_y$	m/day	0,000	0,000	0,000	0,09500	0,000
$k_z$	m/day	0,000	0,000	0,000	0,09500	0,000
$e_{init}$		7,780	1,350	0,9700	0,3000	7,780
$S_s$	1/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$c_k$		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12	1000E12

1.1.2.1.2 Materials - Soil and interfaces - Linear elastic

Identification		Beton
Identification number		10
Drainage type		Non-porous
Colour		<div></div>
Comments		
	unsat	kN/m³
		40,00
	sat	kN/m³
		40,00
Dilatancy cut-off		No
e <sub>init</sub>		0,5000
e <sub>min</sub>		0,000
e <sub>max</sub>		999,0
Rayleigh		0,000
Rayleigh		0,000
E		kN/m²
		50,00E6
(nu)		0,2000
G		kN/m²
		20,83E6
E <sub>oed</sub>		kN/m²
		55,56E6
V <sub>s</sub>		m/s
		2260
V <sub>p</sub>		m/s
		3691
Set to default values		Yes
E <sub>inc</sub>		kN/m²/m
		0,000
Z <sub>ref</sub>		m
		0,000
Strength		Manual
R <sub>inter</sub>		0,5000
Consider gap closure		Yes
		0,000
Cross permeability		Impermeable
Drainage conductivity <sub>1</sub> , dk		m³/day/m
		0,000
Drainage conductivity <sub>2</sub> , dk		m³/day/m
		0,000

Identification			Beton
K <sub>0</sub> determination			Automatic
K <sub>0,x</sub> = K <sub>0,y</sub>			Yes
K <sub>0,x</sub>			1,000
K <sub>0,y</sub>			1,000
k <sub>x</sub>	m/day		0,000
k <sub>y</sub>	m/day		0,000
k <sub>z</sub>	m/day		0,000
e <sub>init</sub>			0,5000
c <sub>k</sub>			1000E12

1.1.2.2 Materials - Plates -



Identification		PU 22	AZ 26-700
Identification number		1	2
Comments			
Colour			
Material type		Elastic	Elastic
d	m	0,4500	0,4600
	kN/m³	3,195	3,195
Isotropic		No	No
E <sub>1</sub>	kN/m²	13,68E6	15,46E6
E <sub>2</sub>	kN/m²	683,9E3	773,1E3
<sub>12</sub>		0,000	0,000
G <sub>12</sub>	kN/m²	683,9E3	773,1E3
G <sub>13</sub>	kN/m²	1,423E6	1,423E6
G <sub>23</sub>	kN/m²	426,8E3	426,8E3
Rayleigh		0,000	0,000
Rayleigh		0,000	0,000
Prevent punching		No	Yes
Identification number		1	2



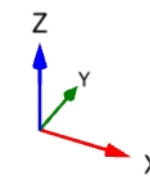
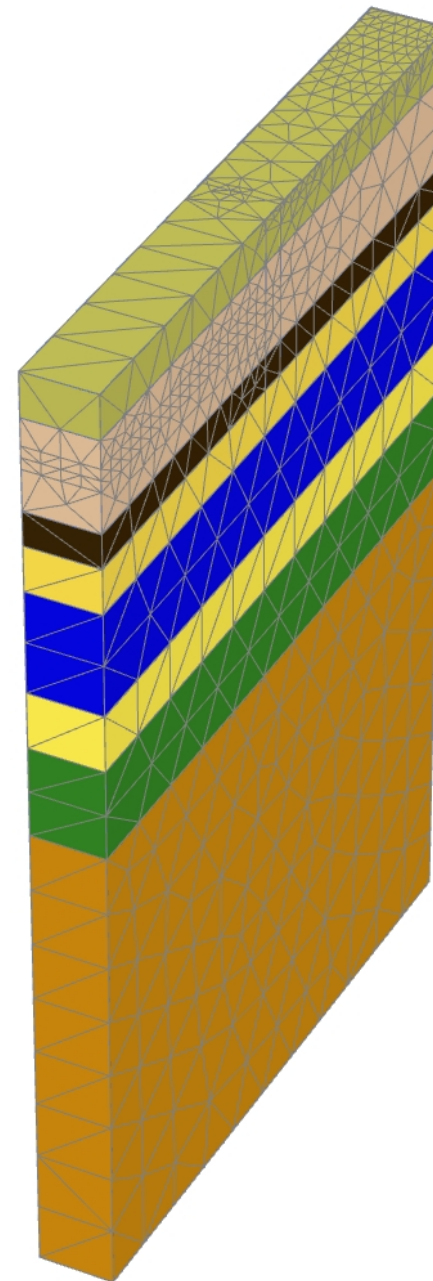
1.1.2.3 Materials - Beams -

Identification		Buispaal
Identification number		1
Comments		Diameter 406 mm, dikte 12,5 mm
Colour		<div></div>
Material type		Elastic
E	kN/m²	210,0E6
	kN/m³	78,00
Beam type		Predefined
Predefined beam type		Circular tube
Diameter	m	0,4060
Thickness	m	0,01250
A	m²	0,01545
I <sub>2</sub>	m	0,2994E-3
I <sub>3</sub>	m	0,2994E-3
Rayleigh		0,000
Rayleigh		0,000
Identification number		1

1.1.2.4 Materials - Embedded beams -

Identification		Schroefinjectiepaal		Buispaal	
Identification number		1		2	
Comments		Diameter grout 220 mm. Schacht en puntweerstand uit D-foundations(repwaarde) (E beton en staal gecombineerd obv % doorsnede)		Diameter 406 mm, dikte 12,5 mm	
Colour					
Material type		Elastic		Elastic	
E	kN/m²	210,0E6		210,0E6	
	kN/m³	78,00		78,00	
Beam type		Predefined		Predefined	
Predefined beam type		Circular tube		Circular tube	
Diameter	m	0,1400		0,4060	
Thickness	m	0,02250		0,01250	
A	m²	8,306E-3		0,01545	
I <sub>2</sub>	m	0,01486E-3		0,2994E-3	
I <sub>3</sub>	m	0,01486E-3		0,2994E-3	
Rayleigh		0,000		0,000	
Rayleigh		0,000		0,000	
Axial skin resistance		Multi-linear		Multi-linear	
Multi-linear axial resistance		Axial skin resistance table		Axial skin resistance table	
F <sub>max</sub>	kN	850,0		900,0	
Identification number		1		2	

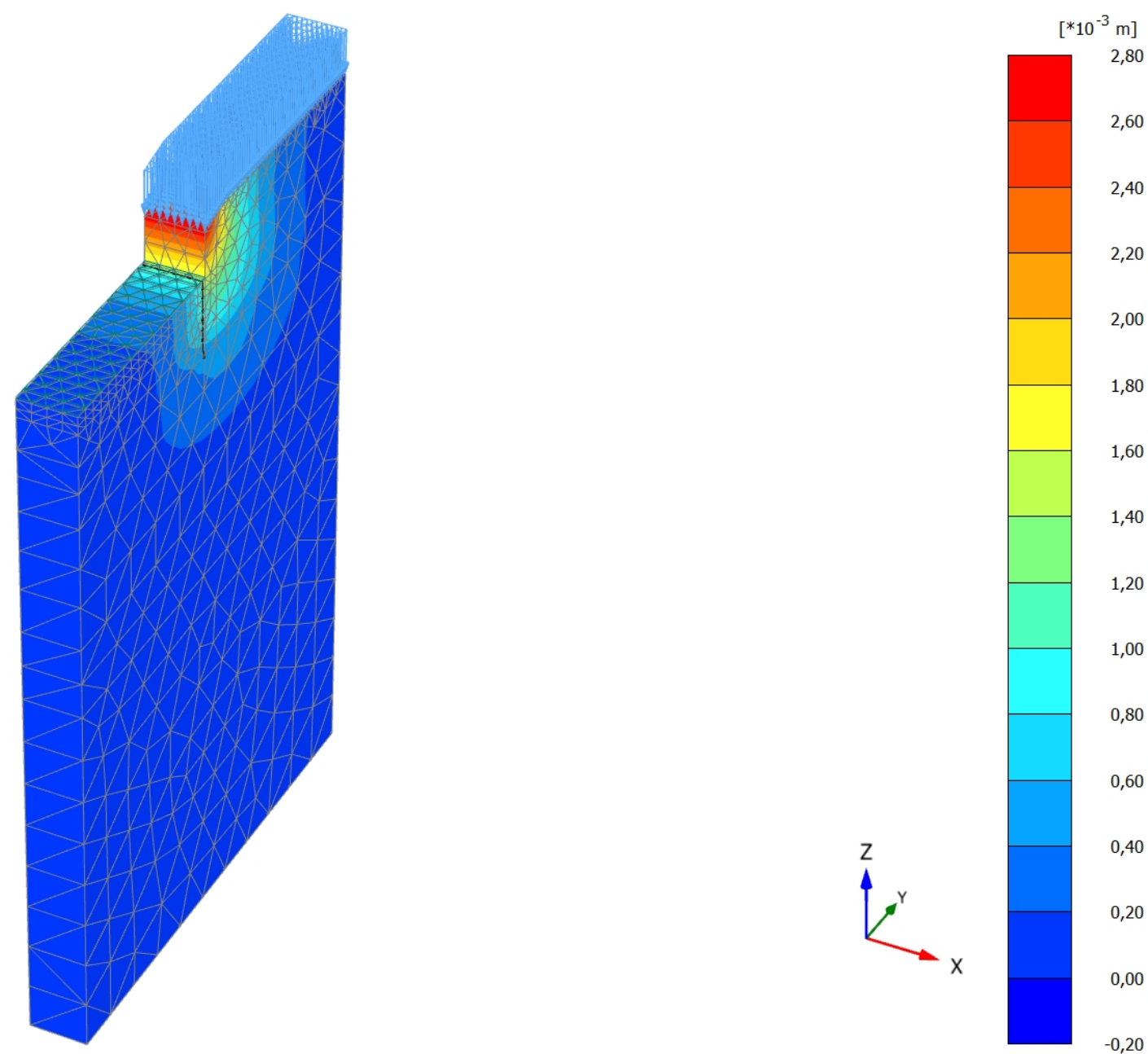
### 2.1.1.1.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Total displacements $u_z$



**Total displacements  $u_z$**

Uniform value of 0,000 m

# 2.1.1.1.2 Calculation results, 1 - Ontgraven 0.5m t.b.v. installatie ankerpalen [Phase\_3] (12/3), Total displacements $u_z$

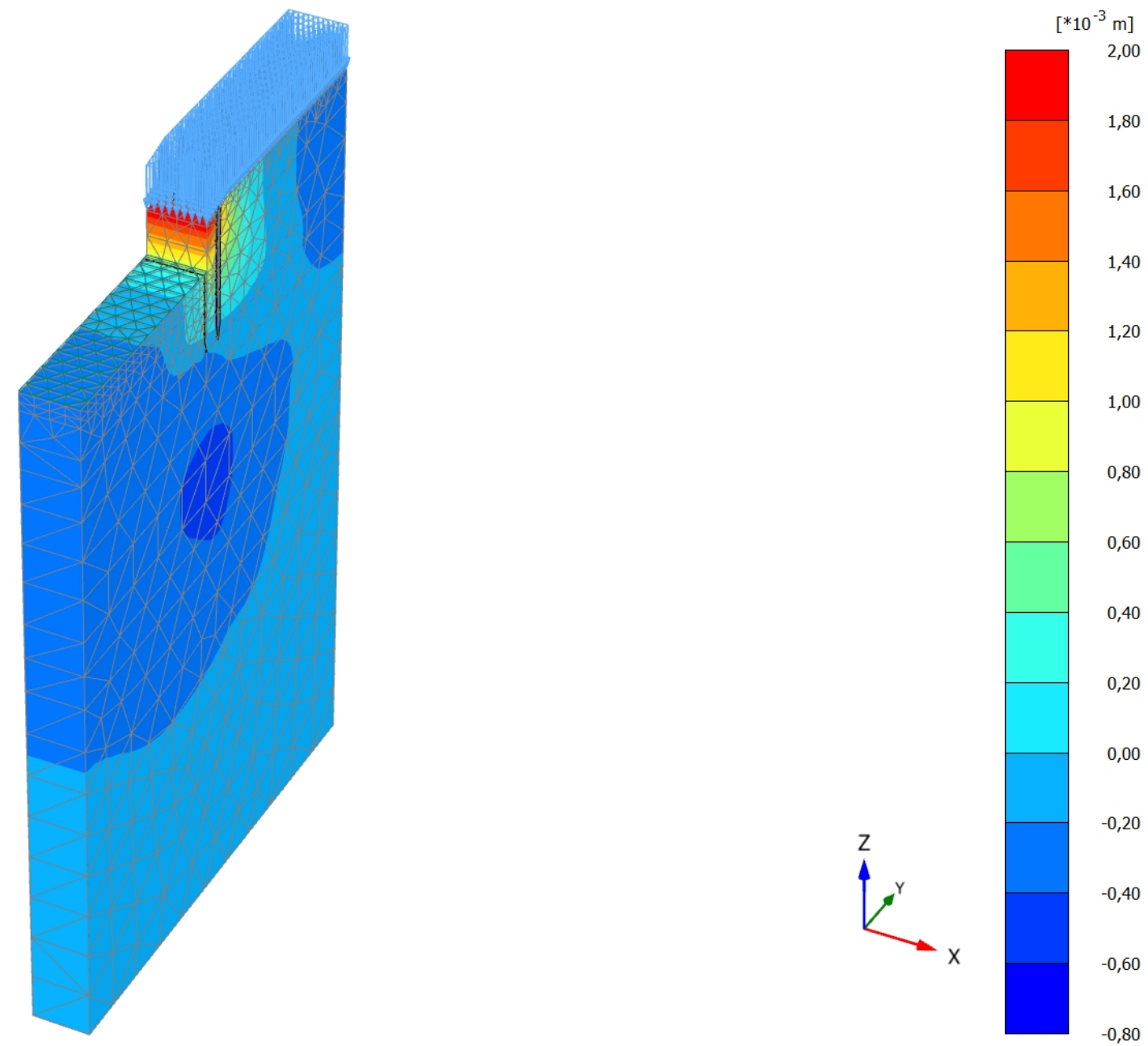


## **Total displacements $u_z$**

Maximum value =  $2,726 \cdot 10^{-3}$  m (Element 2084 at Node 2716)

Minimum value = 0,000 m (Element 23244 at Node 41275)

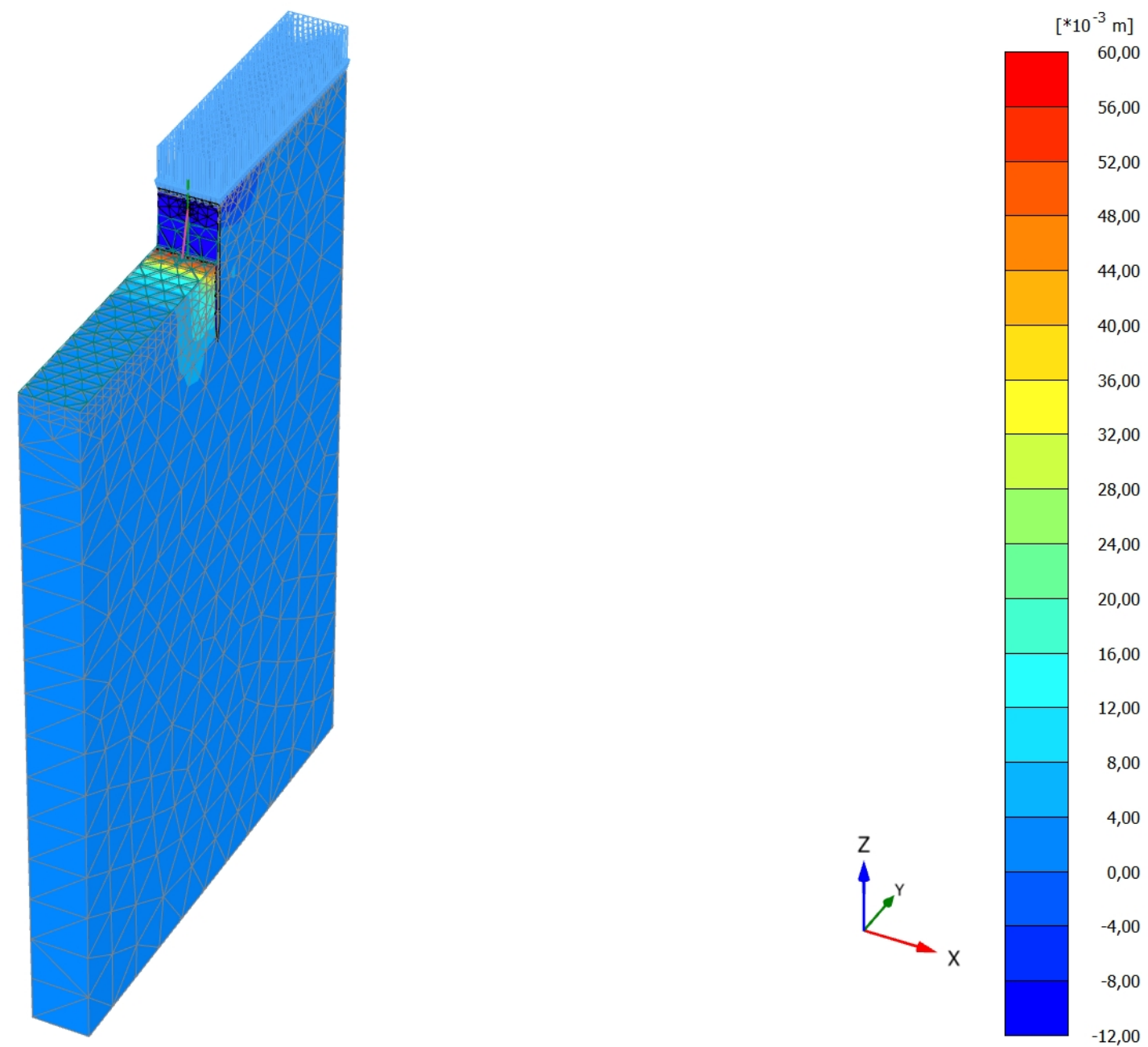
### 2.1.1.1.3 Calculation results, 2 - Installatie combiwand + ankerpalen [Phase\_4] (13/6), Total displacements $u_z$



#### Total displacements $u_z$

Maximum value =  $1,973 \times 10^{-3}$  m (Element 2084 at Node 2716)  
 Minimum value =  $-0,6102 \times 10^{-3}$  m (Element 17926 at Node 31618)

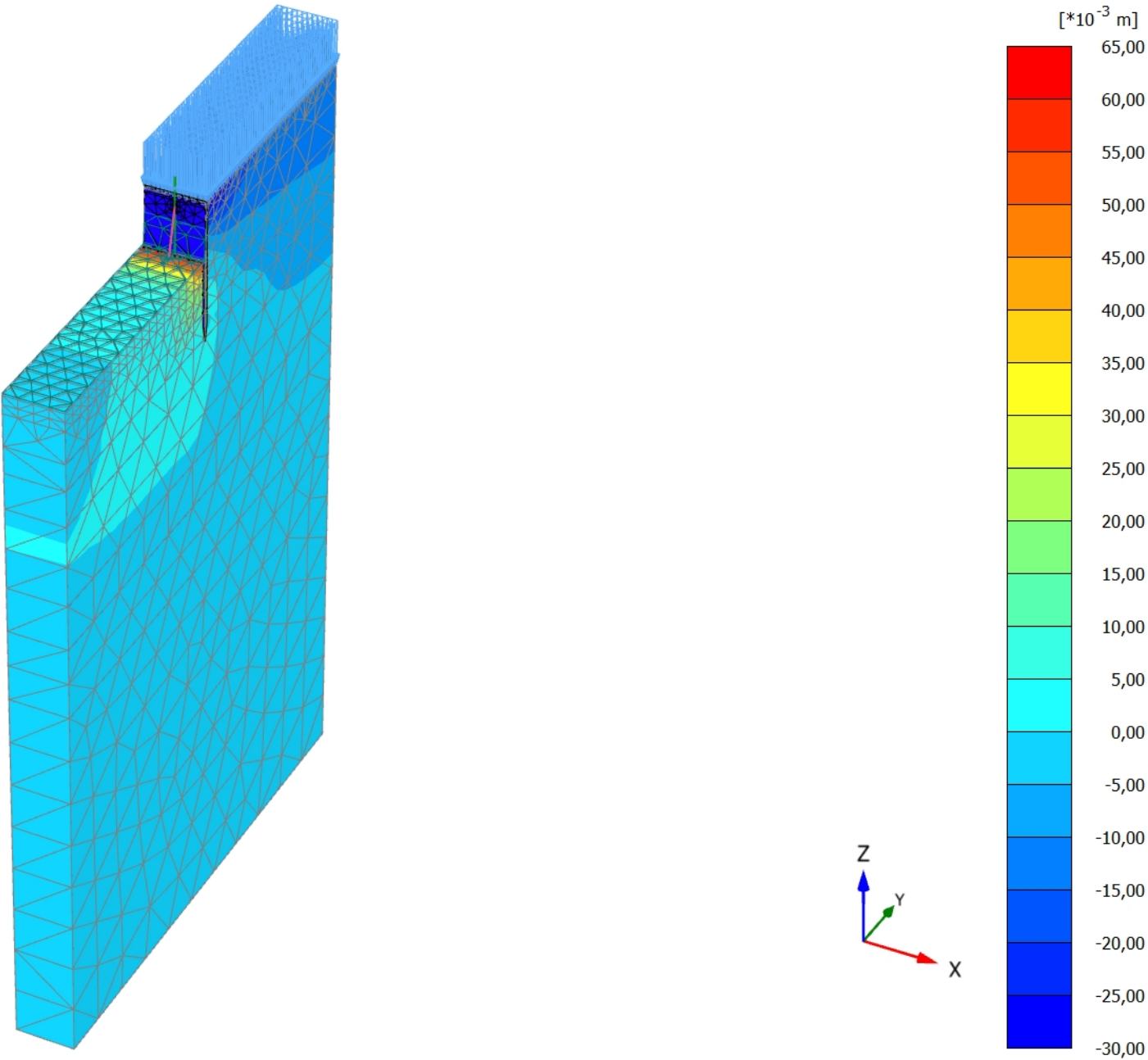
#### 2.1.1.1.4 Calculation results, 4 - Voorbelasten kade [Phase\_1] (1/12), Total displacements $u_z$



#### Total displacements $u_z$

Maximum value = 0,05764 m (Element 3897 at Node 5895)  
 Minimum value =  $-8,879 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1133 at Node 4392)

2.1.1.1.5 Calculation results, 5 - Eindsituatie [Phase\_7] (17/22), Total displacements  $u_z$



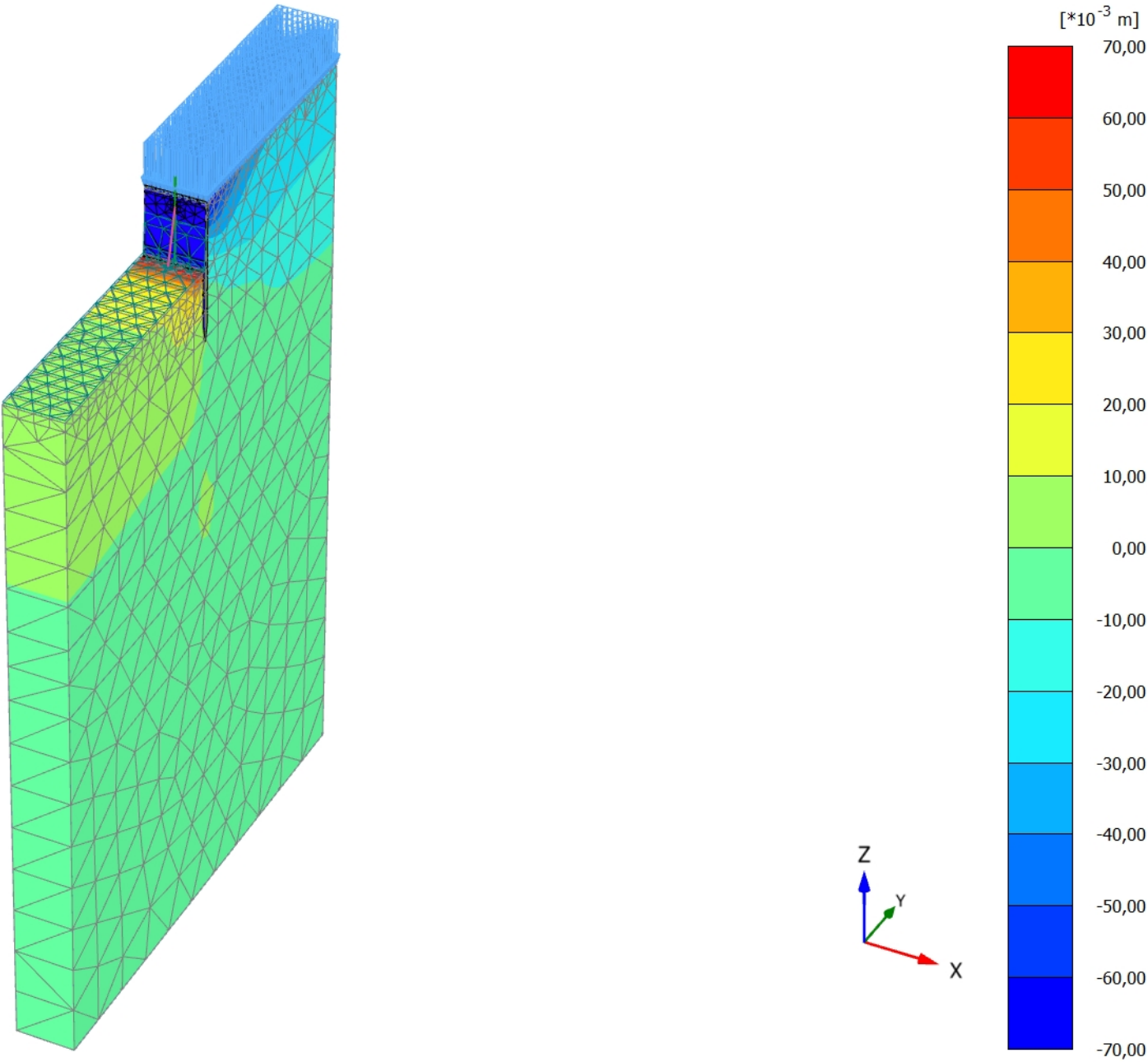
**Total displacements  $u_z$**

Maximum value = 0,06086 m (Element 3897 at Node 5895)

Minimum value = -0,02956 m (Element 31 at Node 2820)



2.1.1.1.6 Calculation results, 6a - Voorbereiding UGT fase [Phase\_11] (11/37), Total displacements  $u_z$

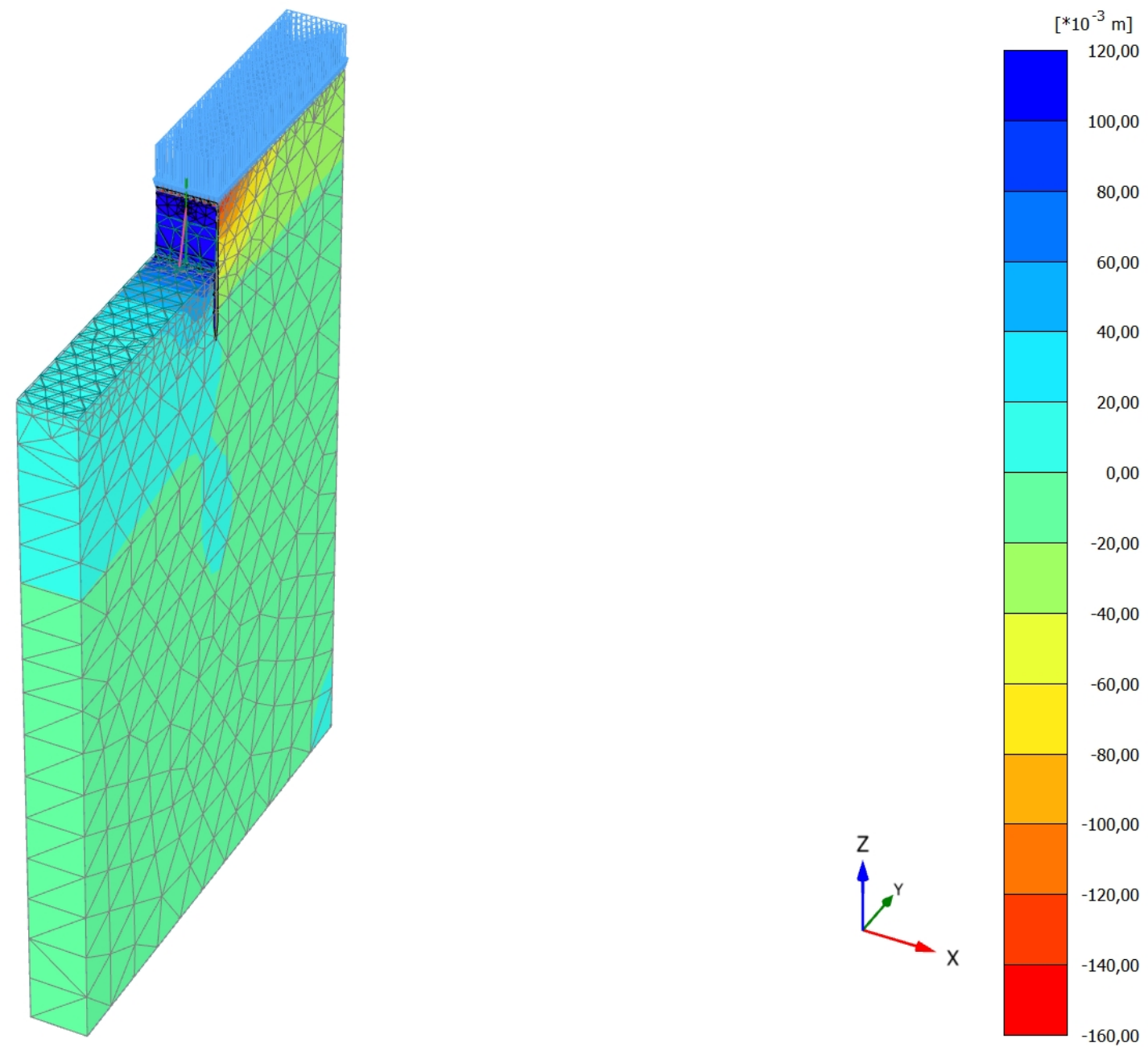


**Total displacements  $u_z$**

Maximum value = 0,06398 m (Element 4438 at Node 6399)

Minimum value = -0,06611 m (Element 13 at Node 948)

# 2.1.1.1.7 Calculation results, 6b - Phi-c' 1.25 [Phase\_9] (19/97), Total displacements $u_z$

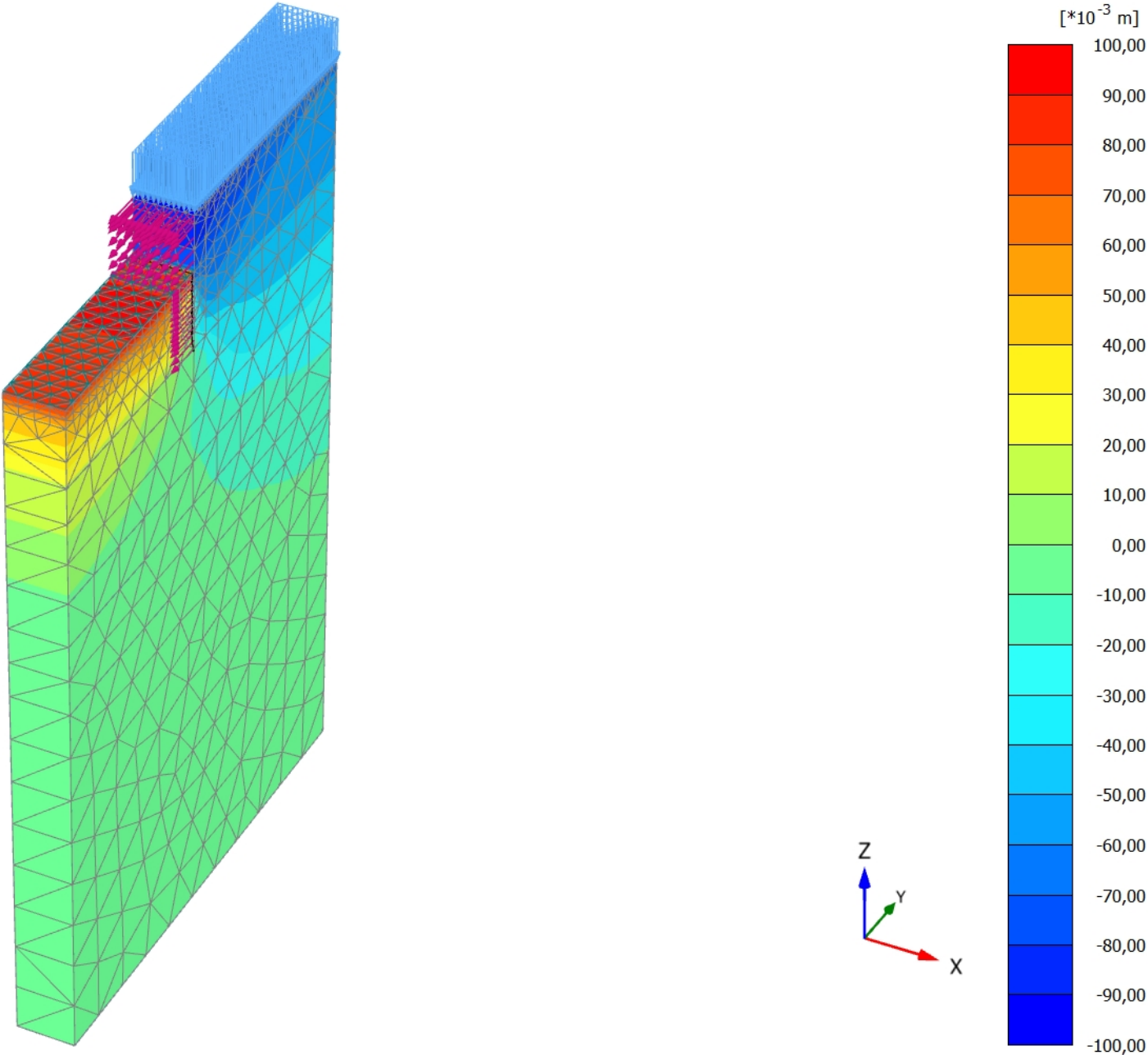


## **Total displacements $u_z$**

Maximum value = 0,1064 m (Element 4438 at Node 6399)

Minimum value = -0,1458 m (Element 6 at Node 936)

2.1.1.1.8 Calculation results, Huidige situatie [Phase\_10] (16/134), Total displacements  $u_z$

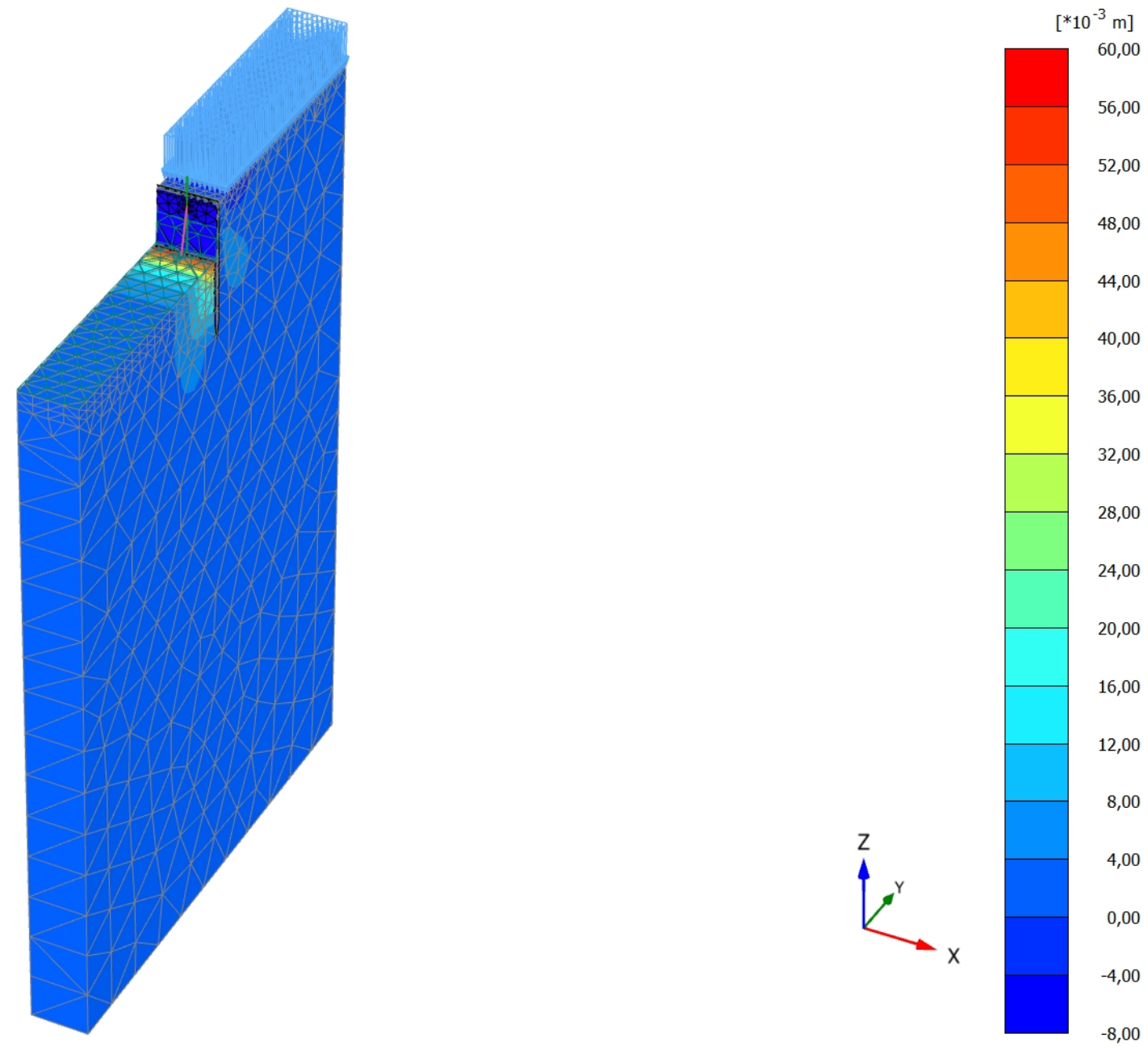


**Total displacements  $u_z$**

Maximum value = 0,09383 m (Element 3508 at Node 6115)

Minimum value = -0,09024 m (Element 115 at Node 259)

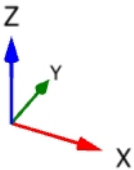
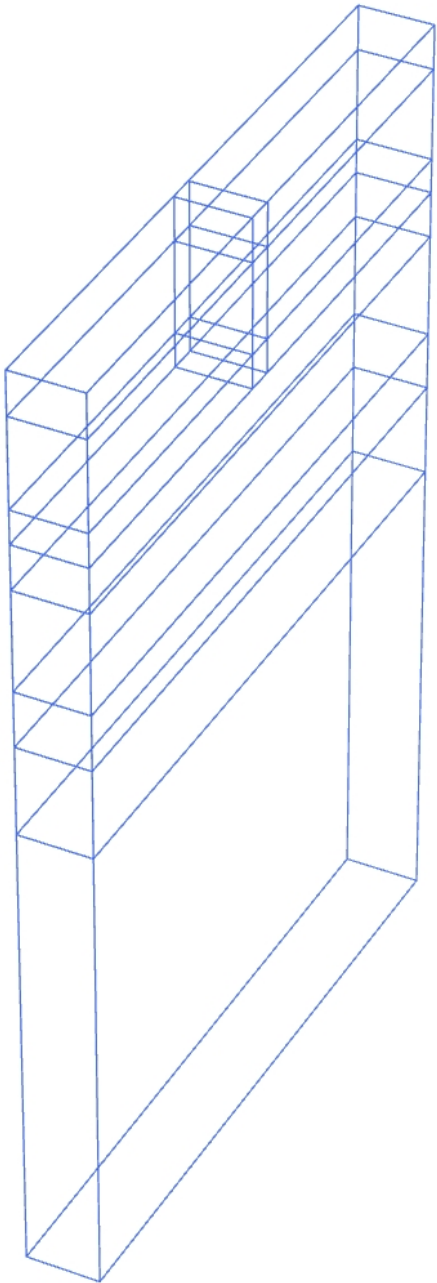
### 2.1.1.1.9 Calculation results, 3 - Slopen oude kademuur [Phase\_5] (14/154), Total displacements $u_z$



#### Total displacements $u_z$

Maximum value = 0,05753 m (Element 3897 at Node 5895)  
 Minimum value =  $-4,823 \times 10^{-3}$  m (Element 1096 at Node 2383)

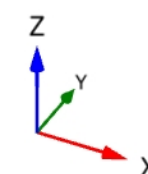
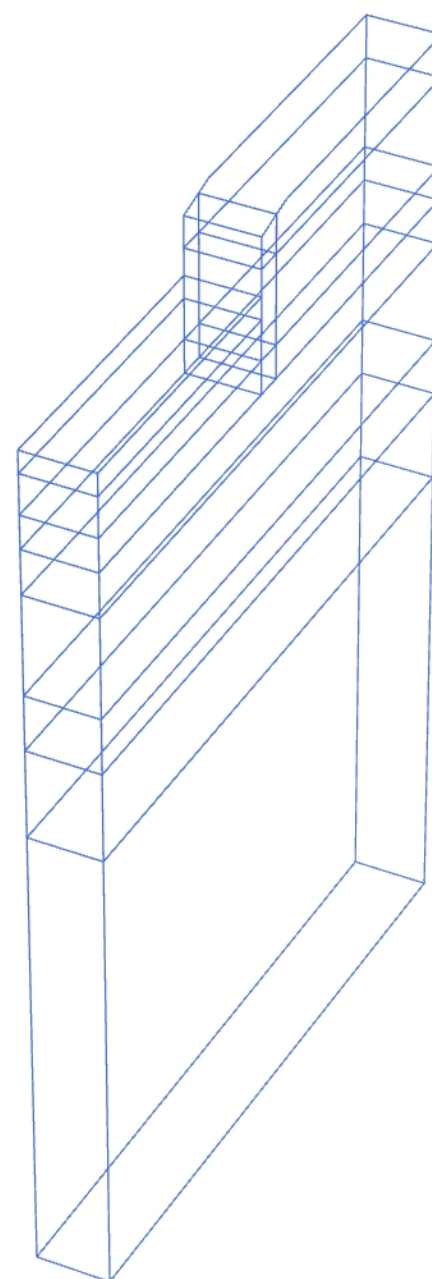
3.1.1.1.1 Calculation results, Beam, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Axial forces N



**Axial forces N (scaled up 1,00 times)**

No results

### 3.1.1.1.2 Calculation results, Beam, 1 - Ontgraven 0.5m t.b.v. installatie ankerpalen [Phase\_3] (12/3), Axial forces N

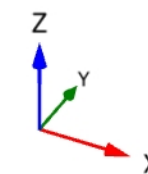
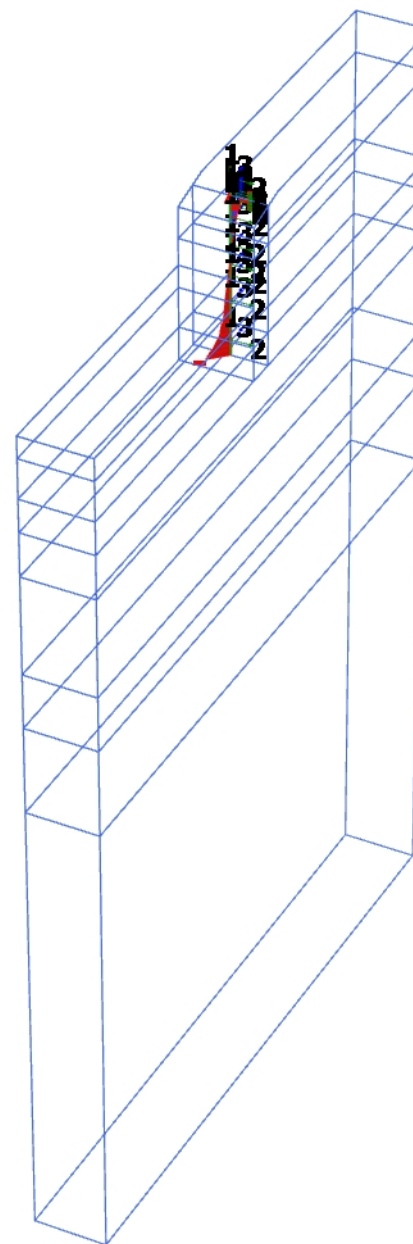


**Axial forces N (scaled up 1,00 times)**

No results



### 3.1.1.1.3 Calculation results, Beam, 2 - Installatie combiwand + ankerpalen [Phase\_4] (13/6), Axial forces N



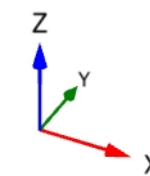
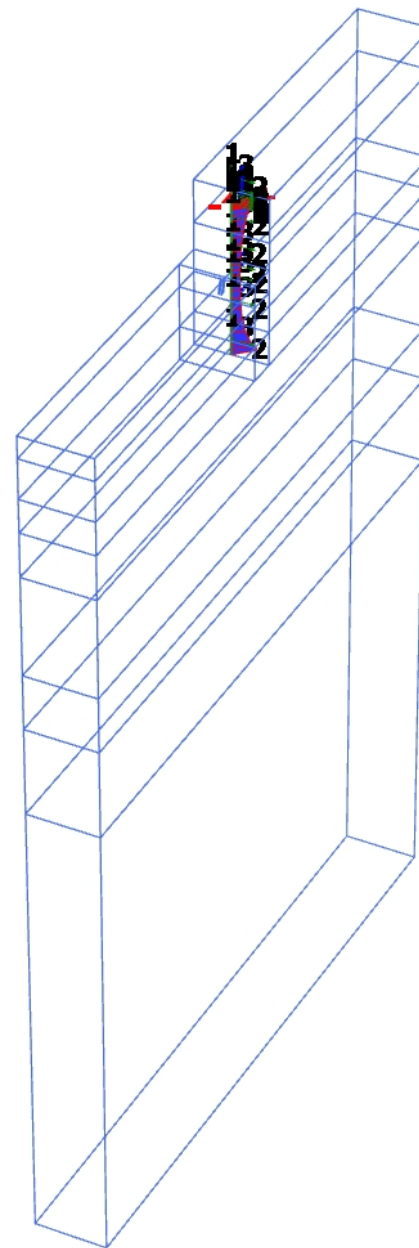
**Axial forces N (scaled up 0,0500 times)**

Maximum value = 9,812 kN (Element 8 at Node 2335)

Minimum value = -19,57 kN (Element 19 at Node 11484)



### 3.1.1.1.4 Calculation results, Beam, 4 - Voorbelasten kade [Phase\_1] (1/12), Axial forces N

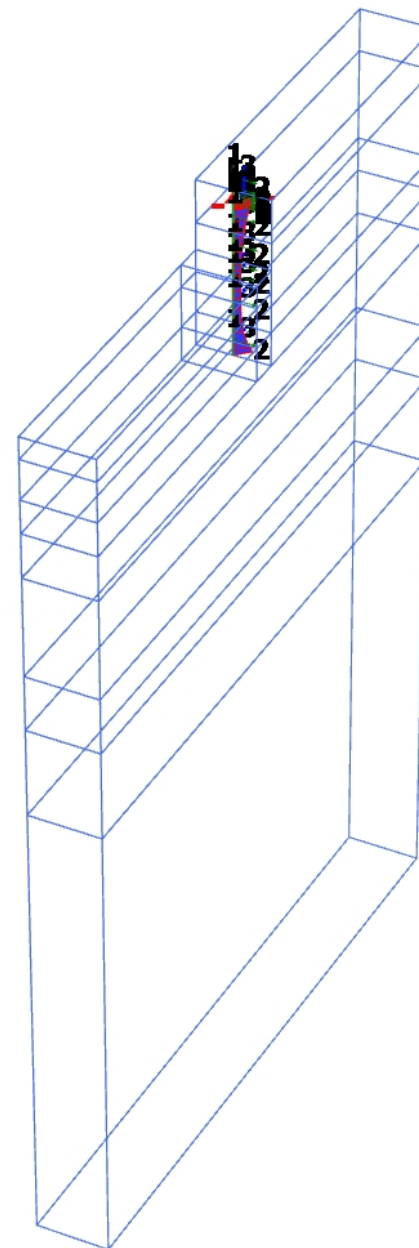


#### **Axial forces N (scaled up 0,0100 times)**

Maximum value = 108,4 kN (Element 8 at Node 2335)

Minimum value = -38,61 kN (Element 7 at Node 2275)

### 3.1.1.1.5 Calculation results, Beam, 5 - Eindsituatie [Phase\_7] (17/22), Axial forces N

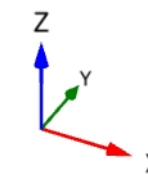
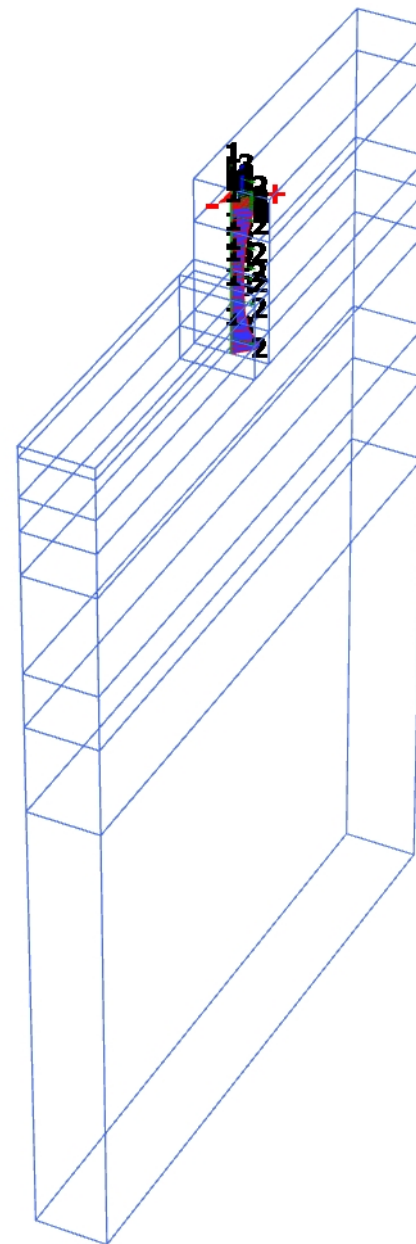


**Axial forces N (scaled up  $5,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 190,7 kN (Element 8 at Node 2335)

Minimum value = -66,60 kN (Element 7 at Node 2275)

### 3.1.1.1.6 Calculation results, Beam, 6a - Voorbereiding UGT fase [Phase\_11] (11/37), Axial forces N

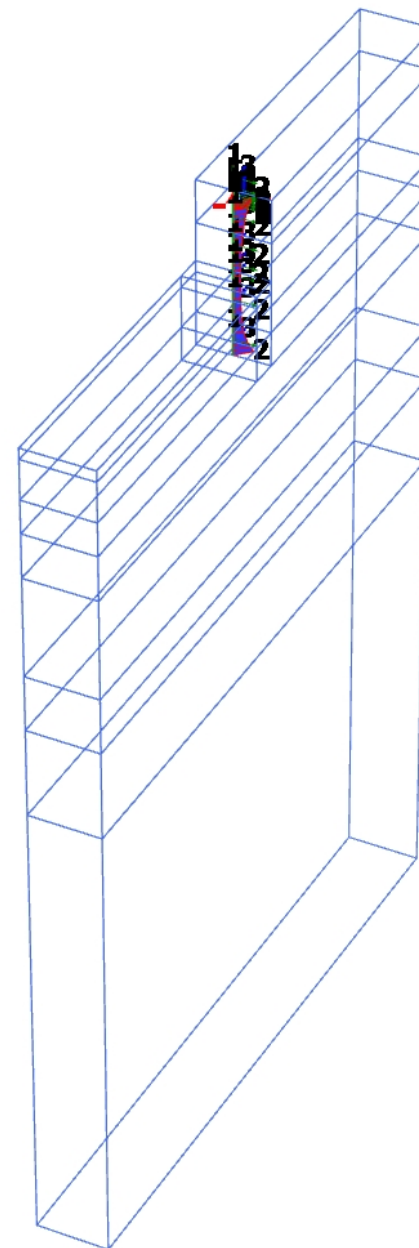


**Axial forces N (scaled up  $5,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 297,3 kN (Element 8 at Node 2335)

Minimum value = -102,1 kN (Element 7 at Node 2275)

### 3.1.1.1.7 Calculation results, Beam, 6b - Phi-c' 1.25 [Phase\_9] (19/97), Axial forces N

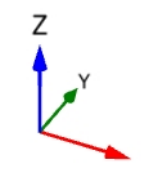
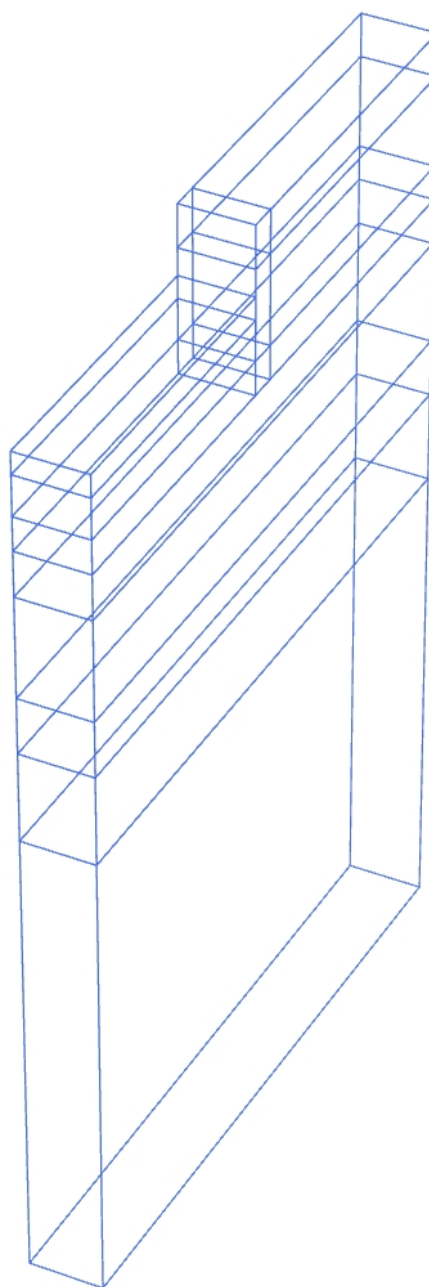


**Axial forces N (scaled up  $2,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 413,7 kN (Element 8 at Node 2335)

Minimum value = -140,7 kN (Element 7 at Node 2275)

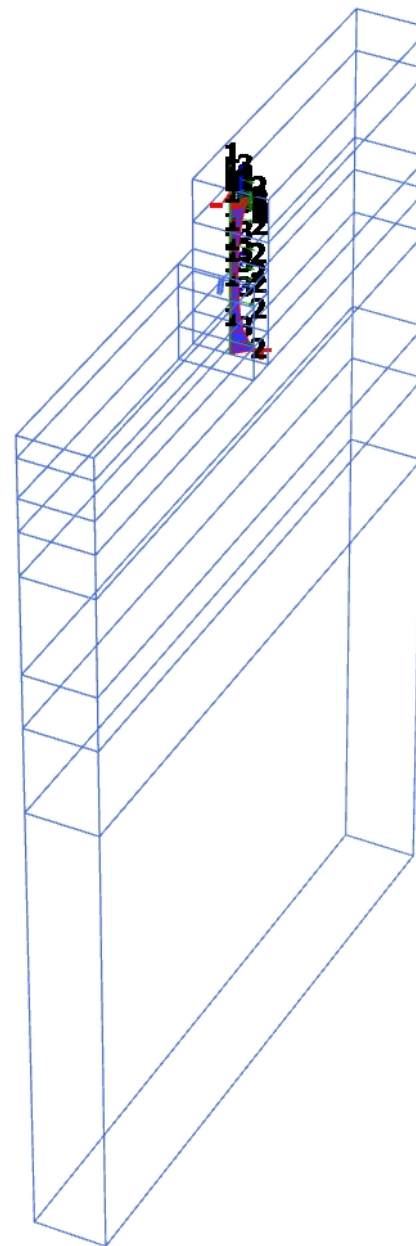
### 3.1.1.1.8 Calculation results, Beam, Huidige situatie [Phase\_10] (16/134), Axial forces N



**Axial forces N (scaled up 1,00 times)**

No results

### 3.1.1.1.9 Calculation results, Beam, 3 - Slopen oude kademuur [Phase\_5] (14/154), Axial forces N

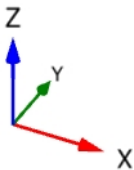
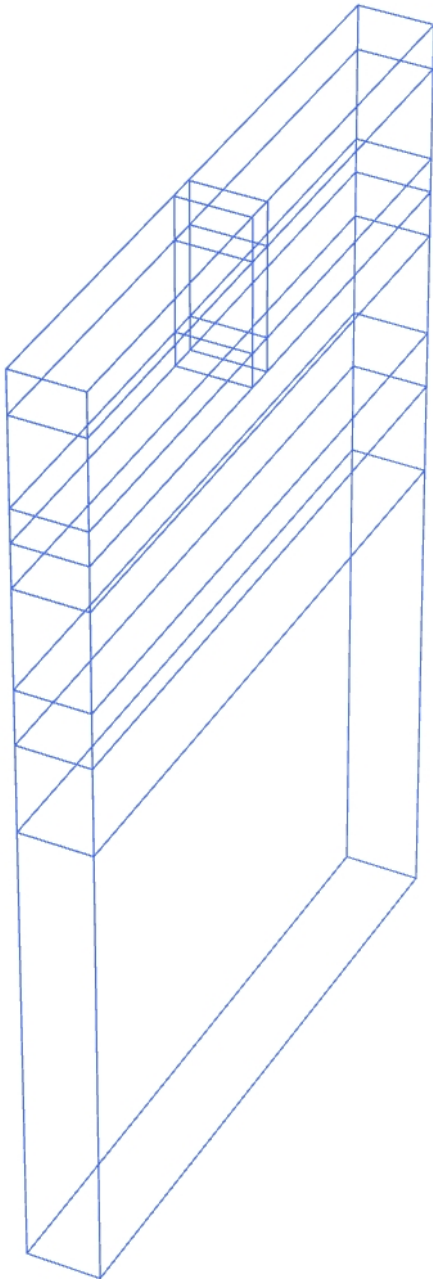


**Axial forces N (scaled up 0,0100 times)**

Maximum value = 100,7 kN (Element 19 at Node 11484)

Minimum value = -30,62 kN (Element 7 at Node 2275)

3.2.1.1.1.1 Calculation results, Plate, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Total displacements  $u_y$

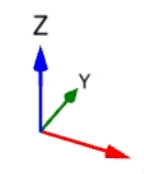
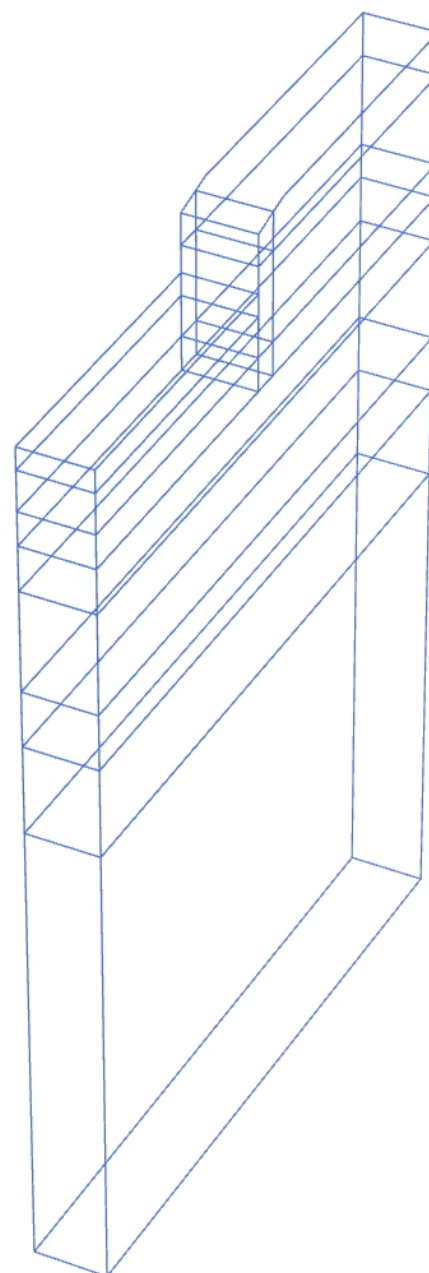


**Total displacements  $u_y$  (at true scale)**

No results



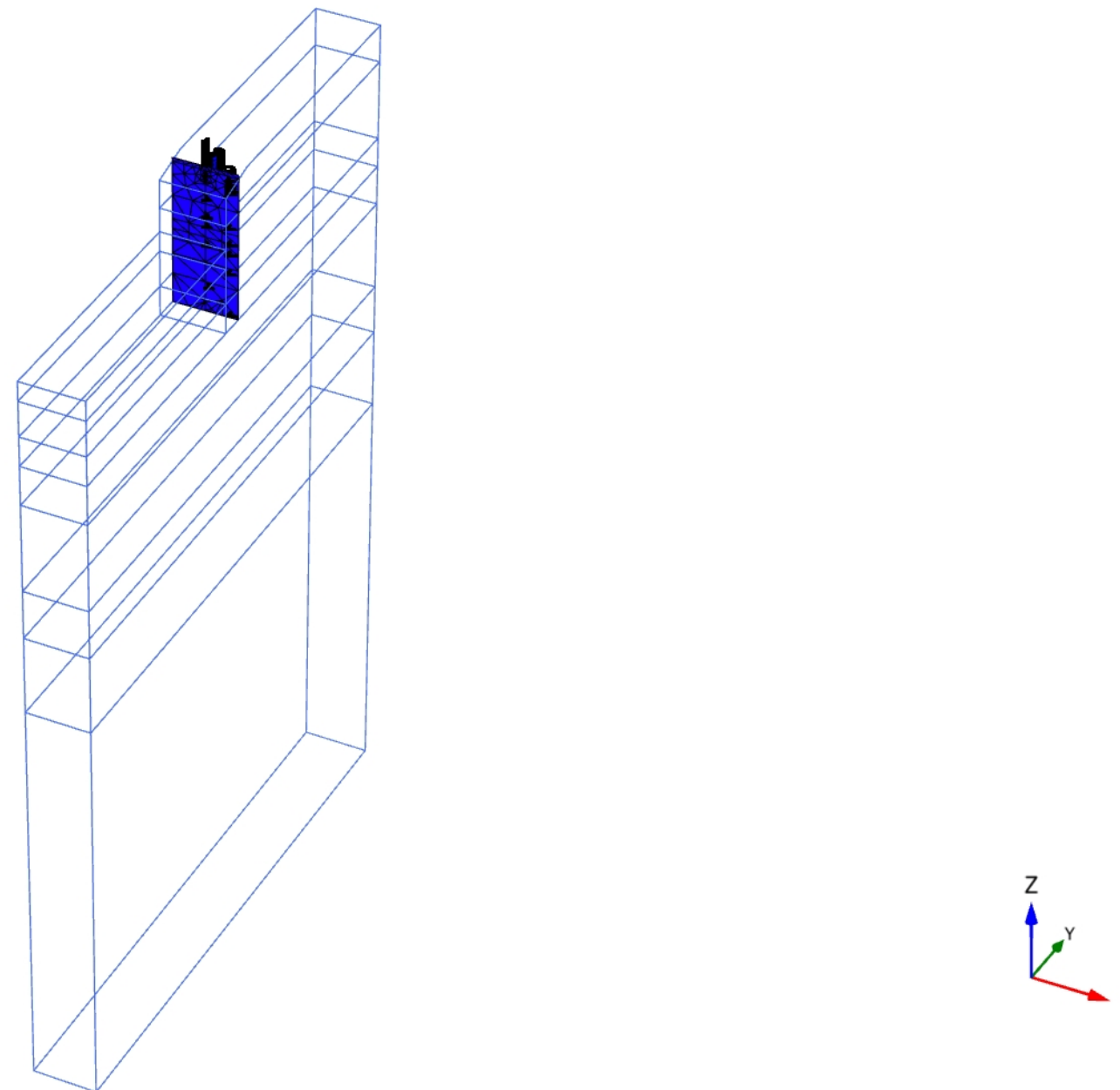
### 3.2.1.1.1.2 Calculation results, Plate, 1 - Ontgraven 0.5m t.b.v. installatie ankerpalen [Phase\_3] (12/3), Total displacements $u_y$



**Total displacements  $u_y$  (at true scale)**

No results

### 3.2.1.1.1.3 Calculation results, Plate, 2 - Installatie combiwand + ankerpalen [Phase\_4] (13/6), Total displacements $u_y$

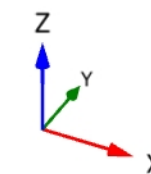
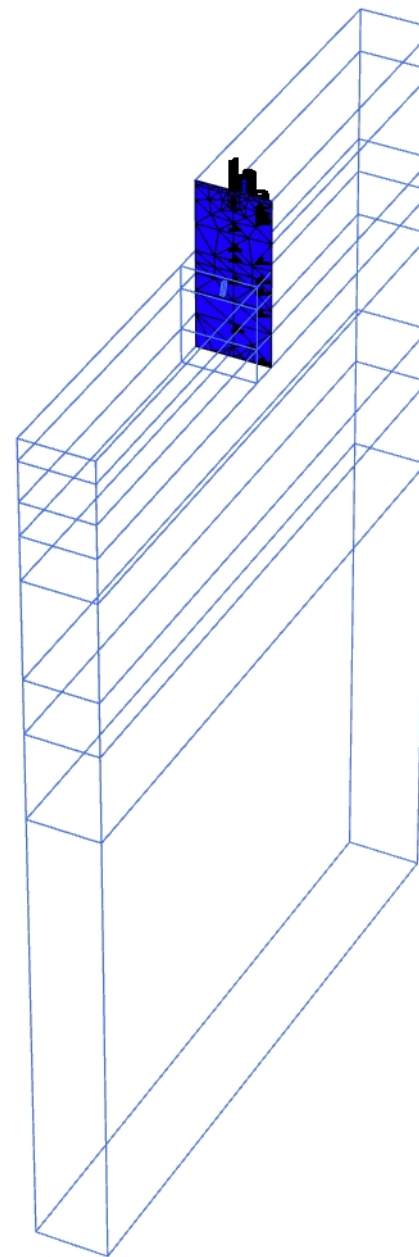


**Total displacements  $u_y$  (scaled up  $5,00 \cdot 10^3$  times)**

Maximum value =  $0,1921 \cdot 10^{-3}$  m (Element 7 at Node 1183)

Minimum value =  $-0,1241 \cdot 10^{-3}$  m (Element 62 at Node 1951)

#### 3.2.1.1.1.4 Calculation results, Plate, 4 - Voorbelasten kade [Phase\_1] (1/12), Total displacements $u_y$

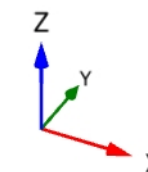
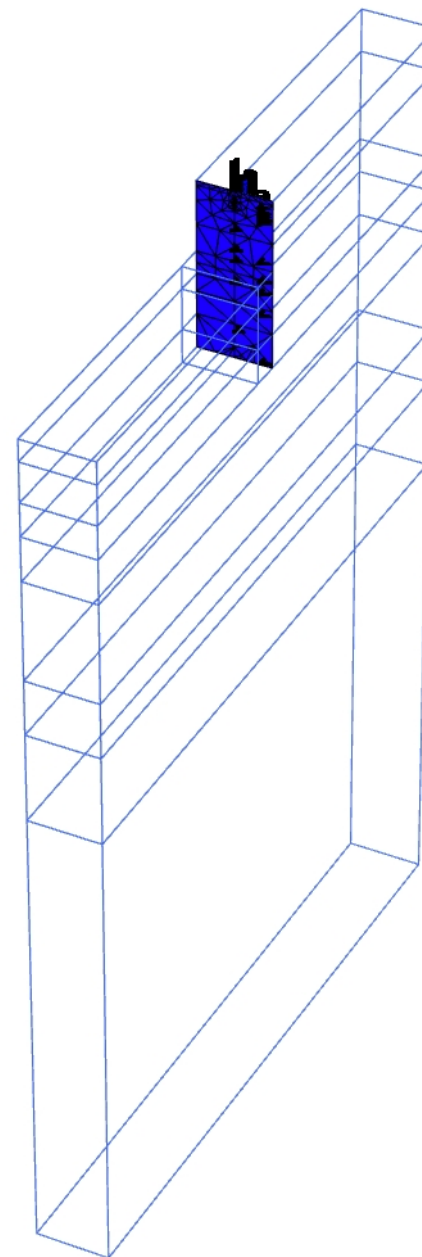


**Total displacements  $u_y$  (scaled up 50,0 times)**

Maximum value =  $5,839 \cdot 10^{-3}$  m (Element 128 at Node 11434)

Minimum value = -0,01702 m (Element 12 at Node 1219)

### 3.2.1.1.1.5 Calculation results, Plate, 5 - Eindsituatie [Phase\_7] (17/22), Total displacements $u_y$

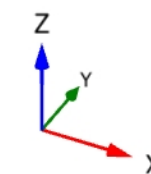
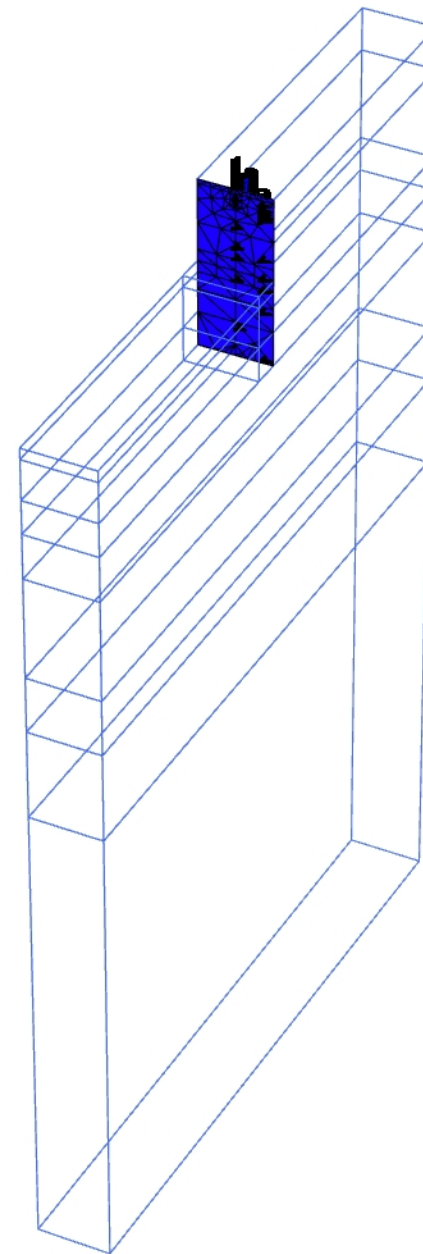


**Total displacements  $u_y$  (scaled up 50,0 times)**

Maximum value =  $3,872 \cdot 10^{-3}$  m (Element 128 at Node 11434)

Minimum value = -0,02970 m (Element 12 at Node 1219)

### 3.2.1.1.1.6 Calculation results, Plate, 6a - Voorbereiding UGT fase [Phase\_11] (11/37), Total displacements $u_y$

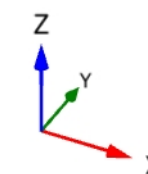
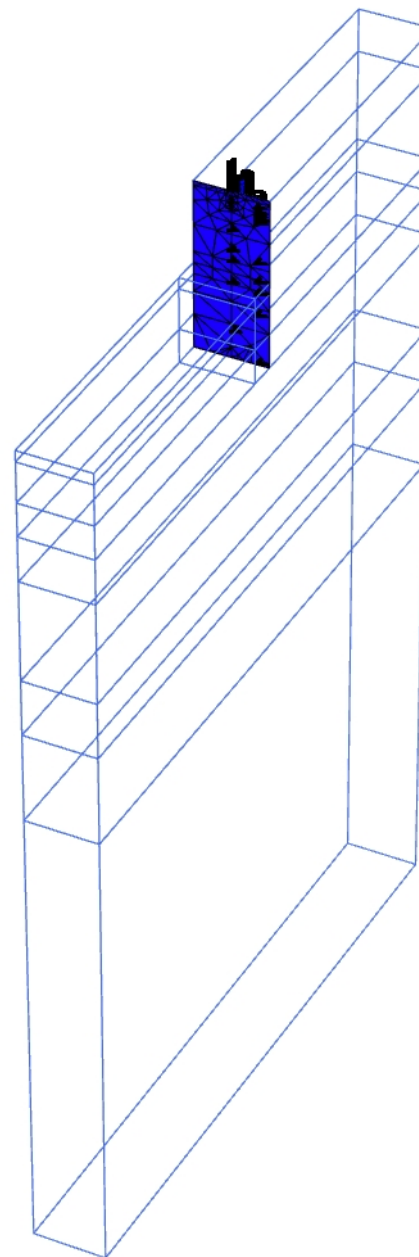


**Total displacements  $u_y$  (scaled up 20,0 times)**

Maximum value =  $-1,075 \cdot 10^{-3}$  m (Element 128 at Node 11434)

Minimum value =  $-0,06078$  m (Element 12 at Node 1219)

### 3.2.1.1.1.7 Calculation results, Plate, 6b - Phi-c' 1.25 [Phase\_9] (19/97), Total displacements $u_y$

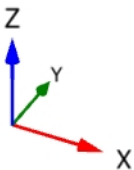
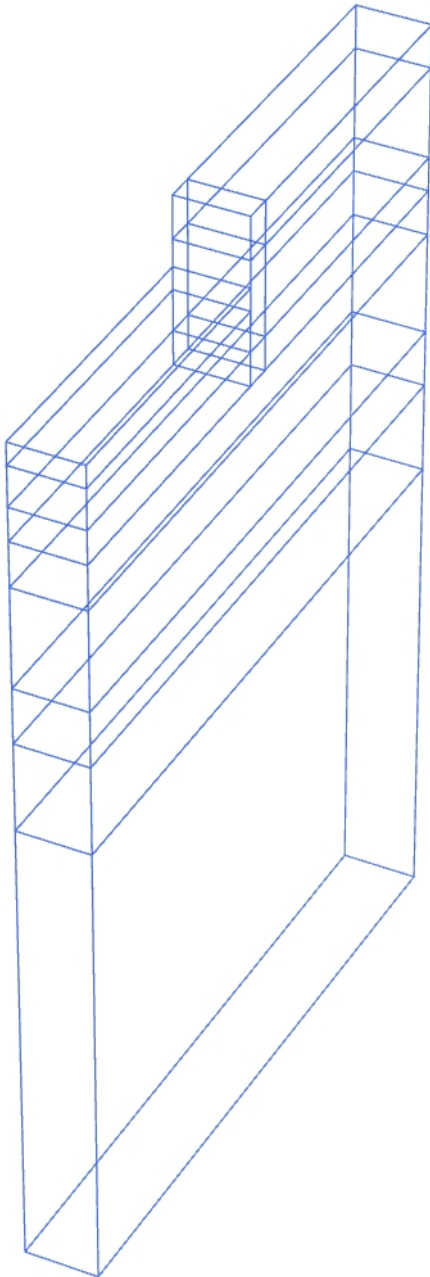


**Total displacements  $u_y$  (scaled up 10,0 times)**

Maximum value = -0,01618 m (Element 128 at Node 11434)

Minimum value = -0,1379 m (Element 12 at Node 1219)

3.2.1.1.1.8 Calculation results, Plate, Huidige situatie [Phase\_10] (16/134), Total displacements  $u_y$

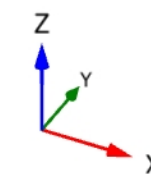
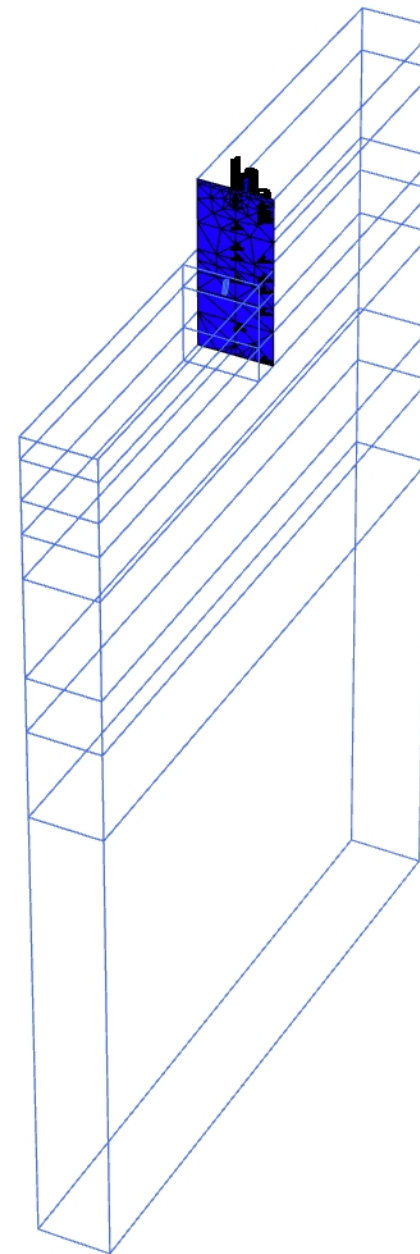


**Total displacements  $u_y$  (at true scale)**

No results



### 3.2.1.1.1.9 Calculation results, Plate, 3 - Slopen oude kademuur [Phase\_5] (14/154), Total displacements $u_y$

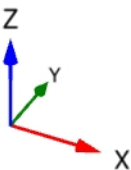
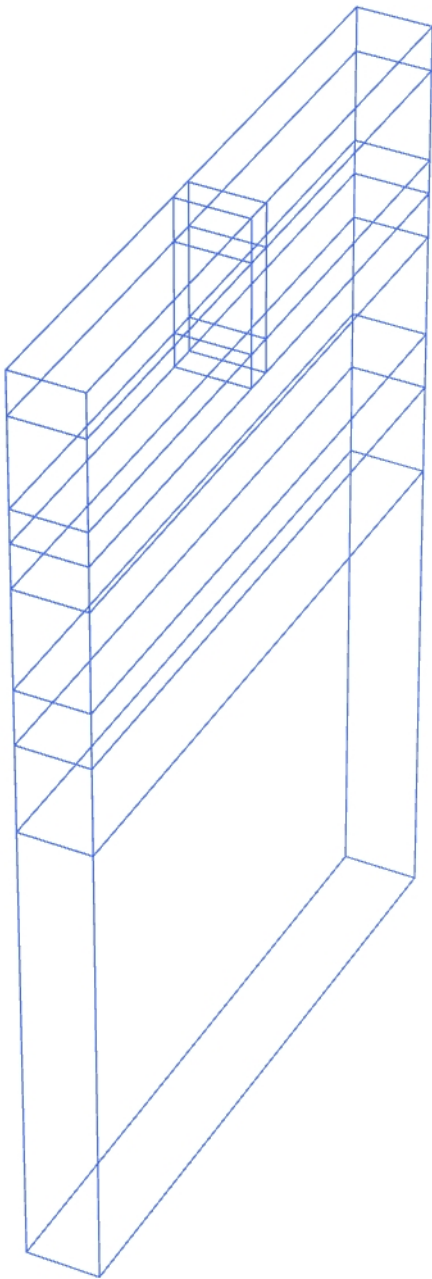


**Total displacements  $u_y$  (scaled up 50,0 times)**

Maximum value =  $5,758 \cdot 10^{-3}$  m (Element 128 at Node 11434)

Minimum value = -0,01472 m (Element 12 at Node 1219)

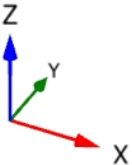
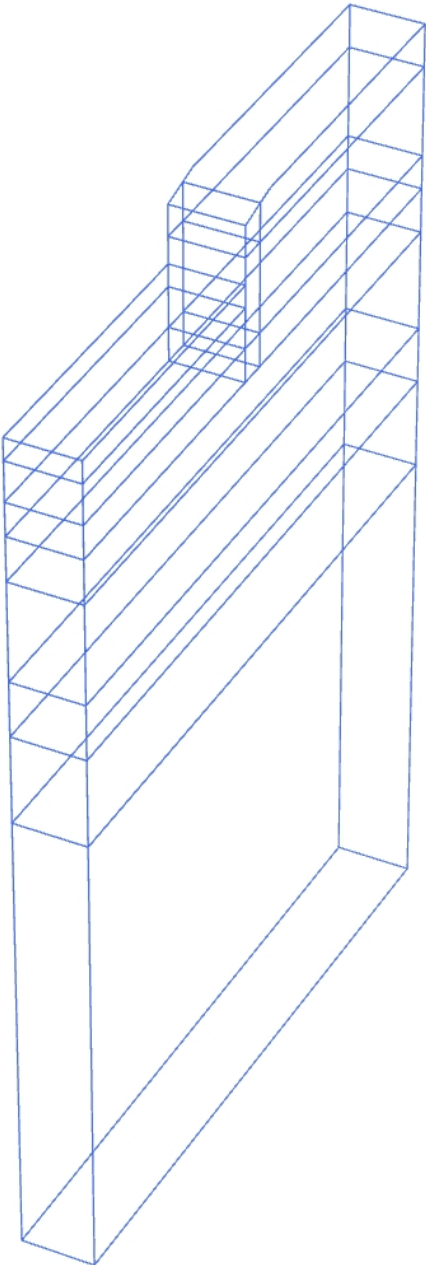
3.3.1.1.1 Calculation results, Embedded beam, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Bending moments  $M_2$



**Bending moments  $M_2$  (scaled up 1,00 times)**

No results

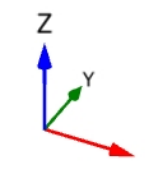
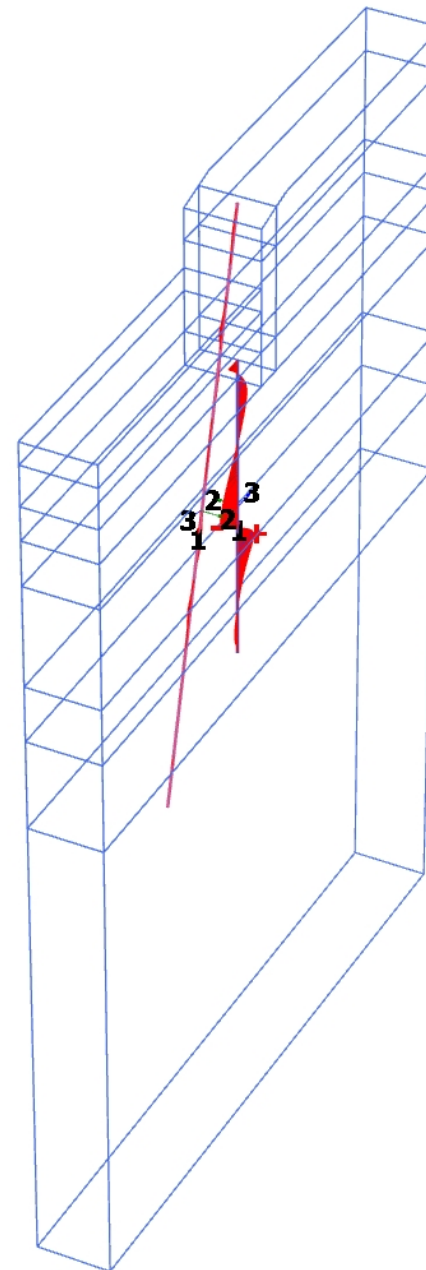
3.3.1.1.2 Calculation results, Embedded beam, 1 - Ontgraven 0.5m t.b.v. installatie ankerpalen [Phase\_3] (12/3), Bending moments  $M_2$



Bending moments  $M_2$  (scaled up 1,00 times)

No results

### 3.3.1.1.3 Calculation results, Embedded beam, 2 - Installatie combiwand + ankerpalen [Phase\_4] (13/6), Bending moments $M_2$

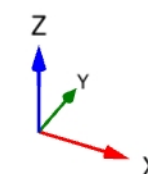
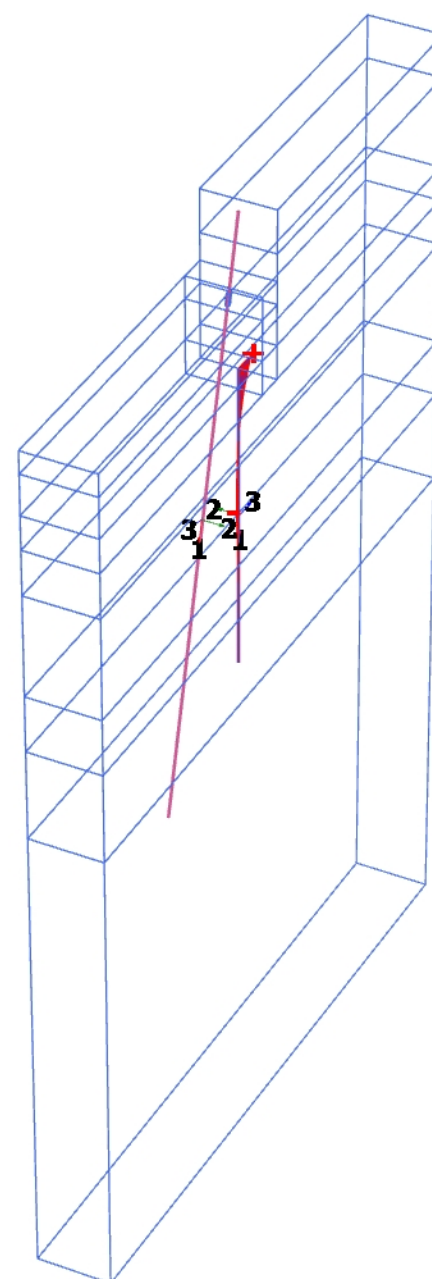


#### **Bending moments $M_2$ (scaled up 5,00 times)**

Maximum value = 0,2780 kN m (Element 318 at Node 41913)

Minimum value = -0,2831 kN m (Element 280 at Node 41838)

### 3.3.1.1.4 Calculation results, Embedded beam, 4 - Voorbelasten kade [Phase\_1] (1/12), Bending moments $M_2$

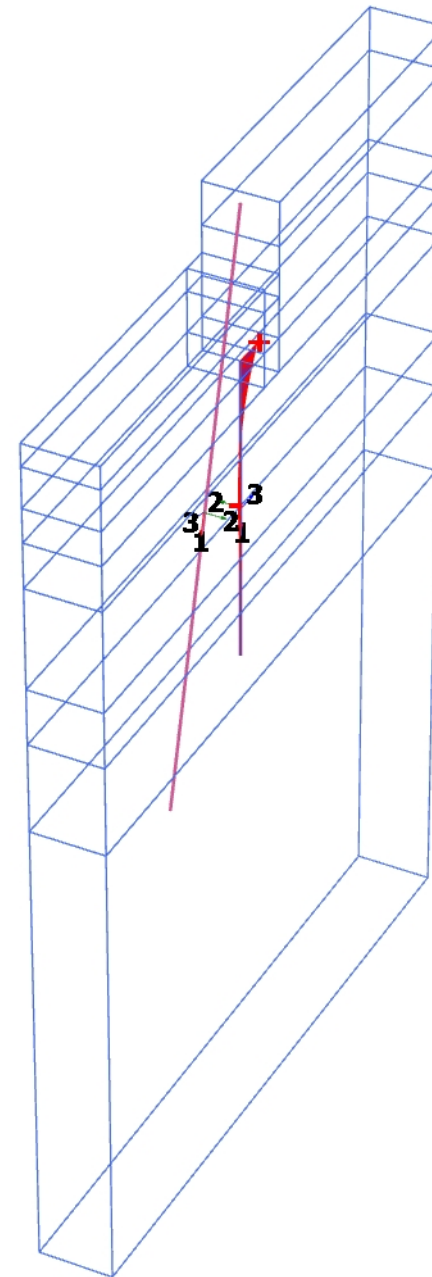


#### **Bending moments $M_2$ (scaled up 0,0100 times)**

Maximum value = 105,0 kN m (Element 191 at Node 41658)

Minimum value = -17,22 kN m (Element 276 at Node 41829)

### 3.3.1.1.5 Calculation results, Embedded beam, 5 - Eindsituatie [Phase\_7] (17/22), Bending moments $M_2$

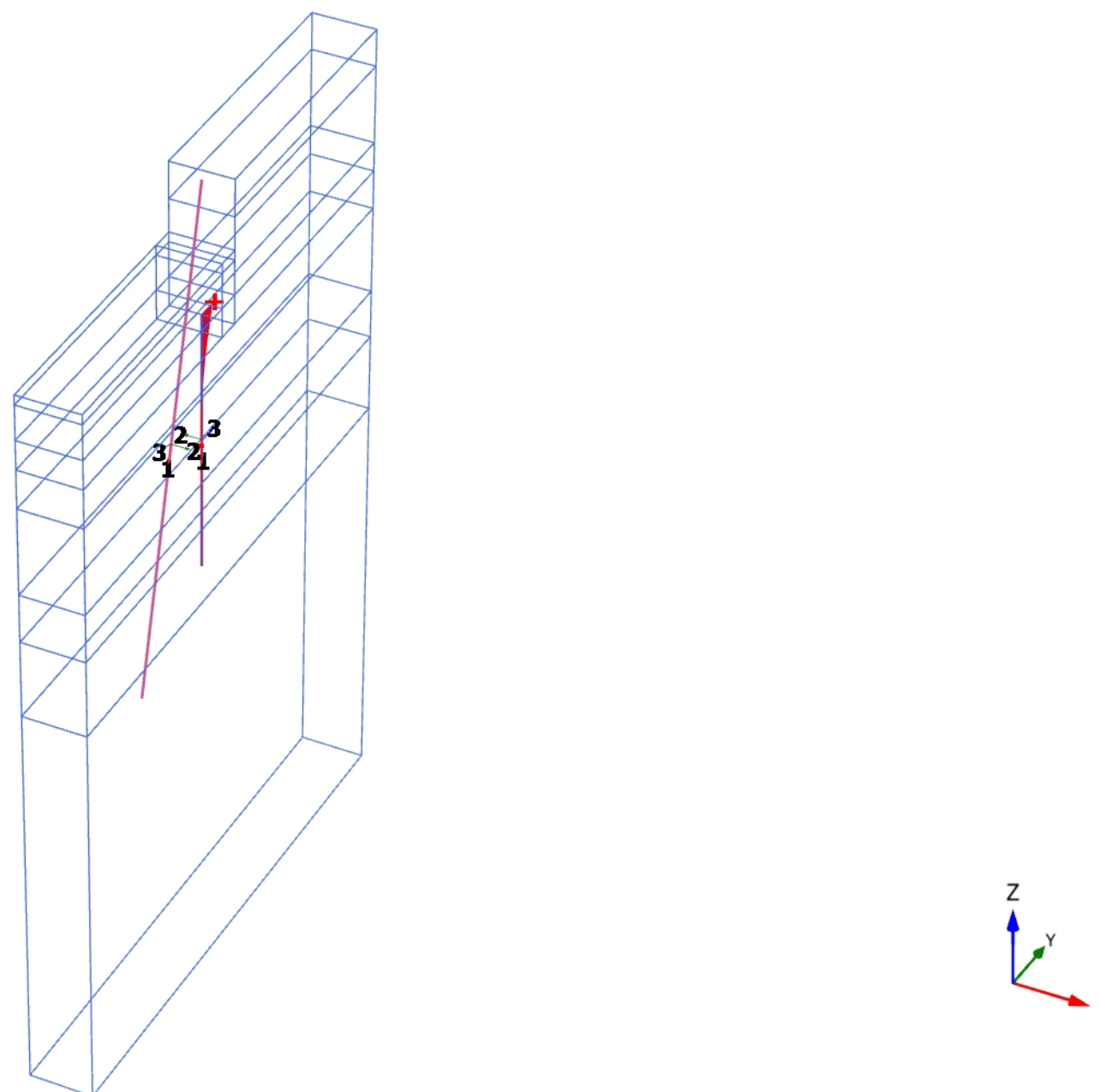


**Bending moments  $M_2$  (scaled up 0,0100 times)**

Maximum value = 133,7 kN m (Element 191 at Node 41658)

Minimum value = -16,72 kN m (Element 276 at Node 41829)

### 3.3.1.1.6 Calculation results, Embedded beam, 6a - Voorbereiding UGT fase [Phase\_11] (11/37), Bending moments $M_2$



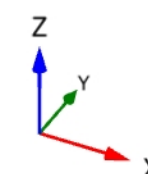
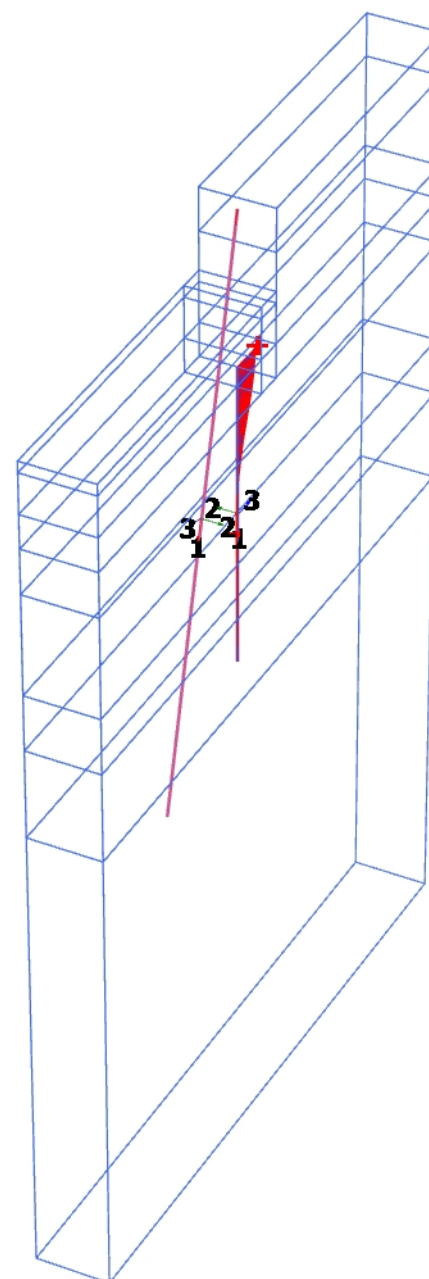
**Bending moments  $M_2$  (scaled up  $5,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 198,3 kN m (Element 191 at Node 41658)

Minimum value = -17,97 kN m (Element 283 at Node 41843)



### 3.3.1.1.7 Calculation results, Embedded beam, 6b - Phi-c' 1.25 [Phase\_9] (19/97), Bending moments $M_2$

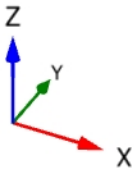
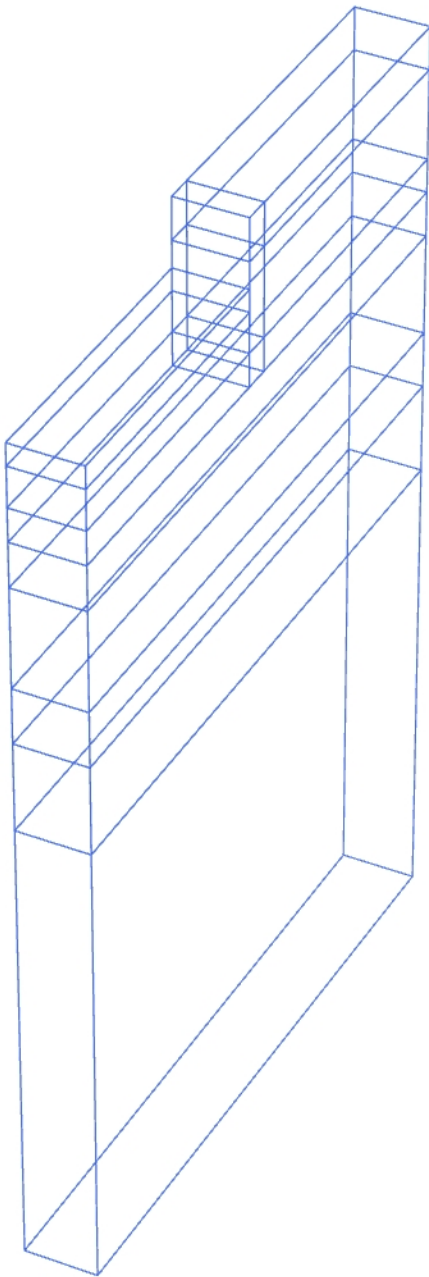


**Bending moments  $M_2$  (scaled up  $5,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 293,0 kN m (Element 191 at Node 41658)

Minimum value = -23,31 kN m (Element 293 at Node 41864)

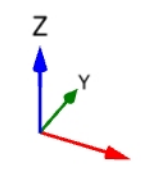
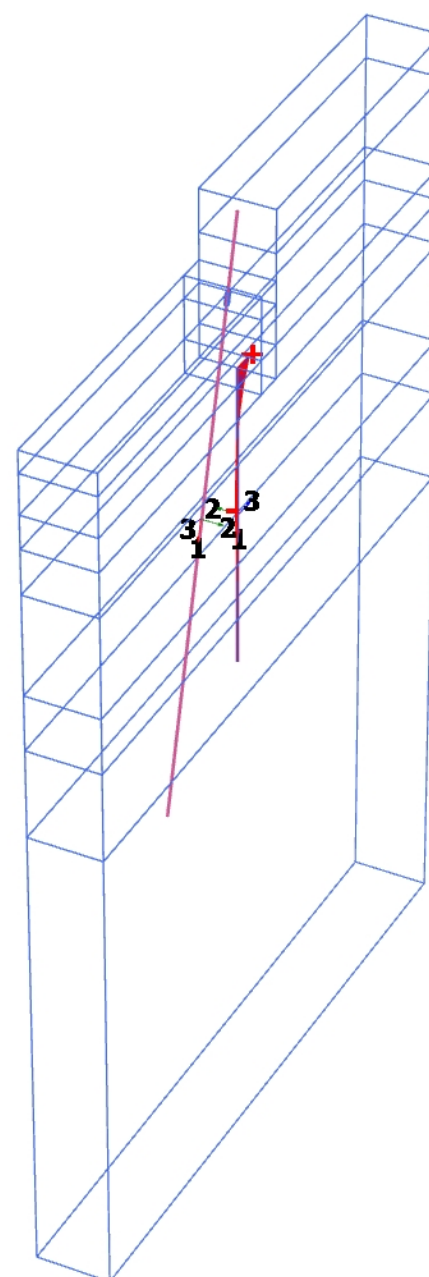
3.3.1.1.8 Calculation results, Embedded beam, Huidige situatie [Phase\_10] (16/134), Bending moments  $M_2$



**Bending moments  $M_2$  (scaled up 1,00 times)**

No results

### 3.3.1.1.9 Calculation results, Embedded beam, 3 - Slopen oude kademuur [Phase\_5] (14/154), Bending moments $M_2$

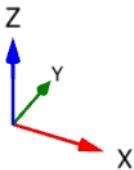
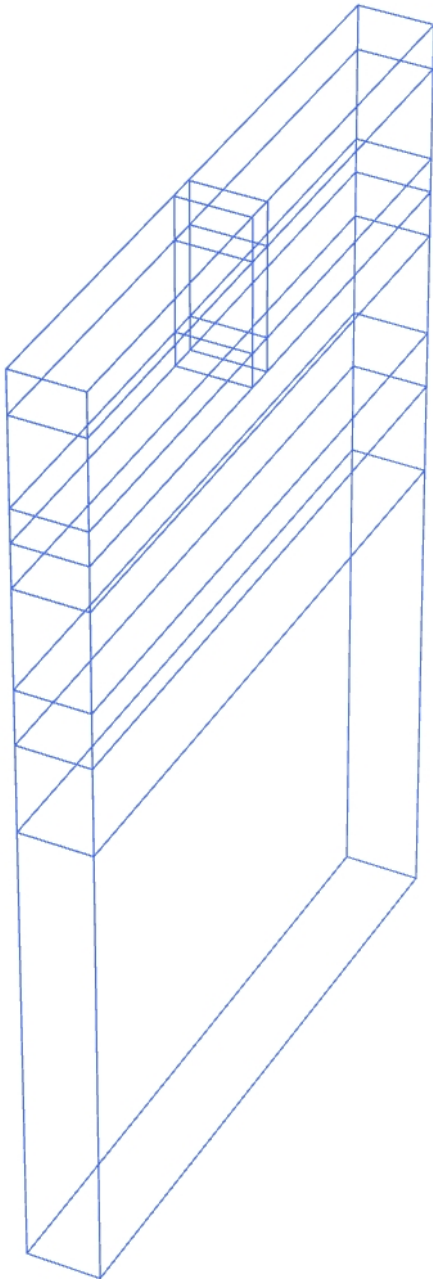


#### **Bending moments $M_2$ (scaled up 0,0100 times)**

Maximum value = 97,45 kN m (Element 191 at Node 41658)

Minimum value = -16,53 kN m (Element 275 at Node 41828)

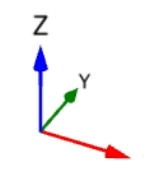
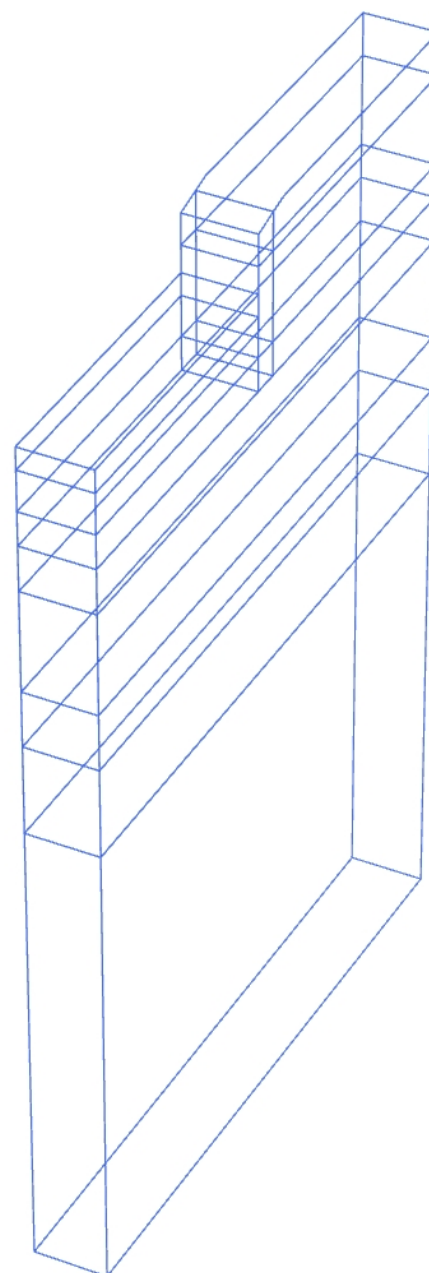
3.3.1.2.1 Calculation results, Embedded beam, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Axial forces N



Axial forces N (scaled up 1,00 times)

No results

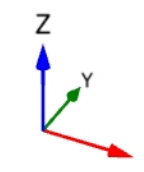
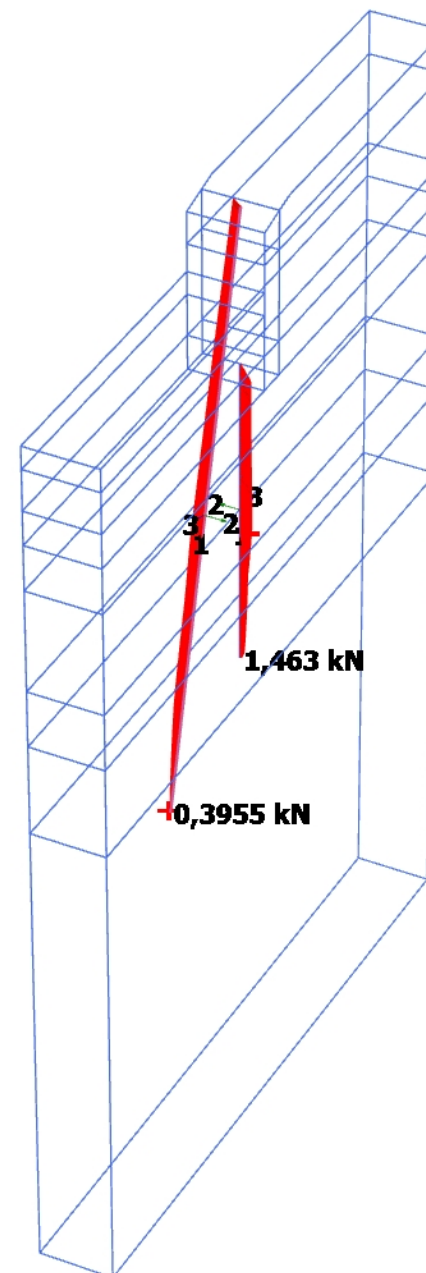
### 3.3.1.2.2 Calculation results, Embedded beam, 1 - Ontgraven 0.5m t.b.v. installatie ankerpalen [Phase\_3] (12/3), Axial forces N



**Axial forces N (scaled up 1,00 times)**

No results

### 3.3.1.2.3 Calculation results, Embedded beam, 2 - Installatie combiwand + ankerpalen [Phase\_4] (13/6), Axial forces N

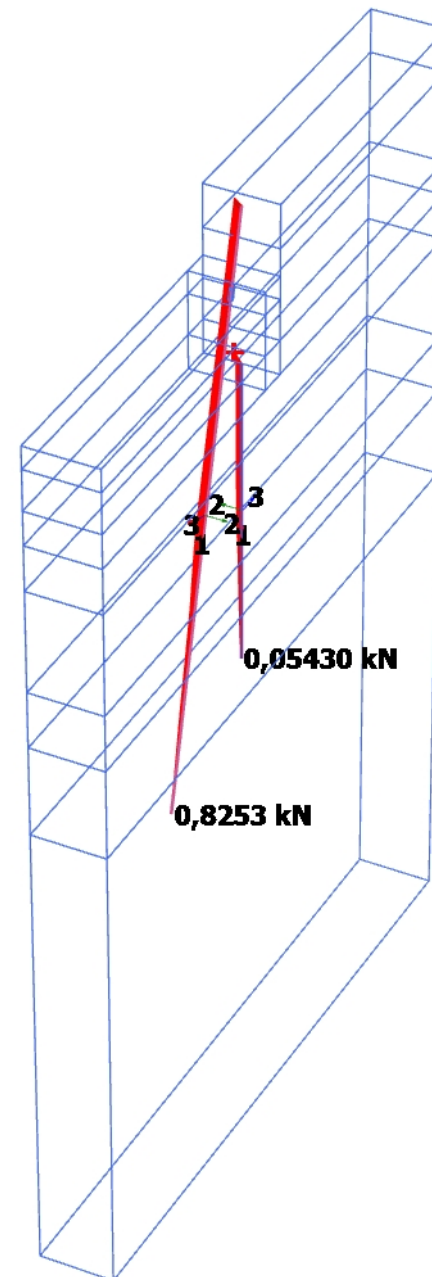


#### Axial forces N (scaled up 0,0500 times)

Maximum value = -0,3468 kN (Element 190 at Node 41657)

Minimum value = -27,34 kN (Element 280 at Node 41838)

### 3.3.1.2.4 Calculation results, Embedded beam, 4 - Voorbelasten kade [Phase\_1] (1/12), Axial forces N



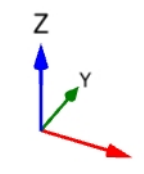
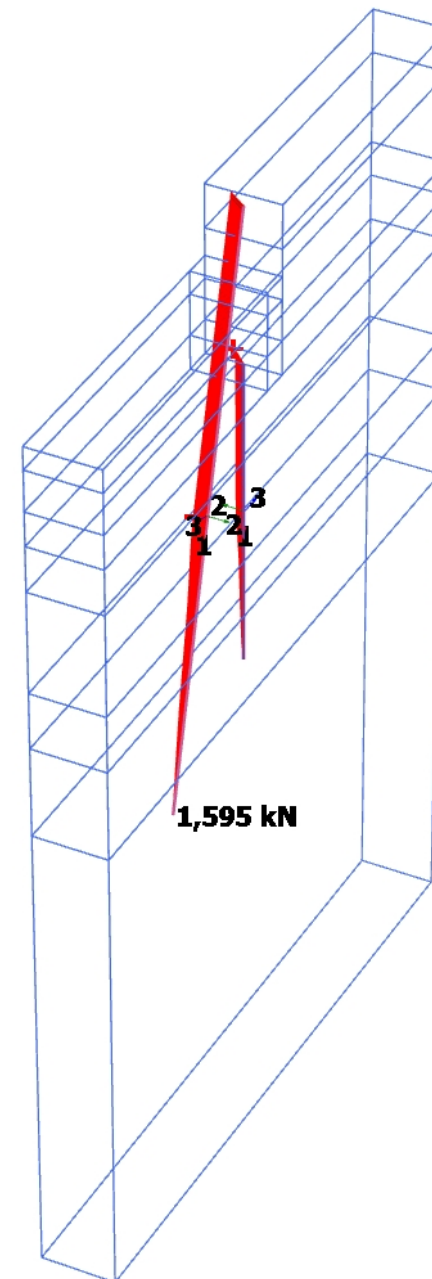
**Axial forces N (scaled up  $5,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 129,6 kN (Element 191 at Node 41658)

Minimum value = -168,2 kN (Element 101 at Node 41478)



### 3.3.1.2.5 Calculation results, Embedded beam, 5 - Eindsituatie [Phase\_7] (17/22), Axial forces N

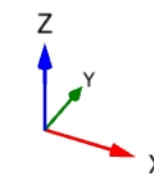
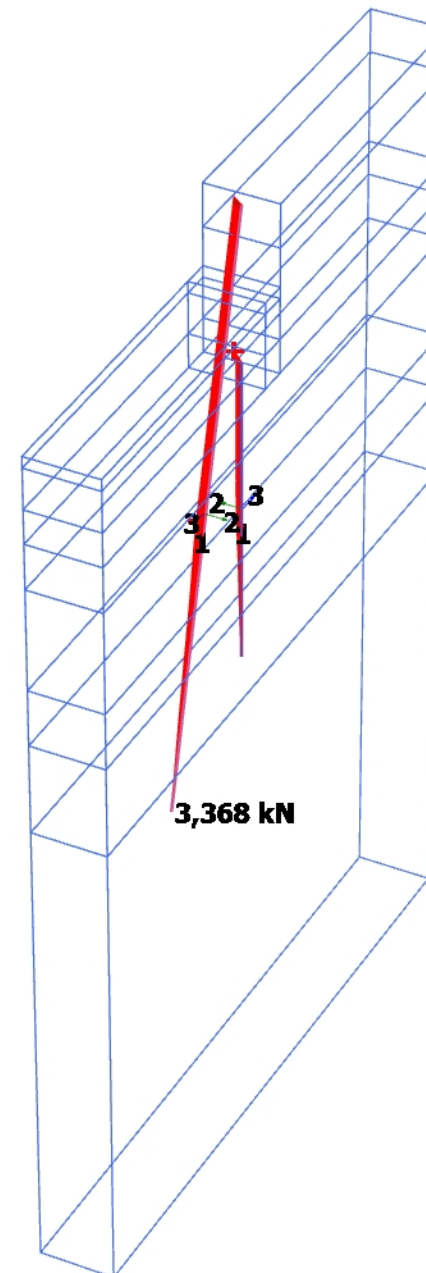


**Axial forces N (scaled up  $5,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 186,5 kN (Element 191 at Node 41658)

Minimum value = -290,6 kN (Element 101 at Node 41478)

### 3.3.1.2.6 Calculation results, Embedded beam, 6a - Voorbereiding UGT fase [Phase\_11] (11/37), Axial forces N

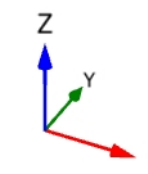
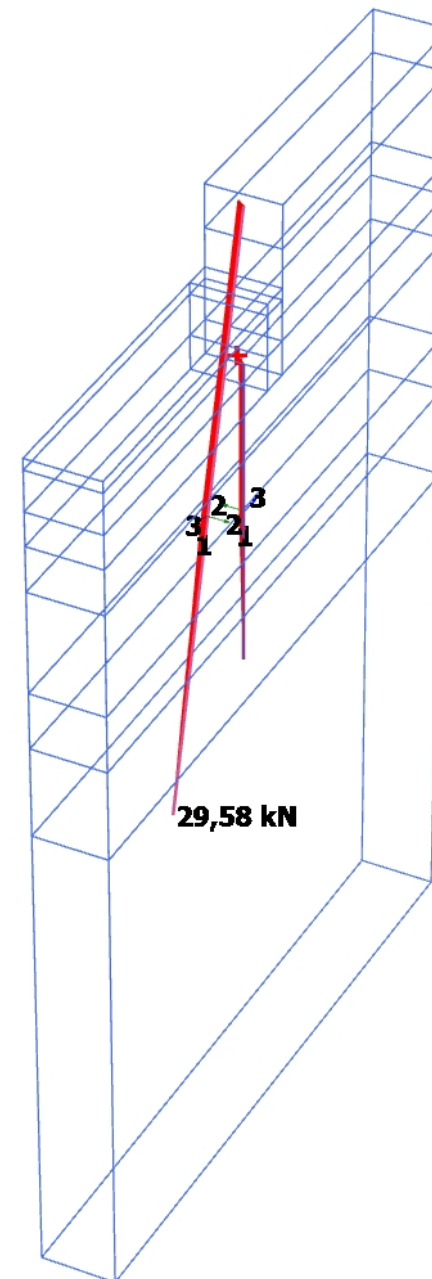


**Axial forces N (scaled up  $2,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 330,8 kN (Element 191 at Node 41658)

Minimum value = -447,8 kN (Element 101 at Node 41478)

### 3.3.1.2.7 Calculation results, Embedded beam, 6b - Phi-c' 1.25 [Phase\_9] (19/97), Axial forces N

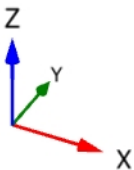
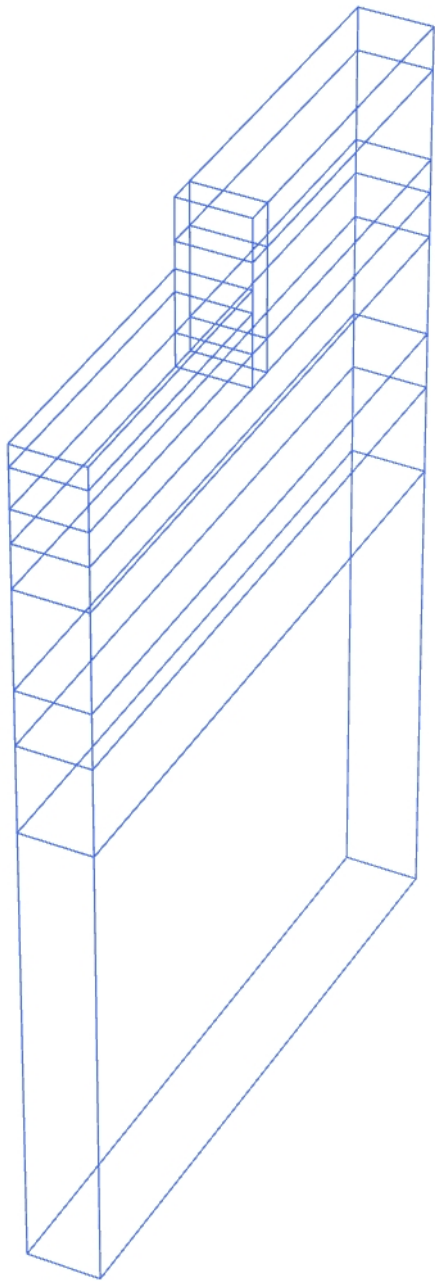


**Axial forces N (scaled up  $1,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 485,4 kN (Element 191 at Node 41658)

Minimum value = -615,9 kN (Element 101 at Node 41478)

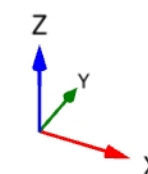
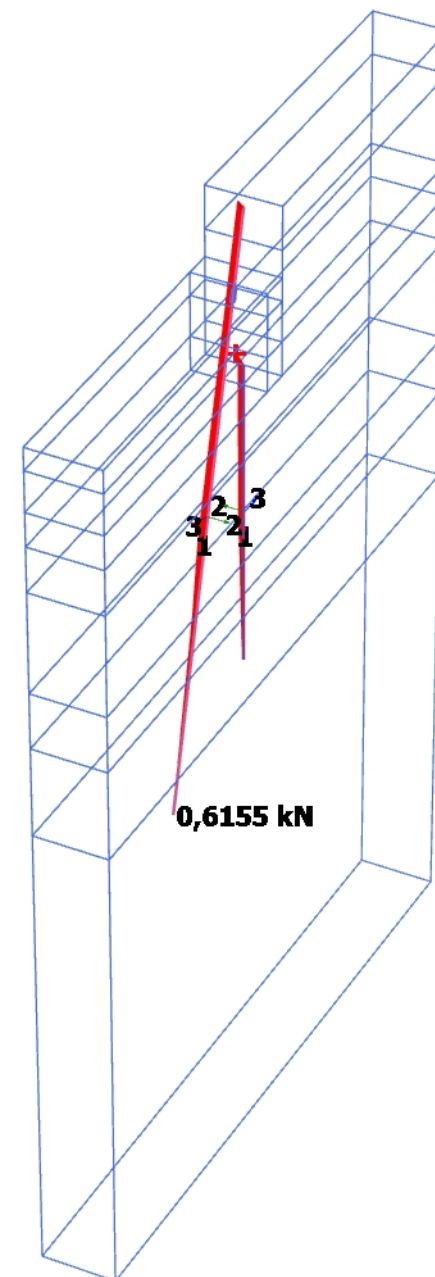
3.3.1.2.8 Calculation results, Embedded beam, Huidige situatie [Phase\_10] (16/134), Axial forces N



**Axial forces N (scaled up 1,00 times)**

No results

### 3.3.1.2.9 Calculation results, Embedded beam, 3 - Slopen oude kademuur [Phase\_5] (14/154), Axial forces N



**Axial forces N (scaled up  $5,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = 125,0 kN (Element 191 at Node 41658)

Minimum value = -141,0 kN (Element 101 at Node 41478)

# III

## BIJLAGE: BEREKENING DRAAGVERMOGEN (D-FOUNDATIONS)

### Toetsing draagvermogen fundering walmuur hoge zijde per sondering

Tabel III.1 Toetsing draagvermogen combiwandbuispaal hoge zijde per sondering (met  $\xi_4=1,00$ )

Sondering	$R_{c,cal,max}$ (kN)	$R_{c,d}$ (kN)	$F_{nsf,d}$ (kN)	$R_{c,net,d}$ (kN)	UC (-)
S1 (2015)	1959	1632	281	1351	0,44
S2 (2015)	2213	1845	245	1600	0,37
S3 (2015)	2230	1859	291	1568	0,38
S6 (2015)	2331	1942	270	1672	0,36
S7 (2015)	2076	1730	298	1432	0,41
S8 (2015)	1852	1543	347	1196	0,50
S9 (2015)	2064	1720	333	1387	0,43
S1a (2017)	2153	1794	267	1527	0,39
S2a (2017)	2879	2399	268	2131	0,28
S3a (2017)	2118	1765	252	1513	0,39
S4a (2017)	2054	1711	282	1429	0,42

Tabel III.2 Toetsing draagvermogen schoorpaal hoge zijde per sondering (met  $\xi_4=1,00$ )

Sondering	$R_{c,cal,max}$ (kN)	$R_{c,d}$ (kN)	$F_{nsf,d}$ (kN)	$R_{c,net,d}$ (kN)	UC (-)
S1 (2015)	1207	1006	48	958	0,73
S2 (2015)	1208	1007	44	963	0,73
S3 (2015)	1121	934	59	875	0,80
S6 (2015)	1137	948	62	886	0,79

S7 (2015)	1113	927	65	862	0,82
S8 (2015)	1029	857	78	779	0,90
S9 (2015)	1077	898	62	836	0,84
S1a (2017)	1150	958	36	922	0,76
S2a (2017)	1273	1061	42	1019	0,69
S3a (2017)	1204	1003	50	953	0,74
S4a (2017)	991	826	45	781	0,90

### Toetsing draagvermogen fundering walmuur lage zijde per sondering

Tabel III.3 Toetsing draagvermogen combiwandbuispaal lage zijde per sondering (met  $\xi_A=1,00$ )

Sondering	$R_{c,cal,max}$ (kN)	$R_{c,d}$ (kN)	$F_{nsf,d}$ (kN)	$R_{c,net,d}$ (kN)	UC (-)
S1	1909	1591	217	1374	0,80
S2	2172	1810	198	1612	0,67
S3	2212	1843	268	1575	0,69
S6	2316	1930	255	1675	0,65
S7	2067	1722	284	1438	0,75
S8	1831	1526	316	1210	0,90
S9	2002	1668	261	1407	0,78
S1a (2017)	2086	1739	213	1526	0,71
S2a (2017)	2874	2395	260	2135	0,51
S3a (2017)	2112	1760	241	1519	0,71
S4a (2017)	2017	1681	236	1445	0,76



Tabel III.4 Toetsing draagvermogen schoorpaal lage zijde per sondering (met  $\xi_A=1,00$ )

Sondering	$R_{c,cal,max}$ (kN)	$R_{c,d}$ (kN)	$F_{nsf,d}$ (kN)	$R_{c,net,d}$ (kN)	UC (-)
S1 (2015)	979	816	48	768	0,80
S2 (2015)	1133	944	44	900	0,68
S3 (2015)	1044	870	59	811	0,76
S6 (2015)	989	824	62	762	0,81
S7 (2015)	1044	870	65	805	0,77
S8 (2015)	1026	855	78	777	0,79
S9 (2015)	1012	843	62	781	0,79
S1a (2017)	1037	864	36	828	0,74
S2a (2017)	1292	1077	42	1035	0,60
S3a (2017)	1057	880	50	830	0,74
S4a (2017)	926	771	42	729	0,84

## **Report for D-Foundations 16.1**

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations  
Developed by Deltares

Date of report: 26-11-2017  
Time of report: 17:44:48

Date of calculation: 26-11-2017  
Time of calculation: 17:41:49

Filename: D:\..\DFoundations\1003100 Ankerdrukpaal

Project identification: ASD1515-2 Kademuur Rechtboomsloot  
Draagvermogen ankerdrukpaal  
D-Foundations 1003100 Ankerdrukpaal

## 1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Input Data	3
2.1 General Input Data	3
2.2 General Report Data	3
2.3 Application Area Model Bearing Piles	3
2.4 Superstructure	3
2.5 General CPT Data	3
2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan	3
2.6 Soil Data	4
2.6.1 Soil Profile 1418385-S1	4
2.6.2 Soil Profile 1418385-S2	5
2.6.3 Soil Profile 1418385-S3	6
2.6.4 Soil Profile 1418385-S6	6
2.6.5 Soil Profile 1418385-S7	7
2.6.6 Soil Profile 1418385-S8	8
2.6.7 Soil Profile 1418385-S9	9
2.6.8 Soil Profile 1719691a_1	10
2.6.9 Soil Profile 1719691a_2	11
2.6.10 Soil Profile 1719691a_3	12
2.6.11 Soil Profile 1719691a_4	13
2.7 Pile Types	14
2.7.1 Pile type : Drukpaal diameter 140mm	14
2.8 Foundation Plan	15
2.8.1 View of Foundation Plan	15
2.9 Excavation Data	15
2.10 Overruled Parameters	16
2.11 Model Options	16
2.12 Model Options	16
3 Bearing Piles (EC7-NL): Results of the option Preliminary Design, Bearing capacity at fixed pile tip levels	17
3.1 Errors and Warnings	17
3.2 Remarks	17
3.3 Calculation Parameters	17
3.3.1 Pile Factors	17
3.3.2 Pile type : Drukpaal diameter 140mm	17
3.4 Results for pile type : Drukpaal diameter 140mm	18
3.5 Summary Net Bearing Capacity in kN	18

## 2 Input Data

### 2.1 General Input Data

Model Bearing Piles (EC7-NL)

### 2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :  
Design engineer superstructure :  
Principal :  
Title 1 : ASD1515-2 Kademuur Rechtboomsloot  
Title 2 : Draagvermogen ankerdrukpaal  
Title 3 : D-Foundations 1003100 Ankerdrukpaal  
Number of project : ASD1515-2  
Location of project :

### 2.3 Application Area Model Bearing Piles

The verifications performed by the model BEARING PILES of D-FOUNDATIONS concern pile foundations on which axial static or quasi-static loads cause pressures in the piles. The calculations of pile forces and pile displacements are based on Cone Penetration Tests. Possible rise of (tension-)piles and horizontal displacements of piles and/or pile groups are not taken into account.

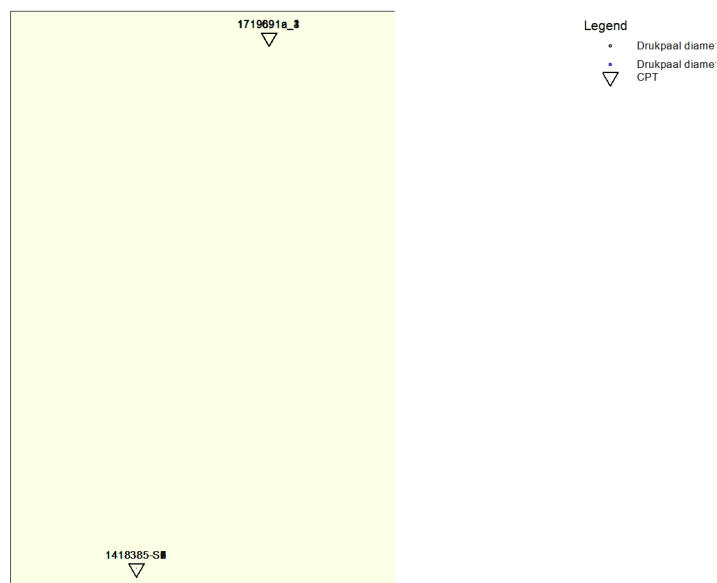
### 2.4 Superstructure

Rigidity of the superstructure : Non-Rigid

### 2.5 General CPT Data

Number of CPT's : 11  
Timing of CPT's : CPT - Excavation - Install

#### 2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan



Number/Name CPT	Pile tip level [m R.L.]	Top of pos. friction zone [m R.L.]	Bottom of neg. friction zone [m R.L.]	X-coor- dinate [m]	Y-coor- dinate [m]
1: 1418385-S1	-23,00	-11,40	-11,40	0,00	0,00
2: 1418385-S2	-23,00	-11,20	-11,20	0,00	0,00
3: 1418385-S3	-23,00	-12,20	-12,20	0,00	0,00
4: 1418385-S6	-23,00	-11,90	-11,90	0,00	0,00
5: 1418385-S7	-23,00	-12,20	-12,20	0,00	0,00
6: 1418385-S8	-23,00	-13,00	-13,00	0,00	0,00
7: 1418385-S9	-23,00	-12,40	-12,40	0,00	0,00
8: 1719691a_1	-23,00	-12,10	-12,10	122033,00	487283,00
9: 1719691a_2	-23,00	-11,00	-11,00	122072,00	487249,00
10: 1719691a_3	-23,00	-12,00	-12,00	122097,00	487228,00
11: 1719691a_4	-23,00	-11,40	-11,40	122116,00	487209,00

## 2.6 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 11

### 2.6.1 Soil Profile 1418385-S1

Belonging to CPT

Surface level in [m. reference level] :

Phreatic level in [m. reference level] :

Pile tip level in [m. reference level] :

Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :

Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :

OCR-value foundation layer :

Expected groundlevel settlement in [m] :

Number of layers in profile :

1418385-S1

1,74

-0,40

-23,00

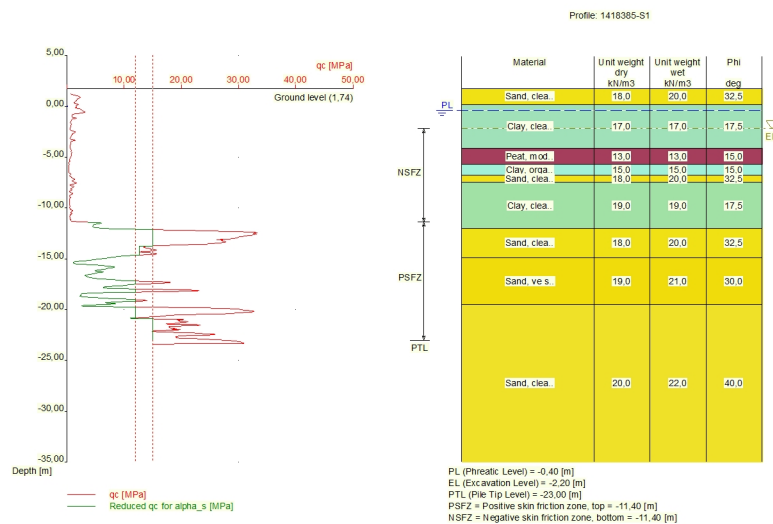
-11,40

-11,40

1,00

0,11

9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m³]	Gamma;sat [kN/m³]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,740	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	0,200	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-4,100	13,00	13,00	15,00	Peat	--

Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
4	-5,700	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-6,800	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
6	-7,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-12,000	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-14,900	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,500	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

## 2.6.2 Soil Profile 1418385-S2

Belonging to CPT

Surface level in [m. reference level] :

Phreatic level in [m. reference level] :

Pile tip level in [m. reference level] :

Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :

Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :

OCR-value foundation layer :

Expected groundlevel settlement in [m] :

Number of layers in profile :

1418385-S2

1,53

-0,40

-23,00

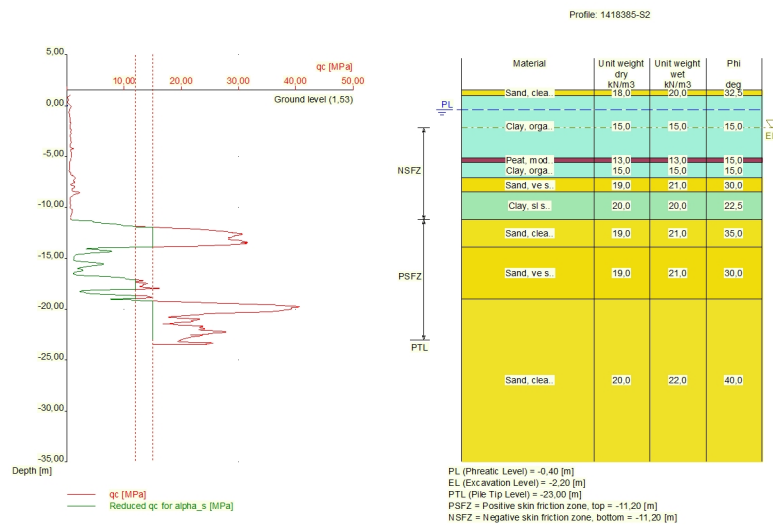
-11,20

-11,20

1,00

0,11

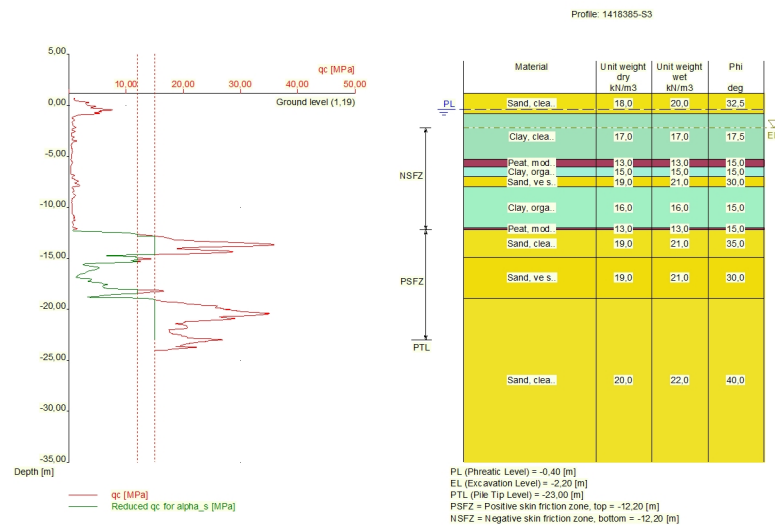
9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,530	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	1,000	15,00	15,00	15,00	Clay	--
3	-5,100	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,600	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-7,070	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,500	20,00	20,00	22,50	Clay	--
7	-11,200	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
8	-13,900	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,000	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.3 Soil Profile 1418385-S3

Belonging to CPT	1418385-S3
Surface level in [m. reference level] :	1,19
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-23,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,20
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,20
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10

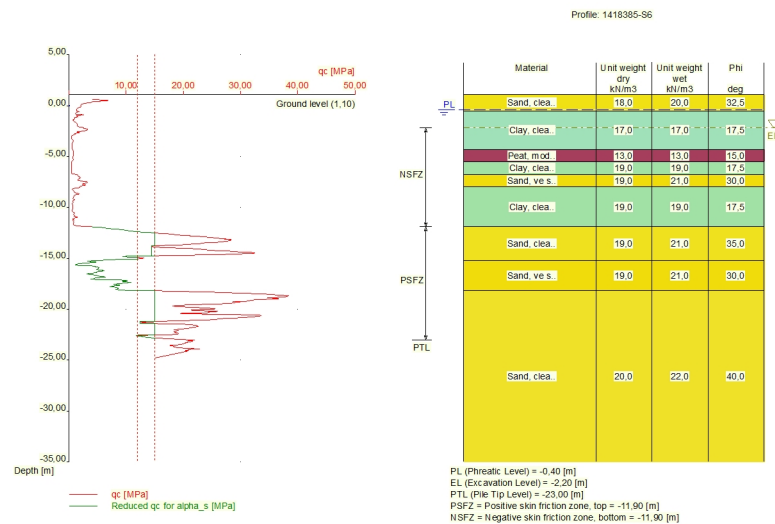


Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,190	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-0,810	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-5,300	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-6,000	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-7,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,000	16,00	16,00	15,00	Clay	--
7	-12,000	13,00	13,00	15,00	Peat	--
8	-12,200	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
9	-14,900	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
10	-18,900	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.4 Soil Profile 1418385-S6

Belonging to CPT	1418385-S6
Surface level in [m. reference level] :	1,10
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-23,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-11,90
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-11,90
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9





Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,100	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-0,500	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-4,300	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
5	-6,800	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,000	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-11,900	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
8	-15,200	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-18,200	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

## 2.6.5 Soil Profile 1418385-S7

Belonging to CPT

Surface level in [m. reference level] :

Phreatic level in [m. reference level] :

Pile tip level in [m. reference level] :

Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :

Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :

OCR-value foundation layer :

Expected groundlevel settlement in [m] :

Number of layers in profile :

1418385-S7

1,07

-0,40

-23,00

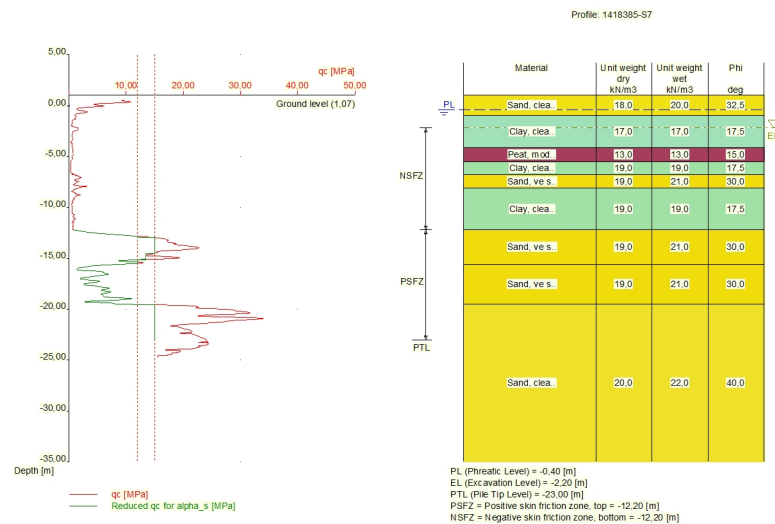
-12,20

-12,20

1,00

0,11

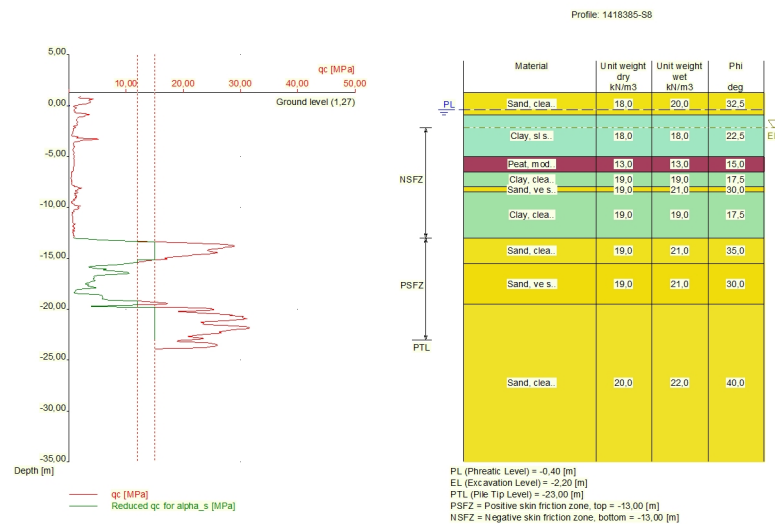
9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,070	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-1,000	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-4,100	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
5	-6,800	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,100	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-12,200	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
8	-15,600	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,500	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

## 2.6.6 Soil Profile 1418385-S8

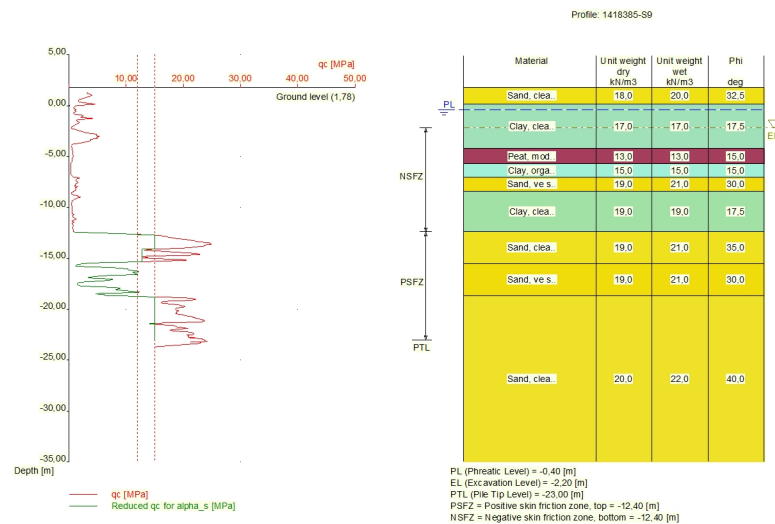
Belonging to CPT	1418385-S8
Surface level in [m. reference level] :	1,27
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-23,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-13,00
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-13,00
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,270	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-0,930	18,00	18,00	22,50	Clay	--
3	-5,000	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-6,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
5	-8,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-13,000	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
8	-15,500	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,500	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.7 Soil Profile 1418385-S9

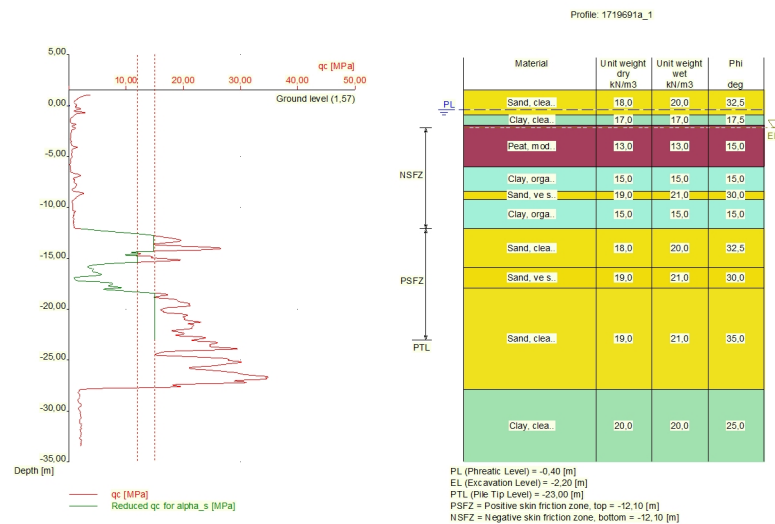
Belonging to CPT	1418385-S9
Surface level in [m. reference level] :	1,78
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-23,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,40
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,40
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,780	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	0,200	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-4,200	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,700	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-7,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,400	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-12,400	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
8	-15,500	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-18,700	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

## 2.6.8 Soil Profile 1719691a\_1

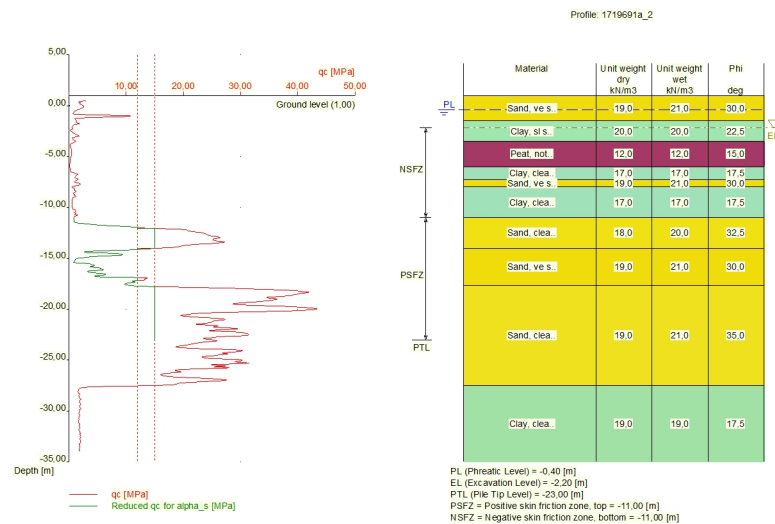
Belonging to CPT	1719691a_1
Surface level in [m. reference level] :	1,57
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-23,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,10
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,10
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,570	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-0,900	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-1,900	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-6,000	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-8,400	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-9,200	15,00	15,00	15,00	Clay	--
7	-12,100	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-15,900	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-17,900	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
10	-27,900	20,00	20,00	25,00	Clay	--

### 2.6.9 Soil Profile 1719691a\_2

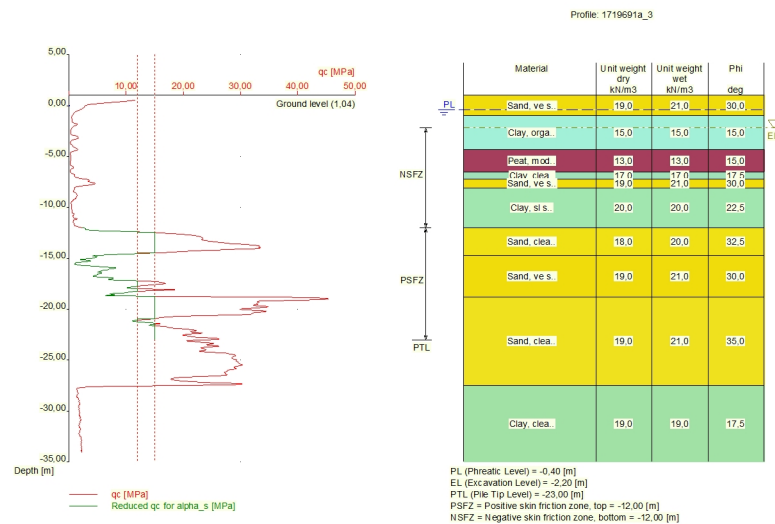
Belonging to CPT	1719691a_2
Surface level in [m. reference level] :	1,00
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-23,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-11,00
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-11,00
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
2	-1,500	20,00	20,00	22,50	Clay	--
3	-3,500	12,00	12,00	15,00	Peat	--
4	-6,000	17,00	17,00	17,50	Clay	--
5	-7,300	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,000	17,00	17,00	17,50	Clay	--
7	-11,000	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-14,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-17,685	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
10	-27,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--

### 2.6.10 Soil Profile 1719691a\_3

Belonging to CPT	1719691a_3
Surface level in [m. reference level] :	1,04
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-23,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,00
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,00
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10

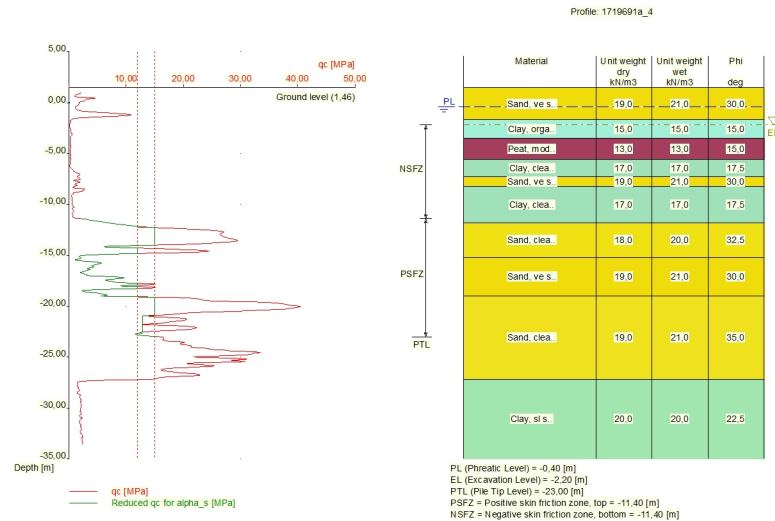


Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,040	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
2	-1,000	15,00	15,00	15,00	Clay	--
3	-4,300	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-6,500	17,00	17,00	17,50	Clay	--
5	-7,200	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,100	20,00	20,00	22,50	Clay	--
7	-12,000	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-14,700	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-18,800	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
10	-27,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--

#### 2.6.11 Soil Profile 1719691a\_4

Belonging to CPT	1719691a_4
Surface level in [m. reference level] :	1,46
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-23,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-11,40
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-11,40
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10





Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,460	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
2	-1,700	15,00	15,00	15,00	Clay	--
3	-3,500	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,600	17,00	17,00	17,50	Clay	--
5	-7,300	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,200	17,00	17,00	17,50	Clay	--
7	-11,800	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-15,200	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,000	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
10	-27,200	20,00	20,00	22,50	Clay	--

## 2.7 Pile Types

### 2.7.1 Pile type : Drukpaal diameter 140mm

Pile type :

User defined (low vibrating)

Pile type for determination of execution factor  $\alpha_s$  in sand/gravel:  
 Micro pile, anchor, screwed

Pile type for determination of execution factor  $\alpha_s$  in clay/loam/peat:  
 $\alpha_s$  clay/loam/peat according to table 7f, NEN-EN paragraph 7.6.2.3  
 NEN-EN 9997-1 (i)

Note :  $\alpha_s$  depends on the soiltype and relative depth.

Pile type for determination of pile class factor  $\alpha_p$  :  
 User defined

$\alpha_p$  :

0,6300

Evidence to support chosen  $\alpha_p$  should be provided.

Pile type for use in load/settlement curve :

1

Materialtype for pile :

Concrete

Slip layer :

None

Pile shape : Round pile with lost tip  
 beta (Shape factor) according to figure 7i, NEN-EN 9997-1:2012.  
 s (factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN-EN 9997-1:2012.

Pile dimensions :

Diameter at tip [m] :	0,300
Diameter shaft [m] :	0,220
Effective heigth enlarged base [m] :	0,000

## 2.8 Foundation Plan

Number of piles : 1  
 Number of collaborating piles\* : 1  
 \* : 0 = not defined, 1 = non rigid superstructure, >1 = rigid superstructure

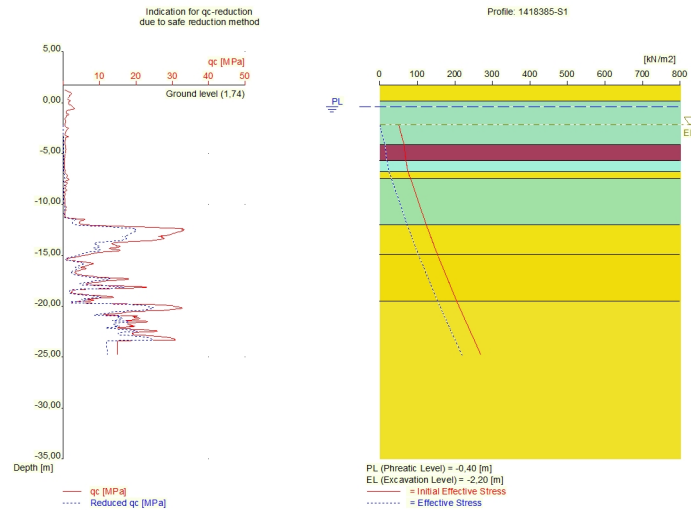
### 2.8.1 View of Foundation Plan



Pile nr/name	X-coor-dinate [m]	Y-coor-dinate [m]	Fc;d (STR/GEO) [kN]	Fc;d (SLS) [kN]	P0 [kN/m2]	Pile head level [m R.L.]
1: 1	0,00	0,00	200,00	120,00	1,00	0,00

## 2.9 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] : -2,20  
 Reduction model : Safe (NEN)



## 2.10 Overruled Parameters

User defined Factor xi3 [-] : 1,00  
 User defined Factor xi4 [-] : 1,00

## 2.11 Model Options

Suppress pile group (for negative skin friction)  
 Do not create intermediate results file  
 Use reduction for continuous flight auger piles (standard)  
 Use the influence of excavations (standard).

## 2.12 Model Options

Selected pile types :  
 -Drukpaal diameter 140mm

Selected profiles :  
 -1418385-S1  
 -1418385-S2  
 -1418385-S3  
 -1418385-S6  
 -1418385-S7  
 -1418385-S8  
 -1418385-S9  
 -1719691a\_1  
 -1719691a\_2  
 -1719691a\_3  
 -1719691a\_4

### 3 Bearing Piles (EC7-NL): Results of the option Preliminary Design, Bearing capacity at fix

#### 3.1 Errors and Warnings

Warning : The factor  $\xi_3$  (NEN-EN 1997 1:2005 NEN-EN 9997-1, annex A) is user defined. is user defined.  
 Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.  
 Warning : The factor  $\xi_4$  (NEN-EN 1997 1:2005 NEN-EN 9997-1, annex A) is user defined. is user defined.  
 Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.  
 Warning : The depth of the CPT's does not meet the requirements as set by NEN-EN 9997-1 par 3.2.3.

#### 3.2 Remarks

When checking the survey and testing of soil according to NEN-EN 9997-1 art 3.2.3 lid (e), the program uses the provided CPT test level. It does NOT take into account possible different pile tip levels. When different pile tip levels are used in this calculation, the user itself must check for possibly required additional survey and testing of soil.

Note : The calculations performed are based on a single pile for limit state STR/GEO (= ultimate limit state). Due to the nature of preliminary design, a single pile is always assumed. A possible pileplan is disregarded when using the preliminary design option. Hence a non rigid superstructure is assumed and pile group effects are not considered.

#### 3.3 Calculation Parameters

##### 3.3.1 Pile Factors

gamma;b (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, Limit State STR/GEO) :	1,20
gamma;b (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1,00
gamma;s (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, Limit State STR/GEO) :	1,20
gamma;s (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1,00
$\xi_3$ (user defined) :	1,00
$\xi_4$ (user defined) :	1,00

##### 3.3.2 Pile type : Drukpaal diameter 140mm

Pile type : User defined (low vibrating)

Pile type for determination of execution factor  $\alpha_s$  in sand/gravel:  
 Micro pile, anchor, screwed

Pile type for determination of execution factor  $\alpha_s$  in clay/loam/peat:  
 $\alpha_s$  clay/loam/peat according to table 7f, NEN-EN paragraph 7.6.2.3  
 NEN-EN 9997-1 (i)

Note :  $\alpha_s$  depends on the soiltype and relative depth.

Pile type for determination of pile class factor  $\alpha_p$  :

User defined

$\alpha_p$  : 0,6300

Evidence to support chosen  $\alpha_p$  should be provided.

Pile type for use in load/settlement curve :

Materialtype for pile : Concrete

Slip layer : None

Pile shape : Round pile with lost tip

beta (Shape factor: figuur 7i, NEN-EN 1997

1:2005 par. 7.6.2.3(g): NEN-EN 9997-1 : Pile tip) : 0,70

s (NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(h), NEN-EN 9997-1 : factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) :

1,00

Pile dimensions :

Diameter at tip [m] :	0,300
Diameter shaft [m] :	0,220
Effective height enlarged base [m] :	0,000

CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
1418385-S1	0,0080	0,0300	0,6300
1418385-S2	0,0080	--	0,6300
1418385-S3	0,0080	--	0,6300
1418385-S6	0,0080	--	0,6300
1418385-S7	0,0080	--	0,6300
1418385-S8	0,0080	--	0,6300
1418385-S9	0,0080	--	0,6300
1719691a_1	0,0080	--	0,6300
1719691a_2	0,0080	--	0,6300
1719691a_3	0,0080	--	0,6300
1719691a_4	0,0080	0,0300	0,6300

### 3.4 Results for pile type : Drukpaal diameter 140mm

CPT name	Level [m R.L.]	Groundlevel [m R.L.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F;nsf;rep [kN]	Fnsf;d [kN]
1418385...	-23.00	1,74	441	673	1113	928	48	48
1418385...	-23.00	1,53	450	667	1117	931	44	44
1418385...	-23.00	1,19	461	636	1097	914	59	59
1418385...	-23.00	1,10	445	693	1137	948	62	62
1418385...	-23.00	1,07	525	588	1113	927	65	65
1418385...	-23.00	1,27	466	562	1029	857	78	78
1418385...	-23.00	1,78	439	638	1077	898	62	62
1719691...	-23.00	1,57	513	636	1150	958	36	36
1719691...	-23.00	1,00	548	725	1273	1061	42	42
1719691...	-23.00	1,04	534	670	1204	1003	50	50
1719691...	-23.00	1,46	387	641	1028	857	41	41

### 3.5 Summary Net Bearing Capacity in kN

CPT name	Groundlevel [m R.L.]	Level [m R.L.]	Drukpaal diam.. Rc;net;d [kN]
1418385-S1	1,74	-23,00	880,00
1418385-S2	1,53	-23,00	887,00
1418385-S3	1,19	-23,00	855,00
1418385-S6	1,10	-23,00	886,00
1418385-S7	1,07	-23,00	862,00
1418385-S8	1,27	-23,00	779,00
1418385-S9	1,78	-23,00	836,00
1719691a_1	1,57	-23,00	922,00
1719691a_2	1,00	-23,00	1019,00
1719691a_3	1,04	-23,00	953,00
1719691a_4	1,46	-23,00	816,00

\* Rc;net;d = Rc;d - Fnsf;d

**End of Report**

## **Report for D-Foundations 16.1**

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations  
Developed by Deltares

Date of report: 09-11-2017  
Time of report: 17:18:36

Date of calculation: 09-11-2017  
Time of calculation: 17:17:33

Filename: D:\..\DO 2017\DFoundations\1003100 Combiwand Buispaal hoge zijde

Project identification: ASD1515-2 Kademuur Rechtboomsloot  
Draagvermogen ankerdrukpaal  
D-Foundations 1003100 Combiwand Buispaal hoge zijde

## 1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Input Data	3
2.1 General Input Data	3
2.2 General Report Data	3
2.3 Application Area Model Bearing Piles	3
2.4 Superstructure	3
2.5 General CPT Data	3
2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan	3
2.6 Soil Data	4
2.6.1 Soil Profile 1418385-S1	4
2.6.2 Soil Profile 1418385-S2	5
2.6.3 Soil Profile 1418385-S3	6
2.6.4 Soil Profile 1418385-S6	6
2.6.5 Soil Profile 1418385-S7	7
2.6.6 Soil Profile 1418385-S8	8
2.6.7 Soil Profile 1418385-S9	9
2.6.8 Soil Profile 1719691a_1	10
2.6.9 Soil Profile 1719691a_2	11
2.6.10 Soil Profile 1719691a_3	12
2.6.11 Soil Profile 1719691a_4	13
2.7 Pile Types	14
2.7.1 Pile type : Drukpaal diameter 140mm	14
2.7.2 Pile type : AZ26-700 2x	14
2.7.3 Pile type : Combiwandbuispaal 406mm	15
2.8 Foundation Plan	15
2.8.1 View of Foundation Plan	15
2.9 Excavation Data	16
2.10 Overruled Parameters	16
2.11 Model Options	16
2.12 Model Options	16
3 Bearing Piles (EC7-NL): Results of the option Preliminary Design, Bearing capacity at fixed pile tip levels	18
3.1 Errors and Warnings	18
3.2 Remarks	18
3.3 Calculation Parameters	18
3.3.1 Pile Factors	18
3.3.2 Pile type : Combiwandbuispaal 406mm	18
3.4 Results for pile type : Combiwandbuispaal 406mm	19
3.5 Summary Net Bearing Capacity in kN	19



## 2 Input Data

### 2.1 General Input Data

Model Bearing Piles (EC7-NL)

### 2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :

Design engineer superstructure :

Principal :

Title 1 : ASD1515-2 Kademuur Rechtboomsloot

Title 2 : Draagvermogen ankerdrukpaal

Title 3 : D-Foundations 1003100 Combiwand Buispaal hoge zijde

Number of project : ASD1515-2

Location of project :

### 2.3 Application Area Model Bearing Piles

The verifications performed by the model BEARING PILES of D-FOUNDATIONS concern pile foundations on which axial static or quasi-static loads cause pressures in the piles. The calculations of pile forces and pile displacements are based on Cone Penetration Tests. Possible rise of (tension-)piles and horizontal displacements of piles and/or pile groups are not taken into account.

### 2.4 Superstructure

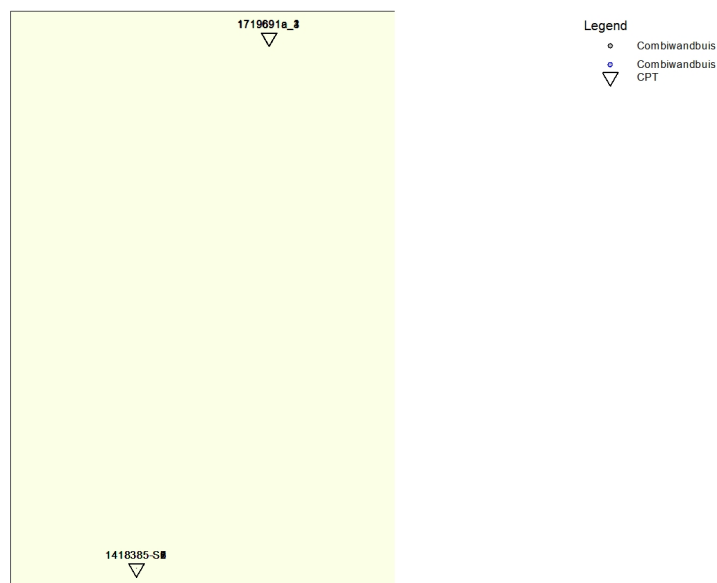
Rigidity of the superstructure : Non-Rigid

### 2.5 General CPT Data

Number of CPT's : 11

Timing of CPT's : CPT - Excavation - Install

#### 2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan



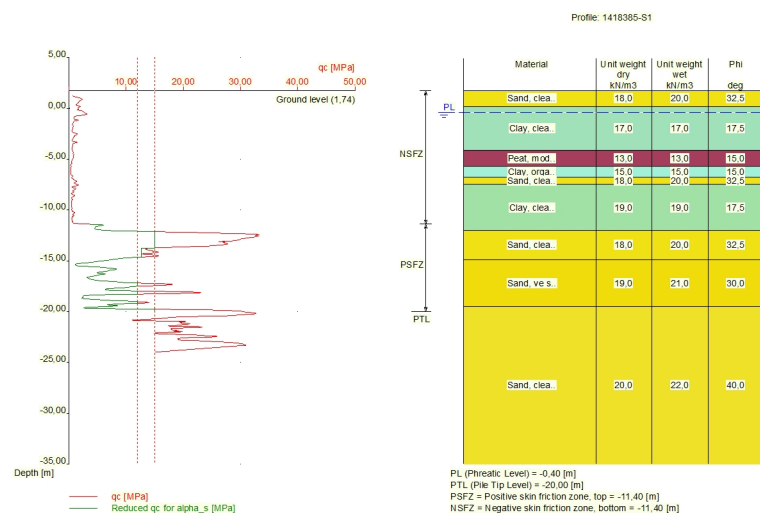
Number/Name CPT	Pile tip level [m R.L.]	Top of pos. friction zone [m R.L.]	Bottom of neg. friction zone [m R.L.]	X-coor- dinate [m]	Y-coor- dinate [m]
1: 1418385-S1	-20,00	-11,40	-11,40	0,00	0,00
2: 1418385-S2	-20,00	-11,50	-11,50	0,00	0,00
3: 1418385-S3	-20,00	-12,50	-12,50	0,00	0,00
4: 1418385-S6	-20,00	-11,90	-11,90	0,00	0,00
5: 1418385-S7	-20,00	-12,50	-12,50	0,00	0,00
6: 1418385-S8	-20,00	-13,20	-13,20	0,00	0,00
7: 1418385-S9	-20,00	-12,50	-12,50	0,00	0,00
8: 1719691a_1	-20,00	-12,20	-12,20	122033,00	487283,00
9: 1719691a_2	-20,00	-11,70	-11,70	122072,00	487249,00
10: 1719691a_3	-20,00	-12,00	-12,00	122097,00	487228,00
11: 1719691a_4	-20,00	-11,60	-11,60	122116,00	487209,00

## 2.6 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 11

### 2.6.1 Soil Profile 1418385-S1

Belonging to CPT	1418385-S1
Surface level in [m. reference level] :	1,74
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-20,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-11,40
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-11,40
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,740	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	0,200	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-4,100	13,00	13,00	15,00	Peat	--

Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
4	-5,700	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-6,800	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
6	-7,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-12,000	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-14,900	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,500	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

## 2.6.2 Soil Profile 1418385-S2

Belonging to CPT

Surface level in [m. reference level] :

Phreatic level in [m. reference level] :

Pile tip level in [m. reference level] :

Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :

Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :

OCR-value foundation layer :

Expected groundlevel settlement in [m] :

Number of layers in profile :

1418385-S2

1,53

-0,40

-20,00

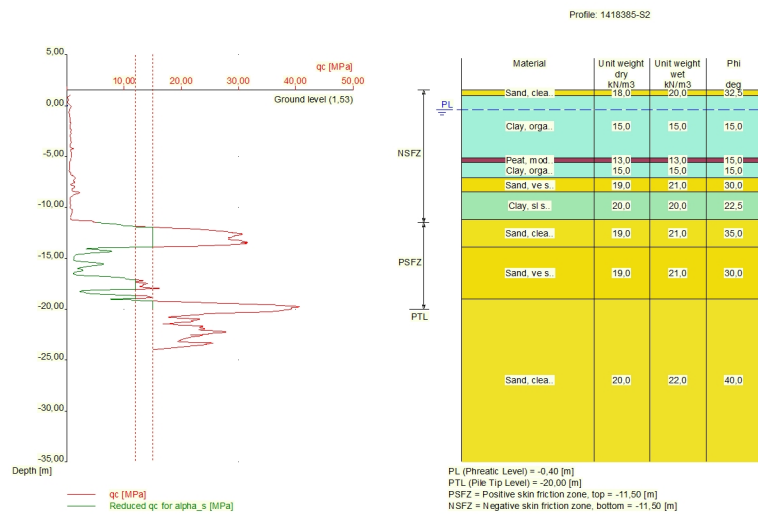
-11,50

-11,50

1,00

0,11

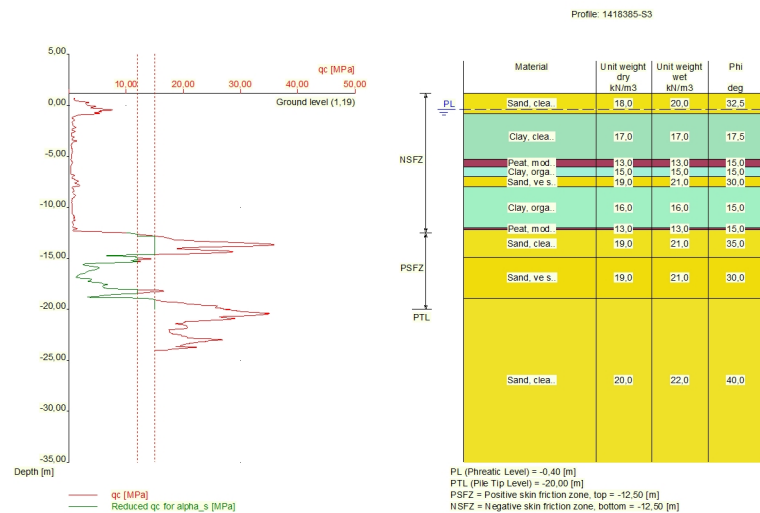
9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,530	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	1,000	15,00	15,00	15,00	Clay	--
3	-5,100	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,600	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-7,070	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,500	20,00	20,00	22,50	Clay	--
7	-11,200	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
8	-13,900	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,000	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.3 Soil Profile 1418385-S3

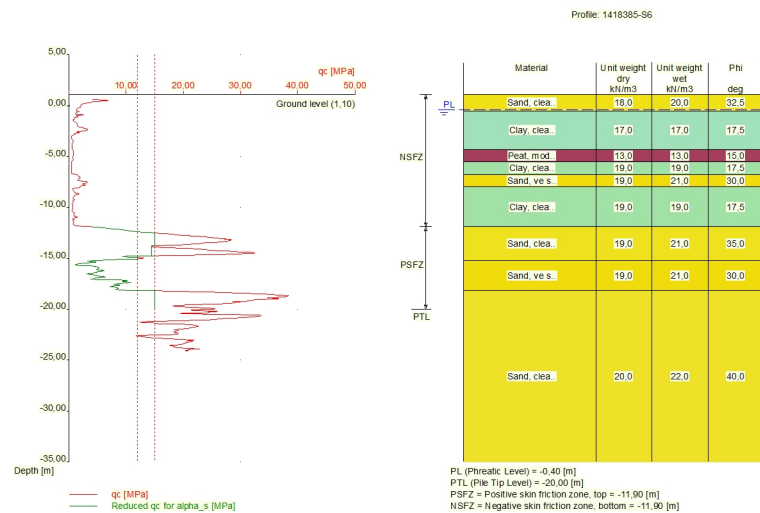
Belonging to CPT	1418385-S3
Surface level in [m. reference level] :	1,19
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-20,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,50
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,50
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,190	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-0,810	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-5,300	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-6,000	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-7,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,000	16,00	16,00	15,00	Clay	--
7	-12,000	13,00	13,00	15,00	Peat	--
8	-12,200	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
9	-14,900	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
10	-18,900	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.4 Soil Profile 1418385-S6

Belonging to CPT	1418385-S6
Surface level in [m. reference level] :	1,10
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-20,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-11,90
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-11,90
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,100	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-0,500	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-4,300	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
5	-6,800	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,000	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-11,900	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
8	-15,200	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-18,200	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.5 Soil Profile 1418385-S7

Belonging to CPT

Surface level in [m. reference level] :

Phreatic level in [m. reference level] :

Pile tip level in [m. reference level] :

Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :

Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :

OCR-value foundation layer :

Expected groundlevel settlement in [m] :

Number of layers in profile :

1418385-S7

1,07

-0,40

-20,00

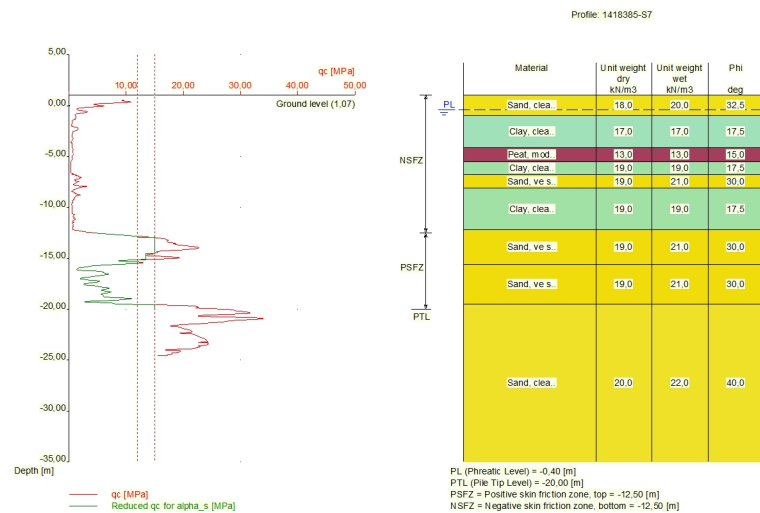
-12,50

-12,50

1,00

0,11

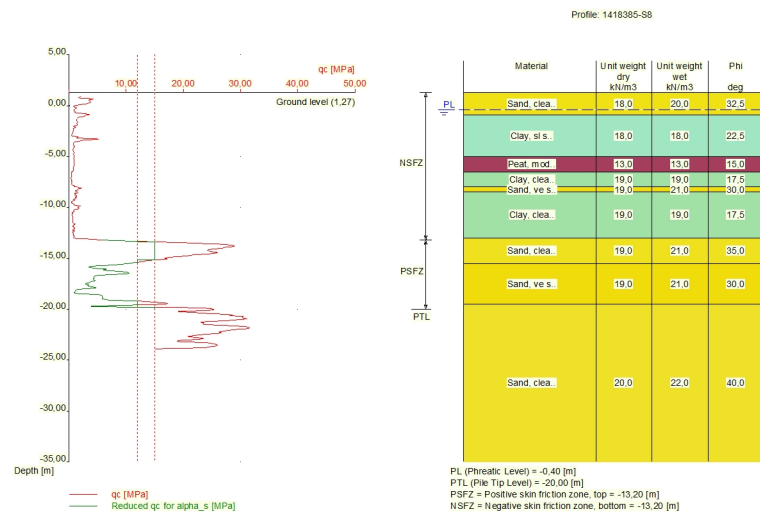
9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,070	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-1,000	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-4,100	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
5	-6,800	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,100	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-12,200	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
8	-15,600	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,500	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.6 Soil Profile 1418385-S8

Belonging to CPT	1418385-S8
Surface level in [m. reference level] :	1,27
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-20,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-13,20
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-13,20
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9

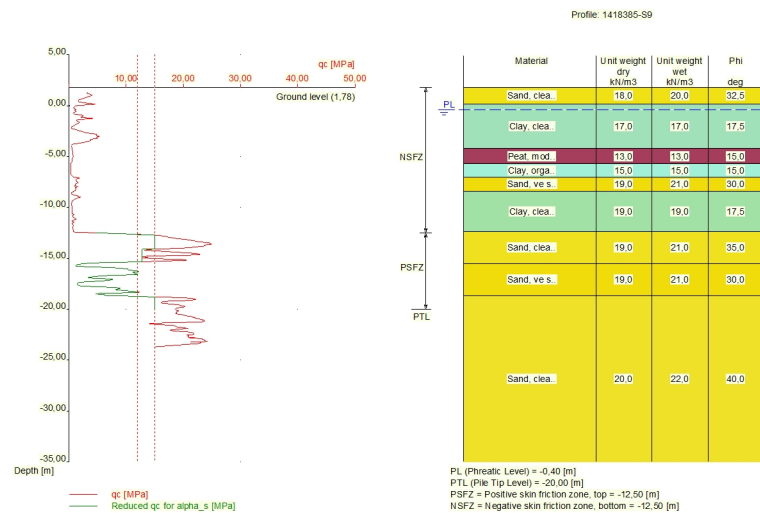


Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,270	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-0,930	18,00	18,00	22,50	Clay	--
3	-5,000	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-6,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
5	-8,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-13,000	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
8	-15,500	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,500	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.7 Soil Profile 1418385-S9

Belonging to CPT	1418385-S9
Surface level in [m. reference level] :	1,78
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-20,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,50
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,50
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9

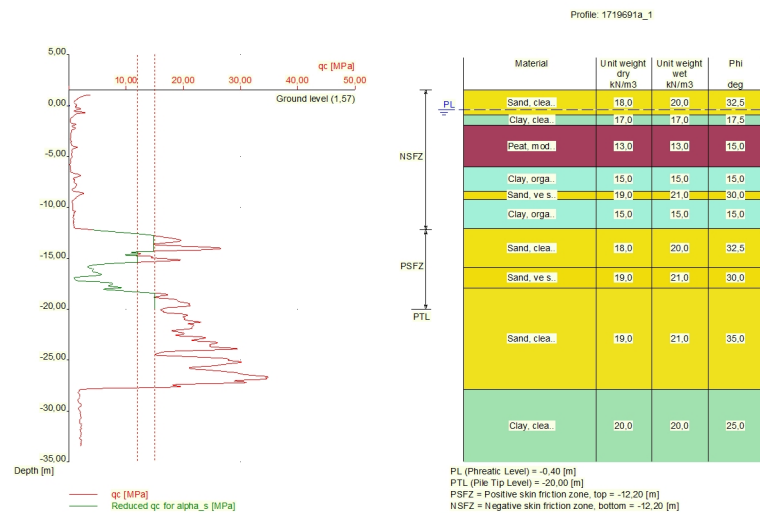




Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,780	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	0,200	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-4,200	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,700	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-7,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,400	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-12,400	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
8	-15,500	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-18,700	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.8 Soil Profile 1719691a\_1

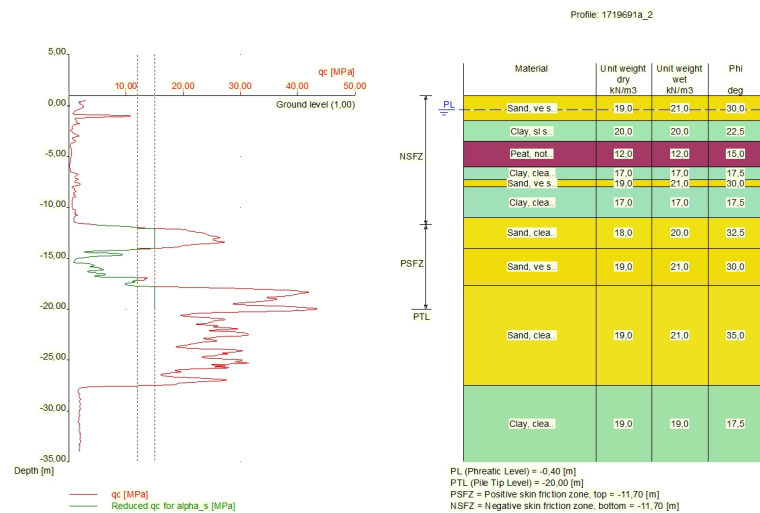
Belonging to CPT	1719691a_1
Surface level in [m. reference level] :	1,57
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-20,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,20
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,20
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,570	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-0,900	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-1,900	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-6,000	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-8,400	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-9,200	15,00	15,00	15,00	Clay	--
7	-12,100	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-15,900	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-17,900	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
10	-27,900	20,00	20,00	25,00	Clay	--

### 2.6.9 Soil Profile 1719691a\_2

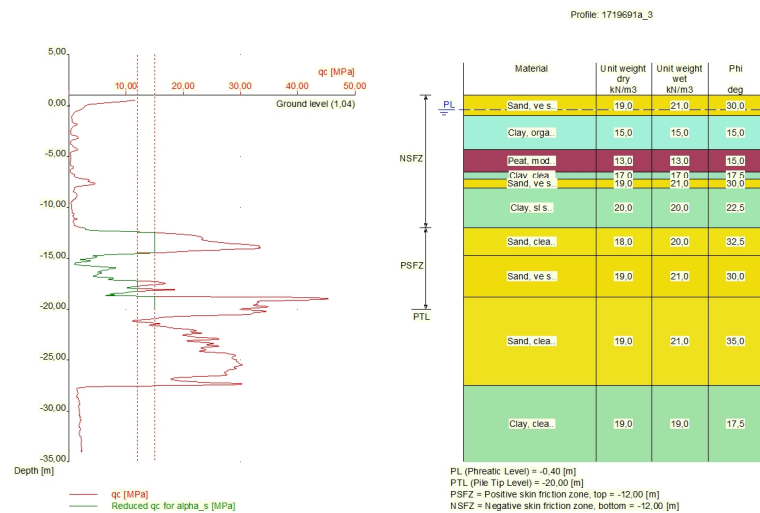
Belonging to CPT	1719691a_2
Surface level in [m. reference level] :	1,00
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-20,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-11,70
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-11,70
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
2	-1,500	20,00	20,00	22,50	Clay	--
3	-3,500	12,00	12,00	15,00	Peat	--
4	-6,000	17,00	17,00	17,50	Clay	--
5	-7,300	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,000	17,00	17,00	17,50	Clay	--
7	-11,000	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-14,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-17,685	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
10	-27,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--

### 2.6.10 Soil Profile 1719691a\_3

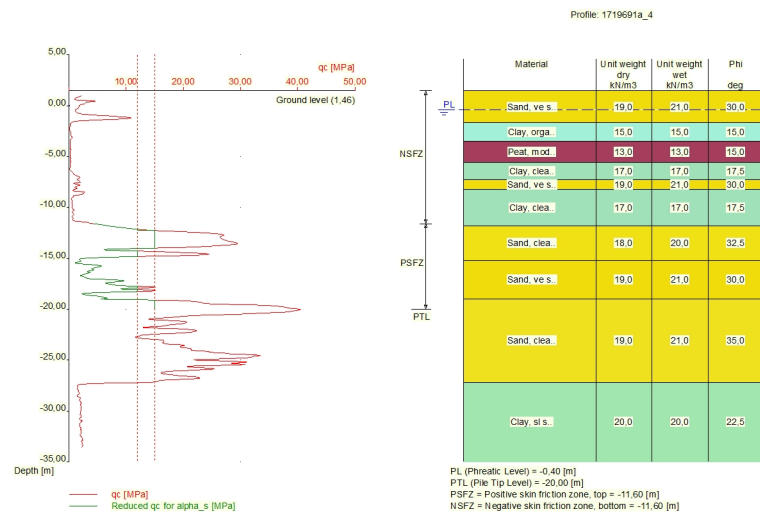
Belonging to CPT	1719691a_3
Surface level in [m. reference level] :	1,04
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-20,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,00
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,00
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,040	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
2	-1,000	15,00	15,00	15,00	Clay	--
3	-4,300	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-6,500	17,00	17,00	17,50	Clay	--
5	-7,200	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,100	20,00	20,00	22,50	Clay	--
7	-12,000	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-14,700	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-18,800	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
10	-27,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--

### 2.6.11 Soil Profile 1719691a\_4

Belonging to CPT	1719691a_4
Surface level in [m. reference level] :	1,46
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-20,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-11,60
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-11,60
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,460	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
2	-1,700	15,00	15,00	15,00	Clay	--
3	-3,500	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,600	17,00	17,00	17,50	Clay	--
5	-7,300	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,200	17,00	17,00	17,50	Clay	--
7	-11,800	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-15,200	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,000	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
10	-27,200	20,00	20,00	22,50	Clay	--

## 2.7 Pile Types

### 2.7.1 Pile type : Drukpaal diameter 140mm

Pile type : Screw pile, cast in place, lost tip

Materialtype for pile :

Concrete

Slip layer :

None

Pile shape :

Round pile with lost tip

beta (Shape factor) according to figure 7i, NEN-EN 9997-1:2012.

s (factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN-EN 9997-1:2012.

Pile dimensions :

Diameter at tip [m] :

0,497

Diameter shaft [m] :

0,406

Effective heigth enlarged base [m] :

0,000

### 2.7.2 Pile type : AZ26-700 2x

Pile type : Screw pile, cast in place, lost tip

Materialtype for pile : Concrete  
 Slip layer : None  
 Pile shape : Round pile with lost tip  
 beta (Shape factor) according to figure 7i, NEN-EN 9997-1:2012.  
 s (factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN-EN 9997-1:2012.

Pile dimensions :  
 Diameter at tip [m] : 0,497  
 Diameter shaft [m] : 0,406  
 Effective heigth enlarged base [m] : 0,000

### 2.7.3 Pile type : Combiwandbuispaal 406mm

Pile type : Screw pile, cast in place, lost tip

Materialtype for pile : Concrete  
 Slip layer : None  
 Pile shape : Round pile with lost tip  
 beta (Shape factor) according to figure 7i, NEN-EN 9997-1:2012.  
 s (factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN-EN 9997-1:2012.

Pile dimensions :  
 Diameter at tip [m] : 0,497  
 Diameter shaft [m] : 0,406  
 Effective heigth enlarged base [m] : 0,000

## 2.8 Foundation Plan

Number of piles : 1  
 Number of collaborating piles\* : 1  
 \* : 0 = not defined, 1 = non rigid superstructure, >1 = rigid superstructure

### 2.8.1 View of Foundation Plan

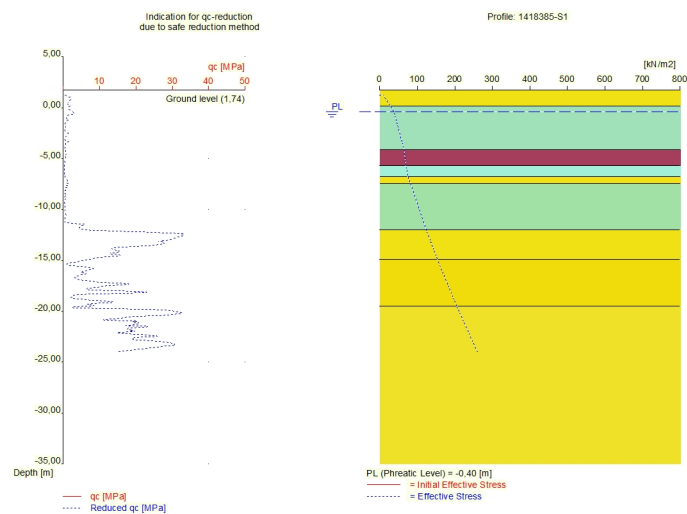


Pile nr/name	X-coordinate [m]	Y-coordinate [m]	F <sub>c;d</sub> (STR/GEO) [kN]	F <sub>c;d</sub> (SLS) [kN]	P0 [kN/m <sup>2</sup> ]	Pile head level [m R.L.]
1: 1	0,00	0,00	200,00	120,00	1,00	2,00

## 2.9 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] :  
Reduction model :

2,00  
Safe (NEN)



## 2.10 Overruled Parameters

User defined Factor xi3 [-] : 1,00  
User defined Factor xi4 [-] : 1,00

## 2.11 Model Options

Suppress pile group (for negative skin friction)  
Do not create intermediate results file  
Use reduction for continuous flight auger piles (standard)  
Use the influence of excavations (standard).

## 2.12 Model Options

Selected pile types :  
-Combiwandbuispaal 406mm

Selected profiles :  
-1418385-S1  
-1418385-S2  
-1418385-S3  
-1418385-S6  
-1418385-S7  
-1418385-S8  
-1418385-S9  
-1719691a\_1



-1719691a\_2  
-1719691a\_3  
-1719691a\_4

### 3 Bearing Piles (EC7-NL): Results of the option Preliminary Design, Bearing capacity at fix

#### 3.1 Errors and Warnings

Warning : The factor  $\xi_3$  (NEN-EN 1997 1:2005 NEN-EN 9997-1, annex A) is user defined. is user defined.  
 Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.  
 Warning : The factor  $\xi_4$  (NEN-EN 1997 1:2005 NEN-EN 9997-1, annex A) is user defined. is user defined.  
 Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.  
 Warning : The depth of the CPT's does not meet the requirements as set by NEN-EN 9997-1 par 3.2.3.

#### 3.2 Remarks

When checking the survey and testing of soil according to NEN-EN 9997-1 art 3.2.3 lid (e), the program uses the provided CPT test level. It does NOT take into account possible different pile tip levels. When different pile tip levels are used in this calculation, the user itself must check for possibly required additional survey and testing of soil.

Note : The calculations performed are based on a single pile for limit state STR/GEO (= ultimate limit state). Due to the nature of preliminary design, a single pile is always assumed. A possible pileplan is disregarded when using the preliminary design option. Hence a non rigid superstructure is assumed and pile group effects are not considered.

#### 3.3 Calculation Parameters

##### 3.3.1 Pile Factors

gamma;b (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, Limit State STR/GEO) :	1,20
gamma;b (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1,00
gamma;s (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, Limit State STR/GEO) :	1,20
gamma;s (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1,00
$\xi_3$ (user defined) :	1,00
$\xi_4$ (user defined) :	1,00

##### 3.3.2 Pile type : Combiwandbuispaal 406mm

Pile type :	Screw pile, cast in place, lost tip
Materialtype for pile :	Concrete
Slip layer :	None
Pile shape :	Round pile with lost tip
beta (Shape factor: figuur 7i, NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(g): NEN-EN 9997-1 : Pile tip) :	0,80
s (NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(h), NEN-EN 9997-1 : factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) :	1,00
Pile dimensions :	
Diameter at tip [m] :	0,497
Diameter shaft [m] :	0,406
Effective height enlarged base [m] :	0,000

CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
1418385-S1	0,0090	0,0300	0,6300
1418385-S2	0,0090	--	0,6300
1418385-S3	0,0090	--	0,6300
1418385-S6	0,0090	--	0,6300

CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
1418385-S7	0,0090	--	0,6300
1418385-S8	0,0090	--	0,6300
1418385-S9	0,0090	--	0,6300
1719691a_1	0,0090	--	0,6300
1719691a_2	0,0090	--	0,6300
1719691a_3	0,0090	--	0,6300
1719691a_4	0,0090	0,0300	0,6300

### 3.4 Results for pile type : Combiwandbuispaal 406mm

CPT name	Level [m R.L.]	Groundlevel [m R.L.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F;nsf;rep [kN]	Fnsf;d [kN]
1418385...	-20.00	1,74	982	977	1959	1632	281	281
1418385...	-20.00	1,53	1310	903	2213	1845	245	245
1418385...	-20.00	1,19	1375	856	2230	1859	291	291
1418385...	-20.00	1,10	1316	1015	2331	1942	270	270
1418385...	-20.00	1,07	1292	784	2076	1730	298	298
1418385...	-20.00	1,27	1162	689	1852	1543	347	347
1418385...	-20.00	1,78	1145	919	2064	1720	333	333
1719691...	-20.00	1,57	1218	935	2153	1794	267	267
1719691...	-20.00	1,00	1846	1033	2879	2399	268	268
1719691...	-20.00	1,04	1171	947	2118	1765	252	252
1719691...	-20.00	1,46	1130	924	2054	1711	282	282

### 3.5 Summary Net Bearing Capacity in kN

CPT name	Groundlevel [m R.L.]	Level [m R.L.]	Combiwandbuis.. Rc;net;d [kN]
1418385-S1	1,74	-20,00	1351,00
1418385-S2	1,53	-20,00	1600,00
1418385-S3	1,19	-20,00	1568,00
1418385-S6	1,10	-20,00	1672,00
1418385-S7	1,07	-20,00	1432,00
1418385-S8	1,27	-20,00	1196,00
1418385-S9	1,78	-20,00	1387,00
1719691a_1	1,57	-20,00	1527,00
1719691a_2	1,00	-20,00	2131,00
1719691a_3	1,04	-20,00	1513,00
1719691a_4	1,46	-20,00	1429,00

\* Rc;net;d = Rc;d - Fnsf;d

**End of Report**

## **Report for D-Foundations 16.1**

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations  
Developed by Deltares

Date of report: 09-11-2017  
Time of report: 17:20:03

Date of calculation: 09-11-2017  
Time of calculation: 17:19:14

Filename: D:\..\DO 2017\DFoundations\1003100 Combiwand Buispaal lage zijde

Project identification: ASD1515-2 Kademuur Rechtboomsloot  
Draagvermogen ankerdrukpaal  
D-Foundations 1003100 Combiwand Buispaal lage zijde

## 1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Input Data	3
2.1 General Input Data	3
2.2 General Report Data	3
2.3 Application Area Model Bearing Piles	3
2.4 Superstructure	3
2.5 General CPT Data	3
2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan	3
2.6 Soil Data	4
2.6.1 Soil Profile 1418385-S1	4
2.6.2 Soil Profile 1418385-S2	5
2.6.3 Soil Profile 1418385-S3	6
2.6.4 Soil Profile 1418385-S6	6
2.6.5 Soil Profile 1418385-S7	7
2.6.6 Soil Profile 1418385-S8	8
2.6.7 Soil Profile 1418385-S9	9
2.6.8 Soil Profile 1719691a_1	10
2.6.9 Soil Profile 1719691a_2	11
2.6.10 Soil Profile 1719691a_3	12
2.6.11 Soil Profile 1719691a_4	13
2.7 Pile Types	14
2.7.1 Pile type : Drukpaal diameter 140mm	14
2.7.2 Pile type : AZ26-700 2x	14
2.7.3 Pile type : Combiwandbuispaal 406mm	15
2.8 Foundation Plan	15
2.8.1 View of Foundation Plan	15
2.9 Excavation Data	16
2.10 Overruled Parameters	16
2.11 Model Options	16
2.12 Model Options	16
3 Bearing Piles (EC7-NL): Results of the option Preliminary Design, Bearing capacity at fixed pile tip levels	18
3.1 Errors and Warnings	18
3.2 Remarks	18
3.3 Calculation Parameters	18
3.3.1 Pile Factors	18
3.3.2 Pile type : Combiwandbuispaal 406mm	18
3.4 Results for pile type : Combiwandbuispaal 406mm	19
3.5 Summary Net Bearing Capacity in kN	19

## 2 Input Data

### 2.1 General Input Data

Model Bearing Piles (EC7-NL)

### 2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :

Design engineer superstructure :

Principal :

Title 1 : ASD1515-2 Kademuur Rechtboomsloot

Title 2 : Draagvermogen ankerdrukpaal

Title 3 : D-Foundations 1003100 Combiwand Buispaal lage zijde

Number of project : ASD1515-2

Location of project :

### 2.3 Application Area Model Bearing Piles

The verifications performed by the model BEARING PILES of D-FOUNDATIONS concern pile foundations on which axial static or quasi-static loads cause pressures in the piles. The calculations of pile forces and pile displacements are based on Cone Penetration Tests. Possible rise of (tension-)piles and horizontal displacements of piles and/or pile groups are not taken into account.

### 2.4 Superstructure

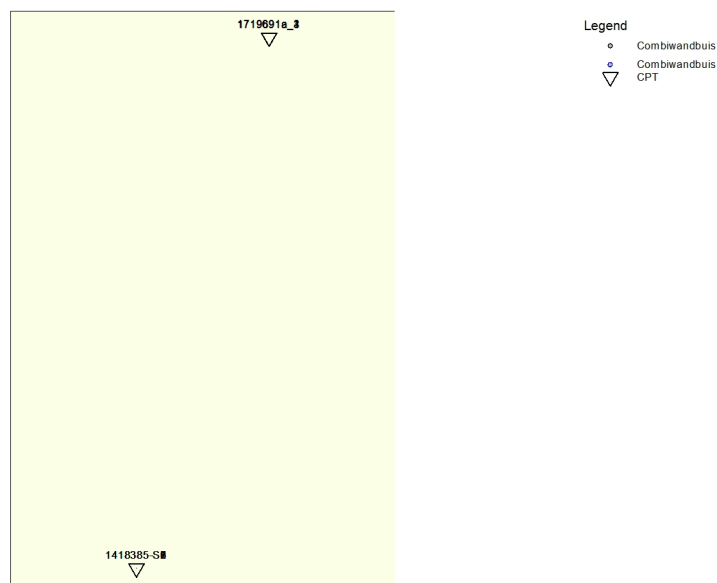
Rigidity of the superstructure : Non-Rigid

### 2.5 General CPT Data

Number of CPT's : 11

Timing of CPT's : CPT - Excavation - Install

#### 2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan



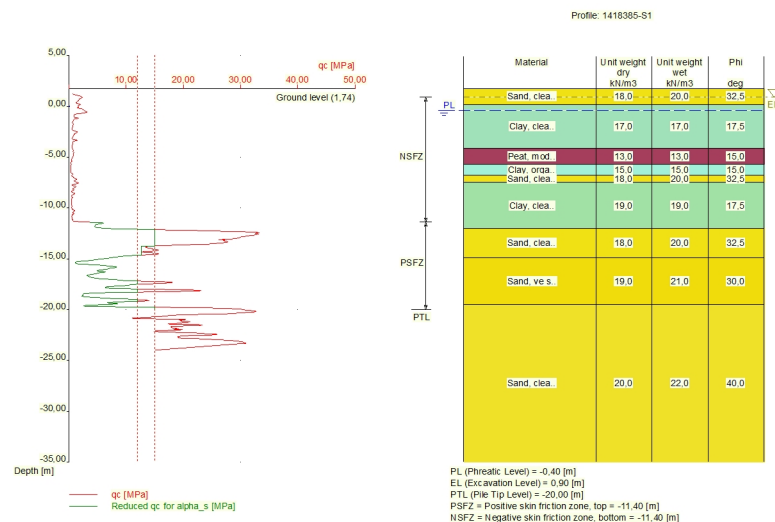
Number/Name CPT	Pile tip level [m R.L.]	Top of pos. friction zone [m R.L.]	Bottom of neg. friction zone [m R.L.]	X-coor- dinate [m]	Y-coor- dinate [m]
1: 1418385-S1	-20,00	-11,40	-11,40	0,00	0,00
2: 1418385-S2	-20,00	-11,50	-11,50	0,00	0,00
3: 1418385-S3	-20,00	-12,50	-12,50	0,00	0,00
4: 1418385-S6	-20,00	-11,90	-11,90	0,00	0,00
5: 1418385-S7	-20,00	-12,50	-12,50	0,00	0,00
6: 1418385-S8	-20,00	-13,20	-13,20	0,00	0,00
7: 1418385-S9	-20,00	-12,50	-12,50	0,00	0,00
8: 1719691a_1	-20,00	-12,20	-12,20	122033,00	487283,00
9: 1719691a_2	-20,00	-11,70	-11,70	122072,00	487249,00
10: 1719691a_3	-20,00	-12,00	-12,00	122097,00	487228,00
11: 1719691a_4	-20,00	-11,60	-11,60	122116,00	487209,00

## 2.6 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 11

### 2.6.1 Soil Profile 1418385-S1

Belonging to CPT	1418385-S1
Surface level in [m. reference level] :	1,74
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-20,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-11,40
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-11,40
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,740	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	0,200	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-4,100	13,00	13,00	15,00	Peat	--

Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
4	-5,700	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-6,800	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
6	-7,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-12,000	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-14,900	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,500	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

## 2.6.2 Soil Profile 1418385-S2

Belonging to CPT

Surface level in [m. reference level] :

Phreatic level in [m. reference level] :

Pile tip level in [m. reference level] :

Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :

Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :

OCR-value foundation layer :

Expected groundlevel settlement in [m] :

Number of layers in profile :

1418385-S2

1,53

-0,40

-20,00

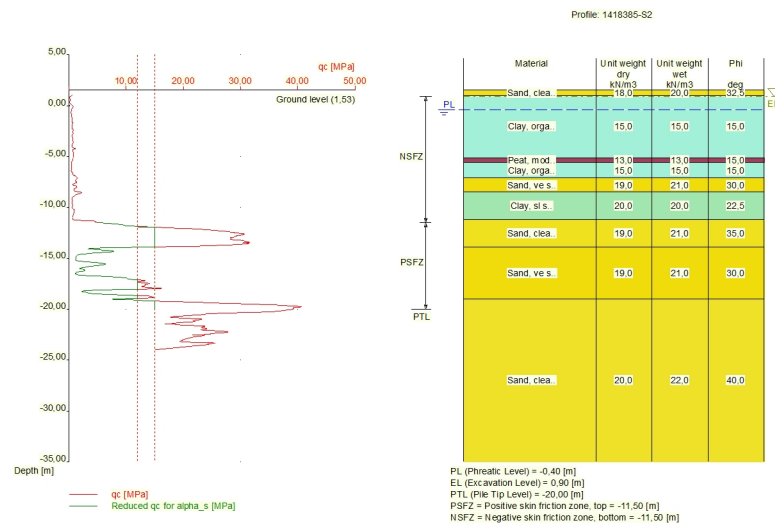
-11,50

-11,50

1,00

0,11

9

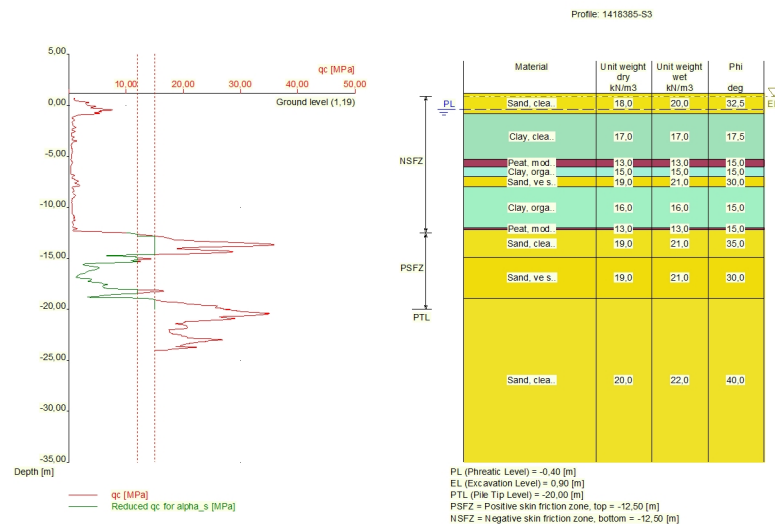


Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,530	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	1,000	15,00	15,00	15,00	Clay	--
3	-5,100	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,600	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-7,070	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,500	20,00	20,00	22,50	Clay	--
7	-11,200	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
8	-13,900	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,000	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200



### 2.6.3 Soil Profile 1418385-S3

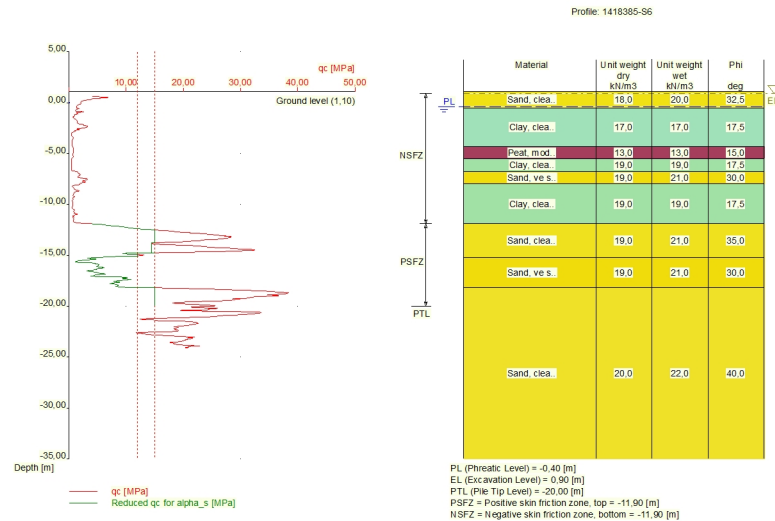
Belonging to CPT	1418385-S3
Surface level in [m. reference level] :	1,19
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-20,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,50
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,50
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,190	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-0,810	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-5,300	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-6,000	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-7,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,000	16,00	16,00	15,00	Clay	--
7	-12,000	13,00	13,00	15,00	Peat	--
8	-12,200	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
9	-14,900	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
10	-18,900	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.4 Soil Profile 1418385-S6

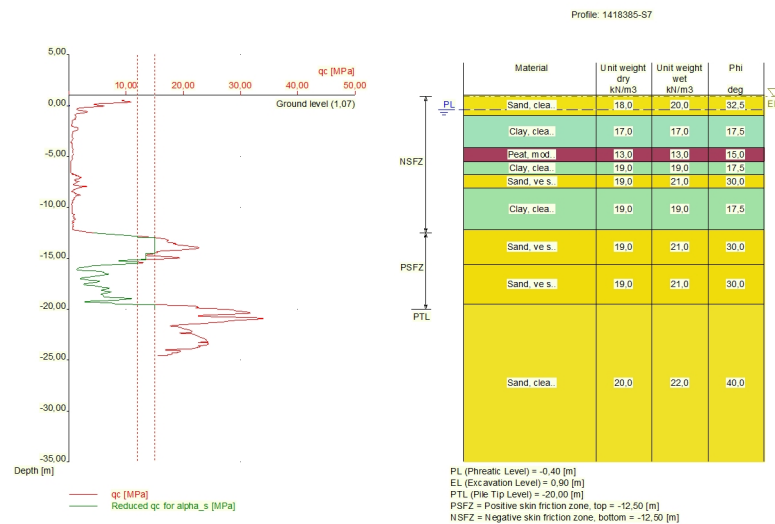
Belonging to CPT	1418385-S6
Surface level in [m. reference level] :	1,10
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-20,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-11,90
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-11,90
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,100	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-0,500	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-4,300	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
5	-6,800	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,000	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-11,900	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
8	-15,200	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-18,200	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.5 Soil Profile 1418385-S7

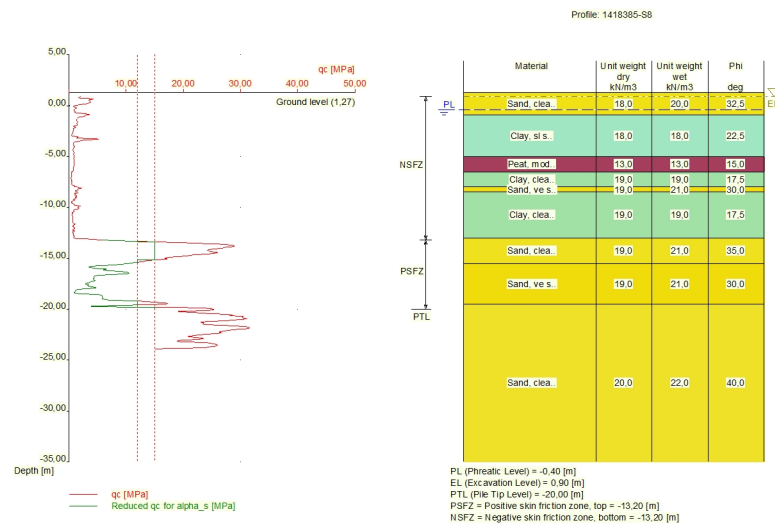
Belonging to CPT	1418385-S7
Surface level in [m. reference level] :	1,07
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-20,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,50
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,50
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,070	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-1,000	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-4,100	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
5	-6,800	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,100	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-12,200	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
8	-15,600	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,500	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.6 Soil Profile 1418385-S8

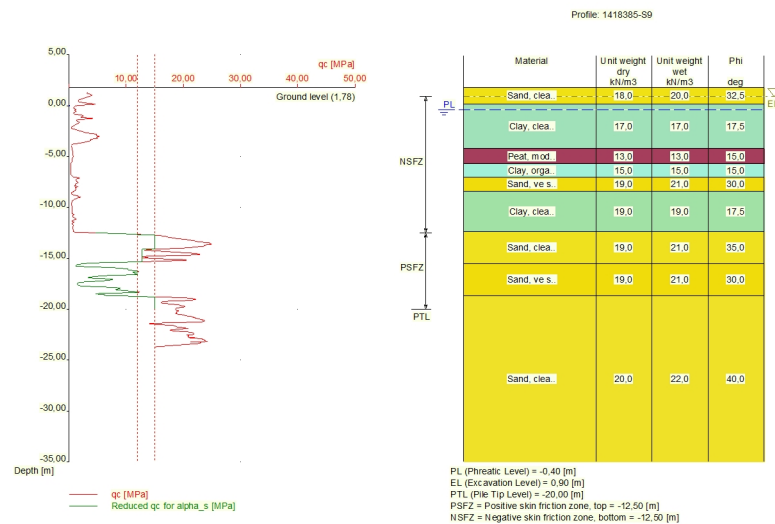
Belonging to CPT	1418385-S8
Surface level in [m. reference level] :	1,27
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-20,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-13,20
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-13,20
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,270	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-0,930	18,00	18,00	22,50	Clay	--
3	-5,000	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-6,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
5	-8,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-13,000	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
8	-15,500	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,500	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.7 Soil Profile 1418385-S9

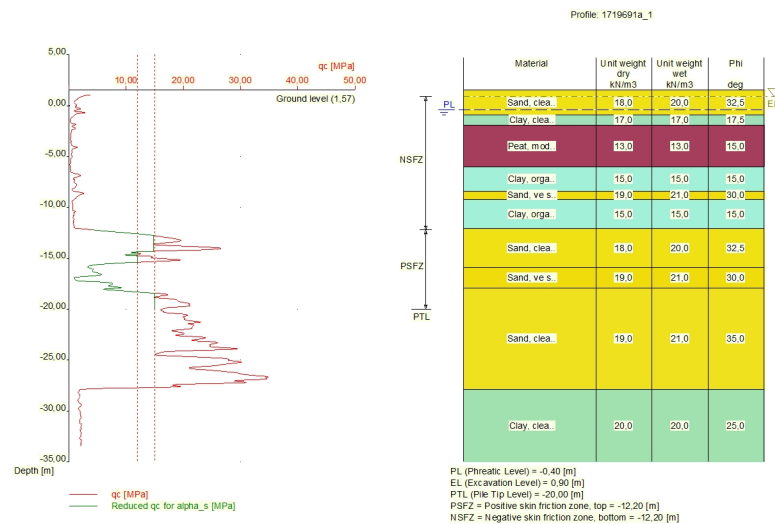
Belonging to CPT	1418385-S9
Surface level in [m. reference level] :	1,78
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-20,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,50
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,50
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,780	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	0,200	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-4,200	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,700	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-7,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,400	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-12,400	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
8	-15,500	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-18,700	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.8 Soil Profile 1719691a\_1

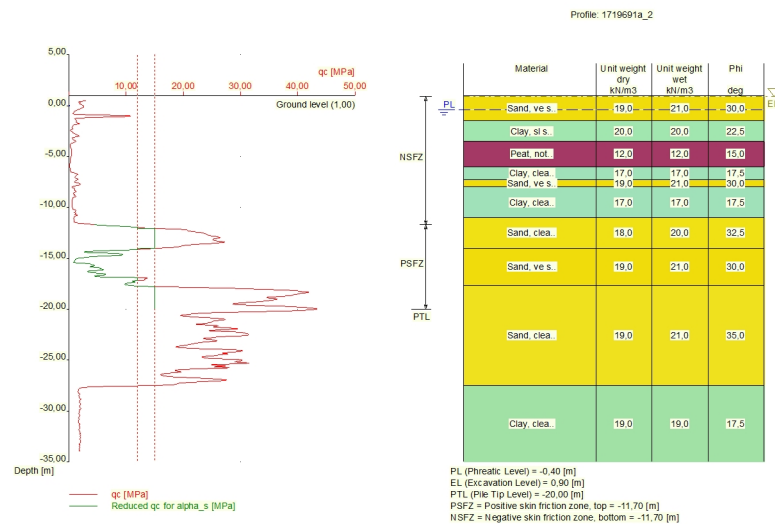
Belonging to CPT	1719691a_1
Surface level in [m. reference level] :	1,57
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-20,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,20
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,20
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,570	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-0,900	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-1,900	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-6,000	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-8,400	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-9,200	15,00	15,00	15,00	Clay	--
7	-12,100	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-15,900	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-17,900	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
10	-27,900	20,00	20,00	25,00	Clay	--

### 2.6.9 Soil Profile 1719691a\_2

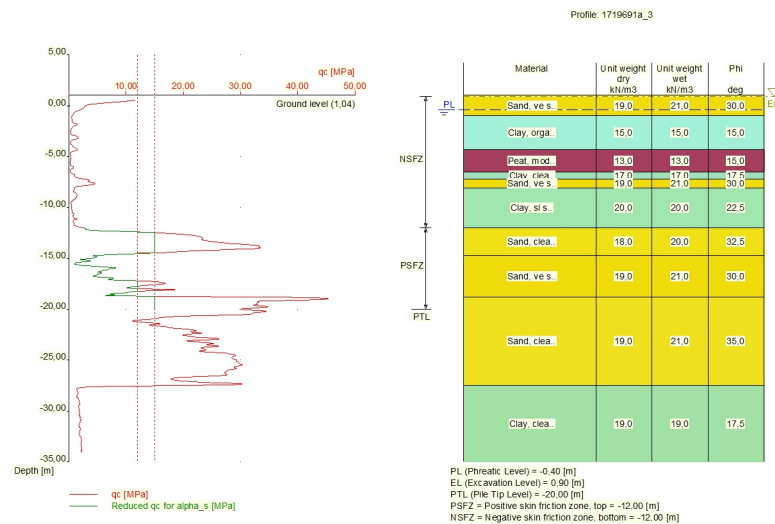
Belonging to CPT	1719691a_2
Surface level in [m. reference level] :	1,00
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-20,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-11,70
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-11,70
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
2	-1,500	20,00	20,00	22,50	Clay	--
3	-3,500	12,00	12,00	15,00	Peat	--
4	-6,000	17,00	17,00	17,50	Clay	--
5	-7,300	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,000	17,00	17,00	17,50	Clay	--
7	-11,000	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-14,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-17,685	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
10	-27,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--

### 2.6.10 Soil Profile 1719691a\_3

Belonging to CPT	1719691a_3
Surface level in [m. reference level] :	1,04
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-20,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,00
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,00
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10

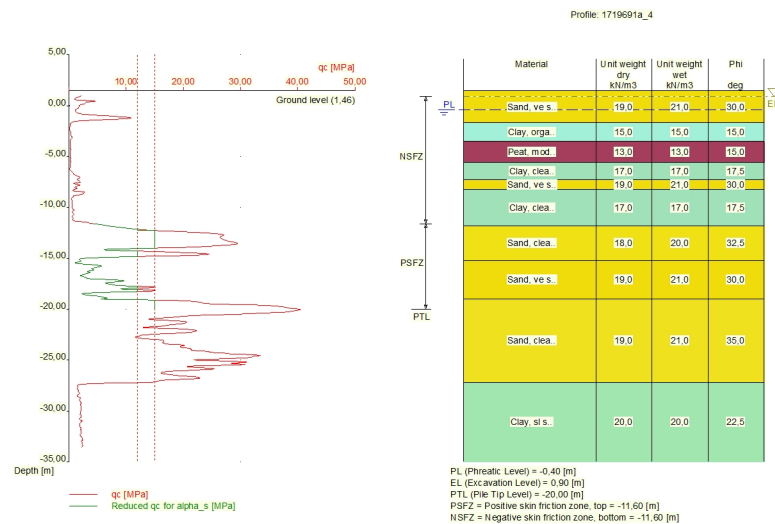


Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,040	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
2	-1,000	15,00	15,00	15,00	Clay	--
3	-4,300	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-6,500	17,00	17,00	17,50	Clay	--
5	-7,200	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,100	20,00	20,00	22,50	Clay	--
7	-12,000	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-14,700	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-18,800	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
10	-27,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--

#### 2.6.11 Soil Profile 1719691a\_4

Belonging to CPT	1719691a_4
Surface level in [m. reference level] :	1,46
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-20,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-11,60
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-11,60
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10





Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,460	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
2	-1,700	15,00	15,00	15,00	Clay	--
3	-3,500	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,600	17,00	17,00	17,50	Clay	--
5	-7,300	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,200	17,00	17,00	17,50	Clay	--
7	-11,800	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-15,200	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,000	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
10	-27,200	20,00	20,00	22,50	Clay	--

## 2.7 Pile Types

### 2.7.1 Pile type : Drukpaal diameter 140mm

Pile type : Screw pile, cast in place, lost tip

Materialtype for pile :

Concrete

Slip layer :

None

Pile shape :

Round pile with lost tip

beta (Shape factor) according to figure 7i, NEN-EN 9997-1:2012.

s (factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN-EN 9997-1:2012.

Pile dimensions :

Diameter at tip [m] :

0,497

Diameter shaft [m] :

0,406

Effective heigth enlarged base [m] :

0,000

### 2.7.2 Pile type : AZ26-700 2x

Pile type :

Screw pile, cast in place, lost tip

Materialtype for pile : Concrete  
 Slip layer : None  
 Pile shape : Round pile with lost tip  
 beta (Shape factor) according to figure 7i, NEN-EN 9997-1:2012.  
 s (factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN-EN 9997-1:2012.

Pile dimensions :  
 Diameter at tip [m] : 0,497  
 Diameter shaft [m] : 0,406  
 Effective heigth enlarged base [m] : 0,000

### 2.7.3 Pile type : Combiwandbuispaal 406mm

Pile type : Screw pile, cast in place, lost tip

Materialtype for pile : Concrete  
 Slip layer : None  
 Pile shape : Round pile with lost tip  
 beta (Shape factor) according to figure 7i, NEN-EN 9997-1:2012.  
 s (factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN-EN 9997-1:2012.

Pile dimensions :  
 Diameter at tip [m] : 0,497  
 Diameter shaft [m] : 0,406  
 Effective heigth enlarged base [m] : 0,000

## 2.8 Foundation Plan

Number of piles : 1  
 Number of collaborating piles\* : 1  
 \* : 0 = not defined, 1 = non rigid superstructure, >1 = rigid superstructure

### 2.8.1 View of Foundation Plan

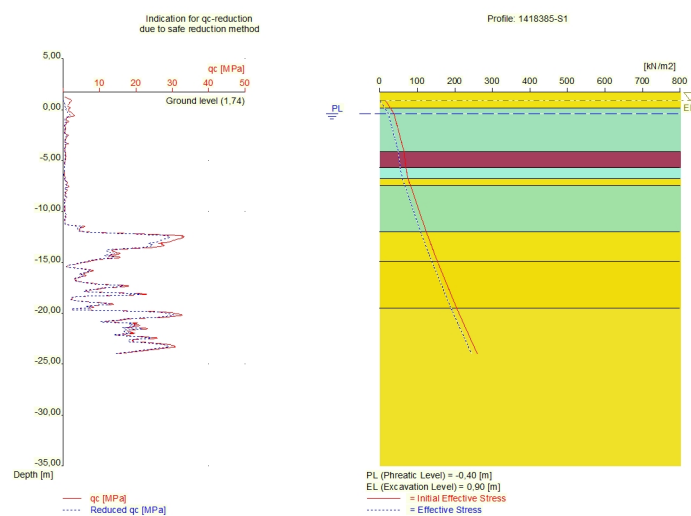


Pile nr/name	X-coordinate [m]	Y-coordinate [m]	Fc;d (STR/GEO) [kN]	Fc;d (SLS) [kN]	P0 [kN/m2]	Pile head level [m R.L.]
1: 1	0,00	0,00	200,00	120,00	1,00	0,90

## 2.9 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] :  
Reduction model :

0,90  
Safe (NEN)



## 2.10 Overruled Parameters

User defined Factor xi3 [-] : 1,00  
User defined Factor xi4 [-] : 1,00

## 2.11 Model Options

Suppress pile group (for negative skin friction)  
Do not create intermediate results file  
Use reduction for continuous flight auger piles (standard)  
Use the influence of excavations (standard).

## 2.12 Model Options

Selected pile types :  
-Combiwandbuispaal 406mm

Selected profiles :  
-1418385-S1  
-1418385-S2  
-1418385-S3  
-1418385-S6  
-1418385-S7  
-1418385-S8  
-1418385-S9  
-1719691a\_1

-1719691a\_2  
-1719691a\_3  
-1719691a\_4

### 3 Bearing Piles (EC7-NL): Results of the option Preliminary Design, Bearing capacity at fix

#### 3.1 Errors and Warnings

Warning : The factor  $\xi_3$  (NEN-EN 1997 1:2005 NEN-EN 9997-1, annex A) is user defined. is user defined.  
 Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.  
 Warning : The factor  $\xi_4$  (NEN-EN 1997 1:2005 NEN-EN 9997-1, annex A) is user defined. is user defined.  
 Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.  
 Warning : The depth of the CPT's does not meet the requirements as set by NEN-EN 9997-1 par 3.2.3.

#### 3.2 Remarks

When checking the survey and testing of soil according to NEN-EN 9997-1 art 3.2.3 lid (e), the program uses the provided CPT test level. It does NOT take into account possible different pile tip levels. When different pile tip levels are used in this calculation, the user itself must check for possibly required additional survey and testing of soil.

Note : The calculations performed are based on a single pile for limit state STR/GEO (= ultimate limit state). Due to the nature of preliminary design, a single pile is always assumed. A possible pileplan is disregarded when using the preliminary design option. Hence a non rigid superstructure is assumed and pile group effects are not considered.

#### 3.3 Calculation Parameters

##### 3.3.1 Pile Factors

gamma;b (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, Limit State STR/GEO) :	1,20
gamma;b (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1,00
gamma;s (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, Limit State STR/GEO) :	1,20
gamma;s (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1,00
$\xi_3$ (user defined) :	1,00
$\xi_4$ (user defined) :	1,00

##### 3.3.2 Pile type : Combiwandbuispaal 406mm

Pile type :	Screw pile, cast in place, lost tip
Materialtype for pile :	Concrete
Slip layer :	None
Pile shape :	Round pile with lost tip
beta (Shape factor: figuur 7i, NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(g): NEN-EN 9997-1 : Pile tip) :	0,80
s (NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(h), NEN-EN 9997-1 : factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) :	1,00
Pile dimensions :	
Diameter at tip [m] :	0,497
Diameter shaft [m] :	0,406
Effective height enlarged base [m] :	0,000

CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
1418385-S1	0,0090	0,0300	0,6300
1418385-S2	0,0090	--	0,6300
1418385-S3	0,0090	--	0,6300
1418385-S6	0,0090	--	0,6300

CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
1418385-S7	0,0090	--	0,6300
1418385-S8	0,0090	--	0,6300
1418385-S9	0,0090	--	0,6300
1719691a_1	0,0090	--	0,6300
1719691a_2	0,0090	--	0,6300
1719691a_3	0,0090	--	0,6300
1719691a_4	0,0090	0,0300	0,6300

### 3.4 Results for pile type : Combiwandbuispaal 406mm

CPT name	Level [m R.L.]	Groundlevel [m R.L.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F;nsf;rep [kN]	Fnsf;d [kN]
1418385...	-20.00	1,74	949	961	1909	1591	217	217
1418385...	-20.00	1,53	1279	894	2172	1810	198	198
1418385...	-20.00	1,19	1361	851	2212	1843	268	268
1418385...	-20.00	1,10	1308	1009	2316	1930	255	255
1418385...	-20.00	1,07	1286	781	2067	1722	284	284
1418385...	-20.00	1,27	1147	685	1831	1526	316	316
1418385...	-20.00	1,78	1106	896	2002	1668	261	261
1719691...	-20.00	1,57	1179	907	2086	1739	213	213
1719691...	-20.00	1,00	1842	1032	2874	2395	260	260
1719691...	-20.00	1,04	1166	946	2112	1760	241	241
1719691...	-20.00	1,46	1103	914	2017	1681	236	236

### 3.5 Summary Net Bearing Capacity in kN

CPT name	Groundlevel [m R.L.]	Level [m R.L.]	Combiwandbuis.. Rc;net;d [kN]
1418385-S1	1,74	-20,00	1374,00
1418385-S2	1,53	-20,00	1612,00
1418385-S3	1,19	-20,00	1575,00
1418385-S6	1,10	-20,00	1675,00
1418385-S7	1,07	-20,00	1438,00
1418385-S8	1,27	-20,00	1210,00
1418385-S9	1,78	-20,00	1407,00
1719691a_1	1,57	-20,00	1526,00
1719691a_2	1,00	-20,00	2135,00
1719691a_3	1,04	-20,00	1519,00
1719691a_4	1,46	-20,00	1445,00

\* Rc;net;d = Rc;d - Fnsf;d

**End of Report**

## **Report for D-Foundations 16.1**

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations  
Developed by Deltares

Date of report: 09-11-2017  
Time of report: 17:11:02

Date of calculation: 09-11-2017  
Time of calculation: 17:07:50

Filename: D:\.\Recht Boomssloot\DO 2017\DFoundations\1003100 Damwand 2x

Project identification: ASD1515-2 Kademuur Rechtboomsloot  
Draagvermogen ankerdrukpaal  
D-Foundations 1003100 Damwand 2x

## 1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Input Data	3
2.1 General Input Data	3
2.2 General Report Data	3
2.3 Application Area Model Bearing Piles	3
2.4 Superstructure	3
2.5 General CPT Data	3
2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan	3
2.6 Soil Data	4
2.6.1 Soil Profile 1418385-S1	4
2.6.2 Soil Profile 1418385-S2	5
2.6.3 Soil Profile 1418385-S3	6
2.6.4 Soil Profile 1418385-S6	6
2.6.5 Soil Profile 1418385-S7	7
2.6.6 Soil Profile 1418385-S8	8
2.6.7 Soil Profile 1418385-S9	9
2.6.8 Soil Profile 1719691a_1	10
2.6.9 Soil Profile 1719691a_2	11
2.6.10 Soil Profile 1719691a_3	12
2.6.11 Soil Profile 1719691a_4	13
2.7 Pile Types	14
2.7.1 Pile type : Drukpaal diameter 140mm	14
2.7.2 Pile type : AZ26-700 4x	15
2.8 Foundation Plan	15
2.8.1 View of Foundation Plan	15
2.9 Excavation Data	16
2.10 Overruled Parameters	16
2.11 Model Options	16
2.12 Model Options	16
3 Bearing Piles (EC7-NL): Results of the Option Preliminary Design, Indication Bearing Capacity	18
3.1 Errors and Warnings	18
3.2 Remarks	18
3.3 Calculation Parameters	18
3.3.1 Pile Factors	18
3.3.2 Pile type : AZ26-700 4x	18
3.4 Results Bearing Forces for Pile type : AZ26-700 4x	19
3.5 Summary Net Bearing Capacity in kN	19



## 2 Input Data

### 2.1 General Input Data

Model Bearing Piles (EC7-NL)

### 2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :  
Design engineer superstructure :  
Principal :  
Title 1 : ASD1515-2 Kademuur Rechtboomsloot  
Title 2 : Draagvermogen ankerdrukpaal  
Title 3 : D-Foundations 1003100 Damwand 2x  
Number of project : ASD1515-2  
Location of project :

### 2.3 Application Area Model Bearing Piles

The verifications performed by the model BEARING PILES of D-FOUNDATIONS concern pile foundations on which axial static or quasi-static loads cause pressures in the piles. The calculations of pile forces and pile displacements are based on Cone Penetration Tests. Possible rise of (tension-)piles and horizontal displacements of piles and/or pile groups are not taken into account.

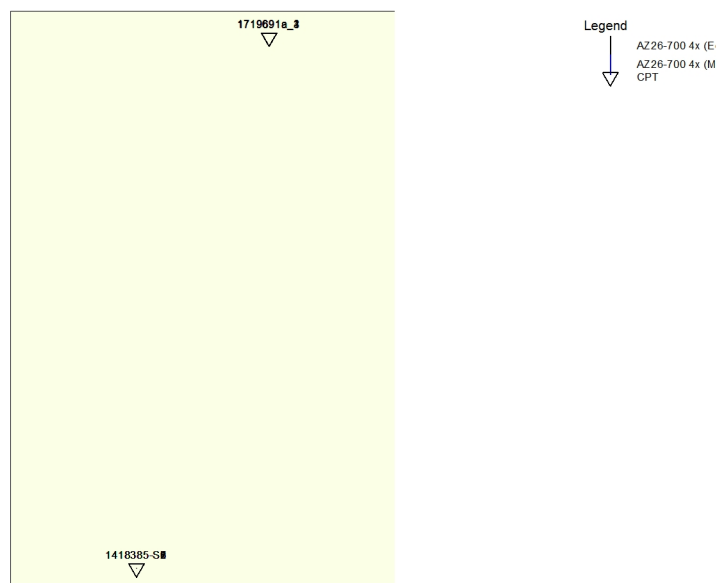
### 2.4 Superstructure

Rigidity of the superstructure : Non-Rigid

### 2.5 General CPT Data

Number of CPT's : 11  
Timing of CPT's : CPT - Excavation - Install

#### 2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan



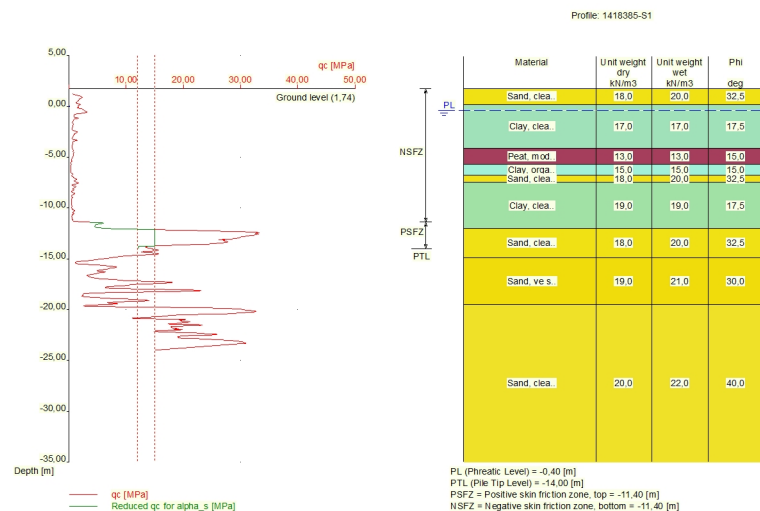
Number/Name CPT	Pile tip level [m R.L.]	Top of pos. friction zone [m R.L.]	Bottom of neg. friction zone [m R.L.]	X-coor- dinate [m]	Y-coor- dinate [m]
1: 1418385-S1	-14,00	-11,40	-11,40	0,00	0,00
2: 1418385-S2	-14,00	-11,20	-11,20	0,00	0,00
3: 1418385-S3	-14,00	-12,20	-12,20	0,00	0,00
4: 1418385-S6	-14,00	-11,90	-11,90	0,00	0,00
5: 1418385-S7	-14,00	-12,20	-12,20	0,00	0,00
6: 1418385-S8	-14,00	-13,00	-13,00	0,00	0,00
7: 1418385-S9	-14,00	-12,40	-12,40	0,00	0,00
8: 1719691a_1	-14,00	-12,10	-12,10	122033,00	487283,00
9: 1719691a_2	-14,00	-11,00	-11,00	122072,00	487249,00
10: 1719691a_3	-14,00	-12,00	-12,00	122097,00	487228,00
11: 1719691a_4	-14,00	-11,80	-11,80	122116,00	487209,00

## 2.6 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 11

### 2.6.1 Soil Profile 1418385-S1

Belonging to CPT	1418385-S1
Surface level in [m. reference level] :	1,74
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-14,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-11,40
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-11,40
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m³]	Gamma;sat [kN/m³]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,740	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	0,200	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-4,100	13,00	13,00	15,00	Peat	--

Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
4	-5,700	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-6,800	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
6	-7,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-12,000	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-14,900	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,500	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.2 Soil Profile 1418385-S2

Belonging to CPT

Surface level in [m. reference level] :

Phreatic level in [m. reference level] :

Pile tip level in [m. reference level] :

Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :

Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :

OCR-value foundation layer :

Expected groundlevel settlement in [m] :

Number of layers in profile :

1418385-S2

1,53

-0,40

-14,00

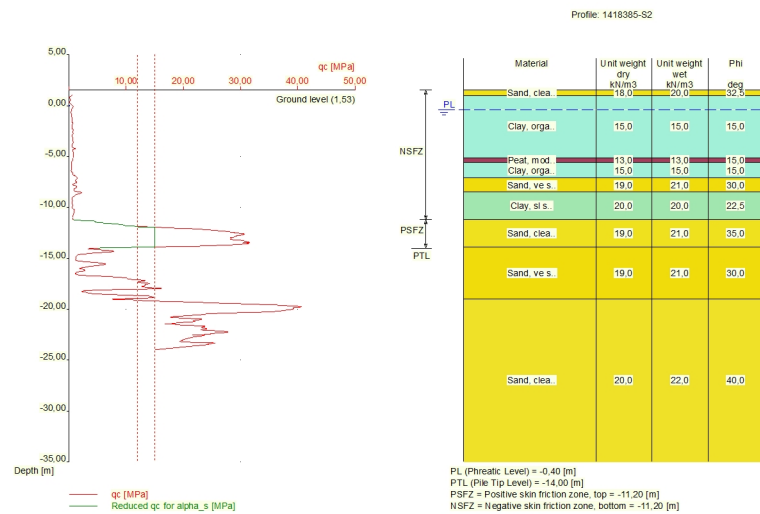
-11,20

-11,20

1,00

0,11

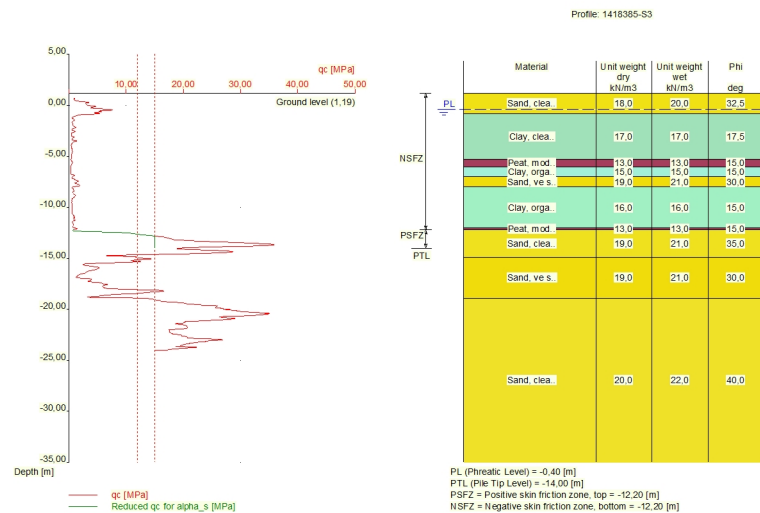
9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,530	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	1,000	15,00	15,00	15,00	Clay	--
3	-5,100	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,600	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-7,070	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,500	20,00	20,00	22,50	Clay	--
7	-11,200	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
8	-13,900	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,000	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.3 Soil Profile 1418385-S3

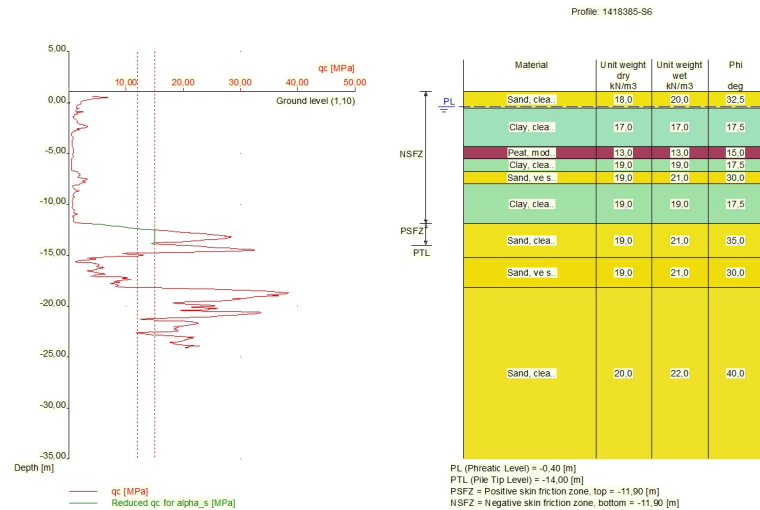
Belonging to CPT	1418385-S3
Surface level in [m. reference level] :	1,19
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-14,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,20
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,20
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,190	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-0,810	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-5,300	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-6,000	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-7,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,000	16,00	16,00	15,00	Clay	--
7	-12,000	13,00	13,00	15,00	Peat	--
8	-12,200	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
9	-14,900	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
10	-18,900	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.4 Soil Profile 1418385-S6

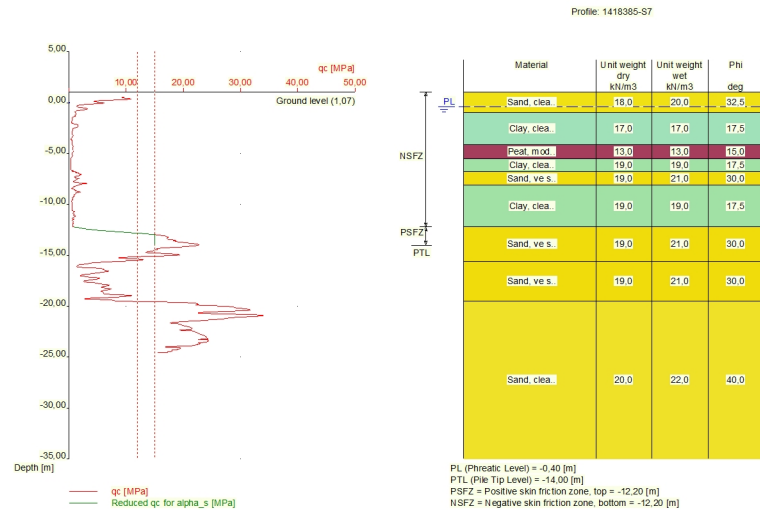
Belonging to CPT	1418385-S6
Surface level in [m. reference level] :	1,10
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-14,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-11,90
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-11,90
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,100	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-0,500	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-4,300	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
5	-6,800	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,000	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-11,900	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
8	-15,200	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-18,200	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.5 Soil Profile 1418385-S7

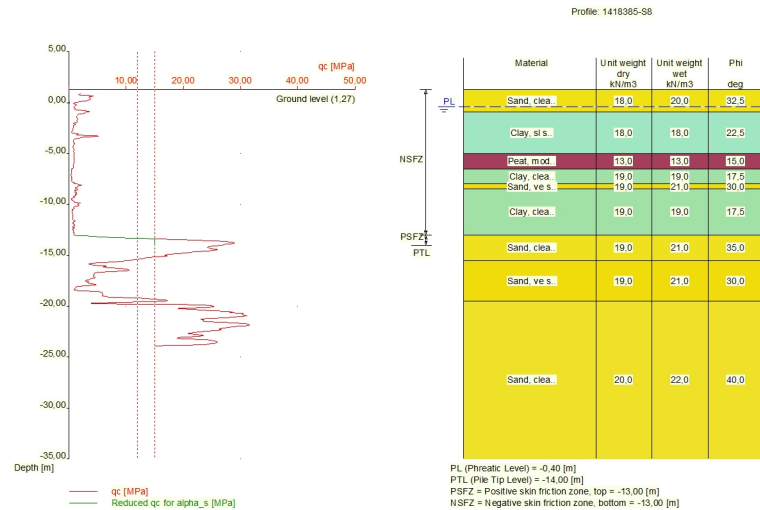
Belonging to CPT	1418385-S7
Surface level in [m. reference level] :	1,07
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-14,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,20
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,20
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,070	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-1,000	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-4,100	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
5	-6,800	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,100	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-12,200	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
8	-15,600	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,500	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.6 Soil Profile 1418385-S8

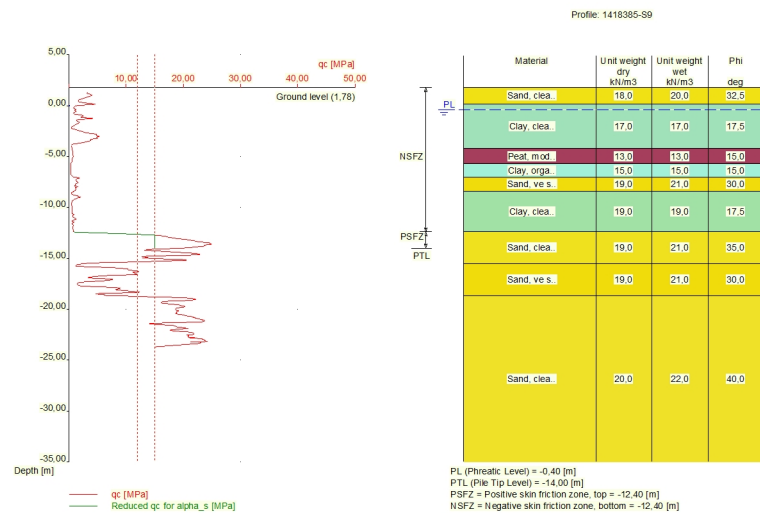
Belonging to CPT	1418385-S8
Surface level in [m. reference level] :	1,27
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-14,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-13,00
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-13,00
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,270	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-0,930	18,00	18,00	22,50	Clay	--
3	-5,000	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-6,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
5	-8,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-13,000	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
8	-15,500	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,500	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.7 Soil Profile 1418385-S9

Belonging to CPT	1418385-S9
Surface level in [m. reference level] :	1,78
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-14,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,40
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,40
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9

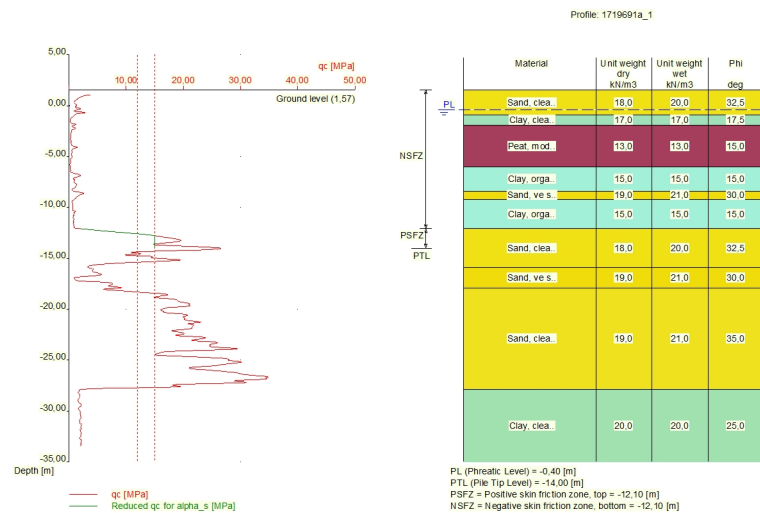


Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,780	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	0,200	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-4,200	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,700	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-7,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,400	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-12,400	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
8	-15,500	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-18,700	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.8 Soil Profile 1719691a\_1

Belonging to CPT	1719691a_1
Surface level in [m. reference level] :	1,57
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-14,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,10
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,10
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10

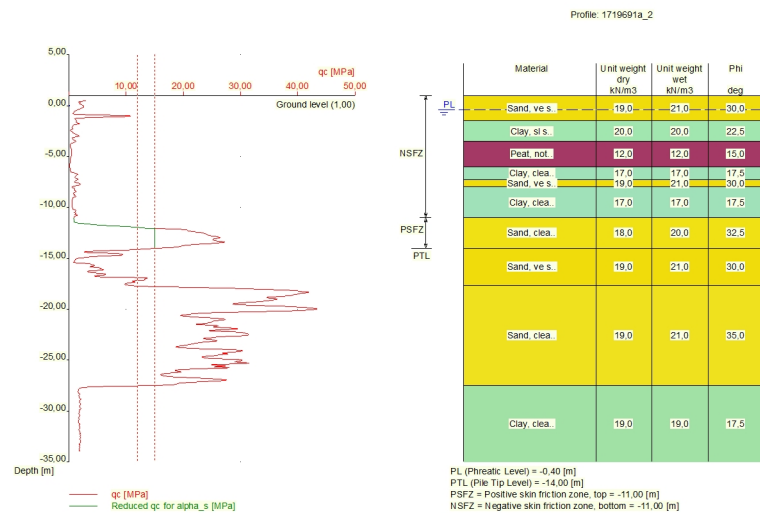




Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,570	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-0,900	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-1,900	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-6,000	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-8,400	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-9,200	15,00	15,00	15,00	Clay	--
7	-12,100	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-15,900	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-17,900	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
10	-27,900	20,00	20,00	25,00	Clay	--

### 2.6.9 Soil Profile 1719691a\_2

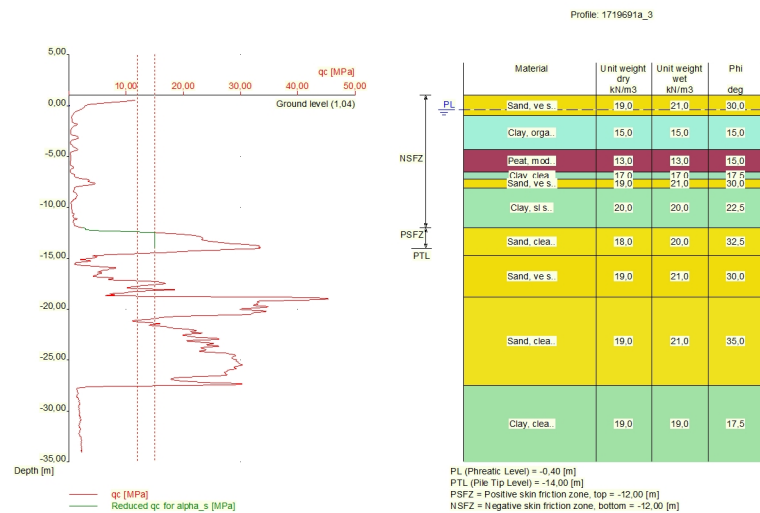
Belonging to CPT	1719691a_2
Surface level in [m. reference level] :	1,00
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-14,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-11,00
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-11,00
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
2	-1,500	20,00	20,00	22,50	Clay	--
3	-3,500	12,00	12,00	15,00	Peat	--
4	-6,000	17,00	17,00	17,50	Clay	--
5	-7,300	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,000	17,00	17,00	17,50	Clay	--
7	-11,000	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-14,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-17,685	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
10	-27,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--

### 2.6.10 Soil Profile 1719691a\_3

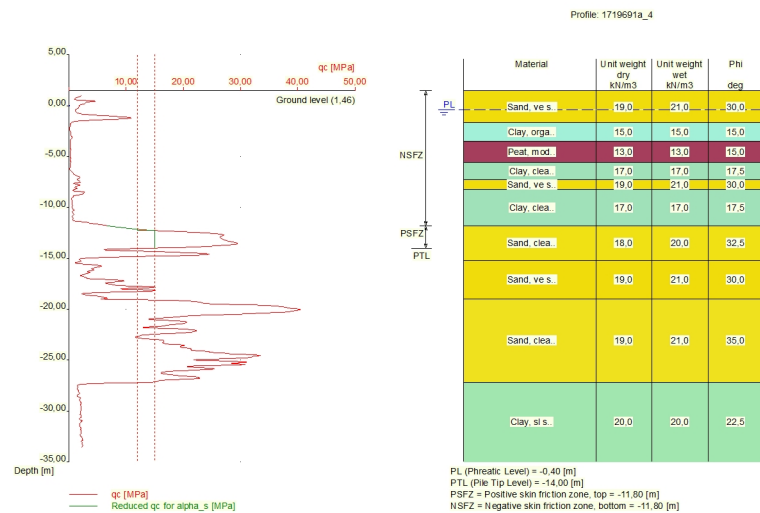
Belonging to CPT	1719691a_3
Surface level in [m. reference level] :	1,04
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-14,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,00
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,00
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,040	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
2	-1,000	15,00	15,00	15,00	Clay	--
3	-4,300	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-6,500	17,00	17,00	17,50	Clay	--
5	-7,200	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,100	20,00	20,00	22,50	Clay	--
7	-12,000	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-14,700	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-18,800	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
10	-27,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--

### 2.6.11 Soil Profile 1719691a\_4

Belonging to CPT	1719691a_4
Surface level in [m. reference level] :	1,46
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile level in [m. reference level] :	-14,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-11,80
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-11,80
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,460	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
2	-1,700	15,00	15,00	15,00	Clay	--
3	-3,500	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,600	17,00	17,00	17,50	Clay	--
5	-7,300	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,200	17,00	17,00	17,50	Clay	--
7	-11,800	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-15,200	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,000	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
10	-27,200	20,00	20,00	22,50	Clay	--

## 2.7 Pile Types

### 2.7.1 Pile type : Drukpaal diameter 140mm

Pile type :

User defined (low vibrating)

Pile type for determination of execution factor  $\alpha_s$  in sand/gravel:  
 Micro pile, anchor, screwed

Pile type for determination of execution factor  $\alpha_s$  in clay/loam/peat:  
 $\alpha_s$  clay/loam/peat according to table 7f, NEN-EN paragraph 7.6.2.3  
 NEN-EN 9997-1 (i)

Note :  $\alpha_s$  depends on the soiltype and relative depth.

Pile type for determination of pile class factor  $\alpha_p$  :  
 User defined

$\alpha_p$  :

0,6300

Evidence to support chosen  $\alpha_p$  should be provided.

Pile type for use in load/settlement curve :

1

Materialtype for pile :

Concrete

Slip layer :

None

Pile shape : Round pile with lost tip  
 beta (Shape factor) according to figure 7i, NEN-EN 9997-1:2012.  
 s (factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN-EN 9997-1:2012.

Pile dimensions :  
 Diameter at tip [m] : 0,300  
 Diameter shaft [m] : 0,220  
 Effective height enlarged base [m] : 0,000

### 2.7.2 Pile type : AZ26-700 4x

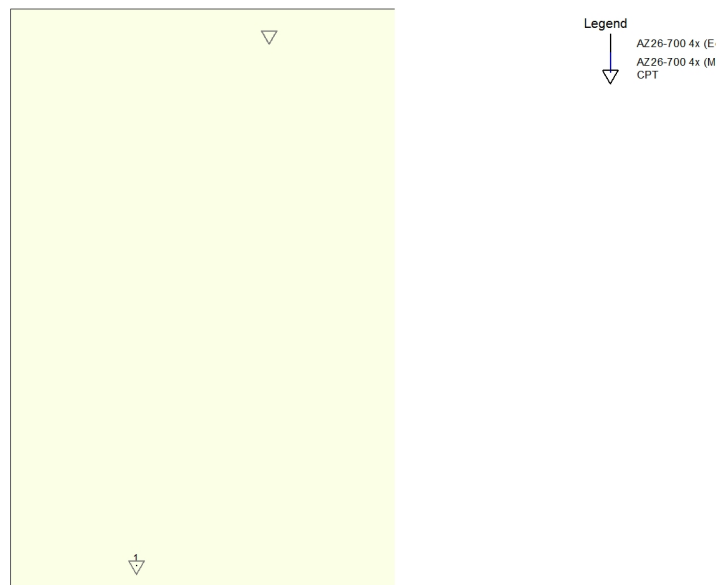
Pile type : Steel section  
 Materialtype for pile : Steel  
 Slip layer : None  
 Pile shape : Section  
 beta (Shape factor) according to figure 7i, NEN-EN 9997-1:2012.  
 s (factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN-EN 9997-1:2012.

Pile dimensions :  
 Smallest side pile tip [m] : 0,010  
 Largest side pile tip [m] : 1,932

## 2.8 Foundation Plan

Number of piles : 1  
 Number of collaborating piles\* : 1  
 \* : 0 = not defined, 1 = non rigid superstructure, >1 = rigid superstructure

### 2.8.1 View of Foundation Plan

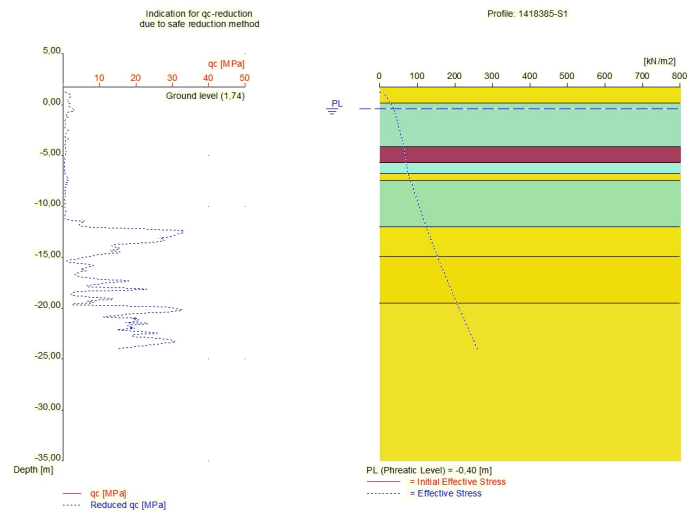


Pile nr/name	X-coordinate [m]	Y-coordinate [m]	Fc;d (STR/GEO) [kN]	Fc;d (SLS) [kN]	P0 [kN/m2]	Pile head level [m R.L.]
1: 1	0,00	0,00	200,00	120,00	1,00	2,00

## 2.9 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] :  
Reduction model :

2,00  
Safe (NEN)



## 2.10 Overruled Parameters

User defined Factor xi3 [-] : 1,00  
User defined Factor xi4 [-] : 1,00

## 2.11 Model Options

Suppress pile group (for negative skin friction)  
Do not create intermediate results file  
Use reduction for continuous flight auger piles (standard)  
Use the influence of excavations (standard).

## 2.12 Model Options

Selected pile types :  
-AZ26-700 4x

Selected profiles :  
-1418385-S1  
-1418385-S2  
-1418385-S3  
-1418385-S6  
-1418385-S7  
-1418385-S8  
-1418385-S9  
-1719691a\_1  
-1719691a\_2  
-1719691a\_3  
-1719691a\_4

Trajectory

-begin [m] : -6,00  
-end [m] : -6,50  
-interval [m] : 0,50

### 3 Bearing Piles (EC7-NL): Results of the Option Preliminary Design, Indication Bearing Ca

#### 3.1 Errors and Warnings

Warning : The factor  $\xi_3$  (NEN-EN 1997 1:2005 NEN-EN 9997-1, annex A) is user defined. is user defined.

Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.

Warning : The factor  $\xi_4$  (NEN-EN 1997 1:2005 NEN-EN 9997-1, annex A) is user defined. is user defined.

Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.

Pile Type AZ26-700 4x:

Warning : the ratio between the smallest (a) and the largest (b) side of the crosssection of the pile base does not comply with the criterium set in NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(e): NEN-EN 9997-1,  $b \leq 1.5a$ . Following NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(e): NEN-EN 9997-1,  $Deq$  is set to a ( $Deq = a$ ).

#### 3.2 Remarks

When checking the survey and testing of soil according to NEN-EN 9997-1 art 3.2.3 lid (e), the program uses the provided CPT test level. It does NOT take into account possible different pile tip levels. When different pile tip levels are used in this calculation, the user itself must check for possibly required additional survey and testing of soil.

Note : The calculations performed are based on a single pile for limit state STR/GEO (= ultimate limit state).

Due to the nature of preliminary design, a single pile is always assumed. A possible pileplan is disregarded when using the preliminary design option. Hence a non rigid superstructure is assumed and pile group effects are not considered.

#### 3.3 Calculation Parameters

##### 3.3.1 Pile Factors

gamma;b (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, Limit State STR/GEO) :	1,20
gamma;b (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1,00
gamma;s (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, Limit State STR/GEO) :	1,20
gamma;s (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1,00
$\xi_3$ (user defined) :	1,00
$\xi_4$ (user defined) :	1,00

##### 3.3.2 Pile type : AZ26-700 4x

Pile type :	Steel section
Materialtype for pile :	Steel
Slip layer :	None
Pile shape :	Section
beta (Shape factor: figuur 7i, NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(g): NEN-EN 9997-1 : Pile tip) :	1,00
s (NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(h), NEN-EN 9997-1 : factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) :	0,61
Pile dimensions :	
Smallest side pile tip [m] :	0,010
Largest side pile tip [m] :	1,932

CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
1418385-S1	--	--	0,7000
1418385-S2	--	--	0,7000
1418385-S3	--	--	0,7000



CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
1418385-S6	--	--	0,7000
1418385-S7	--	--	0,7000
1418385-S8	--	--	0,7000
1418385-S9	--	--	0,7000
1719691a_1	--	--	0,7000
1719691a_2	--	--	0,7000
1719691a_3	--	--	0,7000
1719691a_4	--	--	0,7000

### 3.4 Results Bearing Forces for Pile type : AZ26-700 4x

CPT name	Level [m R.L.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F;nsf;rep [kN]	Fnsf;d [kN]	Rc;net;d [kN]
1418385-S1	-6.00	3	0	3	2	353	353	-351
1418385-S1	-6.50	2	0	2	2	388	388	-386
1418385-S2	-6.00	3	0	3	2	279	279	-277
1418385-S2	-6.50	3	0	3	2	308	308	-306
1418385-S3	-6.00	3	0	3	2	297	297	-295
1418385-S3	-6.50	2	0	2	2	330	330	-328
1418385-S6	-6.00	3	0	3	2	277	277	-275
1418385-S6	-6.50	3	0	3	2	309	309	-307
1418385-S7	-6.00	2	0	2	2	279	279	-277
1418385-S7	-6.50	3	0	3	2	311	311	-309
1418385-S8	-6.00	6	0	6	5	320	320	-315
1418385-S8	-6.50	4	0	4	3	355	355	-352
1418385-S9	-6.00	3	0	3	2	359	359	-357
1418385-S9	-6.50	2	0	2	2	395	395	-393
1719691a_1	-6.00	2	0	2	2	316	316	-314
1719691a_1	-6.50	2	0	2	2	346	346	-344
1719691a_2	-6.00	1	0	1	1	303	303	-302
1719691a_2	-6.50	2	0	2	2	335	335	-333
1719691a_3	-6.00	5	0	5	4	267	267	-263
1719691a_3	-6.50	2	0	2	2	294	294	-292
1719691a_4	-6.00	2	0	2	2	339	339	-337
1719691a_4	-6.50	4	0	4	3	373	373	-370

\* Rc;net;d = Rc;d - Fnsf;d

### 3.5 Summary Net Bearing Capacity in kN

CPT name	Groundlevel [m R.L.]	Level [m R.L.]	AZ26-700 4x Rc;net;d [kN]
1418385-S1	1,74	-6,00	-351,00
1418385-S1	1,74	-6,50	-386,00
1418385-S2	1,53	-6,00	-277,00
1418385-S2	1,53	-6,50	-306,00
1418385-S3	1,19	-6,00	-295,00
1418385-S3	1,19	-6,50	-328,00
1418385-S6	1,10	-6,00	-275,00
1418385-S6	1,10	-6,50	-307,00
1418385-S7	1,07	-6,00	-277,00
1418385-S7	1,07	-6,50	-309,00
1418385-S8	1,27	-6,00	-315,00
1418385-S8	1,27	-6,50	-352,00
1418385-S9	1,78	-6,00	-357,00
1418385-S9	1,78	-6,50	-393,00
1719691a_1	1,57	-6,00	-314,00
1719691a_1	1,57	-6,50	-344,00
1719691a_2	1,00	-6,00	-302,00
1719691a_2	1,00	-6,50	-333,00
1719691a_3	1,04	-6,00	-263,00
1719691a_3	1,04	-6,50	-292,00
1719691a_4	1,46	-6,00	-337,00

---

CPT name	Groundlevel [m R.L.]	Level [m R.L.]	AZ26-700 4x Rc;net;d [kN]
1719691a_4	1,46	-6,50	-370,00

\* Rc;net;d = Rc;d - Fnsf;d

**End of Report**

## **Report for D-Foundations 16.1**

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations  
Developed by Deltares

Date of report: 09-11-2017  
Time of report: 17:16:59

Date of calculation: 09-11-2017  
Time of calculation: 17:11:36

Filename: D:\.\Recht Boomssloot\DO 2017\DFoundations\1003100 Damwand 4x

Project identification: ASD1515-2 Kademuur Rechtboomsloot  
Draagvermogen ankerdrukpaa  
D-Foundations 1003100 Damwand 4x

## 1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Input Data	3
2.1 General Input Data	3
2.2 General Report Data	3
2.3 Application Area Model Bearing Piles	3
2.4 Superstructure	3
2.5 General CPT Data	3
2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan	3
2.6 Soil Data	4
2.6.1 Soil Profile 1418385-S1	4
2.6.2 Soil Profile 1418385-S2	5
2.6.3 Soil Profile 1418385-S3	6
2.6.4 Soil Profile 1418385-S6	6
2.6.5 Soil Profile 1418385-S7	7
2.6.6 Soil Profile 1418385-S8	8
2.6.7 Soil Profile 1418385-S9	9
2.6.8 Soil Profile 1719691a_1	10
2.6.9 Soil Profile 1719691a_2	11
2.6.10 Soil Profile 1719691a_3	12
2.6.11 Soil Profile 1719691a_4	13
2.7 Pile Types	14
2.7.1 Pile type : Drukpaal diameter 140mm	14
2.7.2 Pile type : AZ26-700 4x	15
2.8 Foundation Plan	15
2.8.1 View of Foundation Plan	15
2.9 Excavation Data	16
2.10 Overruled Parameters	16
2.11 Model Options	16
2.12 Model Options	16
3 Bearing Piles (EC7-NL): Results of the Option Preliminary Design, Indication Bearing Capacity	18
3.1 Errors and Warnings	18
3.2 Remarks	18
3.3 Calculation Parameters	18
3.3.1 Pile Factors	18
3.3.2 Pile type : AZ26-700 4x	18
3.4 Results Bearing Forces for Pile type : AZ26-700 4x	19
3.5 Summary Net Bearing Capacity in kN	19

## 2 Input Data

### 2.1 General Input Data

Model Bearing Piles (EC7-NL)

### 2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :

Design engineer superstructure :

Principal :

Title 1 : ASD1515-2 Kademuur Rechtboomsloot

Title 2 : Draagvermogen ankerdrukpaal

Title 3 : D-Foundations 1003100 Damwand 4x

Number of project : ASD1515-2

Location of project :

### 2.3 Application Area Model Bearing Piles

The verifications performed by the model BEARING PILES of D-FOUNDATIONS concern pile foundations on which axial static or quasi-static loads cause pressures in the piles. The calculations of pile forces and pile displacements are based on Cone Penetration Tests. Possible rise of (tension-)piles and horizontal displacements of piles and/or pile groups are not taken into account.

### 2.4 Superstructure

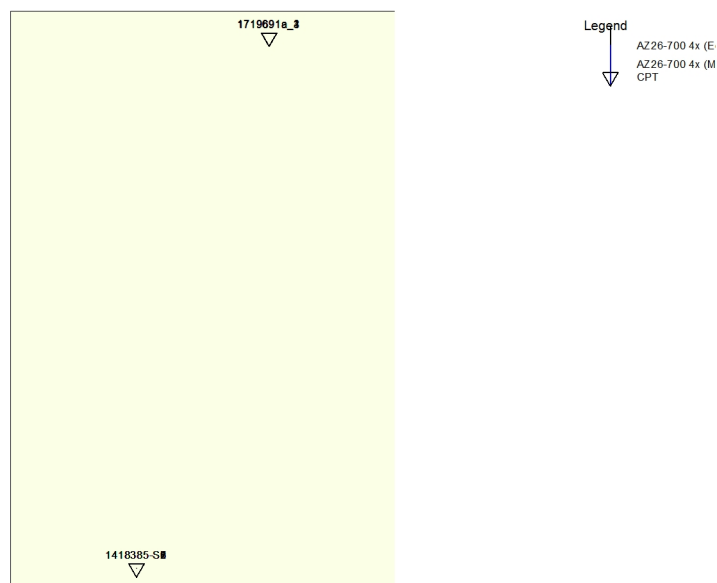
Rigidity of the superstructure : Non-Rigid

### 2.5 General CPT Data

Number of CPT's : 11

Timing of CPT's : CPT - Excavation - Install

#### 2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan



Number/Name CPT	Pile tip level [m R.L.]	Top of pos. friction zone [m R.L.]	Bottom of neg. friction zone [m R.L.]	X-coor- dinate [m]	Y-coor- dinate [m]
1: 1418385-S1	-14,00	-11,40	-11,40	0,00	0,00
2: 1418385-S2	-14,00	-11,20	-11,20	0,00	0,00
3: 1418385-S3	-14,00	-12,20	-12,20	0,00	0,00
4: 1418385-S6	-14,00	-11,90	-11,90	0,00	0,00
5: 1418385-S7	-14,00	-12,20	-12,20	0,00	0,00
6: 1418385-S8	-14,00	-13,00	-13,00	0,00	0,00
7: 1418385-S9	-14,00	-12,40	-12,40	0,00	0,00
8: 1719691a_1	-14,00	-12,10	-12,10	122033,00	487283,00
9: 1719691a_2	-14,00	-11,00	-11,00	122072,00	487249,00
10: 1719691a_3	-14,00	-12,00	-12,00	122097,00	487228,00
11: 1719691a_4	-14,00	-11,80	-11,80	122116,00	487209,00

## 2.6 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 11

### 2.6.1 Soil Profile 1418385-S1

Belonging to CPT

Surface level in [m. reference level] :

Phreatic level in [m. reference level] :

Pile tip level in [m. reference level] :

Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :

Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :

OCR-value foundation layer :

Expected groundlevel settlement in [m] :

Number of layers in profile :

1418385-S1

1,74

-0,40

-14,00

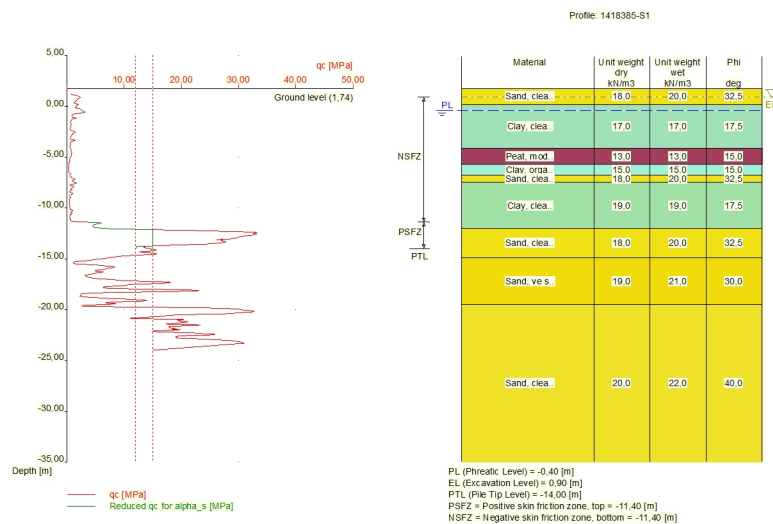
-11,40

-11,40

1,00

0,11

9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,740	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	0,200	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-4,100	13,00	13,00	15,00	Peat	--

Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
4	-5,700	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-6,800	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
6	-7,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-12,000	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-14,900	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,500	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

## 2.6.2 Soil Profile 1418385-S2

Belonging to CPT

Surface level in [m. reference level] :

Phreatic level in [m. reference level] :

Pile tip level in [m. reference level] :

Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :

Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :

OCR-value foundation layer :

Expected groundlevel settlement in [m] :

Number of layers in profile :

1418385-S2

1,53

-0,40

-14,00

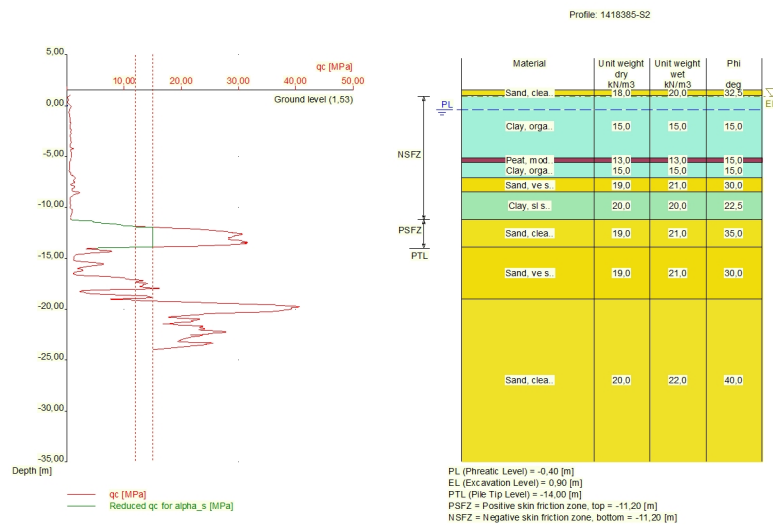
-11,20

-11,20

1,00

0,11

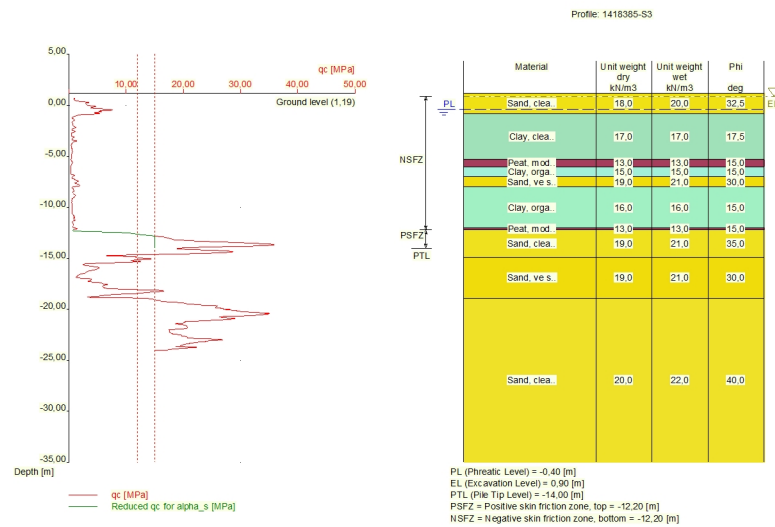
9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,530	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	1,000	15,00	15,00	15,00	Clay	--
3	-5,100	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,600	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-7,070	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,500	20,00	20,00	22,50	Clay	--
7	-11,200	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
8	-13,900	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,000	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.3 Soil Profile 1418385-S3

Belonging to CPT	1418385-S3
Surface level in [m. reference level] :	1,19
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-14,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,20
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,20
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10

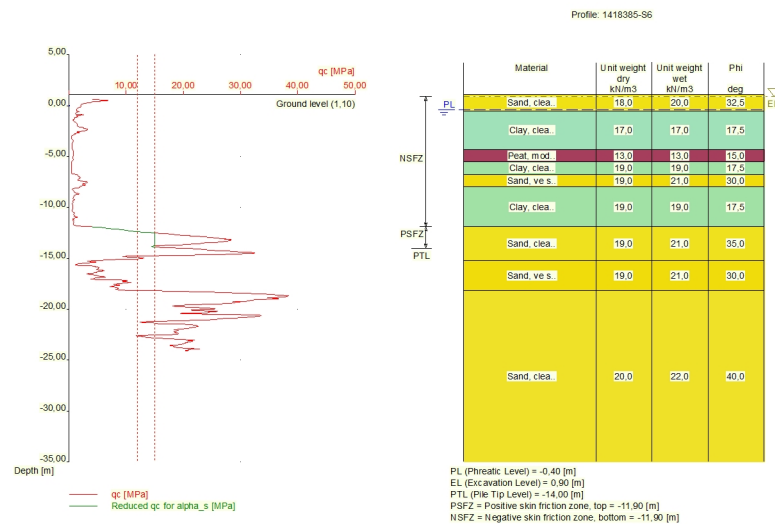


Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,190	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-0,810	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-5,300	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-6,000	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-7,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,000	16,00	16,00	15,00	Clay	--
7	-12,000	13,00	13,00	15,00	Peat	--
8	-12,200	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
9	-14,900	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
10	-18,900	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.4 Soil Profile 1418385-S6

Belonging to CPT	1418385-S6
Surface level in [m. reference level] :	1,10
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-14,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-11,90
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-11,90
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9

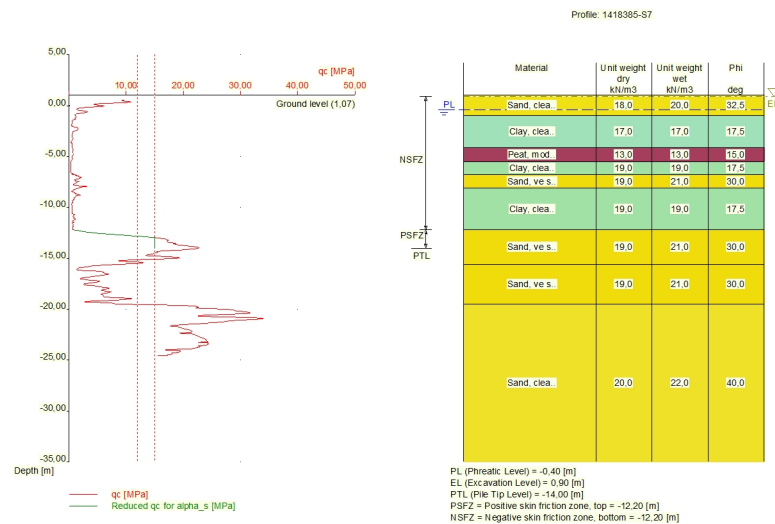




Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,100	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-0,500	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-4,300	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
5	-6,800	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,000	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-11,900	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
8	-15,200	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-18,200	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.5 Soil Profile 1418385-S7

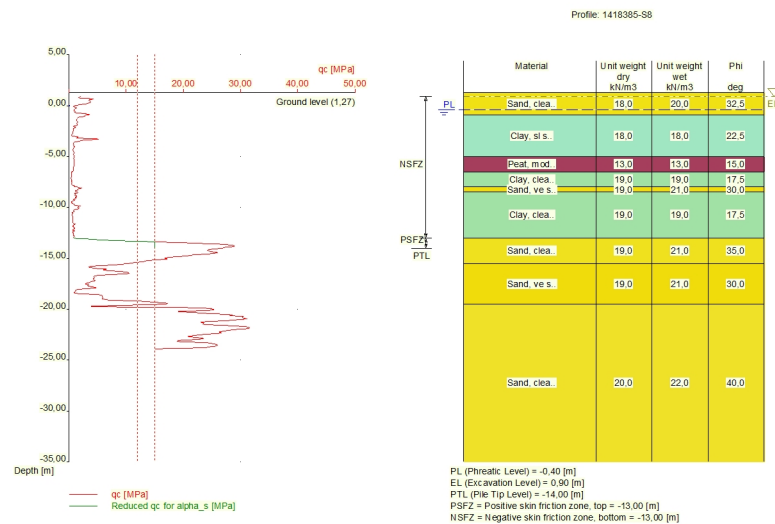
Belonging to CPT	1418385-S7
Surface level in [m. reference level] :	1,07
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-14,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,20
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,20
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,070	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-1,000	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-4,100	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
5	-6,800	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,100	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-12,200	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
8	-15,600	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,500	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.6 Soil Profile 1418385-S8

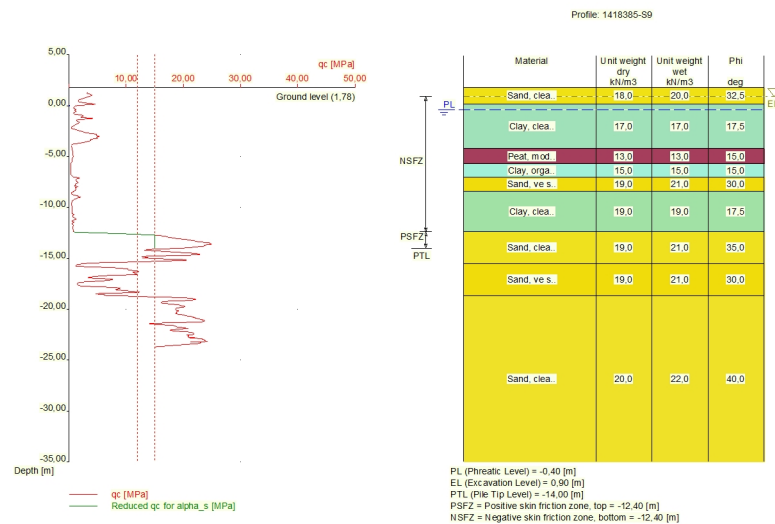
Belonging to CPT	1418385-S8
Surface level in [m. reference level] :	1,27
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-14,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-13,00
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-13,00
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,270	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-0,930	18,00	18,00	22,50	Clay	--
3	-5,000	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-6,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
5	-8,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-13,000	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
8	-15,500	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,500	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

### 2.6.7 Soil Profile 1418385-S9

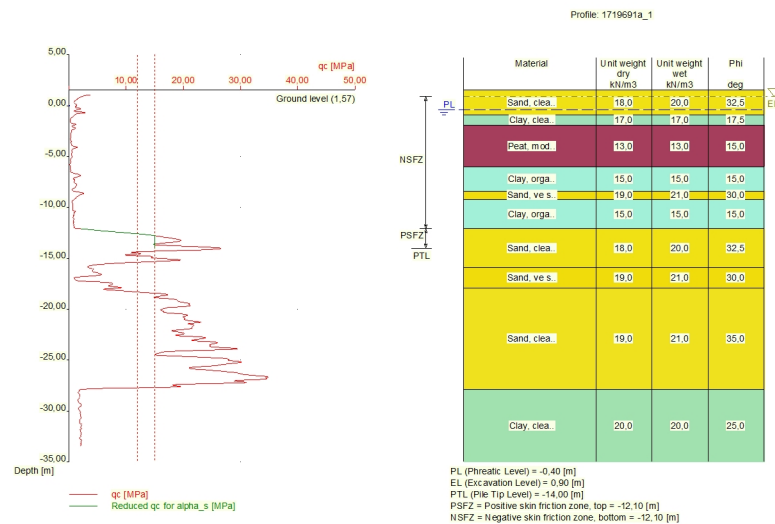
Belonging to CPT	1418385-S9
Surface level in [m. reference level] :	1,78
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-14,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,40
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,40
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,780	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	0,200	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-4,200	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,700	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-7,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,400	19,00	19,00	17,50	Clay	--
7	-12,400	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
8	-15,500	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-18,700	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

## 2.6.8 Soil Profile 1719691a\_1

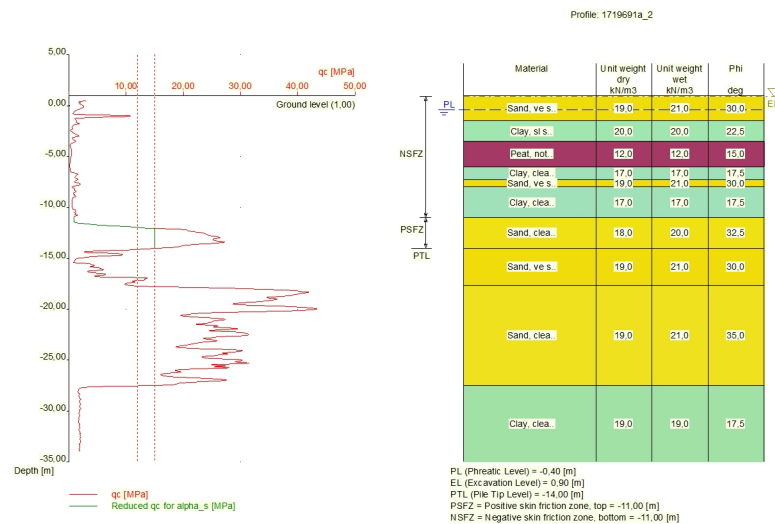
Belonging to CPT	1719691a_1
Surface level in [m. reference level] :	1,57
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-14,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,10
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,10
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,570	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	-0,900	17,00	17,00	17,50	Clay	--
3	-1,900	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-6,000	15,00	15,00	15,00	Clay	--
5	-8,400	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-9,200	15,00	15,00	15,00	Clay	--
7	-12,100	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-15,900	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-17,900	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
10	-27,900	20,00	20,00	25,00	Clay	--

### 2.6.9 Soil Profile 1719691a\_2

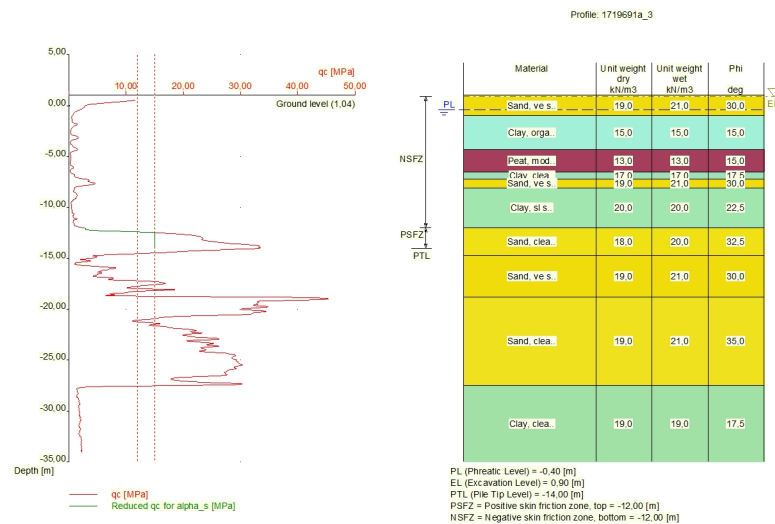
Belonging to CPT	1719691a_2
Surface level in [m. reference level] :	1,00
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-14,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-11,00
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-11,00
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
2	-1,500	20,00	20,00	22,50	Clay	--
3	-3,500	12,00	12,00	15,00	Peat	--
4	-6,000	17,00	17,00	17,50	Clay	--
5	-7,300	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,000	17,00	17,00	17,50	Clay	--
7	-11,000	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-14,000	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-17,685	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
10	-27,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--

### 2.6.10 Soil Profile 1719691a\_3

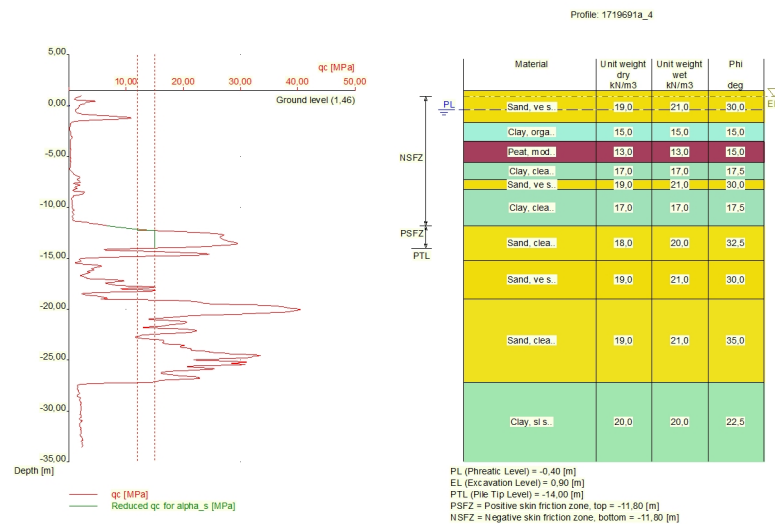
Belonging to CPT	1719691a_3
Surface level in [m. reference level] :	1,04
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-14,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12,00
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12,00
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,040	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
2	-1,000	15,00	15,00	15,00	Clay	--
3	-4,300	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-6,500	17,00	17,00	17,50	Clay	--
5	-7,200	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,100	20,00	20,00	22,50	Clay	--
7	-12,000	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-14,700	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-18,800	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
10	-27,500	19,00	19,00	17,50	Clay	--

#### 2.6.11 Soil Profile 1719691a\_4

Belonging to CPT	1719691a_4
Surface level in [m. reference level] :	1,46
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-14,00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-11,80
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-11,80
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma;sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	1,460	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
2	-1,700	15,00	15,00	15,00	Clay	--
3	-3,500	13,00	13,00	15,00	Peat	--
4	-5,600	17,00	17,00	17,50	Clay	--
5	-7,300	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
6	-8,200	17,00	17,00	17,50	Clay	--
7	-11,800	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
8	-15,200	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,000	19,00	21,00	35,00	Sand	0,200
10	-27,200	20,00	20,00	22,50	Clay	--

## 2.7 Pile Types

### 2.7.1 Pile type : Drukpaal diameter 140mm

Pile type :

User defined (low vibrating)

Pile type for determination of execution factor  $\alpha_s$  in sand/gravel:  
 Micro pile, anchor, screwed

Pile type for determination of execution factor  $\alpha_s$  in clay/loam/peat:  
 $\alpha_s$  clay/loam/peat according to table 7f, NEN-EN paragraph 7.6.2.3  
 NEN-EN 9997-1 (i)

Note :  $\alpha_s$  depends on the soiltype and relative depth.

Pile type for determination of pile class factor  $\alpha_p$  :  
 User defined

$\alpha_p$  :

0,6300

Evidence to support chosen  $\alpha_p$  should be provided.

Pile type for use in load/settlement curve :

1

Materialtype for pile :

Concrete

Slip layer :

None



Pile shape : Round pile with lost tip  
 beta (Shape factor) according to figure 7i, NEN-EN 9997-1:2012.  
 s (factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN-EN 9997-1:2012.

Pile dimensions :  
 Diameter at tip [m] : 0,300  
 Diameter shaft [m] : 0,220  
 Effective height enlarged base [m] : 0,000

### 2.7.2 Pile type : AZ26-700 4x

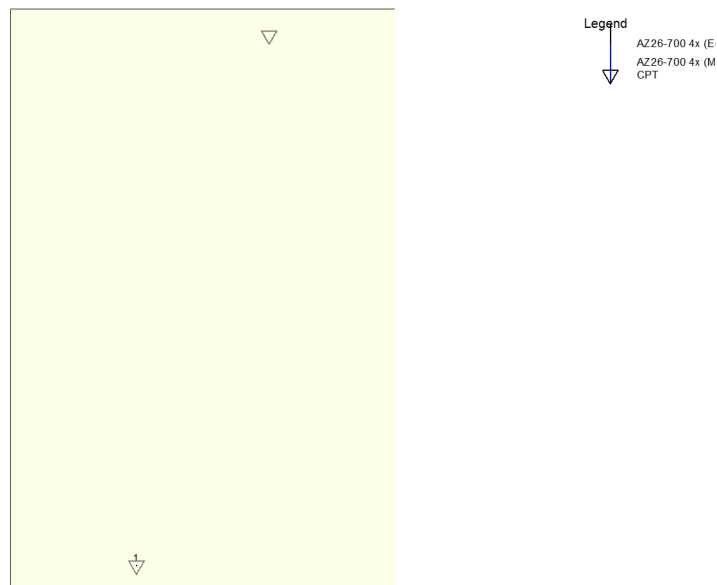
Pile type : Steel section  
 Materialtype for pile : Steel  
 Slip layer : None  
 Pile shape : Section  
 beta (Shape factor) according to figure 7i, NEN-EN 9997-1:2012.  
 s (factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN-EN 9997-1:2012.

Pile dimensions :  
 Smallest side pile tip [m] : 0,010  
 Largest side pile tip [m] : 3,864

## 2.8 Foundation Plan

Number of piles : 1  
 Number of collaborating piles\* : 1  
 \* : 0 = not defined, 1 = non rigid superstructure, >1 = rigid superstructure

### 2.8.1 View of Foundation Plan

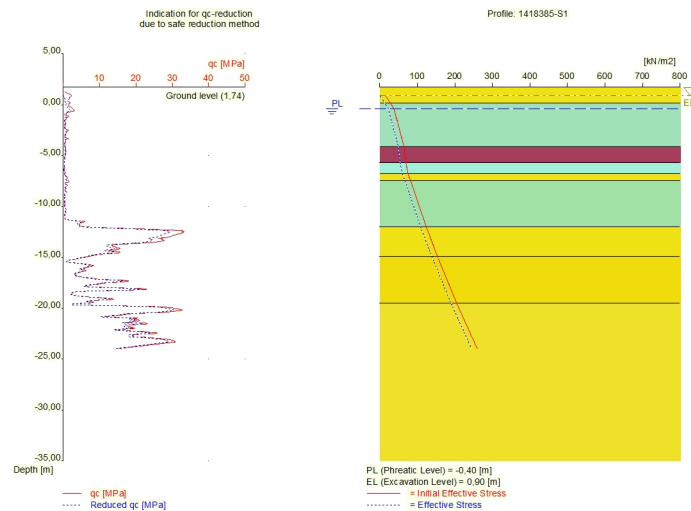


Pile nr/name	X-coordinate [m]	Y-coordinate [m]	Fc;d (STR/GEO) [kN]	Fc;d (SLS) [kN]	P0 [kN/m2]	Pile head level [m R.L.]
1: 1	0,00	0,00	200,00	120,00	1,00	0,90

## 2.9 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] :  
Reduction model :

0,90  
Safe (NEN)



## 2.10 Overruled Parameters

User defined Factor xi3 [-] : 1,00  
User defined Factor xi4 [-] : 1,00

## 2.11 Model Options

Suppress pile group (for negative skin friction)  
Do not create intermediate results file  
Use reduction for continuous flight auger piles (standard)  
Use the influence of excavations (standard).

## 2.12 Model Options

Selected pile types :  
-AZ26-700 4x

Selected profiles :  
-1418385-S1  
-1418385-S2  
-1418385-S3  
-1418385-S6  
-1418385-S7  
-1418385-S8  
-1418385-S9  
-1719691a\_1  
-1719691a\_2  
-1719691a\_3  
-1719691a\_4

Trajectory

-begin [m] : -6,00  
-end [m] : -6,50  
-interval [m] : 0,50

### 3 Bearing Piles (EC7-NL): Results of the Option Preliminary Design, Indication Bearing Ca

#### 3.1 Errors and Warnings

Warning : The factor  $\xi_3$  (NEN-EN 1997 1:2005 NEN-EN 9997-1, annex A) is user defined. is user defined.

Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.

Warning : The factor  $\xi_4$  (NEN-EN 1997 1:2005 NEN-EN 9997-1, annex A) is user defined. is user defined.

Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.

Pile Type AZ26-700 4x:

Warning : the ratio between the smallest (a) and the largest (b) side of the crosssection of the pile base does not comply with the criterium set in NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(e): NEN-EN 9997-1,  $b \leq 1.5a$ . Following NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(e): NEN-EN 9997-1,  $Deq$  is set to a ( $Deq = a$ ).

#### 3.2 Remarks

When checking the survey and testing of soil according to NEN-EN 9997-1 art 3.2.3 lid (e), the program uses the provided CPT test level. It does NOT take into account possible different pile tip levels. When different pile tip levels are used in this calculation, the user itself must check for possibly required additional survey and testing of soil.

Note : The calculations performed are based on a single pile for limit state STR/GEO (= ultimate limit state).

Due to the nature of preliminary design, a single pile is always assumed. A possible pileplan is disregarded when using the preliminary design option. Hence a non rigid superstructure is assumed and pile group effects are not considered.

#### 3.3 Calculation Parameters

##### 3.3.1 Pile Factors

gamma;b (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, Limit State STR/GEO) :	1,20
gamma;b (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1,00
gamma;s (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, Limit State STR/GEO) :	1,20
gamma;s (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1,00
$\xi_3$ (user defined) :	1,00
$\xi_4$ (user defined) :	1,00

##### 3.3.2 Pile type : AZ26-700 4x

Pile type :	Steel section
Materialtype for pile :	Steel
Slip layer :	None
Pile shape :	Section
beta (Shape factor: figuur 7i, NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(g): NEN-EN 9997-1 : Pile tip) :	1,00
s (NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(h), NEN-EN 9997-1 : factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) :	0,61
Pile dimensions :	
Smallest side pile tip [m] :	0,010
Largest side pile tip [m] :	3,864

CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
1418385-S1	--	--	0,7000
1418385-S2	--	--	0,7000
1418385-S3	--	--	0,7000

CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
1418385-S6	--	--	0,7000
1418385-S7	--	--	0,7000
1418385-S8	--	--	0,7000
1418385-S9	--	--	0,7000
1719691a_1	--	--	0,7000
1719691a_2	--	--	0,7000
1719691a_3	--	--	0,7000
1719691a_4	--	--	0,7000

### 3.4 Results Bearing Forces for Pile type : AZ26-700 4x

CPT name	Level [m R.L.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F;nsf;rep [kN]	Fnsf;d [kN]	Rc;net;d [kN]
1418385-S1	-6.00	6	0	6	5	489	489	-484
1418385-S1	-6.50	5	0	5	4	544	544	-540
1418385-S2	-6.00	7	0	7	6	400	400	-394
1418385-S2	-6.50	7	0	7	6	447	447	-441
1418385-S3	-6.00	5	0	5	4	520	520	-516
1418385-S3	-6.50	5	0	5	4	581	581	-577
1418385-S6	-6.00	6	0	6	5	503	503	-498
1418385-S6	-6.50	6	0	6	5	563	563	-558
1418385-S7	-6.00	5	0	5	4	515	515	-511
1418385-S7	-6.50	5	0	5	4	576	576	-572
1418385-S8	-6.00	12	0	12	10	546	546	-536
1418385-S8	-6.50	7	0	7	6	610	610	-604
1418385-S9	-6.00	5	0	5	4	490	490	-486
1418385-S9	-6.50	5	0	5	4	546	546	-542
1719691a_1	-6.00	3	0	3	2	460	460	-458
1719691a_1	-6.50	4	0	4	3	508	508	-505
1719691a_2	-6.00	2	0	2	2	578	578	-576
1719691a_2	-6.50	5	0	5	4	641	641	-637
1719691a_3	-6.00	11	0	11	9	496	496	-487
1719691a_3	-6.50	4	0	4	3	549	549	-546
1719691a_4	-6.00	3	0	3	2	528	528	-526
1719691a_4	-6.50	8	0	8	7	586	586	-579

\* Rc;net;d = Rc;d - Fnsf;d

### 3.5 Summary Net Bearing Capacity in kN

CPT name	Groundlevel [m R.L.]	Level [m R.L.]	AZ26-700 4x Rc;net;d [kN]
1418385-S1	1,74	-6,00	-484,00
1418385-S1	1,74	-6,50	-540,00
1418385-S2	1,53	-6,00	-394,00
1418385-S2	1,53	-6,50	-441,00
1418385-S3	1,19	-6,00	-516,00
1418385-S3	1,19	-6,50	-577,00
1418385-S6	1,10	-6,00	-498,00
1418385-S6	1,10	-6,50	-558,00
1418385-S7	1,07	-6,00	-511,00
1418385-S7	1,07	-6,50	-572,00
1418385-S8	1,27	-6,00	-536,00
1418385-S8	1,27	-6,50	-604,00
1418385-S9	1,78	-6,00	-486,00
1418385-S9	1,78	-6,50	-542,00
1719691a_1	1,57	-6,00	-458,00
1719691a_1	1,57	-6,50	-505,00
1719691a_2	1,00	-6,00	-576,00
1719691a_2	1,00	-6,50	-637,00
1719691a_3	1,04	-6,00	-487,00
1719691a_3	1,04	-6,50	-546,00
1719691a_4	1,46	-6,00	-526,00

---

CPT name	Groundlevel [m R.L.]	Level [m R.L.]	AZ26-700 4x Rc;net;d [kN]
1719691a_4	1,46	-6,50	-579,00

\* Rc;net;d = Rc;d - Fnsf;d

**End of Report**

# IV

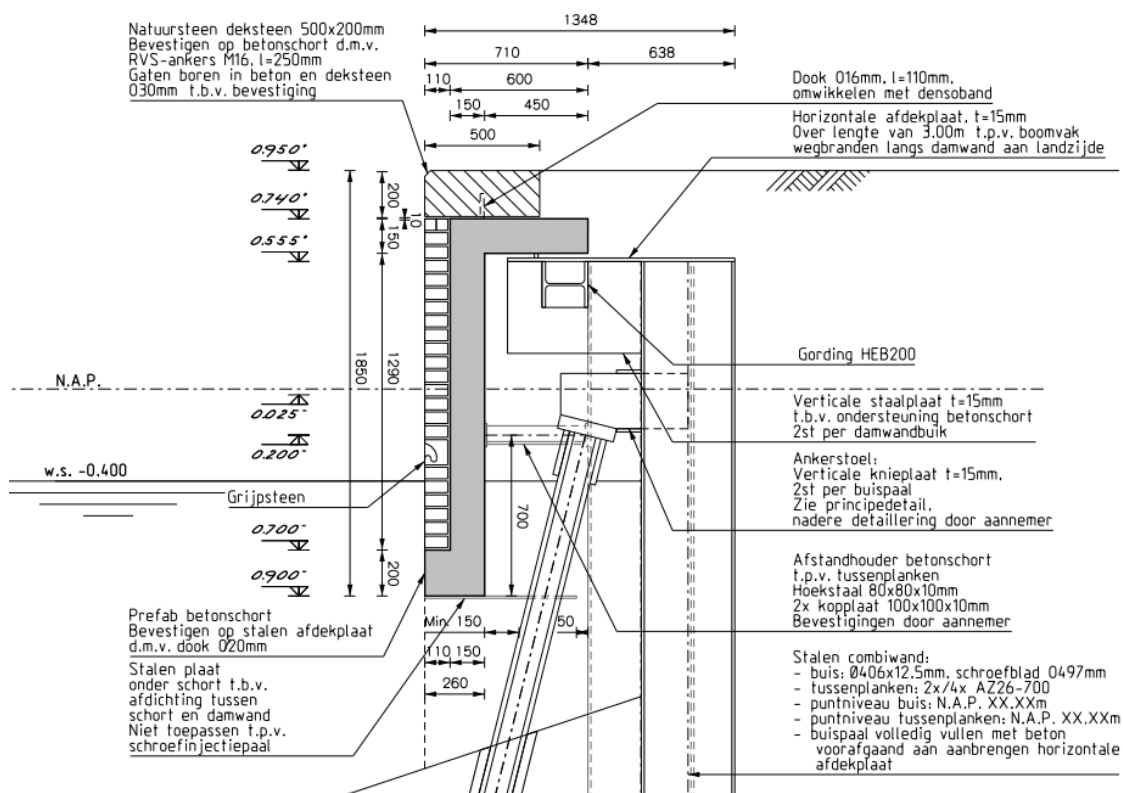
## BIJLAGE: CONSTRUCTIEVE BEREKENING PREFAB BETONSCHORT

## Walmuurvernieuwing Recht Boomssloot

### Berekening Prefab betonschort

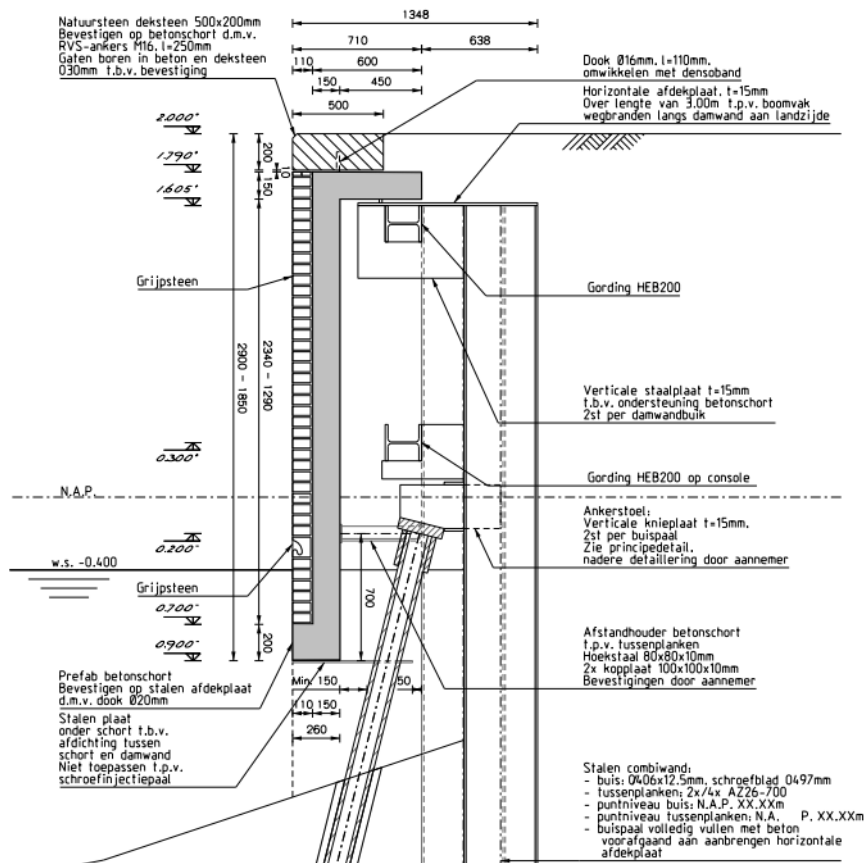
De betonnen schorten worden geprefabriceerd. Nadat het betondeel uitgehard is wordt het metselwerk voor het deel onder water gemaakt en aangevuld met specie voordat deze wordt geplaatst. Hierdoor zit het metselwerk goed verbonden met het beton. Na het plaatsen van de schorten wordt het overig deel in het werk vanaf waterzijde gemetseld. Het metselwerk dient maximaal iedere 20 m gedilateerd te worden. Er wordt van uitgegaan dat de schorten een lengte krijgen van buispaal tot buispaal. Indien andere lengtes gewenst zijn dient nagegaan te worden of er wijzigingen in het ontwerp nodig zijn. Het prefab betonschort heeft een dikte van 150 mm ter plaatse van het verticale deel. De hoogte van het betonschort is afhankelijk van de hoogte van het maaiveld. Er wordt rekening gehouden wordt met een lengte van ca. 3 meter voor het prefab betonschort. In het prefab schort is in het midden een haalkom gepositioneerd op een hoogte van NAP +0,145m. Deze haalkom is alleen op het lage gedeelte NAP + 0,95aanwezig.

Afbeelding 1 Doorsnede Prefab betonschort NAP + 0,95 m





Afbeelding 2 Doorsnede Prefab betonschort NAP +2,00 m



## Uitgangspunten

- doorsnede 1: maaiveld NAP +2,00 m, lengte 1,8 m;
- doorsnede 2: maaiveld NAP +0,90 m, lengte 3,3 m;
- ontwerplevensduur van 100 jaar.

## Materiaal:

- beton C35/45:
  - e-modulus (ongescheurd)  $34.000 \text{ N/mm}^2$ ;
  - e-modulus (gescheurd)  $11.000 \text{ N/mm}^2$ ;
  - uitzettingscoëfficiënt  $10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ;
- betonstaal B500B;
- milieuklasse XC4 en XF3.

## Belasting:

- soortelijk gewicht:
  - graniet:  $\gamma = 28,5 \text{ kN/m}^3$ ;
  - metselwerk:  $\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$ ;
  - beton  $\gamma = 25,0 \text{ kN/m}^3$ ;
- de schorten worden niet gedimensioneerd op aanvaarbelasting;
- kracht op de haalkom:  $Q_{\text{rep}} = 40 \text{ kN}$ ;
- er wordt rekening gehouden met een geparkeerd voertuig (max. 7,5 ton) (NEN1991-1-1, tabel NB.3 6.8.):
  - $q_{\text{rep}} = 5 \text{ kN/m}^2$ ;
  - $Q_{\text{rep, vert}} = 40 \text{ kN}$  (dit is de aslast)
  - $Q_{\text{rep, hor}} = m \cdot a = 7500 \cdot 4 = 30 \text{ kN}$ , remvertraging  $a=4 \text{ m/s}^2$

## CONSTRUCTIEKLASSE, MILIEUKLASSEN EN DEKKING BETON VOLGENS EUROCODE 2

Dit rekenblad dient ter bepaling van de constructieklasse, milieuklassen en minimale betondekking op wapenings- en voorspanstaal voor een betonnen element. De bepaling is uitgevoerd volgens NEN-EN 1992-1-1:2011 met NB:2011.

### CONSTRUCTIEKLASSE

invloedsfactor			modificatie constructieklasse
ontwerplevensduur	=	<b>100 jaar</b>	6
sterkteklasse beton	=	<b>C35/45</b>	0
toepassing >4% luchtinsluiting	=	<b>nee</b> NEN-EN 1992-1-1/NB tabel 4.3N	
element met plaatgeometrie	=	<b>nee</b> NEN-EN 1992-1-1/NB tabel 4.3N	0
kwaliteitsbeheersing gewaarborgd	=	<b>ja</b> NEN-EN 1992-1-1/NB tabel 4.3N	-1
aanbevolen constructieklasse	=	<b>S5</b> NEN-EN 1992-1-1/NB tabel 4.3N	5
gekozen constructieklasse	=	<b>S5</b>	

### MILIEUKLASSE

oorzaak corrosie/betonschade	invloed	milieu	milieuklasse
carbonatatie	= <b>ja</b>	<b>wisselend nat en droog</b>	<b>XC4</b>
chloriden anders dan uit zeewater	= <b>nee</b>		
chloriden afkomstig uit zeewater	= <b>nee</b>		
vorst/dooi wisselingen	= <b>ja</b>	<b>verzadigd met water, geen zouten</b>	<b>XF3</b>
chemicaliën	= <b>nee</b>		
milieuklassen constructiedeel:	=	<b>XC4 XF3</b>	

### MINIMALE DEKKING

#### aanvullende normen

OVS van toepassing	=	<b>nee</b>
ROK van toepassing	=	<b>nee</b>

#### toeslag op minimale dekking

type stortvlak	=	<b>normaal stortvlak</b>
toeslag m.b.t. duurzaamheid	$\Delta c_{dur,y}$ =	mm NEN-EN 1992-1-1/NB artikel 4.4.1.2
toeslag m.b.t. uitvoeringstoleranties	$\Delta c_{dev}$ =	5 mm NEN-EN 1992-1-1/NB artikel 4.4.1.3

#### nominale dekking op constructiestaal

diameter beschouwde staaf	$\emptyset$ =	<b>25</b> mm (of nominale diameter staafbundel)
min. dekking m.b.t. aanhechting	$c_{min;b}$ =	25 mm = $\emptyset$
min. dekking m.b.t. duurzaamheid	$c_{min;dur}$ =	35 mm NEN-EN 1992-1-1/NB tabel 4.4N
nominale dekking constructiestaal	$c_{nom}$ =	<b>40</b> mm = $\max\{c_{min;b}; c_{min;dur} + \Delta c_{dur,y}; 10\} + \Delta c_{dev}$

#### nominale dekking op voorspanstaal

type voorspanning	=	
vorm voorspankanaal	=	
...	=	mm
min. dekking m.b.t. aanhechting	$c_{min;b}$ =	50 mm NEN-EN 1992-1-1/NB artikel 4.4.1.2 (3)
min. dekking m.b.t. duurzaamheid	$c_{min;dur}$ =	40 mm NEN-EN 1992-1-1/NB tabel 4.5N
nominale dekking voorspanstaal	$c_{nom}$ =	<b>55</b> mm = $\max\{c_{min;b}; c_{min;dur} + c_{min;dur}; 10\} + \Delta c_{dev}$

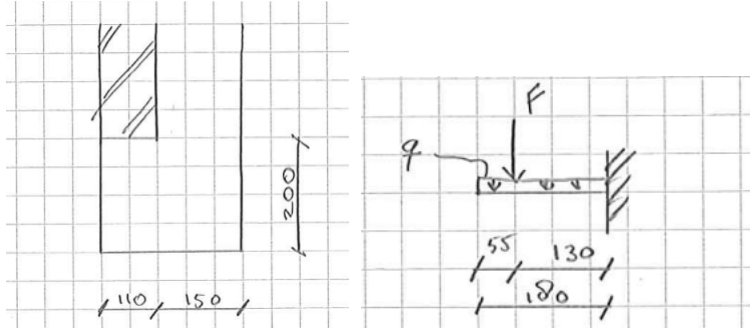
### SCHEURWIJDTE-EIS

min. scheurwijdte op wapening	$w_{max;dur}$ =	<b>0,3</b> mm
min. scheurwijdte op voorspanning	$w_{max;dur}$ =	<b>0,2</b> mm (voorspanstaal op minder dan 200 mm dekking)
waterdichtheid vereist	=	<b>nee</b>

## Doorsnede 1: NAP +2,00 m

### Onderste deel

#### Schematisatie



#### Belasting

Het gewicht van de deksteen, het metselwerk en de veranderlijke belastingen worden over de breedte van het metselwerk meegenomen.

Beton	$q$	$= d * b * \gamma_{bet}$	$= 0,2 * 1,0 * 25,0$	$= 5 \text{ kN/m}$
Graniet	$F_{rep}$	$= l * b * h * \gamma_{gra}$	$= 0,11 * 1,0 * 0,2 * 28,5$	$= 0,63 \text{ kN}$
Metselwerk	$F_{rep}$	$= l * b * h * \gamma_{met}$	$= 0,11 * 1,0 * 2,5 * 20,0$	$= 5,50 \text{ kN}$

Veranderlijk	$F_{rep}$	$= l * b * q_{gra}$	$= 0,11 * 1,0 * 5,0$	$= 0,55 \text{ kN}$
	$F_{rep}$	$= Q_{rep, vert} / 2$	$= 40 / 2$	$= 20 \text{ kN}$

$$q_{rep} = 5 \text{ kN/m}$$
$$q_d = 1,2 * 5 \text{ kN/m} = 6 \text{ kN/m}$$

$$F_{rep} = 0,63 + 5,50 + 0,55 + 20 = 26,68 \text{ kN}$$
$$F_d = 1,2 * (0,63 + 5,50) + 1,5 * (0,55 + 20) = 38,2 \text{ kN}$$

#### Snedekrachten

$$M_{rep} = \frac{1}{2} * q_{rep} * l^2 + F_{rep} * l = \frac{1}{2} * 5 * 0,185^2 + 26,68 * 0,13 = 3,5 \text{ kNm}$$
$$M_d = \frac{1}{2} * q_d * l^2 + F_d * l = \frac{1}{2} * 6 * 0,185^2 + 38,2 * 0,13 = 5,1 \text{ kNm}$$

#### Resultaten

In navolgende rekensheets is te zien dat wapening Ø8-100 voldoet. Er is geen dwarskrachtwapening benodigd.

project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **ASD1515-2**  
onderdeel: **NAP 2,00\_Prefab schort, onderste deel**

gevalideerd: ja rapport: ja  
opgesteld door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 15-07-2016

## WAPENINGSBEREKENING RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE VOOR BUIGING MET NORMAALKRACHT

De onderstaande berekening is uitgevoerd volgens de norm NEN-EN 1992-1-1:2011, inclusief NB:2011 en C2:2011.

### INVOER

#### materiaal

keuze betonkwaliteit = **C 35 / 45**  
ductiliteitsklasse staal = **B**  
karakteristieke sterkte  $f_{yk}$  = **500 N/mm<sup>2</sup>**

ontwerpsituatie:  
**blijvend/tijdelijk**

#### geometrie

hoogte doorsnede = **200 mm**  
breedte doorsnede = **1000 mm**

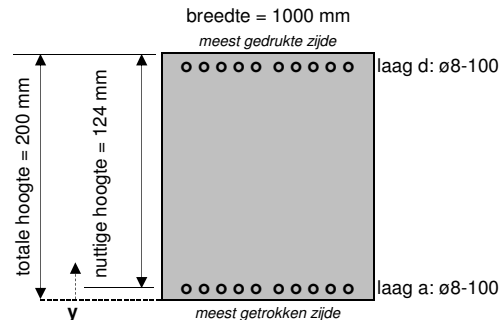
constructietype:  
**plaat**

#### belastingen

duur van de belasting = **langdurend**  
normaalkracht N = **0 kN**  
normaalkracht  $N_{Ed}$  = **0 kN**  
buigend moment M = **4 kNm**  
buigend moment  $M_{Ed}$  = **5 kNm** }  $\delta = 1,00$  (t.b.v. herverdeling moment:  $0,7 < \delta < 1,0$ )

#### wapening

constructietype = **S5**  
milieuklasse trekzijde = **XC4**  
profillering wapening = **geribd**  
nominale dekking  $c_{nom}$  = **40 mm**  
gekozen dekking  $c_{app}$  = **40 mm**  
 $k_x = c_{app} / c_{nom}$  = **1,00 [-]**



	$\phi_{km}$ [mm]	s [mm]	$\phi_{km}$ [mm]	s [mm]	$A_s$ [mm <sup>2</sup> ]	y [mm]	$d_s$ [mm]
laag a	<b>ø8</b>	<b>- 100</b>			503	<b>76</b>	124
laag b							
laag c							
laag d	<b>ø8</b>	<b>- 100</b>			503	<b>156</b>	44

gemiddelde waarden buitenste trekwapening:  $\phi_{km} = 8,0$  mm

$s_r = 100$  mm

gemiddelde waarde totale trekwapening:  $d_{s, gem} = 124$  mm

#### opgelegde vervorming

In rekening te brengen spanning ten gevolge van opgelegde vervorming.  
additionele spanning  $\Delta\sigma_s$  = **0 N/mm<sup>2</sup>**

#### gegevens beton

cilinderdruksterkte  $f_{cd}$  = **23 N/mm<sup>2</sup>**  
secans-elast.mod.  $E_{cm}$  = **34000 N/mm<sup>2</sup>**  
elast.mod  $E_c = f_{ck} / \epsilon_{c3}$  = **20000 N/mm<sup>2</sup>**  
buigtreksterkte  $f_{ctm}$  = **3,2 N/mm<sup>2</sup>**  
rek beton  $\epsilon_{c3}$  = **0,175 %**  
rek beton  $\epsilon_{cu3}$  = **0,350 %**

#### gegevens staal

Er wordt geen rekening gehouden met een hellende tak van het  $\sigma$ - $\epsilon$  diagram.  
vloeigrens staal  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$  = **435 N/mm<sup>2</sup>**  
elasticiteitsmodulus  $E_s$  = **200000 N/mm<sup>2</sup>**  
karakteristieke rek  $\epsilon_{uk}$  = **5,000 %**  
rekenwaarde rek  $\epsilon_{ud} = 0,9 \times \epsilon_{uk}$  = **4,500 %**  
rek bij vloeien staal  $\epsilon_{spl}$  = **0,217 %**

### UITERSTE GRENSTOESTAND

#### buigend moment - artikel 6.1

betondrukzone  $x_u$  = **24 mm**  
breukmoment  $M_{Rd}$  = **33 kNm**  
aanwezig moment  $M_{Ed}$  = **5 kNm**

#### interactie

maatgevende u.c. interactie M + N = **0,18 < 1,0 → OK**  
toets:  $\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{5 \text{ kNm}}{33 \text{ kNm}} = 0,15 < 1,00 \rightarrow OK$

#### drukhoogte - artikel 5.5(4) en 5.6.3

gekozen herverdeling  $\delta$  = **1,00  $\geq$  0,7 → OK**

#### rotatiecapaciteit - artikel 5.6.3

toets:  $\frac{x}{d} = \frac{24 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 0,2 < 0,53 \rightarrow OK$

#### minimum wapening - art. 9.2.1.1/NB

minimum wapening  $A_{s, min}$  = **135 mm<sup>2</sup> → OK**

### BRIJKBAARHEIDSGRENSTOESTAND

#### berekening scheurmoment $M_r$

betondrukzone  $x_r$  = **99 mm**  
scheurmoment  $M_r$  = **22 kNm, ongescheurd**

#### berekening staalspanning bij $M_{rep}$

betondrukzone  $x_{rep}$  = **32 mm**  
max. staal sp.  $\sigma_s$  = **60 N/mm<sup>2</sup>**  
additioneel  $\Delta\sigma_s$  = **0 N/mm<sup>2</sup>**

#### spanningsbeperking - artikel 7.2

(2) langsscheuren;  $\sigma_b$  = **2,10 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_1 \times f_{ck}$  = **21 N/mm<sup>2</sup>** Er zullen geen langsscheuren optreden.  
(3) lin./niet-lin. kruip;  $\sigma_b$  = **2,10 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_2 \times f_{ck}$  = **16 N/mm<sup>2</sup>** Er mag rekening gehouden worden met lin. kruip.  
(5) treksp. wap.;  $\sigma_s + \Delta\sigma_s$  = **60 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_3 \times f_{yk}$  = **400 N/mm<sup>2</sup>** Onaanvaardbare scheurvorming is vermeden.

#### scheurbeheersing - conform §4.3.3 'Betonconstructies onder Temperatuur- en Krimpvervormingen', prof. dr. ir. K. van Breugel.

scheurwijdte  $w_k$  = **0,01 mm** (onvoltooid scheurenpatroon)  
max. scheurafstand  $s_{r, max}$  = **396 mm**  
tabel 7.1N  $\rightarrow w_{max}$  = **0,30 mm  $\geq \frac{w_k}{k_x} = \frac{0,01 \text{ mm}}{1,00} = 0,01 \text{ mm} \rightarrow OK$**

#### minimum wapening - art. 7.3.2

minimum wapening  $A_{s, min}$  = **259 mm<sup>2</sup> → OK**

### CONCLUSIE

► toets UGT: OK  
► toets BGT: OK

project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **ASD1515-2**  
onderdeel: **NAP 2,00\_prefab schort, onderste deel**

opgesteld door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 15-07-2016  
versie sheet: 1.7

## CONTROLE OP DWARSKRACHT RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE

De berekening is uitgevoerd volgens NEN-EN 1992-1-1 + C2:2011, met NB:2011. Deze spreadsheet is niet geldig voor gedrongen constructies.

### INVOER

#### algemeen

ontwerpsituatie = **blijvend/tijdelijk**  
constructietype = **balk**

#### materiaal

keuze betonkwaliteit = **C 35 / 45**  
karakteristieke sterkte  $f_{yk}$  = **500 N/mm<sup>2</sup>**

#### geometrie

hoogte doorsnede  $h$  = **200 mm**  
breedte doorsnede  $b$  = **1000 mm**  
nuttige hoogte  $d$  = **141 mm**

#### belastingen

normaalkracht  $N_{Ed}$  = **0 kN**  
dwarsskracht  $V_{Ed}$  = **39 kN**

Staat een belasting  $F$  binnen een afstand van  $0,5d < a < 2,0d$  van de rand van de oplegging? → **nee**

#### beugelwapening

aantal sneden beugel  $n$  =  
diameter beugel  $\phi_{bgl}$  = **ø10 mm** →  $A_{sw} = 0 \text{ mm}^2$   
beugelafstand  $s_{bgl}$  = **100 mm** → **Let op!**  
dekking op de beugel  $c$  = **45 mm**  
 $A_{bgl,s} = 0,00 \text{ mm}^2/\text{mm}$

#### gegevens beton

cilinderdruksterkte  $f_{cd}$  = **23 N/mm<sup>2</sup>**  
betontreksterkte  $f_{ctd}$  = **1,50 N/mm<sup>2</sup> (met  $\alpha_{ct} = 1$ )**

#### UITVOER

##### capaciteit beton

coëfficiënt  $C_{Rd,c}$  = **0,12 (met  $\gamma_c = 1,5$ )**  
coëfficiënt  $k_1$  = **0,15 (artikel 6.2.2)**  
coëfficiënt  $v_1 = v$  = **0,52 (artikel 6.2.3)**

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 2,00$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0,59$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{b \times h} = 0,00 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \alpha_{cw} = 1,00$$

De capaciteit van het beton wordt berekend conform artikel 6.2.2.

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 76 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 83 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,max} = \frac{\alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} = 765 \text{ kN}$$

$$\text{benodigde beugels } A_{ben} = \frac{V_{Ed}}{z \times f_{ywd} \times \cot \theta} = \frac{39 \text{ kN}}{127 \text{ mm} \times 435 \text{ N/mm}^2 \times \cot(45^\circ)} = 0,70 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Voor de ongescheurde delen is de dwarskrachtcapaciteit begrensd door de treksterkte van het beton. Hierbij geldt  $\alpha_t = 1$ .

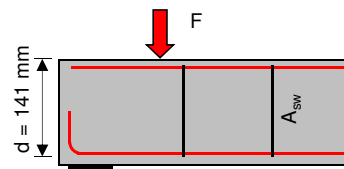
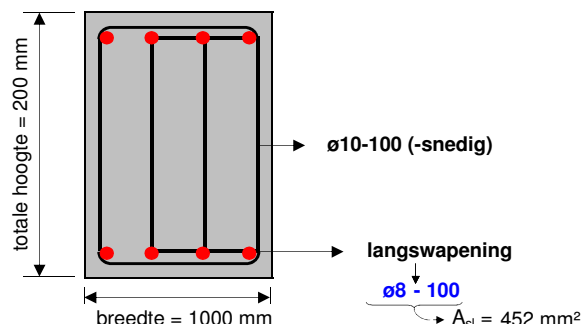
$$V_{Rd,c,ongescheurd} = \frac{I_y \times b_w}{S} \times \sqrt{f_{ctd}^2 + \alpha_t \times \sigma_{cp} \times f_{ctd}} = 200 \text{ kN}$$

#### CONCLUSIE

capaciteit beton van  $V_{Rd,c}$  = **83 kN > 38,8 kN** → Voldoet, beugels zijn niet strikt noodzakelijk.

$$\text{capaciteit beugels } \frac{A_{ben}}{A_{bgl,s}} = \frac{n.v.t.}{0,00 \text{ mm}^2/\text{mm}}$$

$$\text{bijkomende trekkracht } \Delta F_{td} = 0,5 \times V_{Ed} \times [\cot \theta - \cot \alpha] = 0 \text{ kN}$$



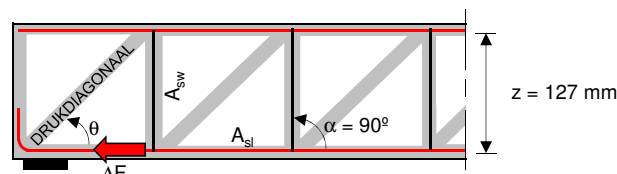
#### gegevens staal

rekenwaarde vloeigrens  $f_{ywd}$  = **435 N/mm<sup>2</sup>**  
langswap. verhouding  $\rho_l$  = **0,0032**  
helling van de beugel  $\alpha$  = **90° (verticale beugels)**

#### capaciteit staal

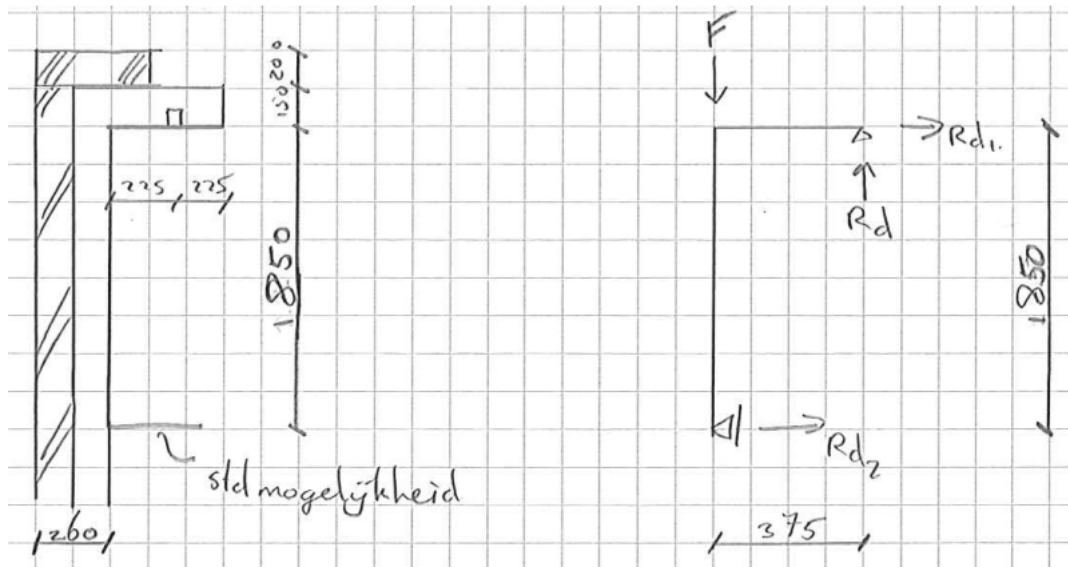
inwendige hefboomsarm  $z$  = **127 mm**  
min. vereiste beugelwap. = **0,95 mm<sup>2</sup>/mm (balk) → Let op!**  
hoek drukdiagonaal  $\theta_{sw}$  = **21,8° (van de gekozen beugelwap.)**  
gekozen drukdiagonaal  $\theta_n$  = **45,0° (21,8° ≤ θ ≤ 45°)**

$$V_{Rd,s} = z \times f_{ywd} \times \cot \theta \times \frac{A_{sw}}{s} = 0 \text{ kN}$$



## Bovenste deel

### Schematisatie



### Belasting

De belasting wordt meegenomen over de breedte van het metselwerk en de betonwand.

Beton	$F_{rep}$	$= l * h * b * \gamma_{bet}$	$= 0,15 * 0,25 * 1,0 * 25,0$	$= 0,94 \text{ kN}$
		$= l * h * b * \gamma_{bet}$	$= 0,15 * 2,75 * 1,0 * 25,0$	$= 10,3 \text{ kN}$
Graniet	$F_{rep}$	$= l * h * b * \gamma_{gra}$	$= 0,26 * 0,2 * 1,0 * 28,5$	$= 1,48 \text{ kN}$
Metselwerk	$F_{rep}$	$= l * h * b * \gamma_{met}$	$= 0,11 * 2,5 * 1,0 * 20,0$	$= 5,5 \text{ kN}$
Veranderlijk	$q_{rep}$	$= l * b * q_{gra}$	$= 0,26 * 1,0 * 5,0$	$= 1,3 \text{ kN}$
	$F_{rep}$	$= Q_{rep, vert} / 2$	$= 40 / 2$	$= 20 \text{ kN}$

$$F_{rep} = 0,93 + 10,3 + 1,48 + 5,5 + 1,3 + 20 = 39,51 \text{ kN}$$
$$F_d = 1,2 * (0,94 + 10,3 + 1,48 + 5,5) + 1,5 * (1,3 + 20) = 53,8 \text{ kN}$$

### Snedekrachten

$$V_d = F_d = 53,8 \text{ kN}$$

$$R_d = V_d = 53,8 \text{ kN}$$

$$M_{rep} = F_{rep} * e = 39,51 * 0,375 = 15 \text{ kNm}$$

$$M_d = F_d * e = 53,8 * 0,375 = 20 \text{ kNm}$$

$$R_{d,2} = N_d = M_d / a = 20 / 1,85 = 10,8 \text{ kN}$$

Het moment ten gevolge van  $R_{d,2}$  is  $M_d$

### Resultaten

In navolgende rekensheets is te zien dat wapening Ø8-100 voldoet. Er is geen dwarskrachtwapening benodigd.

project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **ASD1515-2**  
onderdeel: **NAP 2,00\_Prefab schort, bovenste deel**

gevalideerd: ja rapport: ja  
opgesteld door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 15-07-2016

## WAPENINGSBEREKENING RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE VOOR BUIGING MET NORMAALKRACHT

De onderstaande berekening is uitgevoerd volgens de norm NEN-EN 1992-1-1:2011, inclusief NB:2011 en C2:2011.

### INVOER

#### materiaal

keuze betonkwaliteit = **C 35 / 45**  
ductiliteitsklasse staal = **B**  
karakteristieke sterkte  $f_{yk}$  = **500 N/mm<sup>2</sup>**

ontwerpsituatie:  
**blijvend/tijdelijk**

#### geometrie

hoogte doorsnede = **150 mm**  
breedte doorsnede = **1000 mm**

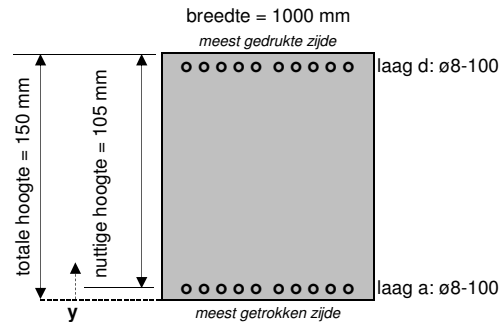
constructietype:  
**plaat**

#### belastingen

duur van de belasting = **langdurend**  
normaalkracht N = **40 kN (trek)**  
normaalkracht  $N_{Ed}$  = **54 kN (trek)**  
buigend moment M = **15 kNm**  
buigend moment  $M_{Ed}$  = **20 kNm** }  $\delta = 1,00$  (t.b.v. herverdeling moment:  $0,7 < \delta < 1,0$ )

#### wapening

constructietype = **S5**  
milieuklasse trekzijde = **XC4**  
profillering wapening = **geribd**  
nominale dekking  $c_{nom}$  = **40 mm**  
gekozen dekking  $c_{app}$  = **40 mm**  
 $k_x = c_{app} / c_{nom}$  = **1,00 [-]**



	$\phi_{km}$ [mm]	s [mm]	$\phi_{km}$ [mm]	s [mm]	$A_s$ [mm <sup>2</sup> ]	y [mm]	$d_s$ [mm]
laag a	<b>ø8</b>	<b>- 100</b>			503	<b>45</b>	105
laag b							
laag c							
laag d	<b>ø8</b>	<b>- 100</b>			503	<b>105</b>	45

gemiddelde waarden buitenste trekwapening:  $\phi_{km} = 8,0$  mm

$s_r = 100$  mm

gemiddelde waarde totale trekwapening:  $d_{s, gem} = 105$  mm

#### opgelegde vervorming

In rekening te brengen spanning ten gevolge van opgelegde vervorming.  
additionele spanning  $\Delta\sigma_s$  = **0 N/mm<sup>2</sup>**

#### gegevens beton

cilinderdruksterkte  $f_{cd}$  = **23 N/mm<sup>2</sup>**  
secans-elast.mod.  $E_{cm}$  = **34000 N/mm<sup>2</sup>**  
elast.mod  $E_c = f_{ck} / \epsilon_{c3}$  = **20000 N/mm<sup>2</sup>**  
buigtreksterkte  $f_{ctm}$  = **3,2 N/mm<sup>2</sup>**  
rek beton  $\epsilon_{c3}$  = **0,175 %**  
rek beton  $\epsilon_{cu3}$  = **0,350 %**

#### gegevens staal

Er wordt geen rekening gehouden met een hellende tak van het  $\sigma$ - $\epsilon$  diagram.  
vloei grens staal  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$  = **435 N/mm<sup>2</sup>**  
elasticiteitsmodulus  $E_s$  = **200000 N/mm<sup>2</sup>**  
karakteristieke rek  $\epsilon_{uk}$  = **5,000 %**  
rekenwaarde rek  $\epsilon_{ud} = 0,9 \times \epsilon_{uk}$  = **4,500 %**  
rek bij vloeien staal  $\epsilon_{spl}$  = **0,217 %**

### UITERSTE GRENSTOESTAND

#### buigend moment - artikel 6.1

betondrukzone  $x_u$  = **21 mm**  
breukmoment  $M_{Rd}$  = **26 kNm**  
aanwezig moment  $M_{Ed}$  = **20 kNm**

#### interactie

maatgevende u.c. interactie M + N = **0,99 < 1,0 → OK**  
toets:  $\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{20 \text{ kNm}}{26 \text{ kNm}} = 0,78 < 1,00 \rightarrow \text{OK}$

#### drukhoogte - artikel 5.5(4) en 5.6.3

gekozen herverdeling  $\delta$  = **1,00  $\geq$  0,7 → OK**

#### rotatiecapaciteit - artikel 5.6.3

toets:  $\frac{x}{d} = \frac{21 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 0,2 < 0,53 \rightarrow \text{OK}$

#### minimum wapening - art. 9.2.1.1/NB

minimum wapening  $A_{s, min}$  = **356 mm<sup>2</sup> → OK**

### BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTAND

#### berekening scheurmoment $M_r$

betondrukzone  $x_r$  = **69 mm**  
scheurmoment  $M_r$  = **11 kNm, gescheurd**

#### berekening staalspanning bij $M_{rep}$

betondrukzone  $x_{rep}$  = **28 mm**  
max. staalsp.  $\sigma_s$  = **336 N/mm<sup>2</sup>**  
additioneel  $\Delta\sigma_s$  = **0 N/mm<sup>2</sup>**

#### spanningsbeperking - artikel 7.2

(2) langsscheuren;  $\sigma_b$  = **11,82 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_1 \times f_{ck}$  = **21 N/mm<sup>2</sup>** Er zullen geen langsscheuren optreden.  
(3) lin./niet-lin. kruip;  $\sigma_b$  = **11,82 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_2 \times f_{ck}$  = **16 N/mm<sup>2</sup>** Er mag rekening gehouden worden met lin. kruip.  
(5) treksp. wap.;  $\sigma_s + \Delta\sigma_s$  = **336 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_3 \times f_{yk}$  = **400 N/mm<sup>2</sup>** Onaanvaardbare scheurvorming is vermeden.

#### scheurbeheersing - artikel 7.3

scheurwijdte  $w_k$  = **0,28 mm**  
max. scheurafstand  $s_{r, max}$  = **249 mm**  
tabel 7.1N  $\rightarrow w_{max}$  = **0,30 mm  $\geq \frac{w_k}{k_x} = \frac{0,28 \text{ mm}}{1,00} = 0,28 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$**

#### minimum wapening - art. 7.3.2

minimum wapening  $A_{s, min}$  = **234 mm<sup>2</sup> → OK**

### CONCLUSIE

► toets UGT: OK  
► toets BGT: OK

project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **ASD1515-2**  
onderdeel: **NAP 2,00\_prefab schort, bovenste deel**

opgesteld door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 15-07-2016  
versie sheet: 1.7

## CONTROLE OP DWARSKRACHT RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE

De berekening is uitgevoerd volgens NEN-EN 1992-1-1 + C2:2011, met NB:2011. Deze spreadsheet is niet geldig voor gedrongen constructies.

### INVOER

#### algemeen

ontwerpsituatie = **blijvend/tijdelijk**  
constructietype = **balk**

#### materiaal

keuze betonkwaliteit = **C 35 / 45**  
karakteristieke sterkte  $f_{yk}$  = **500 N/mm<sup>2</sup>**

#### geometrie

hoogte doorsnede  $h$  = **150 mm**  
breedte doorsnede  $b$  = **1000 mm**  
nuttige hoogte  $d$  = **91 mm**

#### belastingen

normaalkracht  $N_{Ed}$  = **11 kN (trek)**  
dwarsskracht  $V_{Ed}$  = **54 kN**

Staat een belasting  $F$  binnen een afstand van  $0,5d < a < 2,0d$  van de rand van de oplegging? → **nee**

#### beugelwapening

aantal sneden beugel  $n$  =  
diameter beugel  $\phi_{bgl}$  =  **$\phi 10$  mm** →  $A_{sw} = 0 \text{ mm}^2$   
beugelafstand  $s_{bgl}$  = **100 mm** → **Let op!**  
dekking op de beugel  $c$  = **45 mm**  
 $A_{bgl,s} = 0,00 \text{ mm}^2/\text{mm}$

#### gegevens beton

cilinderdruksterkte  $f_{cd}$  = **23 N/mm<sup>2</sup>**  
betontreksterkte  $f_{ctd}$  = **1,50 N/mm<sup>2</sup> (met  $\alpha_{ct} = 1$ )**

#### gegevens staal

rekenwaarde vloeigrens  $f_{ywd}$  = **435 N/mm<sup>2</sup>**  
langswap. verhouding  $\rho_l$  = **0,0050**  
helling van de beugel  $\alpha$  = **90° (verticale beugels)**

### UITVOER

#### capaciteit beton

coëfficiënt  $C_{Rd,c}$  = **0,12 (met  $\gamma_c = 1,5$ )**  
coëfficiënt  $k_1$  = **0,15 (artikel 6.2.2)**  
coëfficiënt  $v_1 = v$  = **0,52 (artikel 6.2.3)**

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 2,00$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0,59$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{b \times h} = 0,07 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \alpha_{cw} = 1,00$$

#### capaciteit staal

inwendige hefboomsarm  $z$  = **82 mm**  
min. vereiste beugelwap. = **0,95 mm<sup>2</sup>/mm (balk) → Let op!**  
hoek drukdiagonaal  $\theta_{sw}$  = **21,8° (van de gekozen beugelwap.)**  
gekozen drukdiagonaal  $\theta_h$  = **45,0° (21,8° ≤  $\theta$  ≤ 45°)**

$$V_{Rd,s} = z \times f_{ywd} \times \cot \theta \times \frac{A_{sw}}{s} = 0 \text{ kN}$$

De capaciteit van het beton wordt berekend conform artikel 6.2.2.

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 56 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 52 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,max} = \frac{\alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{ctd}}{\cot \theta + \tan \theta} = 494 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 56 \text{ kN}$$

$$\text{benodigde beugels } A_{ben} = \frac{V_{Ed}}{z \times f_{ywd} \times \cot \theta} = \frac{54 \text{ kN}}{82 \text{ mm} \times 435 \text{ N/mm}^2 \times \cot(45^\circ)} = 1,51 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Voor de ongescheurde delen is de dwarskrachtcapaciteit begrensd door de treksterkte van het beton. Hierbij geldt  $\alpha_t = 1$ .

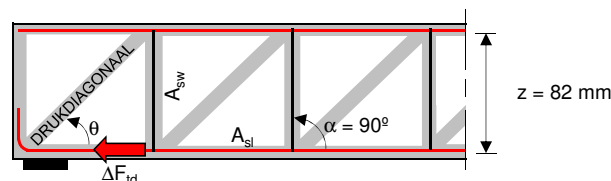
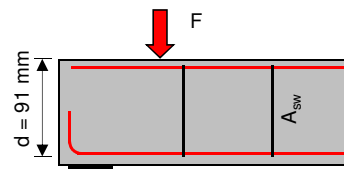
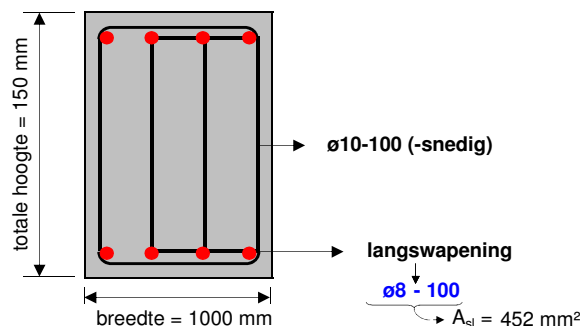
$$V_{Rd,c,ongescheurd} = \frac{I_y \times b_w}{S} \times \sqrt{f_{ctd}^2 + \alpha_t \times \sigma_{cp} \times f_{ctd}} = 153 \text{ kN}$$

### CONCLUSIE

capaciteit beton van  $V_{Rd,c}$  = **56 kN > 53,8 kN → Voldoet, beugels zijn niet strikt noodzakelijk.**

$$\text{capaciteit beugels } \frac{A_{ben}}{A_{bgl,s}} = \frac{n.v.t.}{0,00 \text{ mm}^2/\text{mm}}$$

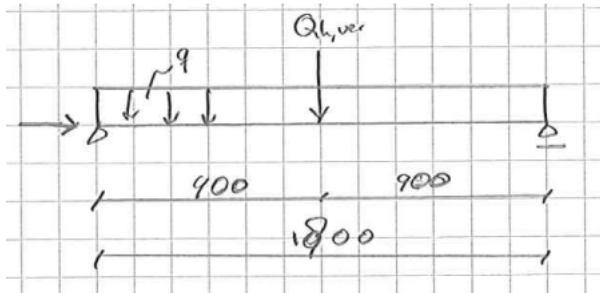
$$\text{bijkomende trekkracht } \Delta F_{td} = 0,5 \times V_{Ed} \times [\cot \theta - \cot \alpha] = 0 \text{ kN}$$





## Langsrichting

### Schematisatie



### Belasting

De belasting wordt meegenomen over de breedte van het metselwerk en de betonwand.

#### Permanent

Beton	$G_{rep}$	$= b * h * l * \gamma_{bet} = 0,15 * 0,60 * 1,8 * 25,0$	$= 4,05 \text{ kN}$
		$= b * h * l * \gamma_{bet} = 0,15 * 2,75 * 1,8 * 25,0$	$= 18,6 \text{ kN}$
		$= b * h * l * \gamma_{bet} = 0,26 * 0,20 * 1,8 * 25,0$	$= 2,4 \text{ kN}$
Graniet	$G_{rep}$	$= b * h * l * \gamma_{gra} = 0,50 * 0,20 * 1,8 * 28,5$	$= 5,13 \text{ kN}$
Metselwerk	$G_{rep}$	$= b * h * l * \gamma_{met} = 0,11 * 2,5 * 1,8 * 20,0$	$= 9,9 \text{ kN}$
	$Q_{rep}$	$= (G_{rep,bet} + G_{rep,gra} + G_{rep,met}) / 1,8$	$= 22,3 \text{ kN/m}$

Veranderlijk	$q_{Q, rep}$	$= 5,0 * 1,0$	$= 5,0 \text{ kN/m}$
	$F_{rep}$	$= Q_{rep, vert} / 2 = 40 / 2$	$= 20 \text{ kN}$
Remkracht	$F_{rep, hor}$	$= Q_{rep, hor}$	$= 30 \text{ kN}$

$q_{rep}$	$= q_{G,rep} + q_{Q, rep} = 22,3 + 5,0$	$= 27,3 \text{ kN/m}$
$q_d$	$= 1,2 * q_{G,rep} + 1,5 * q_{Q, rep} = 1,2 * 22,3 + 1,5 * 5,0$	$= 34,35 \text{ kN/m}$

$F_{rep}$	$=$	$= 20 \text{ kN}$
$F_{d,ver}$	$= 1,5 * F_{rep} = 1,5 * 20$	$= 30 \text{ kN}$
$F_{d,hor}$	$= 1,5 * F_{rep,hor} = 1,5 * 30$	$= 45 \text{ kN}$

### Snedekrachten

$V_{rep}$	$= (q_{rep} * l + F_{rep}) / 2$	$= (27,3 * 1,8 + 20) / 2$	$= 34,6 \text{ kN}$
$V_d$	$= (q_d * l + F_d) / 2$	$= (34,35 * 1,8 + 30) / 2$	$= 45,9 \text{ kN}$

$M_{rep}$	$= \frac{1}{8} * q_{rep} * l^2 + \frac{1}{4} * F_{rep} * l = \frac{1}{8} * 27,3 * 1,8^2 + \frac{1}{4} * 20 * 1,8$	$= 20,1 \text{ kNm}$
$M_d$	$= \frac{1}{8} * q_d * l^2 + \frac{1}{4} * F_d * l = \frac{1}{8} * 34,3 * 1,8^2 + \frac{1}{4} * 30 * 1,8$	$= 27,4 \text{ kNm}$

### Resultaten

In navolgende rekensheets is te zien dat wapening Ø8-100 niet voldoet aan scheurwijdte. Er wordt gekozen om wapening bij te leggen. Er worden in totaal 10 staven Ø8 in het onderste gedeelte gelegd. Waarbij 8 staven meewerken aan de BGT:  $A_s = 400 \text{ mm} > 382 \text{ mm}$ . Er is geen dwarskrachtwapening benodigd.

project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **ASD1515-2**  
onderdeel: **NAP 2,00\_Prefab schort, langsrchting**

gevalideerd: ja rapport: ja  
opgesteld door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 15-07-2016

## WAPENINGSBEREKENING RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE VOOR BUIGING MET NORMAALKRACHT

De onderstaande berekening is uitgevoerd volgens de norm NEN-EN 1992-1-1:2011, inclusief NB:2011 en C2:2011.

### INVOER

#### materiaal

keuze betonkwaliteit = **C 35 / 45**  
ductiliteitsklasse staal = **B**  
karakteristieke sterkte  $f_{yk}$  = **500 N/mm<sup>2</sup>**

ontwerpsituatie:  
**blijvend/tijdelijk**

#### geometrie

hoogte doorsnede = **2900 mm**  
breedte doorsnede = **150 mm**

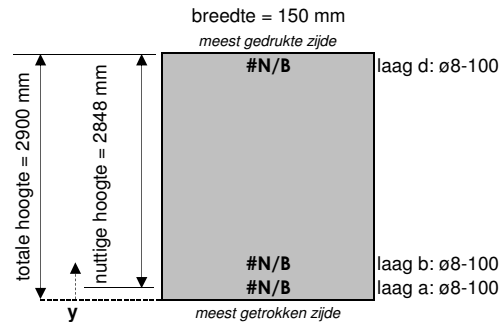
constructietype:  
**wand**

#### belastingen

duur van de belasting = **langdurend**  
normaalkracht N = **30 kN (trek)**  
normaalkracht  $N_{Ed}$  = **45 kN (trek)**  
buigend moment M = **20 kNm**  
buigend moment  $M_{Ed}$  = **27 kNm** }  $\delta = 1,00$  (t.b.v. herverdeling moment:  $0,7 < \delta < 1,0$ )

#### wapening

constructietype = **S5**  
milieuklasse trekzijde = **XC4**  
profillering wapening = **geribd**  
nominale dekking  $c_{nom}$  = **40 mm**  
gekozen dekking  $c_{app}$  = **40 mm**  
 $k_x = c_{app} / c_{nom}$  = **1,00 [-]**



	$\phi_{km}$ [mm]	s [mm]	$\phi_{km}$ [mm]	s [mm]	$A_s$ [mm <sup>2</sup> ]	y [mm]	$d_s$ [mm]
laag a	ø8	- 100			75	52	2848
laag b	ø8	- 100			75	52	2848
laag c							
laag d	ø8	- 100			75	2848	52

gemiddelde waarden buitenste trekwapening:  $\phi_{km} = 8,0$  mm

$s_r = 100$  mm

gemiddelde waarde totale trekwapening:  $d_{s, gem} = 2848$  mm

#### opgelegde vervorming

In rekening te brengen spanning ten gevolge van opgelegde vervorming.  
additionele spanning  $\Delta\sigma_s$  = **0 N/mm<sup>2</sup>**

#### gegevens beton

cilinderdruksterkte  $f_{cd}$  = **23 N/mm<sup>2</sup>**  
secans-elast.mod.  $E_{cm}$  = **34000 N/mm<sup>2</sup>**  
elast.mod  $E_c = f_{ck} / \epsilon_{c3}$  = **20000 N/mm<sup>2</sup>**  
buigtreksterkte  $f_{ctm}$  = **3,2 N/mm<sup>2</sup>**  
rek beton  $\epsilon_{c3}$  = **0,175 %**  
rek beton  $\epsilon_{cu3}$  = **0,350 %**

#### gegevens staal

Er wordt geen rekening gehouden met een hellende tak van het  $\sigma$ - $\epsilon$  diagram.  
vloei grens staal  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$  = **435 N/mm<sup>2</sup>**  
elasticiteitsmodulus  $E_s$  = **200000 N/mm<sup>2</sup>**  
karakteristieke rek  $\epsilon_{uk}$  = **5,000 %**  
rekenwaarde rek  $\epsilon_{ud} = 0,9 \times \epsilon_{uk}$  = **4,500 %**  
rek bij vloeien staal  $\epsilon_{spl}$  = **0,217 %**

### UITERSTE GRENSTOESTAND

#### buigend moment - artikel 6.1

betondrukzone  $x_u$  = **34 mm**  
breukmoment  $M_{Rd}$  = **122 kNm**  
aanwezig moment  $M_{Ed}$  = **27 kNm**

#### interactie

maatgevende u.c. interactie M + N = **0,6 < 1,0 → OK**  
toets:  $\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{27 \text{ kNm}}{122 \text{ kNm}} = 0,22 < 1,00 \rightarrow \text{OK}$

#### drukhoogte - artikel 5.5(4) en 5.6.3

gekozen herverdeling  $\delta$  = **1,00  $\geq 0,7 \rightarrow \text{OK}$**

#### rotatiecapaciteit - artikel 5.6.3

toets:  $\frac{x}{d} = \frac{34 \text{ mm}}{2900 \text{ mm}} = 0,01 < 0,53 \rightarrow \text{OK}$

#### minimum wapening - art. 9.2.1.1/NB

minimum wapening  $A_{s, min}$  = **129 mm<sup>2</sup> → OK**

### BRIJKBAARHEIDSGRENSTOESTAND

#### berekening scheurmoment $M_r$

betondrukzone  $x_r$  = **1421 mm**  
scheurmoment  $M_r$  = **671 kNm, ongescheurd**

#### berekening staalspanning bij $M_{rep}$

betondrukzone  $x_{rep}$  = **0 mm**  
max. staalsp.  $\sigma_s$  = **147 N/mm<sup>2</sup>**  
additioneel  $\Delta\sigma_s$  = **0 N/mm<sup>2</sup>**

#### spanningsbeperking - artikel 7.2

(2) langsscheuren;  $\sigma_b$  = **0,00 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_1 \times f_{ck}$  = **21 N/mm<sup>2</sup>** Er zullen geen langsscheuren optreden.  
(3) lin./niet-lin. kruip;  $\sigma_b$  = **0,00 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_2 \times f_{ck}$  = **16 N/mm<sup>2</sup>** Er mag rekening gehouden worden met lin. kruip.  
(5) treksp. wap.;  $\sigma_s + \Delta\sigma_s$  = **147 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_3 \times f_{yk}$  = **400 N/mm<sup>2</sup>** Onaanvaardbare scheurvorming is vermeden.

#### scheurbeheersing - conform §4.3.3 'Betonconstructies onder Temperatuur- en Krimpvervormingen', prof. dr. ir. K. van Breugel.

scheurwijdte  $w_k$  = **-0,10 mm (onvoltooid scheurenpatroon)**  
max. scheurafstand  $s_{r, max}$  = **561 mm**  
tabel 7.1N  $\rightarrow w_{max}$  = **0,30 mm  $\geq \frac{w_k}{k_x} = \frac{-0,1 \text{ mm}}{1,00} = -0,10 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$**

#### minimum wapening - art. 7.3.2

minimum wapening  $A_{s, min}$  = **382 → NIET OK!**

### CONCLUSIE

► toets UGT: OK

► toets BGT: niet OK!

project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **ASD1515-2**  
onderdeel: **NAP 2,00\_prefab schort, langsrichting**

opgesteld door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 15-07-2016  
versie sheet: 1.7

## CONTROLE OP DWARSKRACHT RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE

De berekening is uitgevoerd volgens NEN-EN 1992-1-1 + C2:2011, met NB:2011. Deze spreadsheet is niet geldig voor gedrongen constructies.

### INVOER

#### algemeen

ontwerpsituatie = **blijvend/tijdelijk**  
constructietype = **balk**

#### materialen

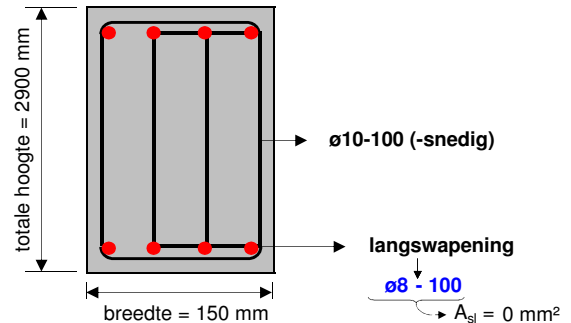
keuze betonkwaliteit = **C 35 / 45**  
karakteristieke sterkte  $f_{yk}$  = **500 N/mm<sup>2</sup>**

#### geometrie

hoogte doorsnede h = **2900 mm**  
breedte doorsnede b = **150 mm**  
nuttige hoogte d = **2841 mm**

#### belastingen

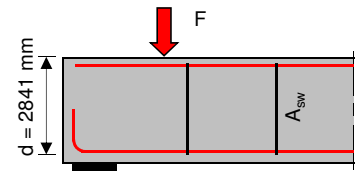
normaalkracht  $N_{Ed}$  = **45 kN (trek)**  
dwarsskracht  $V_{Ed}$  = **46 kN**



Staat een belasting F binnen een afstand van  $0,5d < a < 2,0d$  van de rand van de oplegging? → **nee**

#### beugelwapening

aantal sneden beugel n = **0**  
diameter beugel  $\phi_{bgl}$  = **ø10 mm** →  $A_{sw} = 0 \text{ mm}^2$   
beugelafstand  $s_{bgl}$  = **100 mm** → **Let op!**  
dekking op de beugel c = **45 mm**  
 $A_{bgl,s} = 0,00 \text{ mm}^2/\text{mm}$



#### gegevens beton

cilinderdruksterkte  $f_{cd}$  = **23 N/mm<sup>2</sup>**  
betontreksterkte  $f_{ctd}$  = **1,50 N/mm<sup>2</sup> (met  $\alpha_{ct} = 1$ )**

#### gegevens staal

rekenwaarde vloeigrens  $f_{ywd}$  = **435 N/mm<sup>2</sup>**  
langswap. verhouding  $\rho_l$  = **0,0000**  
helling van de beugel  $\alpha$  = **90° (verticale beugels)**

### UITVOER

#### capaciteit beton

coëfficiënt  $C_{Rd,c}$  = **0,12 (met  $\gamma_c = 1,5$ )**  
coëfficiënt  $k_1$  = **0,15 (artikel 6.2.2)**  
coëfficiënt  $v_1 = v$  = **0,52 (artikel 6.2.3)**

#### capaciteit staal

inwendige hefboomsarm z = **2557 mm**  
min. vereiste beugelwap. = **0,14 mm<sup>2</sup>/mm (balk) → Let op!**  
hoek drukdiagonaal  $\theta_{sw}$  = **21,8° (van de gekozen beugelwap.)**  
gekozen drukdiagonaal  $\theta_h$  = **45,0° (21,8° ≤ θ ≤ 45°)**

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,27$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ctk}^{1/2} = 0,29$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{b \times h} = 0,10 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \alpha_{cw} = 1,00$$

$$V_{Rd,s} = z \times f_{ywd} \times \cot \theta \times \frac{A_{sw}}{s} = 0 \text{ kN}$$

De capaciteit van het beton wordt berekend conform artikel 6.2.2.

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho_l \times f_{ctk})^{1/3} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 0 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 119 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,max} = \frac{\alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{ctd}}{\cot \theta + \tan \theta} = 2309 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 119 \text{ kN}$$

$$\text{benodigde beugels } A_{ben} = \frac{V_{Ed}}{z \times f_{ywd} \times \cot \theta} = \frac{46 \text{ kN}}{2557 \text{ mm} \times 435 \text{ N/mm}^2 \times \cot(45^\circ)} = 0,04 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Voor de ongescheurde delen is de dwarskrachtcapaciteit begrensd door de treksterkte van het beton. Hierbij geldt  $\alpha_t = 1$ .

$$V_{Rd,c,ongescheurd} = \frac{I_y \times b_w}{S} \times \sqrt{f_{ctd}^2 + \alpha_t \times \sigma_{cp} \times f_{ctd}} = 449 \text{ kN}$$

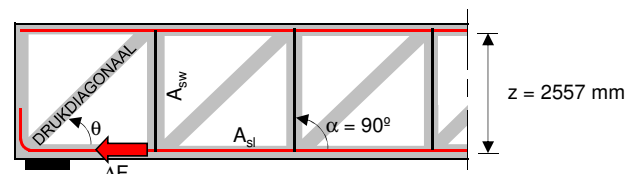
### CONCLUSIE

capaciteit beton van  $V_{Rd,c}$  = **119 kN > 45,9 kN → Voldoet, beugels zijn niet strikt noodzakelijk.**

$$\text{capaciteit beugels } \frac{A_{ben}}{A_{bgl,s}} = \frac{n.v.t.}{0,00 \text{ mm}^2/\text{mm}}$$

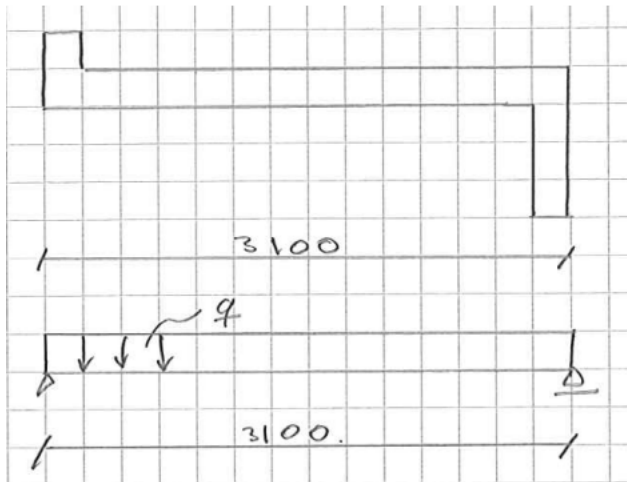
$$\text{bijkomende trekkracht } \Delta F_{td} = 0,5 \times V_{Ed} \times [\cot \theta - \cot \alpha] = 0 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} = \frac{46 \text{ kN}}{n.v.t.}$$



## Transport

### Schematisatie



### Belasting

Belasting per strekkende meter

Eigen gewicht

Beton, hoogte 0,2m conservatief

$$q_{rep} = 0,2 * 1,0 * 25,0$$

$$= 5,0 \text{ kN/m}$$

$$q_d = 1,35 * q_{G,rep} = 1,35 * 5$$

$$= 6,75 \text{ kN/m}$$

### Snedekrachten

$$V_{rep} = (q_{rep} * l) / 2 = (5,0 * 3,1) / 2$$

$$= 7,75 \text{ kN}$$

$$V_d = (q_d * l) / 2 = (6,75 * 3,1) / 2$$

$$= 10,5 \text{ kN}$$

$$M_{rep} = \frac{1}{8} * q_{rep} * l^2 = \frac{1}{8} * 5,0 * 3,1^2$$

$$= 6,0 \text{ kNm}$$

$$M_d = \frac{1}{8} * q_d * l^2 = \frac{1}{8} * 6,75 * 3,1^2$$

$$= 8,1 \text{ kNm}$$

### Resultaten

In navolgende rekensheets is te zien dat wapening Ø8-100 voldoet. Er is geen dwarskrachtwapening benodigd.

project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **ASD1515-2**  
onderdeel: **NAP 2,00\_Prefab schort, transport**

gevalideerd: ja rapport: ja  
opgesteld door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 15-07-2016

## WAPENINGSBEREKENING RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE VOOR BUIGING MET NORMAALKRACHT

De onderstaande berekening is uitgevoerd volgens de norm NEN-EN 1992-1-1:2011, inclusief NB:2011 en C2:2011.

### INVOER

#### materiaal

keuze betonkwaliteit = **C 35 / 45**  
ductiliteitsklasse staal = **B**  
karakteristieke sterkte  $f_{yk}$  = **500 N/mm<sup>2</sup>**

ontwerpsituatie:  
**blijvend/tijdelijk**

#### geometrie

hoogte doorsnede = **150 mm**  
breedte doorsnede = **1000 mm**

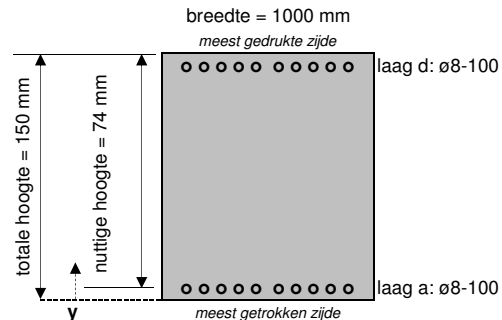
constructietype:  
**plaat**

#### belastingen

duur van de belasting = **langdurend**  
normaalkracht N = **0 kN**  
normaalkracht  $N_{Ed}$  = **0 kN**  
buigend moment M = **6 kNm**  
buigend moment  $M_{Ed}$  = **8 kNm** }  $\delta = 1,00$  (t.b.v. herverdeling moment:  $0,7 < \delta < 1,0$ )

#### wapening

constructietype = **S5**  
milieuklasse trekzijde = **XC4**  
profillering wapening = **geribd**  
nominale dekking  $c_{nom}$  = **40 mm**  
gekozen dekking  $c_{app}$  = **40 mm**  
 $k_x = c_{app} / c_{nom}$  = **1,00 [-]**



	$\phi_{km}$ [mm]	s [mm]	$\phi_{km}$ [mm]	s [mm]	$A_s$ [mm <sup>2</sup> ]	y [mm]	$d_s$ [mm]
laag a	<b>ø8</b>	<b>- 100</b>			503	<b>76</b>	74
laag b							
laag c							
laag d	<b>ø8</b>	<b>- 100</b>			503	<b>74</b>	76

gemiddelde waarden buitenste trekwapening:  $\phi_{km} = 8,0$  mm

$s_r = 100$  mm

gemiddelde waarde totale trekwapening:  $d_{s, \text{gem}} = 74$  mm

#### opgelegde vervorming

In rekening te brengen spanning ten gevolge van opgelegde vervorming.  
additionele spanning  $\Delta\sigma_s$  = **0 N/mm<sup>2</sup>**

#### gegevens beton

cilinderdruksterkte  $f_{cd}$  = **23 N/mm<sup>2</sup>**  
secans-elast.mod.  $E_{cm}$  = **34000 N/mm<sup>2</sup>**  
elast.mod  $E_c = f_{ck} / \epsilon_{c3}$  = **20000 N/mm<sup>2</sup>**  
buigtreksterkte  $f_{ctm}$  = **3,2 N/mm<sup>2</sup>**  
rek beton  $\epsilon_{c3}$  = **0,175 %**  
rek beton  $\epsilon_{cu3}$  = **0,350 %**

#### gegevens staal

Er wordt geen rekening gehouden met een hellende tak van het  $\sigma$ - $\epsilon$  diagram.  
vloeigrens staal  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$  = **435 N/mm<sup>2</sup>**  
elasticiteitsmodulus  $E_s$  = **200000 N/mm<sup>2</sup>**  
karakteristieke rek  $\epsilon_{uk}$  = **5,000 %**  
rekenwaarde rek  $\epsilon_{ud} = 0,9 \times \epsilon_{uk}$  = **4,500 %**  
rek bij vloeien staal  $\epsilon_{spl}$  = **0,217 %**

### UITERSTE GRENSTOESTAND

#### buigend moment - artikel 6.1

betondrukzone  $x_u$  = **24 mm**  
breukmoment  $M_{Rd}$  = **29 kNm**  
aanwezig moment  $M_{Ed}$  = **8 kNm**

#### interactie

maatgevende u.c. interactie M + N = **0,5 < 1,0 → OK**  
toets:  $\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{8 \text{ kNm}}{29 \text{ kNm}} = 0,28 < 1,00 \rightarrow \text{OK}$

#### drukhoogte - artikel 5.5(4) en 5.6.3

gekozen herverdeling  $\delta$  = **1,00  $\geq$  0,79 → OK**

#### rotatiecapaciteit - artikel 5.6.3

toets:  $\frac{x}{d} = \frac{24 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 0,33 < 0,53 \rightarrow \text{OK}$

#### minimum wapening - art. 9.2.1.1/NB

minimum wapening  $A_{s, \text{min}}$  = **364 mm<sup>2</sup> → OK**

### BRIJKBAARHEIDSGRENSTOESTAND

#### berekening scheurmoment $M_r$

betondrukzone  $x_r$  = **75 mm**  
scheurmoment  $M_r$  = **12 kNm, ongescheurd**

#### berekening staalspanning bij $M_{rep}$

betondrukzone  $x_{rep}$  = **30 mm**  
max. staalsp.  $\sigma_s$  = **89 N/mm<sup>2</sup>**  
additioneel  $\Delta\sigma_s$  = **0 N/mm<sup>2</sup>**

#### spanningsbeperking - artikel 7.2

(2) langsscheuren;  $\sigma_b$  = **5,97 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_1 \times f_{ck}$  = **21 N/mm<sup>2</sup>** Er zullen geen langsscheuren optreden.  
(3) lin./niet-lin. kruip;  $\sigma_b$  = **5,97 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_2 \times f_{ck}$  = **16 N/mm<sup>2</sup>** Er mag rekening gehouden worden met lin. kruip.  
(5) treksp. wap.;  $\sigma_s + \Delta\sigma_s$  = **89 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_3 \times f_{yk}$  = **400 N/mm<sup>2</sup>** Onaanvaardbare scheurvorming is vermeden.

#### scheurbeheersing - conform §4.3.3 'Betonconstructies onder Temperatuur- en Krimpvervormingen', prof. dr. ir. K. van Breugel.

scheurwijdte  $w_k$  = **0,02 mm** (onvoltooid scheurenpatroon)  
max. scheurafstand  $s_{r, \text{max}}$  = **353 mm**  
tabel 7.1N  $\rightarrow w_{\text{max}}$  = **0,30 mm  $\geq \frac{w_k}{k_x} = \frac{0,02 \text{ mm}}{1,00} = 0,02 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$**

#### minimum wapening - art. 7.3.2

minimum wapening  $A_{s, \text{min}}$  = **193 mm<sup>2</sup> → OK**

### CONCLUSIE

► toets UGT: OK  
► toets BGT: OK

project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **ASD1515-2**  
onderdeel: **NAP 2,00\_prefab schort, transport**

opgesteld door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 15-07-2016  
versie sheet: 1.7

## CONTROLE OP DWARSKRACHT RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE

De berekening is uitgevoerd volgens NEN-EN 1992-1-1 + C2:2011, met NB:2011. Deze spreadsheet is niet geldig voor gedrongen constructies.

### INVOER

#### algemeen

ontwerpsituatie = **blijvend/tijdelijk**  
constructietype: = **balk**

#### materiaal

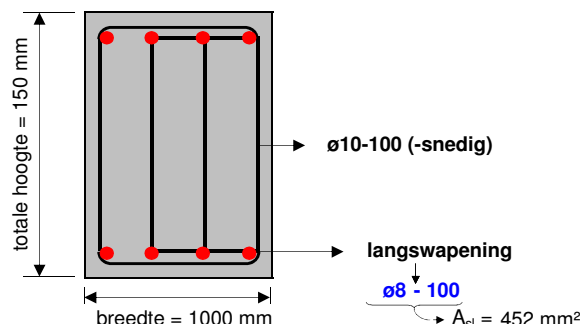
keuze betonkwaliteit = **C 35 / 45**  
karakteristieke sterkte  $f_{yk}$  = **500 N/mm<sup>2</sup>**

#### geometrie

hoogte doorsnede  $h$  = **150 mm**  
breedte doorsnede  $b$  = **1000 mm**  
nuttige hoogte  $d$  = **91 mm**

#### belastingen

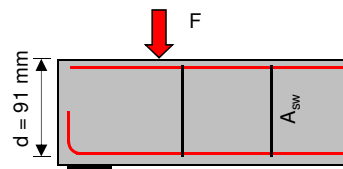
normaalkracht  $N_{Ed}$  = **0 kN**  
dwarsskracht  $V_{Ed}$  = **11 kN**



Staat een belasting  $F$  binnen een afstand van  $0,5d < a < 2,0d$  van de rand van de oplegging? → **nee**

#### beugelwapening

aantal sneden beugel  $n$  = **0**  
diameter beugel  $\phi_{bgl}$  = **ø10 mm**  
beugelafstand  $s_{bgl}$  = **100 mm** → **Let op!**  
dekking op de beugel  $c$  = **45 mm**



#### gegevens beton

cilinderdruksterkte  $f_{cd}$  = **23 N/mm<sup>2</sup>**  
betontreksterkte  $f_{ctd}$  = **1,50 N/mm<sup>2</sup> (met  $\alpha_{ct} = 1$ )**

#### gegevens staal

rekenwaarde vloeigrens  $f_{ywd}$  = **435 N/mm<sup>2</sup>**  
langswap. verhouding  $\rho_l$  = **0,0050**  
helling van de beugel  $\alpha$  = **90° (verticale beugels)**

### UITVOER

#### capaciteit beton

coëfficiënt  $C_{Rd,c}$  = **0,12 (met  $\gamma_c = 1,5$ )**  
coëfficiënt  $k_1$  = **0,15 (artikel 6.2.2)**  
coëfficiënt  $v_1 = v$  = **0,52 (artikel 6.2.3)**

#### capaciteit staal

inwendige hefboomsarm  $z$  = **82 mm**  
min. vereiste beugelwap. = **0,95 mm<sup>2</sup>/mm (balk) → Let op!**  
hoek drukdiagonaal  $\theta_{sw}$  = **21,8° (van de gekozen beugelwap.)**  
gekozen drukdiagonaal  $\theta_h$  = **45,0° (21,8° ≤  $\theta$  ≤ 45°)**

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 2,00$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0,59$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{b \times h} = 0,00 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \alpha_{cw} = 1,00$$

$$V_{Rd,s} = z \times f_{ywd} \times \cot \theta \times \frac{A_{sw}}{s} = 0 \text{ kN}$$

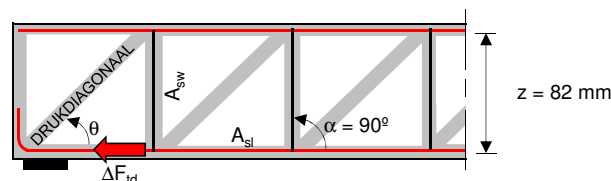
De capaciteit van het beton wordt berekend conform artikel 6.2.2.

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 57 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 53 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,max} = \frac{\alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{ctd}}{\cot \theta + \tan \theta} = 494 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 57 \text{ kN}$$



$$\text{benodigde beugels } A_{ben} = \frac{V_{Ed}}{z \times f_{ywd} \times \cot \theta} = \frac{11 \text{ kN}}{82 \text{ mm} \times 435 \text{ N/mm}^2 \times \cot(45^\circ)} = 0,29 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Voor de ongescheurde delen is de dwarskrachtcapaciteit begrensd door de treksterkte van het beton. Hierbij geldt  $\alpha_t = 1$ .

$$V_{Rd,c,ongescheurd} = \frac{I_y \times b_w}{S} \times \sqrt{f_{ctd}^2 + \alpha_t \times \sigma_{cp} \times f_{ctd}} = 150 \text{ kN}$$

### CONCLUSIE

capaciteit beton van  $V_{Rd,c}$  = **57 kN > 10,5 kN** → Voldoet, beugels zijn niet strikt noodzakelijk.

$$\text{capaciteit beugels } \frac{A_{ben}}{A_{bgl,s}} = \frac{n.v.t.}{0,00 \text{ mm}^2/\text{mm}}$$

$$\text{bijkomende trekkracht } \Delta F_{td} = 0,5 \times V_{Ed} \times [\cot \theta - \cot \alpha] = 0 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} = \frac{11 \text{ kN}}{n.v.t.}$$

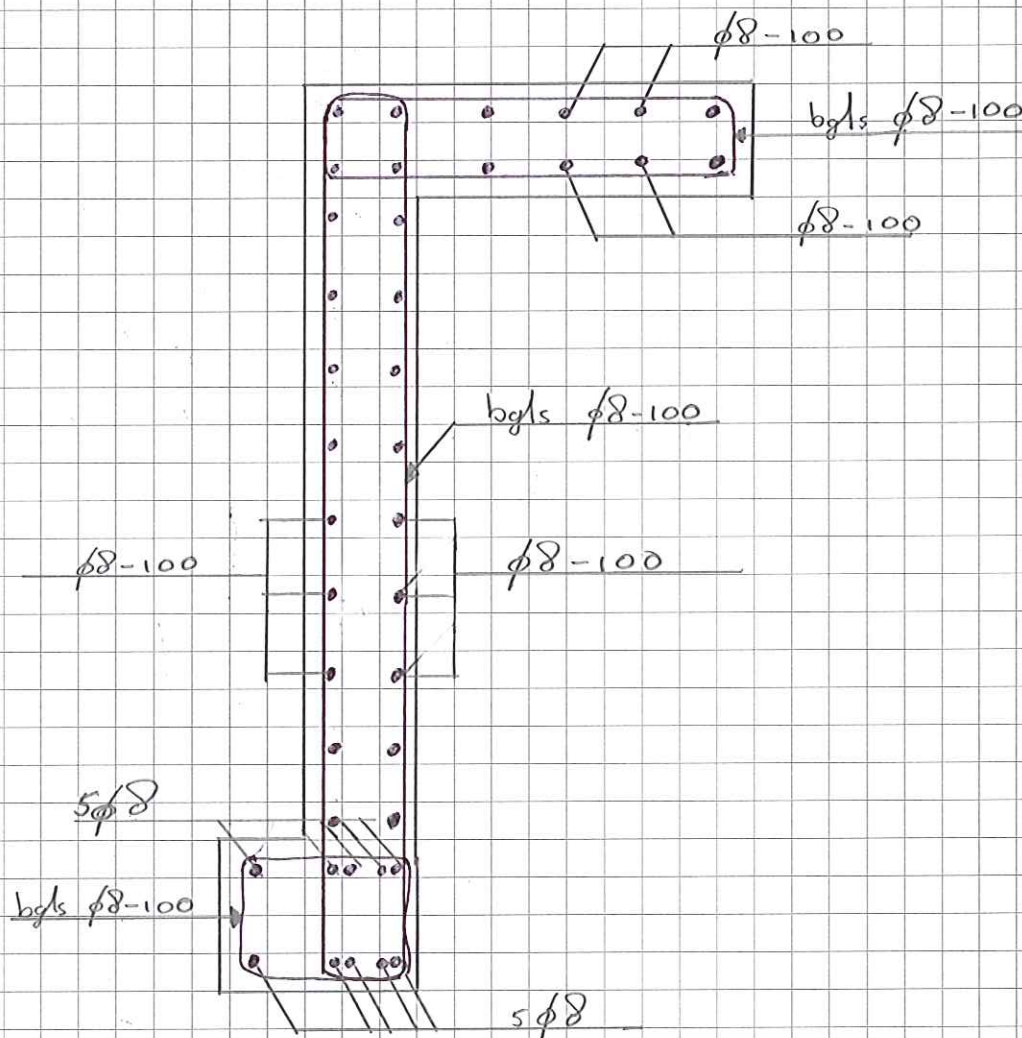
projectnummer \_\_\_\_\_

door \_\_\_\_\_

datum \_\_\_\_\_

nummer \_\_\_\_\_

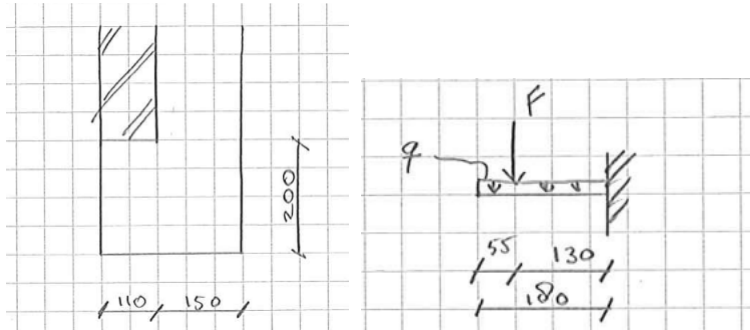
Wapeningschets NAP +2,00 m.



Doorsnede: NAP +0,95 m

### Onderste deel

#### Schematisatie



#### Belasting

Het gewicht van de deksteen, het metselwerk en de veranderlijke belastingen worden over de breedte van het metselwerk meegenomen.

Beton	$q$	$= d * b * \gamma_{bet}$	$= 0,2 * 1,0 * 25,0$	$= 5 \text{ kN/m}$
Graniet	$F_{rep}$	$= l * b * h * \gamma_{gra}$	$= 0,11 * 1,0 * 0,2 * 28,5$	$= 0,63 \text{ kN}$
Metselwerk	$F_{rep}$	$= l * b * h * \gamma_{met}$	$= 0,11 * 1,0 * 1,45 * 20,0$	$= 3,19 \text{ kN}$

Veranderlijk	$F_{rep}$	$= l * b * q_{gra}$	$= 0,11 * 1,0 * 5,0$	$= 0,55 \text{ kN}$
	$F_{rep}$	$= Q_{rep, vert} / 2$	$= 40 / 2$	$= 20 \text{ kN}$

$$q_{rep} = 5 \text{ kN/m}$$

$$q_d = 1,2 * 5 \text{ kN/m} = 6 \text{ kN/m}$$

$$F_{rep} = 0,63 + 3,19 + 0,55 + 20 = 24,4 \text{ kN}$$

$$F_d = 1,2 * (0,63 + 3,19) + 1,5 * (0,55 + 20) = 35,4 \text{ kN}$$

#### Snedekrachten

$$M_{rep} = \frac{1}{2} * q_{rep} * l^2 + F_{rep} * l = \frac{1}{2} * 5 * 0,185^2 + 24,4 * 0,13 = 3,3 \text{ kNm}$$

$$M_d = \frac{1}{2} * q_d * l^2 + F_d * l = \frac{1}{2} * 6 * 0,185^2 + 35,4 * 0,13 = 4,7 \text{ kNm}$$

#### Resultaten

In navolgende rekensheets is te zien dat wapening Ø8-100 voldoet. Er is geen dwarskrachtwapening benodigd.



project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **ASD1515-2**  
onderdeel: **NAP 0,95\_Prefab schort, onderste deel**

gevalideerd: ja rapport: ja  
opgesteld door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 15-07-2016

## WAPENINGSBEREKENING RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE VOOR BUIGING MET NORMAALKRACHT

De onderstaande berekening is uitgevoerd volgens de norm NEN-EN 1992-1-1:2011, inclusief NB:2011 en C2:2011.

### INVOER

#### materiaal

keuze betonkwaliteit = **C 35 / 45**  
ductiliteitsklasse staal = **B**  
karakteristieke sterkte  $f_{yk}$  = **500 N/mm<sup>2</sup>**

ontwerpsituatie:  
**blijvend/tijdelijk**

#### geometrie

hoogte doorsnede = **200 mm**  
breedte doorsnede = **1000 mm**

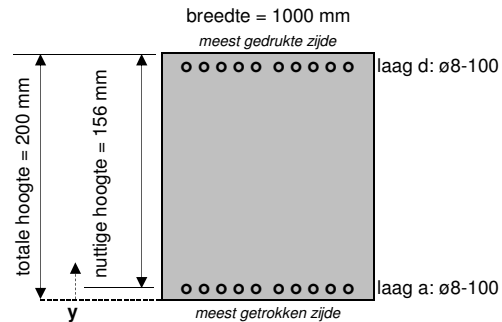
constructietype:  
**plaat**

#### belastingen

duur van de belasting = **langdurend**  
normaalkracht N = **0 kN**  
normaalkracht  $N_{Ed}$  = **0 kN**  
buigend moment M = **3 kNm**  
buigend moment  $M_{Ed}$  = **5 kNm** }  $\delta = 1,00$  (t.b.v. herverdeling moment:  $0,7 < \delta < 1,0$ )

#### wapening

constructietype = **S5**  
milieuklasse trekzijde = **XC4**  
profillering wapening = **geribd**  
nominale dekking  $c_{nom}$  = **40 mm**  
gekozen dekking  $c_{app}$  = **40 mm**  
 $k_x = c_{app} / c_{nom}$  = **1,00 [-]**



	$\phi_{km}$ [mm]	s [mm]	$\phi_{km}$ [mm]	s [mm]	$A_s$ [mm <sup>2</sup> ]	y [mm]	$d_s$ [mm]
laag a	<b>ø8</b>	<b>- 100</b>			503	<b>44</b>	156
laag b							
laag c							
laag d	<b>ø8</b>	<b>- 100</b>			503	<b>156</b>	44

gemiddelde waarden buitenste trekwapening:  $\phi_{km} = 8,0$  mm

$s_r = 100$  mm

gemiddelde waarde totale trekwapening:  $d_{s, gem} = 156$  mm

#### opgelegde vervorming

In rekening te brengen spanning ten gevolge van opgelegde vervorming.  
additionele spanning  $\Delta\sigma_s$  = **0 N/mm<sup>2</sup>**

#### gegevens beton

cilinderdruksterkte  $f_{cd}$  = **23 N/mm<sup>2</sup>**  
secans-elast.mod.  $E_{cm}$  = **34000 N/mm<sup>2</sup>**  
elast.mod  $E_c = f_{ck} / \epsilon_{c3}$  = **20000 N/mm<sup>2</sup>**  
buigtreksterkte  $f_{ctm}$  = **3,2 N/mm<sup>2</sup>**  
rek beton  $\epsilon_{c3}$  = **0,175 %**  
rek beton  $\epsilon_{cu3}$  = **0,350 %**

#### gegevens staal

Er wordt geen rekening gehouden met een hellende tak van het  $\sigma$ - $\epsilon$  diagram.  
vloeigrens staal  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$  = **435 N/mm<sup>2</sup>**  
elasticiteitsmodulus  $E_s$  = **200000 N/mm<sup>2</sup>**  
karakteristieke rek  $\epsilon_{uk}$  = **5,000 %**  
rekenwaarde rek  $\epsilon_{ud} = 0,9 \times \epsilon_{uk}$  = **4,500 %**  
rek bij vloeien staal  $\epsilon_{spl}$  = **0,217 %**

### UITERSTE GRENSTOESTAND

#### buigend moment - artikel 6.1

betondrukzone  $x_u$  = **24 mm**  
breukmoment  $M_{Rd}$  = **40 kNm**  
aanwezig moment  $M_{Ed}$  = **5 kNm**

#### interactie

maatgevende u.c. interactie M + N = **0,14 < 1,0 → OK**  
toets:  $\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{5 \text{ kNm}}{40 \text{ kNm}} = 0,12 < 1,00 \rightarrow OK$

#### drukhoogte - artikel 5.5(4) en 5.6.3

gekozen herverdeling  $\delta$  = **1,00  $\geq$  0,7 → OK**

#### rotatiecapaciteit - artikel 5.6.3

toets:  $\frac{x}{d} = \frac{24 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 0,16 < 0,53 \rightarrow OK$

#### minimum wapening - art. 9.2.1.1/NB

minimum wapening  $A_{s, min}$  = **96 mm<sup>2</sup> → OK**

### BRIJKBAARHEIDSGRENSTOESTAND

#### berekening scheurmoment $M_r$

betondrukzone  $x_r$  = **100 mm**  
scheurmoment  $M_r$  = **22 kNm, ongescheurd**

#### berekening staalspanning bij $M_{rep}$

betondrukzone  $x_{rep}$  = **36 mm**  
max. staalspanning  $\sigma_s$  = **45 N/mm<sup>2</sup>**  
additioneel  $\Delta\sigma_s$  = **0 N/mm<sup>2</sup>**

#### spanningsbeperking - artikel 7.2

(2) langsscheuren;  $\sigma_b$  = **1,32 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_1 \times f_{ck}$  = **21 N/mm<sup>2</sup>** Er zullen geen langsscheuren optreden.  
(3) lin./niet-lin. kruip;  $\sigma_b$  = **1,32 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_2 \times f_{ck}$  = **16 N/mm<sup>2</sup>** Er mag rekening gehouden worden met lin. kruip.  
(5) treksp. wap.;  $\sigma_s + \Delta\sigma_s$  = **45 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_3 \times f_{yk}$  = **400 N/mm<sup>2</sup>** Onaanvaardbare scheurvorming is vermeden.

#### scheurbeheersing - conform §4.3.3 'Betonconstructies onder Temperatuur- en Krimpvervormingen', prof. dr. ir. K. van Breugel.

scheurwijdte  $w_k$  = **0,01 mm** (onvoltooid scheurenpatroon)  
max. scheurafstand  $s_{r, max}$  = **284 mm**  
tabel 7.1N  $\rightarrow w_{max}$  = **0,30 mm  $\geq \frac{w_k}{k_x} = \frac{0,01 \text{ mm}}{1,00} = 0,01 \text{ mm} \rightarrow OK$**

#### minimum wapening - art. 7.3.2

minimum wapening  $A_{s, min}$  = **257 mm<sup>2</sup> → OK**

### CONCLUSIE

► toets UGT: OK  
► toets BGT: OK

project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **ASD1515-2**  
onderdeel: **NAP 0,95\_prefab schort, onderste deel**

opgesteld door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 15-07-2016  
versie sheet: 1.7

## CONTROLE OP DWARSKRACHT RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE

De berekening is uitgevoerd volgens NEN-EN 1992-1-1 + C2:2011, met NB:2011. Deze spreadsheet is niet geldig voor gedrongen constructies.

### INVOER

#### algemeen

ontwerpsituatie = **blijvend/tijdelijk**  
constructietype = **balk**

#### materiaal

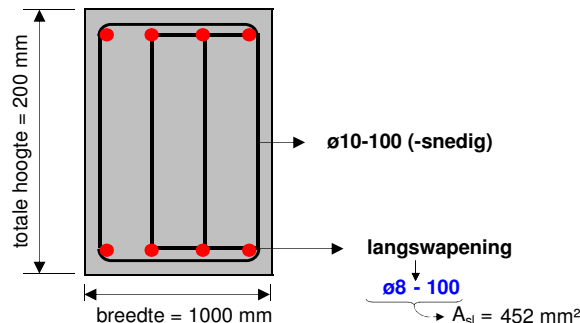
keuze betonkwaliteit = **C 35 / 45**  
karakteristieke sterkte  $f_{yk}$  = **500 N/mm<sup>2</sup>**

#### geometrie

hoogte doorsnede  $h$  = **200 mm**  
breedte doorsnede  $b$  = **1000 mm**  
nuttige hoogte  $d$  = **141 mm**

#### belastingen

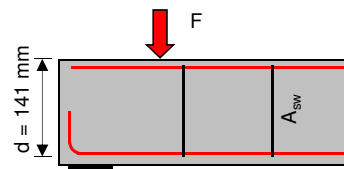
normaalkracht  $N_{Ed}$  = **0 kN**  
dwarsskracht  $V_{Ed}$  = **35 kN**



Staat een belasting  $F$  binnen een afstand van  $0,5d < a < 2,0d$  van de rand van de oplegging? → **nee**

#### beugelwapening

aantal sneden beugel  $n$  =  
diameter beugel  $\phi_{bgl}$  = **ø10 mm** →  $A_{sw} = 0 \text{ mm}^2$   
beugelafstand  $s_{bgl}$  = **100 mm** → **Let op!**  
dekking op de beugel  $c$  = **45 mm**  
 $A_{bgl,s} = 0,00 \text{ mm}^2/\text{mm}$



#### gegevens beton

cilinderdruksterkte  $f_{cd}$  = **23 N/mm<sup>2</sup>**  
betontreksterkte  $f_{ctd}$  = **1,50 N/mm<sup>2</sup> (met  $\alpha_{ct} = 1$ )**

#### gegevens staal

rekenwaarde vloeigrens  $f_{ywd}$  = **435 N/mm<sup>2</sup>**  
langswap. verhouding  $\rho_l$  = **0,0032**  
helling van de beugel  $\alpha$  = **90° (verticale beugels)**

### UITVOER

#### capaciteit beton

coëfficiënt  $C_{Rd,c}$  = **0,12 (met  $\gamma_c = 1,5$ )**  
coëfficiënt  $k_1$  = **0,15 (artikel 6.2.2)**  
coëfficiënt  $v_1 = v$  = **0,52 (artikel 6.2.3)**

#### capaciteit staal

inwendige hefboomsarm  $z$  = **127 mm**  
min. vereiste beugelwap. = **0,95 mm<sup>2</sup>/mm (balk) → Let op!**  
hoek drukdiagonaal  $\theta_{sw}$  = **21,8° (van de gekozen beugelwap.)**  
gekozen drukdiagonaal  $\theta_h$  = **45,0° (21,8° ≤  $\theta$  ≤ 45°)**

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 2,00$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ctk}^{1/2} = 0,59$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{b \times h} = 0,00 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \alpha_{cw} = 1,00$$

$$V_{Rd,s} = z \times f_{ywd} \times \cot \theta \times \frac{A_{sw}}{s} = 0 \text{ kN}$$

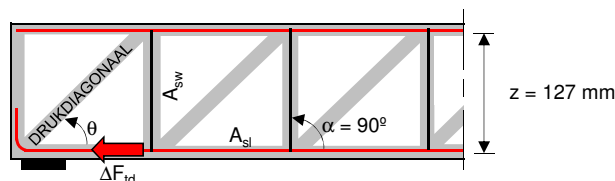
De capaciteit van het beton wordt berekend conform artikel 6.2.2.

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho_l \times f_{ctk})^{1/3} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 76 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 83 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,max} = \frac{\alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} = 765 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 83 \text{ kN}$$



$$\text{benodigde beugels } A_{ben} = \frac{V_{Ed}}{z \times f_{ywd} \times \cot \theta} = \frac{35 \text{ kN}}{127 \text{ mm} \times 435 \text{ N/mm}^2 \times \cot(45^\circ)} = 0,63 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Voor de ongescheurde delen is de dwarskrachtcapaciteit begrensd door de treksterkte van het beton. Hierbij geldt  $\alpha_t = 1$ .

$$V_{Rd,c,ongescheurd} = \frac{I_y \times b_w}{S} \times \sqrt{f_{ctd}^2 + \alpha_t \times \sigma_{cp} \times f_{ctd}} = 200 \text{ kN}$$

### CONCLUSIE

capaciteit beton van  $V_{Rd,c}$  = **83 kN > 35 kN** → Voldoet, beugels zijn niet strikt noodzakelijk.

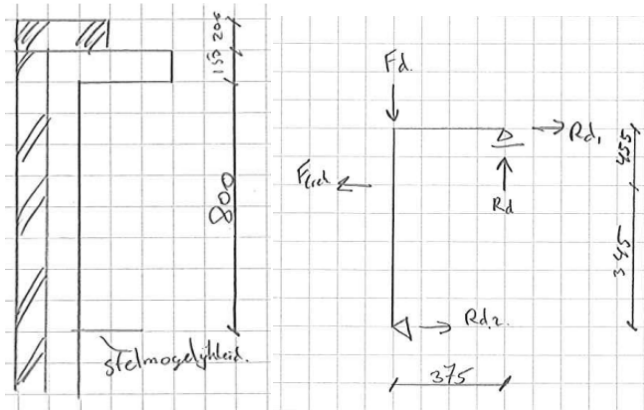
$$\text{capaciteit beugels } \frac{A_{ben}}{A_{bgl,s}} = \frac{n.v.t.}{0,00 \text{ mm}^2/\text{mm}}$$

$$\text{bijkomende trekkracht } \Delta F_{td} = 0,5 \times V_{Ed} \times [\cot \theta - \cot \alpha] = 0 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} = \frac{35 \text{ kN}}{n.v.t.}$$

## Bovenste deel

### Schematisatie



### Belasting

De belasting wordt meegenomen over de breedte van het metselwerk en de betonwand.

Beton	$F_{rep}$	$= l * h * b * \gamma_{bet} = 0,15 * 0,25 * 1,0 * 25,0$	$= 0,94 \text{ kN}$
		$= l * h * b * \gamma_{bet} = 0,15 * 1,45 * 1,0 * 25,0$	$= 5,4 \text{ kN}$
Graniet	$F_{rep}$	$= l * h * b * \gamma_{gra} = 0,26 * 0,2 * 1,0 * 28,5$	$= 1,48 \text{ kN}$
Metselwerk	$F_{rep}$	$= l * h * b * \gamma_{met} = 0,11 * 1,45 * 1,0 * 20,0$	$= 3,19 \text{ kN}$
Veranderlijk	$q_{rep}$	$= l * b * q_{gra} = 0,26 * 1,0 * 5,0$	$= 1,3 \text{ kN}$
	$F_{rep}$	$= Q_k / 2 = 40 / 2$	$= 20 \text{ kN}$
	$F_{trek}$	$=$	$= 40 \text{ kN}$

$$\begin{aligned} F_{rep} &= 0,93 + 5,4 + 1,48 + 3,19 + 1,3 + 20 &= 32,3 \text{ kN} \\ F_d &= 1,2 * (0,94 + 5,4 + 1,48 + 3,19) + 1,5 * (1,3 + 20) &= 45,2 \text{ kN} \\ F_{d, trek} &= 1,5 * 40 &= 60 \text{ kN} \end{aligned}$$

### Snedekrachten

$$V_d = F_d = 45,2 \text{ kN}$$

$$R_d = V_d = 45,2 \text{ kN}$$

Het moment in punt A uit bovenstaand afbeelding is:

$$\begin{aligned} M_{A, rep} &= 0,375 * R &= 0,375 * 32,2 &= 12,1 \text{ kNm} \\ M_{A, d} &= 0,375 * R_d &= 0,375 * 45,2 &= 17,0 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Reactiekracht  $R_{d,2}$  kan uitgerekend worden door momentensom om A te nemen:

$$M|_A = 0$$

$$-R_d * 0,375 + F_{d, trek} * 0,455 - R_{d,2} * 0,800 = 0$$

$$R_{d,2} = 12,9 \text{ kN}$$

$$R_{d,1} = F_{d, trek} - R_{d,2} = 60,0 - 12,9 = 47 \text{ kN}$$

Maximaal moment in betonwand:

$$M_{max} = R_{d,1} * 0,345 = 47 * 0,345 = 16,2 \text{ kNm}$$

### Resultaten

In navolgende rekensheets is te zien dat wapening  $\varnothing 8-100$  voldoet. Er is geen dwarskrachtwapening benodigd.

project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **ASD1515-2**  
onderdeel: **NAP 0,95\_Prefab schort, bovenste deel**

gevalideerd: ja rapport: ja  
opgesteld door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 15-07-2016

## WAPENINGSBEREKENING RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE VOOR BUIGING MET NORMAALKRACHT

De onderstaande berekening is uitgevoerd volgens de norm NEN-EN 1992-1-1:2011, inclusief NB:2011 en C2:2011.

### INVOER

#### materialen

keuze betonkwaliteit = **C 35 / 45**  
ductiliteitsklasse staal = **B**  
karakteristieke sterkte  $f_{yk}$  = **500 N/mm<sup>2</sup>**

ontwerpsituatie:  
**blijvend/tijdelijk**

#### geometrie

hoogte doorsnede = **150 mm**  
breedte doorsnede = **1000 mm**

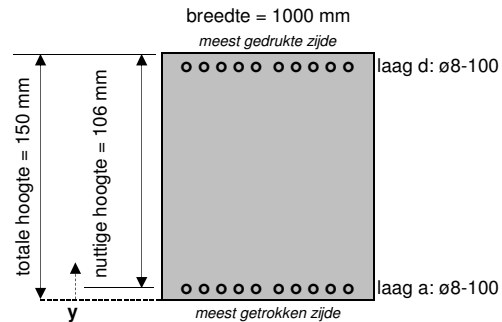
constructietype:  
**plaat**

#### belastingen

duur van de belasting = **langdurend**  
normaalkracht N = **32 kN (trek)**  
normaalkracht  $N_{Ed}$  = **45 kN (trek)**  
buigend moment M = **12 kNm**  
buigend moment  $M_{Ed}$  = **17 kNm** }  $\delta = 1,00$  (t.b.v. herverdeling moment:  $0,7 < \delta < 1,0$ )

#### wapening

constructietype = **S5**  
milieuklasse trekzijde = **XC4**  
profillering wapening = **geribd**  
nominale dekking  $c_{nom}$  = **40 mm**  
gekozen dekking  $c_{app}$  = **40 mm**  
 $k_x = c_{app} / c_{nom}$  = **1,00 [-]**



	$\phi_{km}$ [mm]	s [mm]	$\phi_{km}$ [mm]	s [mm]	$A_s$ [mm <sup>2</sup> ]	y [mm]	$d_s$ [mm]
laag a	<b>ø8</b>	<b>- 100</b>			503	<b>44</b>	106
laag b							
laag c							
laag d	<b>ø8</b>	<b>- 100</b>			503	<b>106</b>	44

gemiddelde waarden buitenste trekwapening:  $\phi_{km} = 8,0$  mm

$s_r = 100$  mm

gemiddelde waarde totale trekwapening:  $d_{s, gem} = 106$  mm

#### opgelegde vervorming

In rekening te brengen spanning ten gevolge van opgelegde vervorming.  
additionele spanning  $\Delta\sigma_s$  = **0 N/mm<sup>2</sup>**

#### gegevens beton

cilinderdruksterkte  $f_{cd}$  = **23 N/mm<sup>2</sup>**  
secans-elast.mod.  $E_{cm}$  = **34000 N/mm<sup>2</sup>**  
elast.mod  $E_c = f_{ck} / \epsilon_{c3}$  = **20000 N/mm<sup>2</sup>**  
buigtreksterkte  $f_{ctm}$  = **3,2 N/mm<sup>2</sup>**  
rek beton  $\epsilon_{c3}$  = **0,175 %**  
rek beton  $\epsilon_{cu3}$  = **0,350 %**

#### gegevens staal

Er wordt geen rekening gehouden met een hellende tak van het  $\sigma$ - $\epsilon$  diagram.  
vloeigrens staal  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$  = **435 N/mm<sup>2</sup>**  
elasticiteitsmodulus  $E_s$  = **200000 N/mm<sup>2</sup>**  
karakteristieke rek  $\epsilon_{uk}$  = **5,000 %**  
rekenwaarde rek  $\epsilon_{ud} = 0,9 \times \epsilon_{uk}$  = **4,500 %**  
rek bij vloeien staal  $\epsilon_{spl}$  = **0,217 %**

### UITERSTE GRENSTOESTAND

#### buigend moment - artikel 6.1

betondrukzone  $x_u$  = **22 mm**  
breukmoment  $M_{Rd}$  = **26 kNm**  
aanwezig moment  $M_{Ed}$  = **17 kNm**

#### interactie

maatgevende u.c. interactie M + N = **0,84 < 1,0 → OK**  
toets:  $\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{17 \text{ kNm}}{26 \text{ kNm}} = 0,65 < 1,00 \rightarrow \text{OK}$

#### drukhoogte - artikel 5.5(4) en 5.6.3

gekozen herverdeling  $\delta$  = **1,00  $\geq$  0,7 → OK**

#### rotatiecapaciteit - artikel 5.6.3

toets:  $\frac{x}{d} = \frac{22 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 0,2 < 0,53 \rightarrow \text{OK}$

#### minimum wapening - art. 9.2.1.1/NB

minimum wapening  $A_{s, min}$  = **350 mm<sup>2</sup> → OK**

### BRIJKBAARHEIDSGRENSTOESTAND

#### berekening scheurmoment $M_r$

betondrukzone  $x_r$  = **70 mm**  
scheurmoment  $M_r$  = **12 kNm, gescheurd**

#### berekening staalspanning bij $M_{rep}$

betondrukzone  $x_{rep}$  = **28 mm**  
max. staal sp.  $\sigma_s$  = **270 N/mm<sup>2</sup>**  
additioneel  $\Delta\sigma_s$  = **0 N/mm<sup>2</sup>**

#### spanningsbeperking - artikel 7.2

(2) langsscheuren;  $\sigma_b$  = **9,37 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_1 \times f_{ck}$  = **21 N/mm<sup>2</sup>** Er zullen geen langsscheuren optreden.  
(3) lin./niet-lin. kruip;  $\sigma_b$  = **9,37 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_2 \times f_{ck}$  = **16 N/mm<sup>2</sup>** Er mag rekening gehouden worden met lin. kruip.  
(5) treksp. wap.;  $\sigma_s + \Delta\sigma_s$  = **270 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_3 \times f_{yk}$  = **400 N/mm<sup>2</sup>** Onaanvaardbare scheurvorming is vermeden.

#### scheurbeheersing - artikel 7.3

scheurwijdte  $w_k$  = **0,20 mm**  
max. scheurafstand  $s_{r, max}$  = **246 mm**  
tabel 7.1N  $\rightarrow w_{max}$  = **0,30 mm  $\geq \frac{w_k}{k_x} = \frac{0,2 \text{ mm}}{1,00} = 0,20 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$**

#### minimum wapening - art. 7.3.2

minimum wapening  $A_{s, min}$  = **226 mm<sup>2</sup> → OK**

### CONCLUSIE

► toets UGT: OK  
► toets BGT: OK

project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **ASD1515-2**  
onderdeel: **NAP 0,95\_prefab schort, bovenste deel**

opgesteld door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 15-07-2016  
versie sheet: 1.7

## CONTROLE OP DWARSKRACHT RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE

De berekening is uitgevoerd volgens NEN-EN 1992-1-1 + C2:2011, met NB:2011. Deze spreadsheet is niet geldig voor gedrongen constructies.

### INVOER

#### algemeen

ontwerpsituatie = **blijvend/tijdelijk**  
constructietype = **balk**

#### materialen

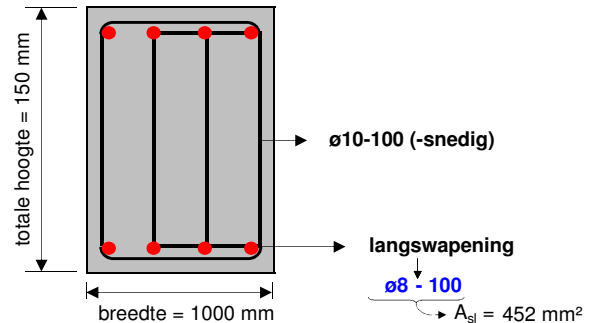
keuze betonkwaliteit = **C 35 / 45**  
karakteristieke sterkte  $f_{yk}$  = **500 N/mm<sup>2</sup>**

#### geometrie

hoogte doorsnede  $h$  = **150 mm**  
breedte doorsnede  $b$  = **1000 mm**  
nuttige hoogte  $d$  = **96 mm**

#### belastingen

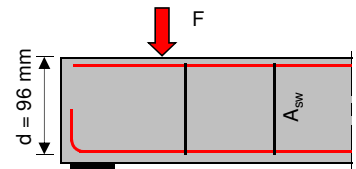
normaalkracht  $N_{Ed}$  = **47 kN (trek)**  
dwarsskracht  $V_{Ed}$  = **45 kN**



Staat een belasting  $F$  binnen een afstand van  $0,5d < a < 2,0d$  van de rand van de oplegging? → **nee**

#### beugelwapening

aantal sneden beugel  $n$  = **0**  
diameter beugel  $\phi_{bgl}$  = **ø10 mm** →  $A_{sw} = 0 \text{ mm}^2$   
beugelafstand  $s_{bgl}$  = **100 mm** → **Let op!**  
dekking op de beugel  $c$  = **40 mm**  
 $A_{bgl,s} = 0,00 \text{ mm}^2/\text{mm}$



#### gegevens beton

cilinderdruksterkte  $f_{cd}$  = **23 N/mm<sup>2</sup>**  
betontreksterkte  $f_{ctd}$  = **1,50 N/mm<sup>2</sup> (met  $\alpha_{ct} = 1$ )**

#### gegevens staal

rekenwaarde vloeigrens  $f_{ywd}$  = **435 N/mm<sup>2</sup>**  
langswap. verhouding  $\rho_l$  = **0,0047**  
helling van de beugel  $\alpha$  = **90° (verticale beugels)**

### UITVOER

#### capaciteit beton

coëfficiënt  $C_{Rd,c}$  = **0,12 (met  $\gamma_c = 1,5$ )**  
coëfficiënt  $k_1$  = **0,15 (artikel 6.2.2)**  
coëfficiënt  $v_1 = v$  = **0,52 (artikel 6.2.3)**

#### capaciteit staal

inwendige hefboomsarm  $z$  = **86 mm**  
min. vereiste beugelwap. = **0,95 mm<sup>2</sup>/mm (balk) → Let op!**  
hoek drukdiagonaal  $\theta_{sw}$  = **21,8° (van de gekozen beugelwap.)**  
gekozen drukdiagonaal  $\theta_h$  = **45,0° (21,8° ≤  $\theta$  ≤ 45°)**

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 2,00$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0,59$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{b \times h} = 0,31 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \alpha_{cw} = 1,00$$

$$V_{Rd,s} = z \times f_{ywd} \times \cot \theta \times \frac{A_{sw}}{s} = 0 \text{ kN}$$

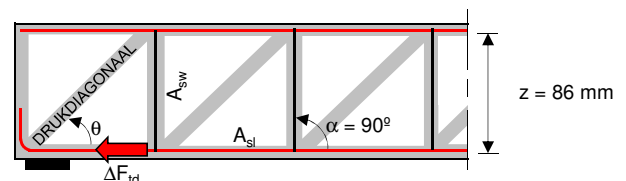
De capaciteit van het beton wordt berekend conform artikel 6.2.2.

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 54 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 52 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,max} = \frac{\alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{ctd}}{\cot \theta + \tan \theta} = 518 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 54 \text{ kN}$$



$$\text{benodigde beugels } A_{ben} = \frac{V_{Ed}}{z \times f_{ywd} \times \cot \theta} = \frac{45 \text{ kN}}{86 \text{ mm} \times 435 \text{ N/mm}^2 \times \cot(45^\circ)} = 1,21 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Voor de ongescheurde delen is de dwarskrachtcapaciteit begrensd door de treksterkte van het beton. Hierbij geldt  $\alpha_t = 1$ .

$$V_{Rd,c,ongescheurd} = \frac{I_y \times b_w}{S} \times \sqrt{f_{ctd}^2 + \alpha_t \times \sigma_{cp} \times f_{ctd}} = 165 \text{ kN}$$

### CONCLUSIE

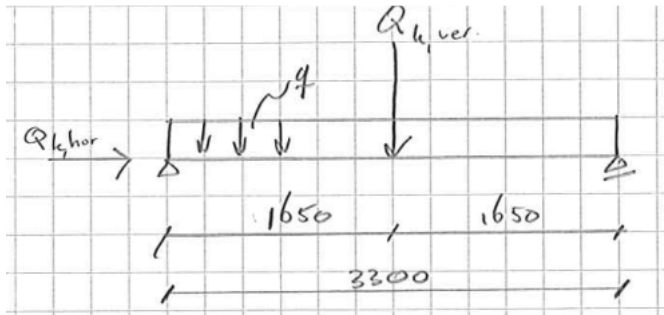
capaciteit beton van  $V_{Rd,c}$  = **54 kN > 45,2 kN → Voldoet, beugels zijn niet strikt noodzakelijk.**

$$\text{capaciteit beugels } \frac{A_{ben}}{A_{bgl,s}} = \frac{n.v.t.}{0,00 \text{ mm}^2/\text{mm}} \quad \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} = \frac{45 \text{ kN}}{n.v.t.}$$

$$\text{bijkomende trekkracht } \Delta F_{td} = 0,5 \times V_{Ed} \times [\cot \theta - \cot \alpha] = 0 \text{ kN}$$

## Langsrichting

### Schematisatie



### Belasting

De belasting wordt meegenomen over de breedte van het metselwerk en de betonwand.

#### Permanent

Beton	$G_{rep}$	$= b * h * l * \gamma_{bet} = 0,15 * 0,60 * 3,3 * 25,0$	$= 7,4 \text{ kN}$
		$= b * h * l * \gamma_{bet} = 0,15 * 1,45 * 3,3 * 25,0$	$= 17,9 \text{ kN}$
		$= b * h * l * \gamma_{bet} = 0,26 * 0,20 * 3,3 * 25,0$	$= 4,3 \text{ kN}$
Graniet	$G_{rep}$	$= b * h * l * \gamma_{gra} = 0,50 * 0,20 * 3,3 * 28,5$	$= 9,7 \text{ kN}$
Metselwerk	$G_{rep}$	$= b * h * l * \gamma_{met} = 0,11 * 1,45 * 3,3 * 20,0$	$= 10,5 \text{ kN}$
	$q_{rep}$	$= (G_{rep,bet} + G_{rep,gra} + G_{rep,met}) / 1,8$	$= 49,8 \text{ kN/m}$

Veranderlijk	$q_{Q, rep}$	$= 5,0 * 1,0$	$= 5,0 \text{ kN/m}$
	$F_{rep}$	$= Q_{rep, vert} / 2 = 40 / 2$	$= 20 \text{ kN}$
Remkracht	$F_{rep, hor}$	$= Q_{rep, hor}$	$= 30 \text{ kN}$

$q_{rep}$	$= q_{G, rep} + q_{Q, rep} = 49,8 + 5,0$	$= 54,8 \text{ kN/m}$
$q_d$	$= 1,2 * q_{G, rep} + 1,5 * q_{Q, rep} = 1,2 * 49,8 + 1,5 * 5,0$	$= 67,3 \text{ kN/m}$

$F_{rep}$	$=$	$= 20 \text{ kN}$
$F_{d, ver}$	$= 1,5 * F_{rep} = 1,5 * 20$	$= 30 \text{ kN}$
$F_{d, hor}$	$= 1,5 * F_{rep, hor} = 1,5 * 30$	$= 45 \text{ kN}$

### Snedekrachten

$V_{rep}$	$= (q_{rep} * l + F_{rep}) / 2 = (54,8 * 3,3 + 20) / 2$	$= 100,4 \text{ kN}$
$V_d$	$= (q_d * l + F_d) / 2 = (67,3 * 3,3 + 30) / 2$	$= 126,0 \text{ kN}$

$M_{rep}$	$= \frac{1}{8} * q_{rep} * l^2 + \frac{1}{4} * F_{rep} * l = \frac{1}{8} * 54,8 * 3,3^2 + \frac{1}{4} * 20 * 3,3$	$= 91,1 \text{ kNm}$
$M_d$	$= \frac{1}{8} * q_d * l^2 + \frac{1}{4} * F_d * l = \frac{1}{8} * 67,3 * 3,3^2 + \frac{1}{4} * 30 * 3,3$	$= 116,4 \text{ kNm}$

### Resultaten

In navolgende rekensheets is te zien dat wapening Ø8-100 niet voldoet aan de UGT en BGT controle. Er wordt gekozen om wapening bij te leggen. Er worden in totaal 8 staven Ø8 in het onderste gedeelte gelegd. Waarbij 6 staven meewerken aan de UGT:  $A_s = 300 \text{ mm} > 281 \text{ mm}$ . Er is wel dwarskrachtwapening benodigd, Ø8-100 wordt toegepast.

project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **ASD1515-2**  
onderdeel: **NAP 0,95\_Prefab schort, langsrchting**

gevalideerd: ja rapport: ja  
opgesteld door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 15-07-2016

## WAPENINGSBEREKENING RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE VOOR BUIGING MET NORMAALKRACHT

De onderstaande berekening is uitgevoerd volgens de norm NEN-EN 1992-1-1:2011, inclusief NB:2011 en C2:2011.

### INVOER

#### materiaal

keuze betonkwaliteit = **C 35 / 45**  
ductiliteitsklasse staal = **B**  
karakteristieke sterkte  $f_{yk}$  = **500 N/mm<sup>2</sup>**

ontwerpsituatie:  
**blijvend/tijdelijk**

#### geometrie

hoogte doorsnede = **1650 mm**  
breedte doorsnede = **150 mm**

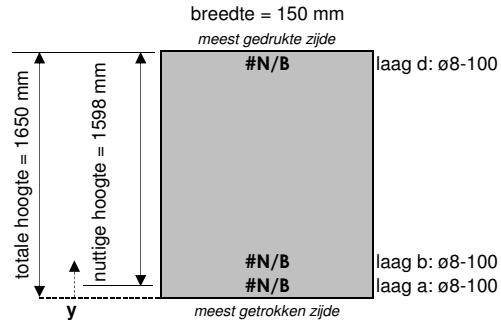
constructietype:  
**plaat**

#### belastingen

duur van de belasting = **langdurend**  
normaalkracht N = **30 kN (trek)**  
normaalkracht  $N_{Ed}$  = **45 kN (trek)**  
buigend moment M = **91 kNm**  
buigend moment  $M_{Ed}$  = **116 kNm** }  $\delta = 1,00$  (t.b.v. herverdeling moment:  $0,7 < \delta < 1,0$ )

#### wapening

constructietype = **S5**  
milieuklasse trekzijde = **XC4**  
profillering wapening = **geribd**  
nominale dekking  $c_{nom}$  = **40 mm**  
gekozen dekking  $c_{app}$  = **40 mm**  
 $k_x = c_{app} / c_{nom}$  = **1,00 [-]**



	$\phi_{km}$ [mm]	s [mm]	$\phi_{km}$ [mm]	s [mm]	$A_s$ [mm <sup>2</sup> ]	y [mm]	$d_s$ [mm]
laag a	ø8	- 100			75	52	1598
laag b	ø8	- 100			75	52	1598
laag c							
laag d	ø8	- 100			75	1597	53

gemiddelde waarden buitenste trekwapening:  $\phi_{km} = 8,0$  mm

$s_r = 100$  mm

gemiddelde waarde totale trekwapening:  $d_{s, gem} = 1598$  mm

#### opgelegde vervorming

In rekening te brengen spanning ten gevolge van opgelegde vervorming.  
additionele spanning  $\Delta\sigma_s$  = **0 N/mm<sup>2</sup>**

#### gegevens beton

cilinderdruksterkte  $f_{cd}$  = **23 N/mm<sup>2</sup>**  
secans-elast.mod.  $E_{cm}$  = **34000 N/mm<sup>2</sup>**  
elast.mod  $E_c = f_{ck} / \epsilon_{c3}$  = **20000 N/mm<sup>2</sup>**  
buigtreksterkte  $f_{ctm}$  = **3,2 N/mm<sup>2</sup>**  
rek beton  $\epsilon_{c3}$  = **0,175 %**  
rek beton  $\epsilon_{cu3}$  = **0,350 %**

#### gegevens staal

Er wordt geen rekening gehouden met een hellende tak van het  $\sigma$ - $\epsilon$  diagram.  
vloei grens staal  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$  = **435 N/mm<sup>2</sup>**  
elasticiteitsmodulus  $E_s$  = **200000 N/mm<sup>2</sup>**  
karakteristieke rek  $\epsilon_{uk}$  = **5,000 %**  
rekenwaarde rek  $\epsilon_{ud} = 0,9 \times \epsilon_{uk}$  = **4,500 %**  
rek bij vloeien staal  $\epsilon_{spl}$  = **0,217 %**

### UITERSTE GRENSTOESTAND

#### buigend moment - artikel 6.1

betondrukzone  $x_u$  = **22 mm**  
breukmoment  $M_{Rd}$  = **69 kNm**  
aanwezig moment  $M_{Ed}$  = **116 kNm**

#### interactie

maatgevende u.c. interactie M + N = **1,57 < 1,0 → OK**

$$\text{toets: } \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{116 \text{ kNm}}{69 \text{ kNm}} = 1,69 > 1,00 \rightarrow \text{NIET OK!}$$

#### drukhoogte - artikel 5.5(4) en 5.6.3

gekozen herverdeling  $\delta$  = **1,00  $\geq$  0,7 → OK**

#### rotatiecapaciteit - artikel 5.6.3

$$\text{toets: } \frac{x}{d} = \frac{22 \text{ mm}}{1650 \text{ mm}} = 0,01 < 0,53 \rightarrow \text{OK}$$

#### minimum wapening - art. 9.2.1.1/NB

minimum wapening  $A_{s, min}$  = **281 → NIET OK!**

### BRIJKBAARHEIDSGRENSTOESTAND

#### berekening scheurmoment $M_r$

betondrukzone  $x_r$  = **795 mm**  
scheurmoment  $M_r$  = **216 kNm, ongescheurd**

#### berekening staalspanning bij $M_{rep}$

betondrukzone  $x_{rep}$  = **123 mm**  
max. staalsp.  $\sigma_s$  = **489 N/mm<sup>2</sup>**  
additioneel  $\Delta\sigma_s$  = **0 N/mm<sup>2</sup>**

#### spanningsbeperking - artikel 7.2

(2) langsscheuren;  $\sigma_b$  = **4,50 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_1 \times f_{ck}$  = **21 N/mm<sup>2</sup>** Er zullen geen langsscheuren optreden.  
(3) lin./niet-lin. kruip;  $\sigma_b$  = **4,50 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_2 \times f_{ck}$  = **16 N/mm<sup>2</sup>** Er mag rekening gehouden worden met lin. kruip.  
(5) treksp. wap.;  $\sigma_s + \Delta\sigma_s$  = **489 N/mm<sup>2</sup>** >  $k_3 \times f_{yk}$  = **400 N/mm<sup>2</sup>** Onaanvaardbare scheurvorming!

#### scheurbeheersing - conform §4.3.3 'Betonconstructies onder Temperatuur- en Krimpvervormingen', prof. dr. ir. K. van Breugel.

scheurwijdte  $w_k$  = **-6,29 mm (onvoltooid scheurenpatroon)**  
max. scheurafstand  $s_{r, max}$  = **339 mm**  
tabel 7.1N →  $w_{max}$  = **0,30 mm  $\geq \frac{w_k}{k_x} = \frac{-6,29 \text{ mm}}{1,00} = -6,29 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$**

#### minimum wapening - art. 7.3.2

minimum wapening  $A_{s, min}$  = **226 → NIET OK!**

### CONCLUSIE

► toets UGT: niet OK!  
► toets BGT: niet OK!

project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **ASD1515-2**  
onderdeel: **NAP 0,95\_prefab schort, langsrichting**

opgesteld door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 15-07-2016  
versie sheet: 1.7

## CONTROLE OP DWARSKRACHT RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE

De berekening is uitgevoerd volgens NEN-EN 1992-1-1 + C2:2011, met NB:2011. Deze spreadsheet is niet geldig voor gedrongen constructies.

### INVOER

#### algemeen

ontwerpsituatie = **blijvend/tijdelijk**  
constructietype: = **plaat**

#### materiaal

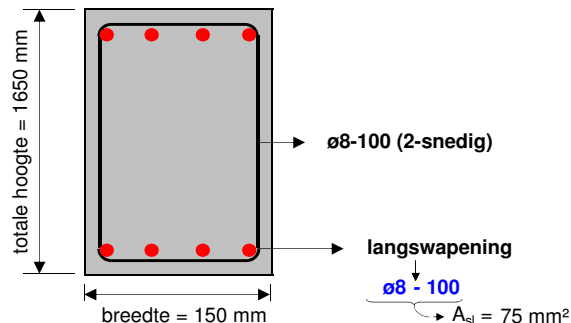
keuze betonkwaliteit = **C 35 / 45**  
karakteristieke sterkte  $f_{yk}$  = **500** N/mm<sup>2</sup>

#### geometrie

hoogte doorsnede  $h$  = **1650** mm  
breedte doorsnede  $b$  = **150** mm  
nuttige hoogte  $d$  = **1598** mm

#### belastingen

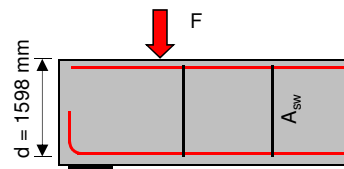
normaalkracht  $N_{Ed}$  = **45** kN (trek)  
dwarsskracht  $V_{Ed}$  = **126** kN



Staat een belasting  $F$  binnen een afstand van  $0,5d < a < 2,0d$  van de rand van de oplegging? → **nee**

#### beugelwapening

aantal sneden beugel  $n$  = **2**  
diameter beugel  $\phi_{bgl}$  = **ø8** mm } →  $A_{sw} = 101$  mm<sup>2</sup>  
beugelafstand  $s_{bgl}$  = **100** mm }  $A_{bgl/s} = 1,01$  mm<sup>2</sup>/mm  
dekking op de beugel  $c$  = **40** mm



#### gegevens beton

cilinderdruksterkte  $f_{cd}$  = **23** N/mm<sup>2</sup>  
betontreksterkte  $f_{ctd}$  = **1,50** N/mm<sup>2</sup> (met  $\alpha_{ct} = 1$ )

#### gegevens staal

rekenwaarde vloeigrens  $f_{ywd}$  = **435** N/mm<sup>2</sup>  
langswap. verhouding  $\rho_l$  = **0,0003**  
helling van de beugel  $\alpha$  = **90°** (verticale beugels)

### UITVOER

#### capaciteit beton

coëfficiënt  $C_{Rd,c}$  = **0,12** (met  $\gamma_c = 1,5$ )  
coëfficiënt  $k_1$  = **0,15** (artikel 6.2.2)  
coëfficiënt  $v_1 = v$  = **0,52** (artikel 6.2.3)

#### capaciteit staal

inwendige hefboomsarm  $z$  = **1438** mm  
min. vereiste beugelwap. = **0,00** mm<sup>2</sup>/mm (plaat)  
hoek drukdiagonaal  $\theta_{sw}$  = **29,5°** (van de gekozen beugelwap.)  
gekozen drukdiagonaal  $\theta_h$  = **45,0°** ( $21,8° \leq \theta \leq 45°$ )

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,35$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0,33$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{b \times h} = 0,18 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \alpha_{cw} = 1,00$$

$$V_{Rd,s} = z \times f_{ywd} \times \cot \theta \times \frac{A_{sw}}{s} = 629 \text{ kN}$$

De capaciteit van het beton wordt berekend conform artikel 6.2.2.

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 34 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 72 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,max} = \frac{\alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} = 1299 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 72 \text{ kN}$$

$$\text{benodigde beugels } A_{ben} = \frac{V_{Ed}}{z \times f_{ywd} \times \cot \theta} = \frac{126 \text{ kN}}{1438 \text{ mm} \times 435 \text{ N/mm}^2 \times \cot(45°)} = 0,20 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Voor de ongescheurde delen is de dwarskrachtcapaciteit begrensd door de treksterkte van het beton. Hierbij geldt  $\alpha_t = 1$ .

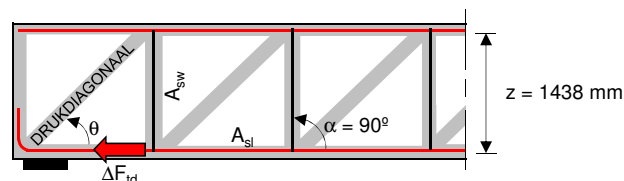
$$V_{Rd,c,ongescheurd} = \frac{I_y \times b_w}{S} \times \sqrt{f_{ctd}^2 + \alpha_t \times \sigma_{cp} \times f_{ctd}} = 262 \text{ kN}$$

### CONCLUSIE

capaciteit beton van  $V_{Rd,c}$  = **72 kN** < **126 kN** → Betoncapaciteit kan niet in rekening worden gebracht, beugels zijn noodzakelijk.

$$\text{capaciteit beugels } \frac{A_{ben}}{A_{bgl/s}} = \frac{0,20 \text{ mm}^2/\text{mm}}{1,01 \text{ mm}^2/\text{mm}} = 0,20 < 1,00 \rightarrow \text{voldoet of } \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} = \frac{126 \text{ kN}}{629 \text{ kN}} = 0,2 < 1,00 \rightarrow \text{voldoet}$$

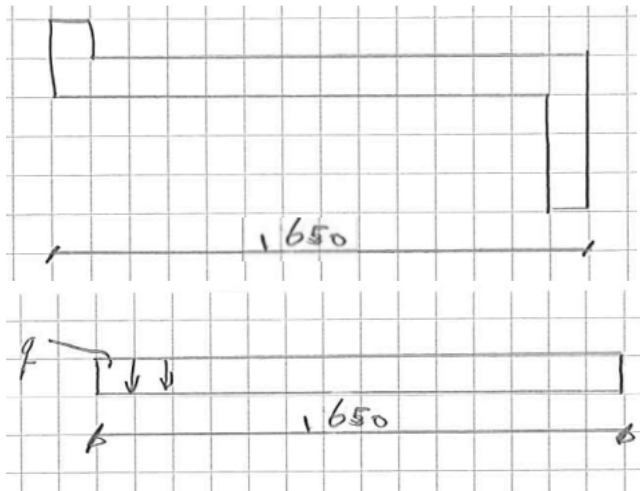
$$\text{bijkomende trekkracht } \Delta F_{td} = 0,5 \times V_{Ed} \times [\cot \theta - \cot \alpha] = 0,5 \times 126 \text{ kN} \times [\cot(45°) - \cot(90°)] = 63 \text{ kN (in de langswapening)}$$





## Transport

### Schematisatie



### Belasting

Belasting per strekkende meter

Eigen gewicht

Beton, hoogte 0,2m conservatief

$$\begin{aligned} q_{rep} &= 0,2 * 1,0 * 25,0 &= 5,0 \text{ kN/m} \\ q_d &= 1,35 * q_{G,rep} = 1,35 * 5 &= 6,75 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

### Snedekrachten

$$\begin{aligned} V_{rep} &= (q_{rep} * l) / 2 &= (5,0 * 1,65) / 2 &= 4,1 \text{ kN} \\ V_d &= (q_d * l) / 2 &= (6,75 * 1,65) / 2 &= 5,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{rep} &= \frac{1}{8} * q_{rep} * l^2 &= \frac{1}{8} * 5,0 * 1,65^2 &= 1,7 \text{ kNm} \\ M_d &= \frac{1}{8} * q_d * l^2 &= \frac{1}{8} * 6,75 * 1,65^2 &= 2,3 \text{ kNm} \end{aligned}$$

### Resultaten

In navolgende rekensheets is te zien dat wapening Ø8-100 voldoet. Er is geen dwarskrachtwapening benodigd.

project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **ASD1515-2**  
onderdeel: **NAP 0,95\_Prefab schort, transport**

gevalideerd: ja rapport: ja  
opgesteld door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 15-07-2016

## WAPENINGSBEREKENING RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE VOOR BUIGING MET NORMAALKRACHT

De onderstaande berekening is uitgevoerd volgens de norm NEN-EN 1992-1-1:2011, inclusief NB:2011 en C2:2011.

### INVOER

#### materiaal

keuze betonkwaliteit = **C 35 / 45**  
ductiliteitsklasse staal = **B**  
karakteristieke sterkte  $f_{yk}$  = **500 N/mm<sup>2</sup>**

ontwerpsituatie:  
**blijvend/tijdelijk**

#### geometrie

hoogte doorsnede = **150 mm**  
breedte doorsnede = **1000 mm**

constructietype:  
**plaat**

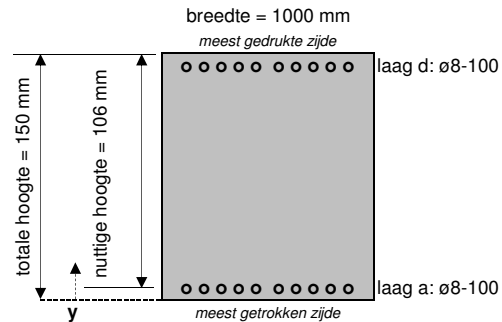
#### belastingen

duur van de belasting = **langdurend**  
normaalkracht N = **0 kN**  
normaalkracht  $N_{Ed}$  = **0 kN**  
buigend moment M = **2 kNm**  
buigend moment  $M_{Ed}$  = **2 kNm**

$\delta = 1,00$  (t.b.v. herverdeling moment:  $0,7 < \delta < 1,0$ )

#### wapening

constructietype = **S5**  
milieuklasse trekzijde = **XC4**  
profillering wapening = **geribd**  
nominale dekking  $c_{nom}$  = **40 mm**  
gekozen dekking  $c_{app}$  = **40 mm**  
 $k_x = c_{app} / c_{nom}$  = **1,00 [-]**



	$\phi_{km}$ [mm]	s [mm]	$\phi_{km}$ [mm]	s [mm]	$A_s$ [mm <sup>2</sup> ]	y [mm]	$d_s$ [mm]
laag a	<b>ø8</b>	<b>- 100</b>			503	<b>44</b>	106
laag b							
laag c							
laag d	<b>ø8</b>	<b>- 100</b>			503	<b>106</b>	44

gemiddelde waarden buitenste trekwapening:  $\phi_{km} = 8,0$  mm

$s_r = 100$  mm

gemiddelde waarde totale trekwapening:  $d_{s, gem} = 106$  mm

#### opgelegde vervorming

In rekening te brengen spanning ten gevolge van opgelegde vervorming.  
additionele spanning  $\Delta\sigma_s$  = **0 N/mm<sup>2</sup>**

#### gegevens beton

cilinderdruksterkte  $f_{cd}$  = **23 N/mm<sup>2</sup>**  
secans-elast.mod.  $E_{cm}$  = **34000 N/mm<sup>2</sup>**  
elast.mod  $E_c = f_{ck} / \epsilon_{c3}$  = **20000 N/mm<sup>2</sup>**  
buigtreksterkte  $f_{ctm}$  = **3,2 N/mm<sup>2</sup>**  
rek beton  $\epsilon_{c3}$  = **0,175 %**  
rek beton  $\epsilon_{cu3}$  = **0,350 %**

#### gegevens staal

Er wordt geen rekening gehouden met een hellende tak van het  $\sigma$ - $\epsilon$  diagram.  
vloei grens staal  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$  = **435 N/mm<sup>2</sup>**  
elasticiteitsmodulus  $E_s$  = **200000 N/mm<sup>2</sup>**  
karakteristieke rek  $\epsilon_{uk}$  = **5,000 %**  
rekenwaarde rek  $\epsilon_{ud} = 0,9 \times \epsilon_{uk}$  = **4,500 %**  
rek bij vloeien staal  $\epsilon_{spl}$  = **0,217 %**

### UITERSTE GRENSTOESTAND

#### buigend moment - artikel 6.1

betondrukzone  $x_u$  = **24 mm**  
breukmoment  $M_{Rd}$  = **29 kNm**  
aanwezig moment  $M_{Ed}$  = **2 kNm**

#### interactie

maatgevende u.c. interactie M + N = **0,1 < 1,0 → OK**  
toets:  $\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{2 \text{ kNm}}{29 \text{ kNm}} = 0,08 < 1,00 \rightarrow OK$

#### drukhoogte - artikel 5.5(4) en 5.6.3

gekozen herverdeling  $\delta$  = **1,00  $\geq 0,7 \rightarrow OK$**

#### rotatiecapaciteit - artikel 5.6.3

toets:  $\frac{x}{d} = \frac{24 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 0,23 < 0,53 \rightarrow OK$

#### minimum wapening - art. 9.2.1.1/NB

minimum wapening  $A_{s, min}$  = **75 mm<sup>2</sup> → OK**

### BRIJKBAARHEIDSGRENSTOESTAND

#### berekening scheurmoment $M_r$

betondrukzone  $x_r$  = **75 mm**  
scheurmoment  $M_r$  = **12 kNm, ongescheurd**

#### berekening staalspanning bij $M_{rep}$

betondrukzone  $x_{rep}$  = **30 mm**  
max. staalsp.  $\sigma_s$  = **33 N/mm<sup>2</sup>**  
additioneel  $\Delta\sigma_s$  = **0 N/mm<sup>2</sup>**

#### spanningsbeperking - artikel 7.2

(2) langsscheuren;  $\sigma_b$  = **1,28 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_1 \times f_{ck}$  = **21 N/mm<sup>2</sup>** Er zullen geen langsscheuren optreden.  
(3) lin./niet-lin. kruip;  $\sigma_b$  = **1,28 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_2 \times f_{ck}$  = **16 N/mm<sup>2</sup>** Er mag rekening gehouden worden met lin. kruip.  
(5) treksp. wap.;  $\sigma_s + \Delta\sigma_s$  = **33 N/mm<sup>2</sup>** <  $k_3 \times f_{yk}$  = **400 N/mm<sup>2</sup>** Onaanvaardbare scheurvorming is vermeden.

#### scheurbeheersing - conform §4.3.3 'Betonconstructies onder Temperatuur- en Krimpvervormingen', prof. dr. ir. K. van Breugel.

scheurwijdte  $w_k$  = **0,00 mm** (onvoltooid scheurenpatroon)  
max. scheurafstand  $s_{r, max}$  = **244 mm**  
tabel 7.1N  $\rightarrow w_{max}$  = **0,30 mm  $\geq \frac{w_k}{k_x} = \frac{0 \text{ mm}}{1,00} = 0,00 \text{ mm} \rightarrow OK$**

#### minimum wapening - art. 7.3.2

minimum wapening  $A_{s, min}$  = **193 mm<sup>2</sup> → OK**

### CONCLUSIE

► toets UGT: OK  
► toets BGT: OK

project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **ASD1515-2**  
onderdeel: **NAP 0,95\_prefab schort, transport**

opgesteld door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 15-07-2016  
versie sheet: 1.7

## CONTROLE OP DWARSKRACHT RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE

De berekening is uitgevoerd volgens NEN-EN 1992-1-1 + C2:2011, met NB:2011. Deze spreadsheet is niet geldig voor gedrongen constructies.

### INVOER

#### algemeen

ontwerpsituatie = **blijvend/tijdelijk**  
constructietype: = **balk**

#### materiaal

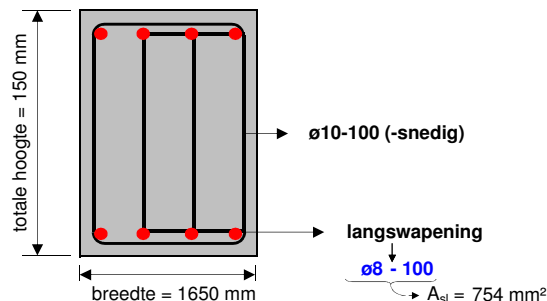
keuze betonkwaliteit = **C 35 / 45**  
karakteristieke sterkte  $f_{yk}$  = **500 N/mm<sup>2</sup>**

#### geometrie

hoogte doorsnede h = **150 mm**  
breedte doorsnede b = **1650 mm**  
nuttige hoogte d = **91 mm**

#### belastingen

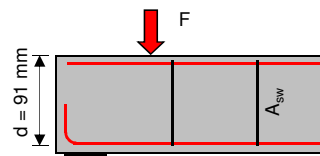
normaalkracht  $N_{Ed}$  = **0 kN**  
dwarskracht  $V_{Ed}$  = **6 kN**



Staat een belasting F binnen een afstand van  $0,5d < a < 2,0d$  van de rand van de oplegging? → **nee**

#### beugelwapening

aantal sneden beugel n = **0** →  $A_{sw} = 0 \text{ mm}^2$   
diameter beugel  $\phi_{bgl}$  = **ø10 mm**  
beugelafstand  $s_{bgl}$  = **150 mm** → **Let op!**  
dekking op de beugel c = **45 mm**  
→  $A_{bgl} = 0,00 \text{ mm}^2/\text{mm}$



#### gegevens beton

cilinderdruksterkte  $f_{cd}$  = **23 N/mm<sup>2</sup>**  
betontreksterkte  $f_{ctd}$  = **1,50 N/mm<sup>2</sup>** (met  $\alpha_{ct} = 1$ )

#### gegevens staal

rekenwaarde vloeigrens  $f_{ywd}$  = **435 N/mm<sup>2</sup>**  
langswap. verhouding  $\rho_l$  = **0,0050**  
helling van de beugel  $\alpha$  = **90°** (verticale beugels)

### UITVOER

#### capaciteit beton

coëfficiënt  $C_{Rd,c}$  = **0,12** (met  $\gamma_c = 1,5$ )  
coëfficiënt  $k_1$  = **0,15** (artikel 6.2.2)  
coëfficiënt  $v_1 = v$  = **0,52** (artikel 6.2.3)

#### capaciteit staal

inwendige hefboomsarm z = **82 mm**  
min. vereiste beugelwap. = **1,56 mm<sup>2</sup>/mm** (balk) → **Let op!**  
hoek drukdiagonaal  $\theta_{sw}$  = **21,8°** (van de gekozen beugelwap.)  
gekozen drukdiagonaal  $\theta_h$  = **45,0°** ( $21,8° \leq \theta \leq 45°$ )

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 2,00$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0,59$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{b \times h} = 0,00 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \alpha_{cw} = 1,00$$

$$V_{Rd,s} = z \times f_{ywd} \times \cot \theta \times \frac{A_{sw}}{s} = 0 \text{ kN}$$

De capaciteit van het beton wordt berekend conform artikel 6.2.2.

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 94 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 88 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,max} = \frac{\alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} = 815 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 94 \text{ kN}$$

$$\text{benodigde beugels } A_{ben} = \frac{V_{Ed}}{z \times f_{ywd} \times \cot \theta} = \frac{6 \text{ kN}}{82 \text{ mm} \times 435 \text{ N/mm}^2 \times \cot(45°)} = 0,16 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Voor de ongescheurde delen is de dwarskrachtcapaciteit begrensd door de treksterkte van het beton. Hierbij geldt  $\alpha_t = 1$ .

$$V_{Rd,c,ongescheurd} = \frac{I_y \times b_w}{S} \times \sqrt{f_{ctd}^2 + \alpha_t \times \sigma_{cp} \times f_{ctd}} = 247 \text{ kN}$$

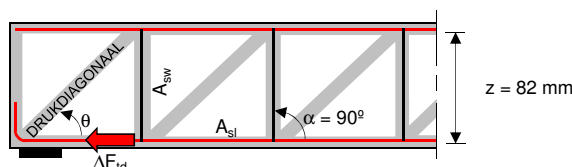
### CONCLUSIE

capaciteit beton van  $V_{Rd,c}$  = **94 kN** > 5,6 kN → Voldoet, beugels zijn niet strikt noodzakelijk.

$$\text{capaciteit beugels } \frac{A_{ben}}{A_{bgl}} = \frac{n.v.t.}{0,00 \text{ mm}^2/\text{mm}}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} = \frac{6 \text{ kN}}{n.v.t.}$$

$$\text{bijkomende trekkracht } \Delta F_{td} = 0,5 \times V_{Ed} \times [\cot \theta - \cot \alpha] = 0 \text{ kN}$$



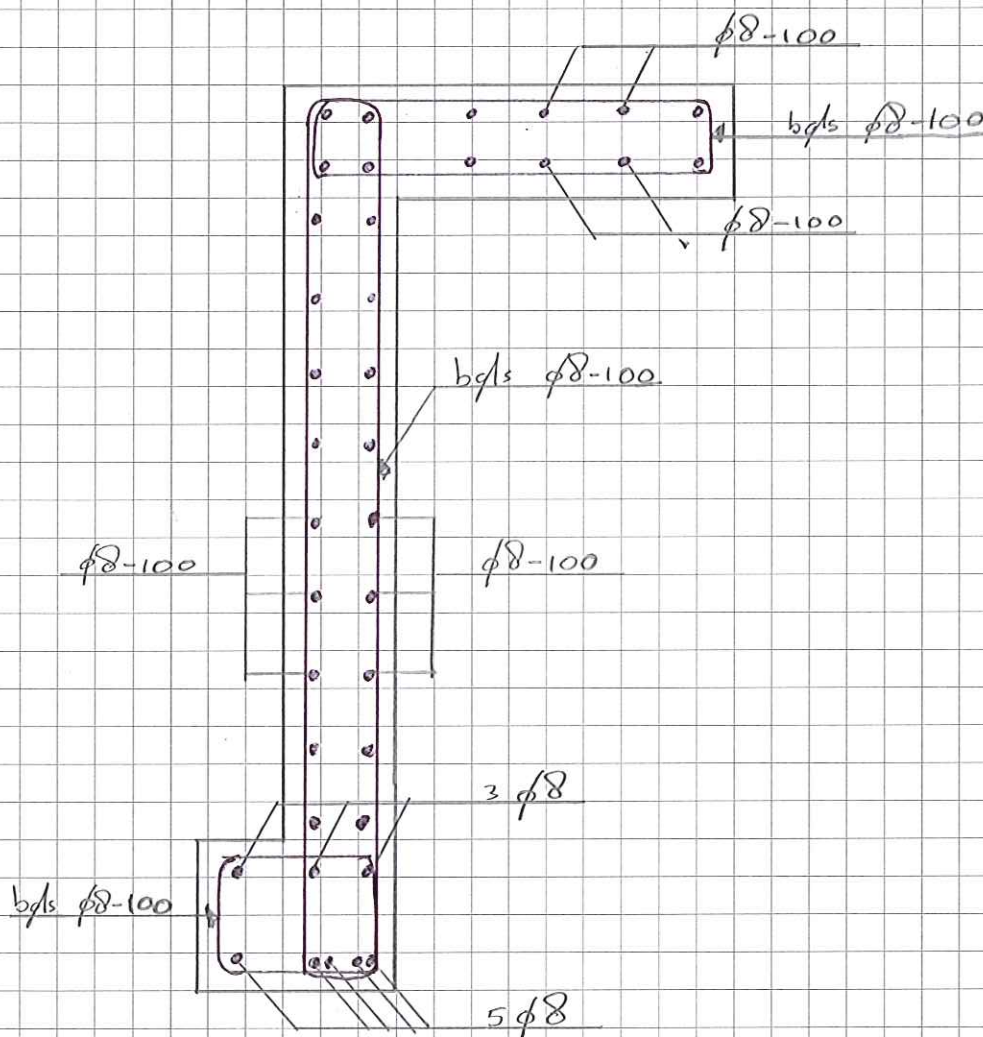
projectnummer \_\_\_\_\_

door \_\_\_\_\_

datum \_\_\_\_\_

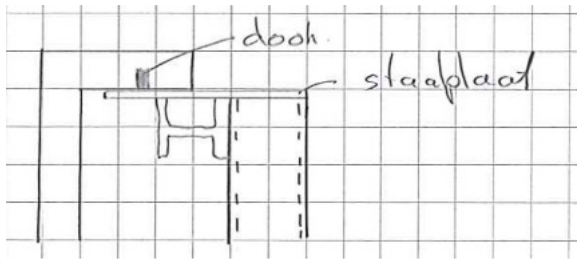
nummer \_\_\_\_\_

\* Wapeningsschets NAP +0,95 m.



## Aansluiting schorten met staalplaat

De prefab betonschorten worden middels twee doken bevestigd aan de staalplaat.



### Belasting

De doken worden enkel belast op afschuiving.

NAP +2,20m:  $V_d = 10,8 \text{ kN/m}$

NAP +0,95m:  $V_d = F_d \cdot (0,375 / 0,800) = 45,2 \cdot (0,375 / 0,800) = 21,2 \text{ kN/m}$   
 $F_{d,trek} = 60 \text{ kN}$

### NAP +2,20m

Het element is 1,8m lang, de maximale trekkracht per dook is:

$$V_d = 0,90 \cdot 10,8 = 9,72 \text{ kN}$$

$$A_{s,dook} = V_d / f_{yd} / \sqrt{3} = 9,72 \cdot 10^3 / 435 / \sqrt{3} = 39 \text{ mm}^2.$$

Toepassen een dook van Ø25 (491 mm<sup>2</sup>), praktisch, zelf als NAP +0,95m

### NAP +0,95m

Het element is 3,3m lang, de maximale schuifkracht per dook is:

$$V_d = 0,5 \cdot l \cdot V_d + F_{d,trek} / 2 = 0,5 \cdot 3,3 \cdot 21,2 + 60 / 2 = 65,0 \text{ kN}$$

$$A_{s,dook} = V_d / f_{yd} / \sqrt{3} = 65,0 \cdot 10^3 / 435 / \sqrt{3} = 259 \text{ mm}^2.$$

Toepassen een dook van Ø25 (491 mm<sup>2</sup>)

Corrosie controle

$$A_s = \pi (12,5 - 1,2)^2 = 401 \text{ mm}^2 > 259 \text{ mm}^2$$

## Controle stelmogelijkheid

Per prefab betonschort worden 2 stelmogelijkheden toegepast.

### Belasting

De stelmogelijkheid wordt zowel op druk als op trek belast. De maatgevende doorsnede is doorsnede 2, NAP +0,95m maatgevend. De kracht vanuit de haalkom wordt verdeeld over de twee stelmogelijkheden.

$$F_{d, \text{trek}} = 60 \text{ kN}$$

Bij NAP 0,95 m geldt:

$$R_{d,2} = 0,9 * G = 0,9 * 11 \text{ kN/m} * 0,375/0,800 = 4,64 \text{ kN/m}$$

$$R_{d,2} = 4,64 * (3,3/2) = 7,7 \text{ kN (druk)}$$

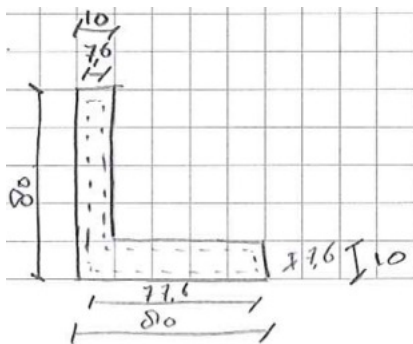
### Geometrie

Het prefab schort wordt voorzien van een hoekstaal L 80 x 80 x 10mm.

Inclusief corrosie van 1,2 mm per zijde is het oppervlak

$$A = 77,6 * 7,6 + 70 * 7,6 = 1122 \text{ mm}^2$$

$$I = 42,29 * 10^4 \text{ mm}^4$$



### Axiale trek

$$N_{Ed} = 30 \text{ kN}$$

$$\sigma = N_{Ed} / A = 30 * 10^3 / 1122 = 27 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma < f_{yd}$$

$$27 < 235 \text{ N/mm}^2$$

### Axiale druk

$$N_{Ed} = 7,7 \text{ kN}$$

$$\sigma = N_{Ed} / A = 7,7 * 10^3 / 1122 = 7 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma < f_{yd}$$

$$7 < 235 \text{ N/mm}^2$$



## BIJLAGE: CONSTRUCTIEVE BEREKENING ANKERSTOEL

project: **Walmuurvernieuwing Recht Boomssloot**  
 projectcode: **103100**  
 onderdeel: **Berekening ankerstoel NAP +2,00m**  
 datum: **22-11-2017**  
 opsteller: **M. Bakker**

### Uitgangspunten geometrie

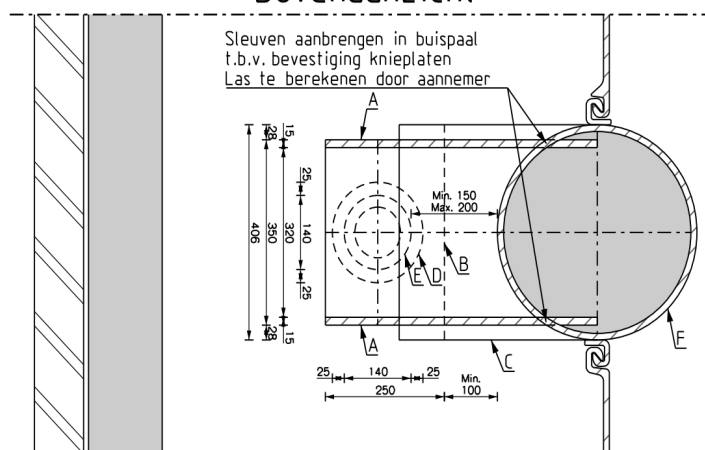
- doorsnede 1: maaiveld NAP +2,00 m
- Schroefinjectiepaal, schoor 4:1
 

$\varnothing_s$	140 mm
$d_s$	22,2 mm
- Ø220 groutschil over gehele lengte schroefinjectiepaal tot waterniveau
- hoh buispaal 1,9 m
- buispaal
 

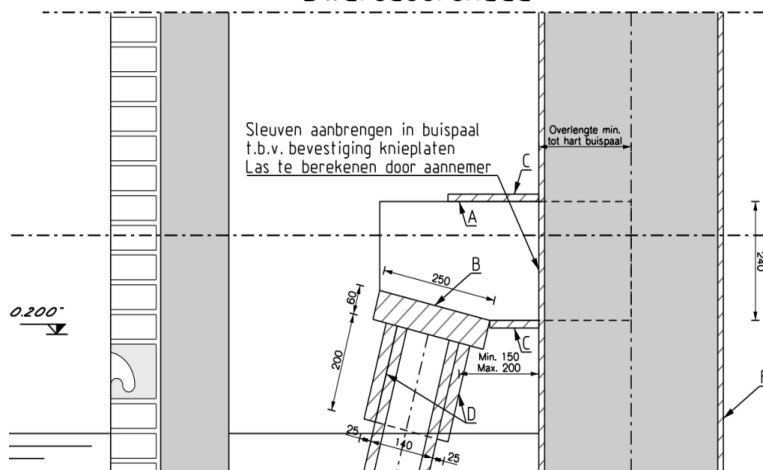
$\varnothing_b$	406 mm
$d_b$	12,5 mm
- afname door corrosie: 0,012 mm/jaar -> 1,2 mm/zijde
- Constructiestaal S235
- $f_{yd}$  = 355 N/mm<sup>2</sup>

- De schroefinjectiepaal is voorzien van een bus. Middels deze bus kan de koppeling verzorgd worden tussen schroefinjectiepaal (verzinkt) en de basisplaat. De wanddikte van de bus is hetzelfde gekozen als de wanddikte van de schroefinjectiepaal.

### Bovenaanzicht



### Dwarsdoorsnede





## Belasting

De ankerstoel fungeert als verbinding tussen schroefinjectiepaal en buispaal en wordt belast door de kracht uit de schroefinjectiepaal  
De belasting is als volgt

NAP + 2,00 m

BGT =            kN

UGT =            705 kN

## Krachtenwerking ankerstoel

NAP + 2,00 m

$F_x$  = 171 kN -> 85 kN per knieplaat

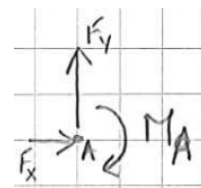
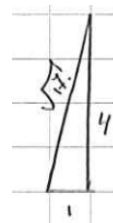
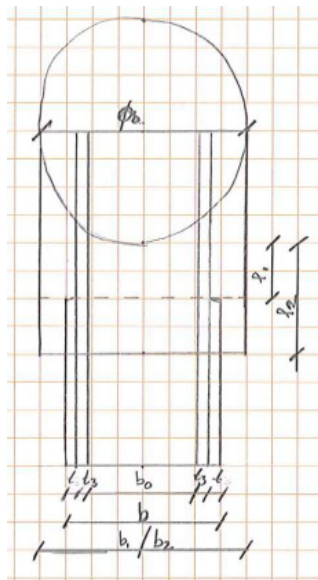
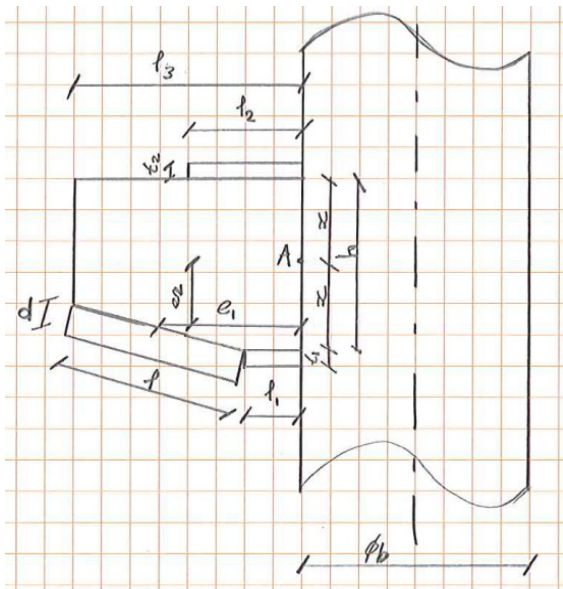
$F_y$  = 684 kN -> 342 kN per knieplaat

$e_1$  =            280 mm

$e_2$  =            90 mm

$$M_A = F_y \cdot e_1 - F_x \cdot e_2$$

$M_A$  = 88 kNm per knieplaat



## Controle Basisplaat

### Geometrie

b	=	350 mm
l	=	250 mm
d	=	60 mm
t <sub>3</sub>	=	15 mm
t	=	25 mm

### Inclusief corrosie

b	=	347,6 mm
l	=	247,6 mm
d	=	57,6 mm
t <sub>3</sub>	=	12,6 mm

### Axiale druk

NEN-EN 1993-1-1, art. 6.2.4

N <sub>fd</sub>	=	705 kN	
A <sub>opl</sub>	=	8216 mm <sup>2</sup>	$A_{opl} = 1/4 * \pi * (\varnothing_s - (2 * d_s))^2$
N <sub>d</sub>	=	2917 kN	
N <sub>fd</sub> / N <sub>d</sub>	=	0,24 < 1,0	voldoet

### Pons

NEN-EN 1993-1-1, art. 6.2.6

V <sub>fd</sub>	=	705 kN	
A <sub>v</sub>	=	25334 mm <sup>2</sup>	$A_v = O_{schroef} * d$
V <sub>pl</sub>	=	5192 kN	$V_{pl} = A_v * (f_{yd} / \sqrt{3}) / Y_{M0}$
N <sub>fd</sub> / N <sub>cd</sub>	=	0,14 < 1,0	voldoet

### Weerstand doorsnede basisplaat

NEN-EN 1993-1-1, art. 6.2., 6.2.5, 6.2.6

P <sub>Ed</sub>	=	705 kN	
M <sub>Ed</sub>	=	50 kNm	$M_{ed} = 1/4 * (b - 2 * t - t_3) * P_{ed}$
A <sub>pl</sub>	=	14262 mm <sup>2</sup>	$A_{pl} = l * d$
W <sub>pl</sub>	=	205369 mm <sup>3</sup>	$W_{pl} = 1/4 * l * d^2$
M <sub>c,Rd</sub>	=	73 kNm	
V <sub>c,Rd</sub>	=	2923 kN	
M <sub>ed</sub> / M <sub>c,Rd</sub>	=	0,68 < 1,0	voldoet
(0,5 * P <sub>ed</sub> ) / V <sub>c,Rd</sub>	=	0,12 < 1,0	voldoet

## Controle Knieplaat

### Geometrie

$l_3$	=	350 mm
$l$	=	250 mm
$t_3$	=	15 mm
$h$	=	240 mm

### Inclusief corrosie

$l_3$	=	347,6 mm
$l$	=	247,6 mm
$t_3$	=	12,6 mm
$h$	=	237,6 mm

### Axiale druk

NEN-EN 1993-1-1, art. 6.2.6

Toetsing spanning tussen basisplaat en knieplaat

$N_{Ed}$	=	352,5 kN
$A$	=	3120 mm <sup>2</sup>
$N_{c,Rd}$	=	1108 kN
$N_{Ed} / N_{c,Rd}$	=	0,32 < 1,0 voldoet

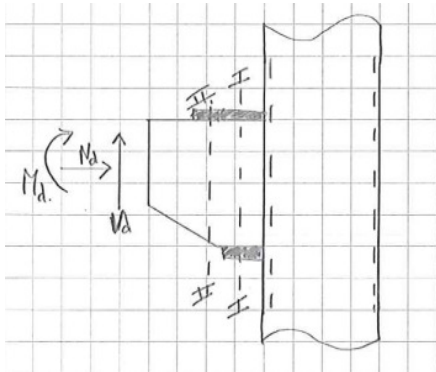
### Controle knieplaat op stabiliteit

NEN-EN 1993-1-5, h5

$V_{fd}$	=	352,5 kN	
$l_3$	=	350 mm	
$h$	=	240 mm	
$\alpha$	=	1,5	
$\sigma_E$	=	742,19 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_E = 190000 * (t_3/h)^2$
$\epsilon$	=	1	
$\lambda$	=	0,22	$\lambda = h_w / (86,4 * t_3 * \epsilon)$
$\chi_w$	=	1,2	
$V_{bw,Rd}$	=	736 kN	$V_{bw,Rd} = (\chi_w * f_{yd} * h_w * t_3) / \sqrt{3}$
$V_{Ed} / V_{bw,Rd}$	=	0,48 < 1,0	voldoet

## Toetsing spanning knieplaat

- de staalspanning wordt in twee doorsneden van de knieplaat getoetst



$M_d$	=	88 kNm
$V_d$	=	342 kN
$N_d$	=	85 kN

### Doorsnede I

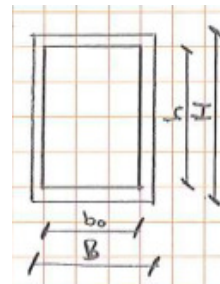
- De boven- en onderplaat zijn gelast aan de knieplaat, hierdoor ontstaat een koker.

#### Geometrie koker

$b_0$	=	270 mm
$B$	=	300 mm
$h$	=	240 mm
$H$	=	270 mm
$t_3$	=	15 mm
$t$	=	25 mm

#### inclusief corrosie

$b_0$	=	272,4 mm
$B$	=	297,6 mm
$h$	=	242,4 mm
$H$	=	267,6 mm
$t_3$	=	12,6 mm



#### Spanning

$W$	=	1135451 mm <sup>3</sup>
-----	---	-------------------------

$\sigma_M$	=	155 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_N$	=	28 N/mm <sup>2</sup>
$\tau$	=	112 N/mm <sup>2</sup>

$$\sigma_M = M_d / W$$

$$\sigma_N = N_d / A$$

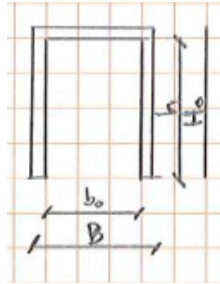
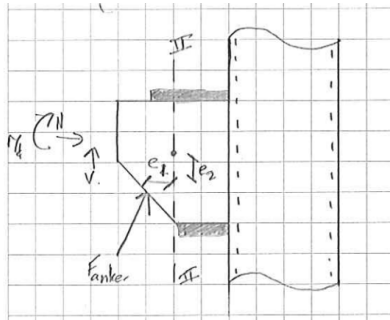
$$\tau = V_d / A$$

$A$  = oppervlakte knieplaat

$\sigma_{vgl}$	=	250 < 355	voldoet	$\sigma_{vgl} = \sqrt{(\sigma_M^2 + \sigma_N^2 + 3 \cdot \tau^2)}$
----------------	---	-----------	---------	--

## Doorsnede II

- bovenplaat is gelast aan de knieplaat, hierdoor ontstaat een U-profiel ter plaatse van doorsnede II



### Geometrie U-profiel

$b_0$	=	270 mm
$B$	=	300 mm
$h$	=	240 mm
$H_0$	=	255 mm
$t_3$	=	15 mm

$e_3$	=	180 mm
$e_2$	=	90 mm

$V_d$	=	342 kN
$N_d$	=	85 kN
$M_d$	=	54 kNm

### Spanning

$W$	=	642761 mm <sup>3</sup>
-----	---	------------------------

$\sigma_M$	=	168 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_N$	=	23 N/mm <sup>2</sup>
$\tau$	=	113 N/mm <sup>2</sup>

$\sigma_{vgl}$	=	258 < 355	voldoet
----------------	---	-----------	---------

### inclusief corrosie

$b_0$	=	272,4 mm
$B$	=	297,6 mm
$h$	=	241,2 mm
$H_0$	=	252,6 mm
$t_3$	=	12,6 mm

$$M_d = V_d * e_3 - N_d * e_2$$

$$\sigma_M = M_d / W$$

$$\sigma_N = N_d / A$$

$$\tau = V_d / A$$

$A$  = oppervlakte knieplaat

$$\sigma_{vgl} = \sqrt{(\sigma_M^2 + \sigma_N^2 + 3 * \tau^2)}$$

## Controle spanningen buispaal

### Controle kopmoment

Vanuit twee knieplaten

$$F_x = 171 \text{ kN}$$

$$F_y = 684 \text{ kN}$$

$$e_4 = 483 \text{ mm}$$

$$e_5 = 90 \text{ mm}$$

$$e_4 = e_1 + 0,5 \cdot \varnothing_b$$

$$e_5 = e_2$$

$$M_B = F_y \cdot e_4 - F_x \cdot e_5$$

$$M_B = 315 \text{ kNm}$$

$$\varnothing_b = 406 \text{ mm}$$

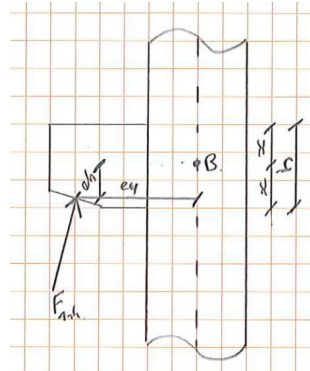
$$d_b = 12,5 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{b,bin} = 381 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{b,bui} = 403,6 \text{ mm} \quad \text{incl. corrosie}$$

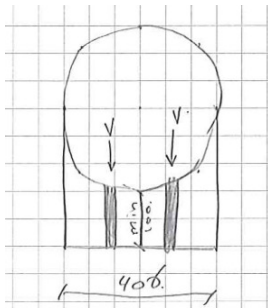
$$W_{buis} = 1328716 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{buis} = 237 \text{ N/mm}^2 < 355 \text{ N/mm}^2 \quad \text{voldoet}$$



### Controle onderplaat

- De volledige breedte van de buispaal is gelast aan de knieplaat middels een onderplaat



De trekkracht in de onderplaat komt uit twee knieplaten

$$V_{Ed} = 171 \text{ kN}$$

Axiale trek:

$$A = 5085 \text{ mm}^2$$

$$N_{cd} = 1805 \text{ kN}$$

$$V_{ed} / N_{ed} = 0,09 < 1,0 \quad \text{voldoet}$$

Schuifspanning:

Twee vlakken van ca. 100mm lengte per knieplaat

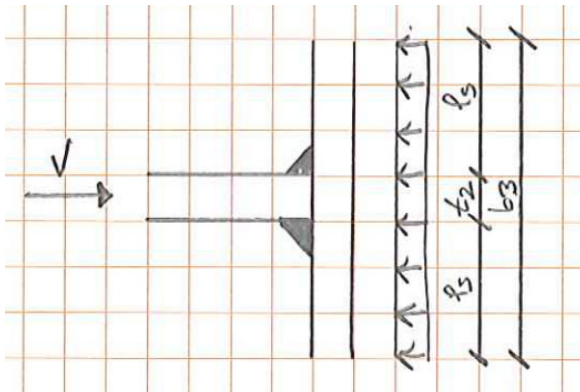
$$l_1 = 100 \text{ mm}$$

$$\tau_1 = 68 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_1 < f_{yd} / \sqrt{3} = 68 < 205 \quad \text{voldoet}$$

### Controle bovenplaat met buis gevuld met beton

- De bovenplaat heeft dezelfde geometrie als de onderplaat



$$\begin{aligned} b_2 &= 406 \text{ mm} \\ t_2 &= 15 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 &= 404 \text{ mm} \\ t_2 &= 12,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

- In de bovenplaat ontstaat een drukkracht op de buispaal, de betondrukspanning in de buispaal moet gecontroleerd worden

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 30 \text{ N/mm}^2 \\ f_{cd} &= 20 \text{ N/mm}^2 \\ f_{j,d} &= 13,4 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$f_{j,d} = 0,67 * k_d * f_{cd}$$

$$l_s = 30,5 \text{ mm}$$

$$l_s = t * \sqrt{f_{yd} / (3 * f_{j,d})}$$

$$b_3 = 73,5 \text{ mm}$$

$$b_3 = 2 * l_s + t_2$$

$$\sigma_d = 5,76 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_d < f_{j,d} = 5,76 < 13,4 \text{ voldoet}$$

Hier is geen spleetwapening nodig

### Controle onderplaat met buis gevuld met beton

- NB. Het beton in de stalen buis zorgt ervoor dat ovalisatie van de stalen buis bij horizontale krachten wordt verhinderd.

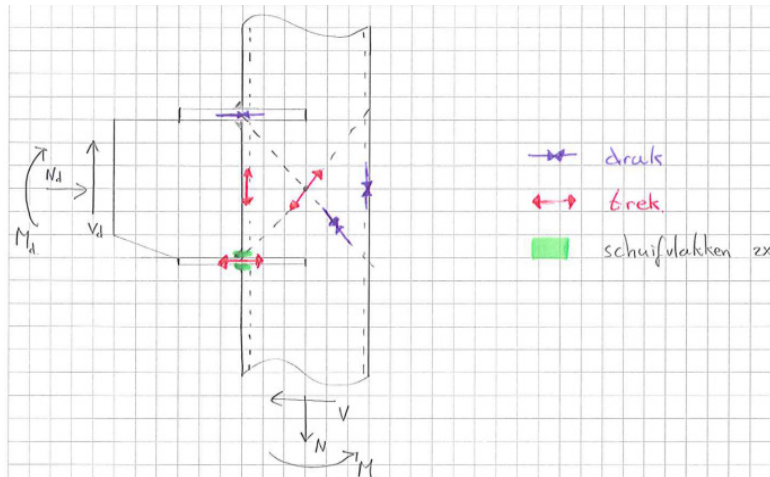
- Voor de trekspanning in de buis, zie controle spanning in de buis

$$\sigma_d = 237 \text{ N/mm}^2$$

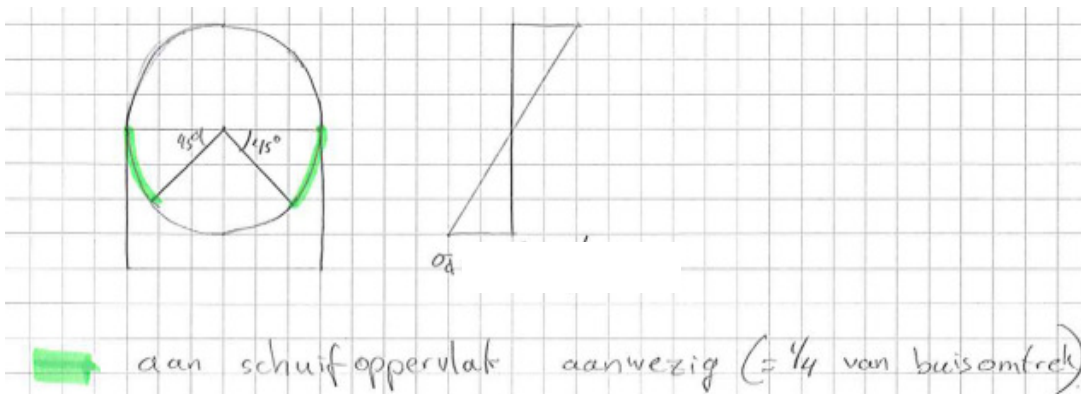
- Schuifspanning in buiswand met onderplaat

2 schuifvlakken, boven en onder, zie schets A en B

Schets A



Schets B



### Controle schuifspanning

$\varnothing_{\text{buis}}$	=	406 mm	
wanddikte	=	12,5 mm	
$\varnothing_{\text{buis,bin}}$	=	381 mm	
$\varnothing_{\text{buis,bui}}$	=	403,6 mm	inclusief corrosie

$A_{\text{buis}}$	=	13927 mm <sup>2</sup>	$A_{\text{buis}} = \pi / 4 * (\varnothing_{\text{buis,bui}} - \varnothing_{\text{buis,bin}})^2$
$A_{\text{schuif}}$	=	3482 mm <sup>2</sup>	$A_{\text{schuif}} = 1/4 * A_{\text{buis}}$

$$V_{\text{ed}} = 171 \text{ kN}$$

$$\tau = 49,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_1 < f_{\text{yd}} / \sqrt{3} = 49,1 < 205 \text{ voldoet}$$

### Combinatie trek en schuif

- Conservatieve aanname, schuifspanning met maximale trekspanning

$$\sigma_{\text{vgl}} = 252 < 355 \text{ voldoet} \quad \sigma_{\text{vgl}} = \sqrt{(\sigma_d^2 + 3 * \tau^2)}$$



project: **Walmuurvernieuwing Recht Boomssloot**  
 projectcode: **103100**  
 onderdeel: **Berekening ankerstoel NAP +0,95m**  
 datum: **22-11-2017**  
 opsteller: **M. Bakker**

### Uitgangspunten geometrie

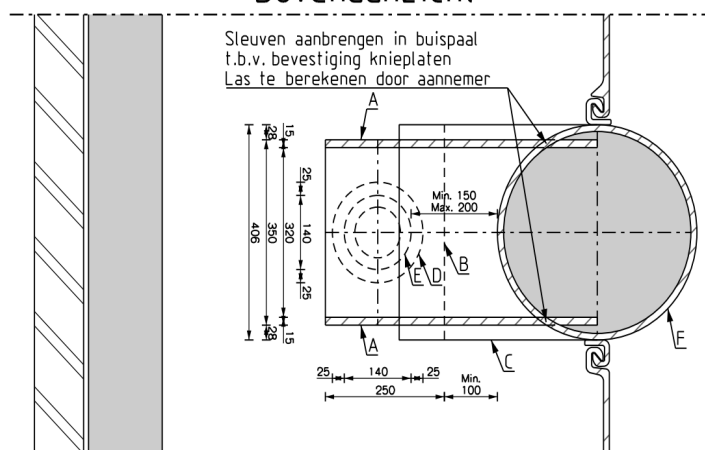
- doorsnede 1: maaiveld NAP 0,95 m
- Schroefinjectiepaal, schoor 4:1  $\varnothing_s$  140 mm  
 $d_s$  22,2 mm
- Ø220 groutschil over gehele lengte schroefinjectiepaal tot waterniveau
- hoh buispaal 3,3 m
- buispaal  $\varnothing_b$  406 mm  
 $d_b$  12,5 mm
- afname door corrosie: 0,012 mm/jaar -> 1,2 mm/zijde

- Constructiestaal S235

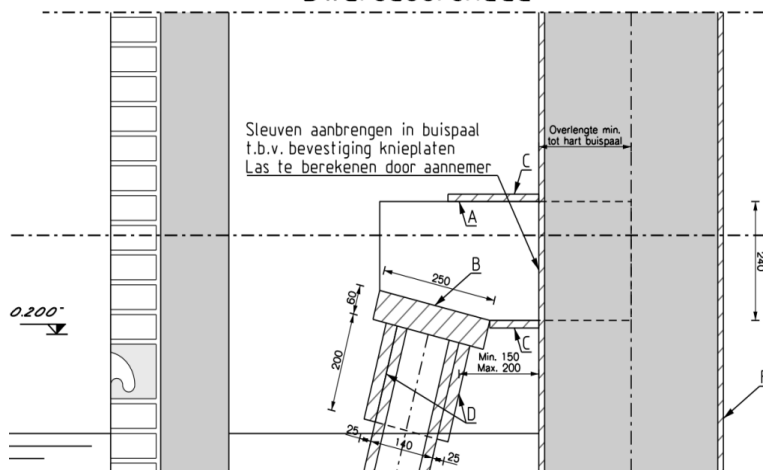
$$f_{yd} = 355 \text{ N/mm}^2$$

- De schroefinjectiepaal is voorzien van een bus. Middels deze bus kan de koppeling verzorgd worden tussen schroefinjectiepaal (verzinkt) en de basisplaat. De wanddikte van de bus is hetzelfde gekozen als de wanddikte van de schroefinjectiepaal.

### Bovenaanzicht



### Dwarsdoorsnede



## Belasting

De ankerstoel fungeert als verbinding tussen schroefinjectiepaal en buispaal en wordt belast door de kracht uit de schroefinjectiepaal  
De belasting is als volgt

NAP + 0,95 m

BGT =            kN

UGT =            620 kN

## Krachtenwerking ankerstoel

NAP + 0,95 m

$F_x$  = 150 kN -> 75 kN per knieplaat

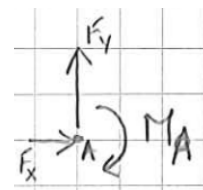
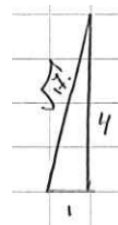
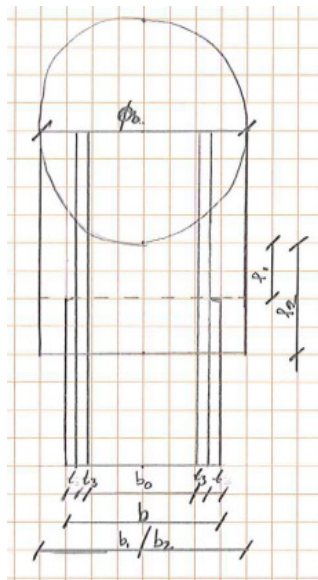
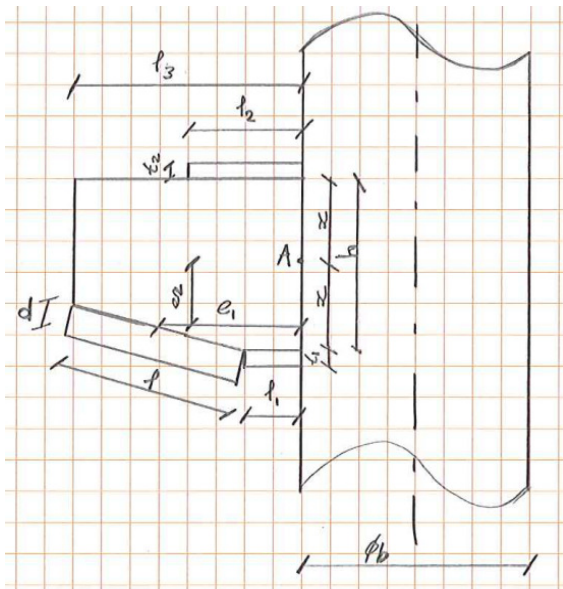
$F_y$  = 601 kN -> 301 kN per knieplaat

$e_1$  =            280 mm

$e_2$  =            90 mm

$$M_A = F_y \cdot e_1 - F_x \cdot e_2$$

$M_A$  = 77 kNm per knieplaat



## Controle Basisplaat

### Geometrie

b	=	350	mm
l	=	250	mm
d	=	60	mm
t <sub>3</sub>	=	15	mm
t	=	25	mm

### Inclusief corrosie

b	=	347,6	mm
l	=	247,6	mm
d	=	57,6	mm
t <sub>3</sub>	=	12,6	mm

### Axiale druk

NEN-EN 1993-1-1, art. 6.2.4

N <sub>fd</sub>	=	620	kN	
A <sub>opl</sub>	=	8216	mm <sup>2</sup>	$A_{opl} = 1/4 * \pi * (\varnothing_s - (2 * d_s))^2$
N <sub>d</sub>	=	2917	kN	
N <sub>fd</sub> / N <sub>d</sub>	=	0,21	<	1,0    voldoet

### Pons

NEN-EN 1993-1-1, art. 6.2.6

V <sub>fd</sub>	=	620	kN	
A <sub>v</sub>	=	25334	mm <sup>2</sup>	$A_v = O_{schroef} * d$
V <sub>pl</sub>	=	5192	kN	$V_{pl} = A_v * (f_{yd} / \sqrt{3}) / Y_{M0}$
N <sub>fd</sub> / N <sub>cd</sub>	=	0,12	<	1,0    voldoet

### Weerstand doorsnede basisplaat

NEN-EN 1993-1-1, art. 6.2., 6.2.5, 6.2.6

P <sub>Ed</sub>	=	620	kN	
M <sub>Ed</sub>	=	44	kNm	$M_{ed} = 1/4 * (b - 2 * t - t_3) * P_{ed}$
A <sub>pl</sub>	=	14262	mm <sup>2</sup>	$A_{pl} = l * d$
W <sub>pl</sub>	=	205369	mm <sup>3</sup>	$W_{pl} = 1/4 * l * d^2$
M <sub>c,Rd</sub>	=	73	kNm	
V <sub>c,Rd</sub>	=	2923	kN	
M <sub>ed</sub> / M <sub>c,Rd</sub>	=	0,60	<	1,0    voldoet
(0,5 * P <sub>ed</sub> ) / V <sub>c,Rd</sub>	=	0,11	<	1,0    voldoet

## Controle Knieplaat

### Geometrie

$l_3$	=	350 mm
$l$	=	250 mm
$t_3$	=	15 mm
$h$	=	240 mm

### Inclusief corrosie

$l_3$	=	347,6 mm
$l$	=	247,6 mm
$t_3$	=	12,6 mm
$h$	=	237,6 mm

### Axiale druk

NEN-EN 1993-1-1, art. 6.2.6

Toetsing spanning tussen basisplaat en knieplaat

$N_{Ed}$	=	310 kN
$A$	=	3120 mm <sup>2</sup>

$N_{c,Rd}$	=	1108 kN
------------	---	---------

$N_{Ed} / N_{c,Rd}$	=	0,28 < 1,0	voldoet
---------------------	---	------------	---------

### Controle knieplaat op stabiliteit

NEN-EN 1993-1-5, h5

$V_{fd}$	=	310 kN
$l_3$	=	350 mm
$h$	=	240 mm
$\alpha$	=	1,5

$\sigma_E$	=	742,19 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_E = 190000 * (t_3/h)^2$
$\epsilon$	=	1	

$\lambda$	=	0,22	$\lambda = h_w / (86,4 * t_3 * \epsilon)$
-----------	---	------	---

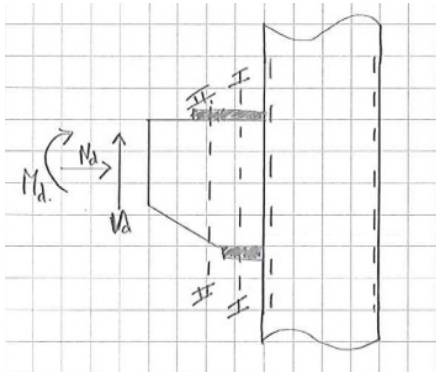
$\chi_w$	=	1,2
----------	---	-----

$V_{bw,Rd}$	=	736 kN	$V_{bw,Rd} = (\chi_w * f_{yd} * h_w * t_3) / \sqrt{3}$
-------------	---	--------	--

$V_{Ed} / V_{bw,Rd}$	=	0,42 < 1,0	voldoet
----------------------	---	------------	---------

## Toetsing spanning knieplaat

- de staalspanning wordt in twee doorsneden van de knieplaat getoetst



$M_d$	=	77 kNm
$V_d$	=	301 kN
$N_d$	=	75 kN

### Doorsnede I

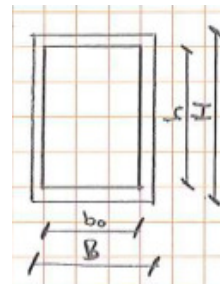
- De boven- en onderplaat zijn gelast aan de knieplaat, hierdoor ontstaat een koker.

#### Geometrie koker

$b_0$	=	270 mm
$B$	=	300 mm
$h$	=	240 mm
$H$	=	270 mm
$t_3$	=	15 mm
$t$	=	25 mm

#### inclusief corrosie

$b_0$	=	272,4 mm
$B$	=	297,6 mm
$h$	=	242,4 mm
$H$	=	267,6 mm
$t_3$	=	12,6 mm



#### Spanning

$W$	=	1135451 mm <sup>3</sup>
-----	---	-------------------------

$\sigma_M$	=	136 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_N$	=	25 N/mm <sup>2</sup>
$\tau$	=	98 N/mm <sup>2</sup>

$$\sigma_M = M_d / W$$

$$\sigma_N = N_d / A$$

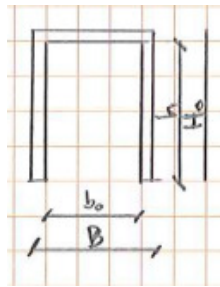
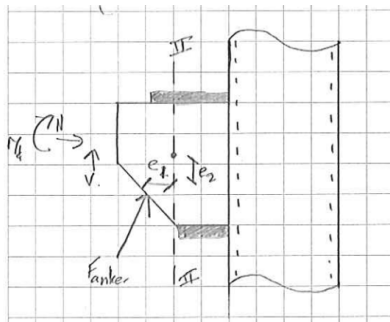
$$\tau = V_d / A$$

$A$  = oppervlakte knieplaat

$\sigma_{vgl}$	=	220 < 355	voldoet	$\sigma_{vgl} = \sqrt{(\sigma_M^2 + \sigma_N^2 + 3 \cdot \tau^2)}$
----------------	---	-----------	---------	--

## Doorsnede II

- bovenplaat is gelast aan de knieplaat, hierdoor ontstaat een U-profiel ter plaatse van doorsnede II



### Geometrie U-profiel

$b_0$	=	270 mm
$B$	=	300 mm
$h$	=	240 mm
$H_0$	=	255 mm
$t_3$	=	15 mm

$e_3$	=	180 mm
$e_2$	=	90 mm

$V_d$	=	301 kN
$N_d$	=	75 kN
$M_d$	=	47 kNm

### Spanning

$W$	=	642761 mm <sup>3</sup>
-----	---	------------------------

$\sigma_M$	=	147 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_N$	=	20 N/mm <sup>2</sup>
$\tau$	=	99 N/mm <sup>2</sup>

$\sigma_{vgl}$	=	227 < 355	voldoet
----------------	---	-----------	---------

### inclusief corrosie

$b_0$	=	272,4 mm
$B$	=	297,6 mm
$h$	=	241,2 mm
$H_0$	=	252,6 mm
$t_3$	=	12,6 mm

$$M_d = V_d * e_3 - N_d * e_2$$

$$\sigma_M = M_d / W$$

$$\sigma_N = N_d / A$$

$$\tau = V_d / A$$

$A$  = oppervlakte knieplaat

$$\sigma_{vgl} = \sqrt{(\sigma_M^2 + \sigma_N^2 + 3 * \tau^2)}$$

## Controle spanningen buispaal

### Controle kopmoment

Vanuit twee knieplaten

$$F_x = 150 \text{ kN}$$

$$F_y = 601 \text{ kN}$$

$$e_4 = 483 \text{ mm}$$

$$e_5 = 90 \text{ mm}$$

$$e_4 = e_1 + 0,5 \cdot \varnothing_b$$

$$e_5 = e_2$$

$$M_B = F_y \cdot e_4 - F_x \cdot e_5$$

$$M_B = 277 \text{ kNm}$$

$$\varnothing_b = 406 \text{ mm}$$

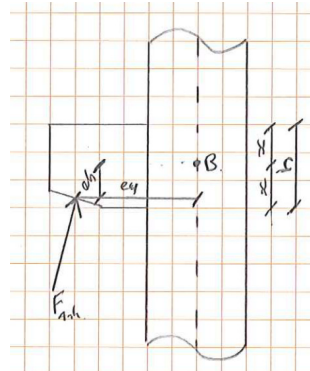
$$d_b = 12,5 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{b,bin} = 381 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{b,bui} = 403,6 \text{ mm} \quad \text{incl. corrosie}$$

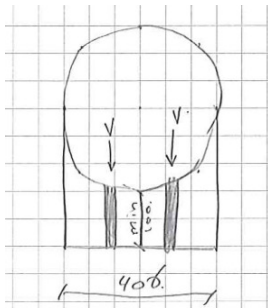
$$W_{buis} = 1328716 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{buis} = 208 \text{ N/mm}^2 < 355 \text{ N/mm}^2 \quad \text{voldoet}$$



### Controle onderplaat

- De volledige breedte van de buispaal is gelast aan de knieplaat middels een onderplaat



De trekkracht in de onderplaat komt uit twee knieplaten

$$V_{Ed} = 150 \text{ kN}$$

Axiale trek:

$$A = 5085 \text{ mm}^2$$

$$N_{cd} = 1805 \text{ kN}$$

$$V_{ed} / N_{ed} = 0,08 < 1,0 \quad \text{voldoet}$$

Schuifspanning:

Twee vlakken van ca. 100mm lengte per knieplaat

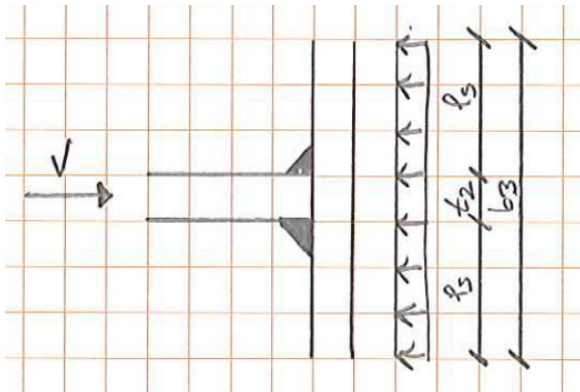
$$l_1 = 100 \text{ mm}$$

$$\tau_1 = 60 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_1 < f_{yd} / \sqrt{3} = 60 < 205 \quad \text{voldoet}$$

### Controle bovenplaat met buis gevuld met beton

- De bovenplaat heeft dezelfde geometrie als de onderplaat



$$\begin{aligned} b_2 &= 406 \text{ mm} \\ t_2 &= 15 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 &= 404 \text{ mm} \\ t_2 &= 12,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

- In de bovenplaat ontstaat een drukkracht op de buispaal, de betondrukspanning in de buispaal moet gecontroleerd worden

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 30 \text{ N/mm}^2 \\ f_{cd} &= 20 \text{ N/mm}^2 \\ f_{j,d} &= 13,4 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$f_{j,d} = 0,67 * k_d * f_{cd}$$

$$l_s = 30,5 \text{ mm}$$

$$l_s = t * \sqrt{f_{yd} / (3 * f_{j,d})}$$

$$b_3 = 73,5 \text{ mm}$$

$$b_3 = 2 * l_s + t_2$$

$$\sigma_d = 5,07 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_d < f_{j,d} = 5,07 < 13,4 \text{ voldoet}$$

Hier is geen spleetwapening nodig



### Controle onderplaat met buis gevuld met beton

- NB. Het beton in de stalen buis zorgt ervoor dat ovalisatie van de stalen buis bij horizontale krachten wordt verhinderd.

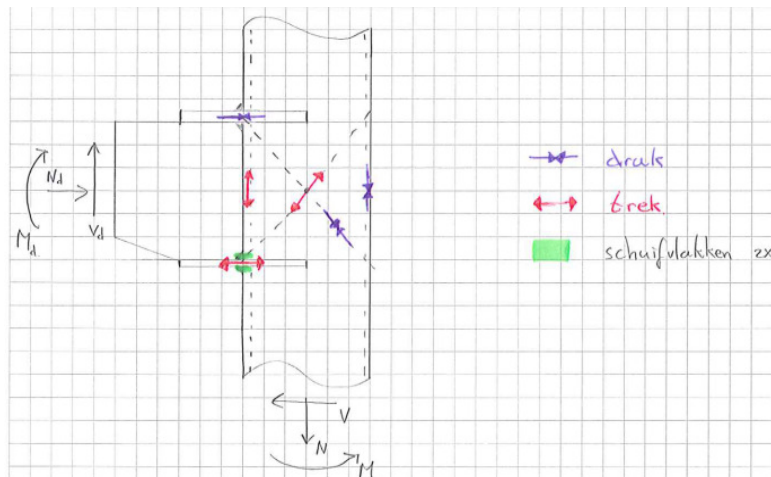
- Voor de trekspanning in de buis, zie controle spanning in de buis

$$\sigma_d = 208 \text{ N/mm}^2$$

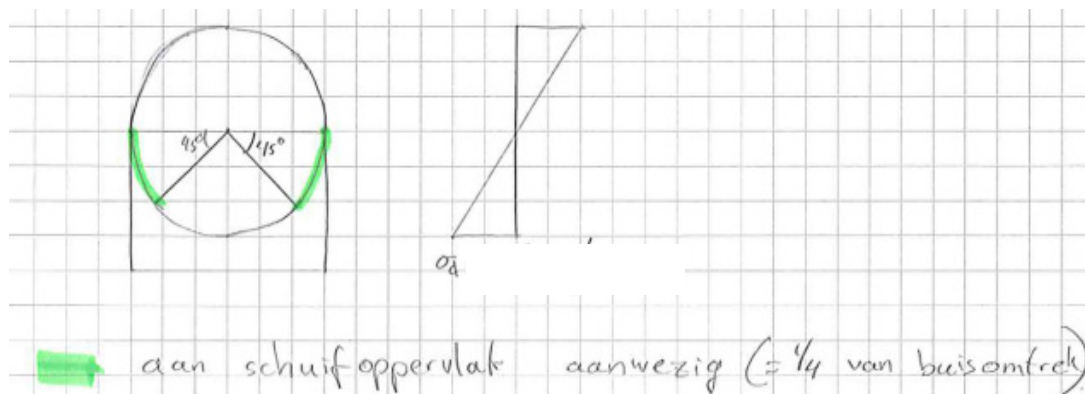
- Schuifspanning in buiswand met onderplaat

2 schuifvlakken, boven en onder, zie schets A en B

Schets A



Schets B



### Controle schuifspanning

$$\varnothing_{\text{buis}} = 406 \text{ mm}$$

$$\text{wanddikte} = 12,5 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{\text{buis,bin}} = 381 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{\text{buis,bui}} = 403,6 \text{ mm} \quad \text{inclusief corrosie}$$

$$A_{\text{buis}} = 13927 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{buis}} = \pi / 4 * (\varnothing_{\text{buis,bui}} - \varnothing_{\text{buis,bin}})^2$$

$$A_{\text{schuif}} = 3482 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{schuif}} = 1/4 * A_{\text{buis}}$$

$$V_{\text{ed}} = 150 \text{ kN}$$

$$\tau = 43,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_1 < f_{yd} / \sqrt{3} = 43,2 < 205 \quad \text{voldoet}$$

### Combinatie trek en schuif

- Conservatieve aanname, schuifspanning met maximale trekspanning

$$\sigma_{\text{vgl}} = 221 < 355 \quad \text{voldoet}$$

$$\sigma_{\text{vgl}} = \sqrt{(\sigma_d^2 + 3 * \tau^2)}$$

# VI

## BIJLAGE: CONSTRUCTIEVE BEREKENING GORDING/STAALPLAAT

project: **Walmuurvernieuwing Recht Boomssloot**  
 projectcode: **103100**  
 onderdeel: **Berekening gording + staalplaat**  
 datum: **22-11-2017**  
 opsteller: **M. Bakker**

## Gording

### Uitgangspunten geometrie

- doorsnede 1: maaiveld NAP +2,00 m hoh buis: 1,9 m
- doorsnede 2: maaiveld NAP +0,95 m hoh buis: 3,3 m
- gording is aan de voorkant van de combiwand geplaatst
- afname door corrosie: 0,012 mm/jaar -> 1,2 mm/zijde

- Constructiestaal S235  
 $f_{yd} = 355 \text{ N/mm}^2$

## Belasting

- De horizontale component van de ankerkracht wordt door de gording opgenomen
- De verticale component van de ankerkracht wordt rechtstreeks de buispaal ingeleid

### NAP + 2,00 m

BGT = kN  
 UGT = 705 kN

### NAP + 0,95 m

BGT = kN  
 UGT = 620 kN

## Krachtswerking gording

- De gording wordt door een equivalente q-last belast vanuit de schroefinjectiepalen (schoorstand 4:1)

### NAP + 2,00 m

$q = 90 \text{ kN/m}$   $q = F / \sqrt{17} / l$   
 $q_{HEB160} = 1 \text{ kN/m}$  (conservatieve aanname, eigen gewicht 42,6 kg/m)  
 $M_{Ed} = 41 \text{ kNm}$   $M_{Ed} = 1/8 * q * l^2$   
 $V_{Ed} = 86 \text{ kN}$   $V_{Ed} = 1/2 * q * l$

### NAP + 0,95 m

$q = 46 \text{ kN/m}$   $q = F / \sqrt{17} / l$   
 $q_{HEB160} = 1 \text{ kN/m}$  (conservatieve aanname, eigen gewicht 42,6 kg/m)  
 $M_{Ed} = 63 \text{ kNm}$   $M_{Ed} = 1/8 * q * l^2$   
 $V_{Ed} = 77 \text{ kN}$   $V_{Ed} = 1/2 * q * l$

## Resultaten

- Een HEB140 voldoet aan de U.C. doorsnede en stabiliteit voor NAP +2,00m
  - Een HEB160 voldoet aan de U.C. doorsnede en stabiliteit voor NAP +0,95m
- Zie volgende rekensheets voor de berekening

- In verband met corrosie en uniformiteit wordt een HEB200 toegepast

HEB200		Inclusief corrosie			
$h$	= 200 mm	$h_b$	= 172,4 mm	$A_{HEB200}$	= 6117,4 mm
$b$	= 200 mm	$b$	= 197,6 mm	$A_{HEB160}$	= 5430 mm
$t_f$	= 15 mm	$t_f$	= 12,6 mm		
$t_l$	= 9 mm	$t_l$	= 6,6 mm	UC	= 0,89 voldoet

### Controle doorbuiging

- Maximale doorbuiging doorgaande ligger op 3 steunpunten (2-velden)

$$\begin{aligned} E &= 210000 \text{ N/mm}^2 & \delta &= 1/144 * (g * l^4 / EI) \\ I_{\text{HEB200}} &= 56960000 \text{ mm}^4 & \delta_{\text{max}} &= 1/300 * l \end{aligned}$$

#### NAP + 2,00 m

$$\begin{aligned} l &= 1800 \text{ mm} \\ \delta_{\text{max}} &= 6 \text{ mm} \\ \delta &= 0,5 \text{ mm} < 6 \text{ mm} \quad \text{voldoet} \end{aligned}$$

#### NAP + 0,95 m

$$\begin{aligned} l &= 3300 \text{ mm} \\ \delta_{\text{max}} &= 11 \text{ mm} \\ \delta &= 3,2 \text{ mm} < 11 \text{ mm} \quad \text{voldoet} \end{aligned}$$

project: **Recht Boomssloot** opgemaakt door: **M. Bakker**  
projectcode: **103100** datum opmaak: **22 november 2017**  
onderdeel: **gording NAP +2,00m**

### BEREKENING VAN GEWALSTE I-PROFIELEN VOLGENS EUROCODE 3

#### INVOER

##### Profielgegevens

profiel: **HEB140**  
h = 140 mm  
b = 140 mm  
t<sub>w</sub> = 7 mm  
t<sub>f</sub> = 12 mm  
r = 12 mm  
h<sub>w</sub> = 116 mm

##### berekening:

**e**  
(p = plastisch of e = elastisch)  
f<sub>y,d</sub> = **235** N/mm<sup>2</sup>  
E<sub>d</sub> = 210000 N/mm<sup>2</sup>  
G<sub>d</sub> = 80769 N/mm<sup>2</sup>  
Y<sub>M0</sub> = 1,00  
Y<sub>M1</sub> = 1,00  
Y<sub>M2</sub> = 1,25

##### doorsnedeklasse:

ε = 1,00  
lijf: c = 92,0 mm  
c / (ε t<sub>w</sub>) = 13,1  
flens: c = 54,5 mm  
c / (ε t<sub>f</sub>) = 4,5

##### Doorsnede eigenschappen

A<sub>x</sub> = 4300 mm<sup>2</sup>  
A<sub>t</sub> = 30,90 mm<sup>2</sup>  
I<sub>wa</sub> = 2,694E+10 mm<sup>6</sup>  
I<sub>t</sub> = 2,020E+05 mm<sup>4</sup>

I<sub>y</sub> = 1,509E+07 mm<sup>4</sup>  
I<sub>y</sub> = 59,2 mm  
W<sub>y,el</sub> = 2,16E+05 mm<sup>3</sup>  
S<sub>y</sub> = 1,23E+05 mm<sup>3</sup>  
W<sub>y,pl</sub> = 2,45E+05 mm<sup>3</sup>

I<sub>z</sub> = ##### mm<sup>4</sup>  
I<sub>z</sub> = 35,8 mm  
W<sub>z,el</sub> = 7,85E+04 mm<sup>3</sup>  
S<sub>z</sub> = 5,97E+04 mm<sup>3</sup>  
W<sub>z,pl</sub> = 1,19E+05 mm<sup>3</sup>

##### Belastingen ten behoeve van de controle op doorsnede capaciteit

N<sub>c,s,d</sub> = **0,0** kN (druk) V<sub>y,s,d</sub> = **86,0** kN M<sub>y,s,d</sub> = **41,0** kNm  
V<sub>z,s,d</sub> = **0,0** kN M<sub>z,s,d</sub> = **0,0** kNm

(eventuele aanpendelende belastingen zijn verwerkt in de krachtsverdeling door het aanbrengen van een equivalente horizontale belasting)

##### Momentenverloop t.b.v. de equivalente momentverdelingsfactoren

buiging om de y-as (tussen punten gesteund in z-richting)

ψ\*M<sub>h,y</sub> = **0,0** kNm  
M<sub>h,y</sub> = **0,0** kNm  
M<sub>s,y</sub> = **0,0** kNm

Tussen M<sub>h,y</sub> en ψ\*M<sub>h,y</sub> is

**een gelijkmatig verdeelde belasting aanwezig**  
Sway buckling mode? **nee** ( ja of nee)

buiging om de z-as (tussen punten gesteund in y-richting)

ψ\*M<sub>h,z</sub> = **0,0** kNm  
M<sub>h,z</sub> = **0,0** kNm  
M<sub>s,z</sub> = **0,0** kNm

Tussen M<sub>h,z</sub> en ψ\*M<sub>h,z</sub> is

**een gelijkmatig verdeelde belasting aanwezig**  
Sway buckling mode? **nee** ( ja of nee)

t.b.v. resp. C<sub>my</sub> en C<sub>mz</sub> volgens EC3  
t.b.v. resp. C<sub>my</sub> en C<sub>mz</sub> volgens EC3

##### Geometrische eigenschappen ten behoeve van knikstabiliteit

I<sub>buc,y</sub> = **1800** mm I<sub>buc,z</sub> = **1800** mm

##### Geometrische eigenschappen en belastingen ten behoeve van kipstabiliteit

M<sub>y1,s,d</sub> = **35,0** kNm  
M<sub>y2,s,d</sub> = **35,0** kNm  
β = M<sub>y1,s,d</sub> / M<sub>y2,s,d</sub> = 1,00  
I<sub>g</sub> = **1800** mm  
I<sub>st</sub> = **1800** mm  
Het beschouwde veld bevindt zich tussen  
I<sub>kip</sub> = 1800 mm  
Kip volgens NEN-EN 1993-1-1 artikel 6.3.2.2:  
k<sub>red</sub> = **1,00**  
C<sub>1</sub> = **1,13**  
C<sub>2</sub> = **-0,45**

moment met kleinste abs. waarde t.p.v. uiteinde I<sub>st</sub>  
moment met grootste abs. waarde t.p.v. uiteinde I<sub>st</sub>  
(lengte v.d. ligger tussen de gaffels / lengte uitkraging)  
(ongesteunde lengte, voor uitkragingen zie tabel NB.6)  
**2 gaffels**  
(vervangende ongesteunde kiplengte)  
(nationale bijlage D4.2 ; voor standaard walsprofielen geldt k<sub>red</sub> = 1)  
(nationale bijlage D4.3)  
(nationale bijlage D4.3 ; negatief invoeren bij belasting op de bovenflens)

##### Opmerkingen:

- Indien een staaf door opdeling van kipsteunen is opgedeeld in 2 of meer velden moet bij de toetsing van op druk en buiging belaste staven voor de kipreductiefactor χ<sub>LT</sub> de kleinste waarde van de kipreductiefactor χ<sub>LT</sub> van de afzonderlijke staven worden toegepast.

#### BEREKENINGSRESULTATEN

##### Ongereduceerde capaciteiten:

N<sub>c,u,d</sub> = 1010,5 kN  
V<sub>y,u,d</sub> = 299,9 kN  
V<sub>z,u,d</sub> = 116,8 kN  
M<sub>y,u,d</sub> = 50,7 kNm  
M<sub>z,u,d</sub> = 18,5 kNm

##### Knik

χ<sub>y</sub> = 1,00  
χ<sub>z</sub> = 1,00  
C<sub>my</sub> = 0,00  
C<sub>mz</sub> = 0,00  
C<sub>mLT</sub> = 1,00  
k<sub>yy</sub> = 0,00  
k<sub>yz</sub> = 0,00  
k<sub>zy</sub> = 1,00  
k<sub>zz</sub> = 0,00

##### Kip NEN-EN 1993-1-1 artikel 6.3.2.2:

S = 589 mm  
C = 3,71  
M<sub>cr</sub> = 282,6 kNm  
χ<sub>LT</sub> = 0,95  
M<sub>b,Rd</sub> = 48,0 kNm

#### CONTROLE

##### Doorsnede capaciteit

Doorsnedeklasse 3, vloeicriterium

- Maximale schuifspanningen
- Spanningen in het lijf direct boven/onder de flenzen
- Spanningen in de flenzen juist naast het lijf
- Normaalspanningen in de uiterste vezels

##### Stabiliteit voor staven belast op druk en buiging

\*) Controles volgens EC3 artikel 6.3.2:

M<sub>Ed</sub> / M<sub>b,Rd</sub> < 1

u.c. = **0,86** ≤ 1

\*) Controles volgens EC3 artikel 6.3.3:

N<sub>Ed</sub> / (χ<sub>y</sub> N<sub>Rk</sub> / γ<sub>M1</sub>) + k<sub>yy</sub> M<sub>y,Ed</sub> / (χ<sub>LT</sub> M<sub>y,Rk</sub> / γ<sub>M1</sub>) + k<sub>yz</sub> M<sub>z,Ed</sub> / (M<sub>z,Rk</sub> / γ<sub>M1</sub>) ≤ 1

u.c. = **0,00** ≤ 1

N<sub>Ed</sub> / (χ<sub>z</sub> N<sub>Rk</sub> / γ<sub>M1</sub>) + k<sub>zy</sub> M<sub>y,Ed</sub> / (χ<sub>LT</sub> M<sub>y,Rk</sub> / γ<sub>M1</sub>) + k<sub>zz</sub> M<sub>z,Ed</sub> / (M<sub>z,Rk</sub> / γ<sub>M1</sub>) ≤ 1

u.c. = **0,86** ≤ 1

	buiging om de y-as	buiging om de z-as	totaal
u.c. =	-	<b>0,29</b>	-
u.c. =	-	-	<b>0,67</b>
u.c. =	-	-	-
u.c. =	-	-	<b>0,81</b>

project: **Recht Boomssloot** opgemaakt door: **M. Bakker**  
projectcode: **103100** datum opmaak: **22 november 2017**  
onderdeel: **gording NAP 2,00 m**

#### Ongereduceerde doorsnede capaciteiten

	(EC3-1 art.)	Formules	Waarde	
$N_{c,Rd}$ :	(6.2.4)	$A_x \cdot f_{ty} / \gamma_{M0}$	1011 kN	
$V_{y,el,Rd}$	(6.2.6)	$0,58 \cdot f_{yd} \cdot 2 \cdot t_{flens} \cdot I_z / (\gamma_{M0} \cdot S_z)$	300 kN	
$V_{y,pl,Rd}$	(6.2.6)	$0,58 \cdot f_{yd} \cdot A_v / \gamma_{M0}$	456 kN	$A_{v,y} = 2 \cdot b \cdot t_{flens} =$ 3360 mm <sup>2</sup>
$V_{z,el,Rd}$	(6.2.6)	$0,58 \cdot f_{yd} \cdot t_{ijf} \cdot I_y / (\gamma_{M0} \cdot S_y)$	117 kN	
$V_{z,pl,Rd}$	(6.2.6)	$0,58 \cdot f_{yd} \cdot A_v / \gamma_{M0}$	178 kN	$A_{v,z} = A_x - 2b_t + (t_w + 2R) \cdot t_f =$ 1312 mm <sup>2</sup> ( $> h_w \cdot t_w$ )
$M_{y,el,Rd}$ :	(6.2.5)	$W_{y,el} \cdot f_{yd} / \gamma_{M0}$	51 kNm	
$M_{y,pl,Rd}$ :	(6.2.5)	$2 \cdot S_y \cdot f_{yd} / \gamma_{M0}$	58 kNm	
$M_{z,el,Rd}$ :	(6.2.5)	$W_{z,el} \cdot f_{yd} / \gamma_{M0}$	18 kNm	
$M_{z,pl,Rd}$ :	(6.2.5)	$2 \cdot S_z \cdot f_{yd} / \gamma_{M0}$	28 kNm	
	(6.2.7)	torsie is niet in deze sheet inbegrepen		

#### Controle op dwarskracht:

buiging om de y-as	Doorsneden van klasse 1 en 2	$V_{z,s,d} / V_{z,pl,Rd} =$	u.c. =	<b>0,00</b> $\leq 1$
	Doorsneden van klasse 3	$V_{z,s,d} / V_{z,el,Rd} =$	u.c. =	<b>0,00</b> $\leq 1$
buiging om de z-as	Doorsneden van klasse 1 en 2	$V_{y,s,d} / V_{y,pl,Rd} =$	u.c. =	<b>0,19</b> $\leq 1$
	Doorsneden van klasse 3	$V_{y,s,d} / V_{y,el,Rd} =$	u.c. =	<b>0,29</b> $\leq 1$

#### Controle op buiging met normaalkracht en dwarskracht

Doorsneden van klasse 1 en 2

buiging om de y-as	$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} =$	1011 kN	
	$V_{z,Rd}$	178 kN	
	$M_{y,Rd}$	57,7 kNm	
*) EC3 artikel 6.2.8 t/m 6.2.10:			
	$V_{Ed,z} \leq 0,5 \cdot V_{z,Rd}$		
	$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd}$	0,00	
	$N_{Ed} < 0,25 \cdot N_{c,Rd}$	252,6 kN	6.33
	$N_{Ed} < 0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_{yd} / \gamma_{M0}$	95,4 kN	6.34
	$M_{y,N,Rd} = M_{y,Rd} \cdot (1 - n^2)$	57,7 kNm	6.32
	$M_{y,NV,Rd}$	<b>57,7</b> kNm	
	$V_{Ed,z} > 0,5 \cdot V_{z,Rd}$		
	$\rho_{0,z} = (2 \cdot V_{Ed,z} / V_{z,pl,Rd} - 1)^2$	0,000	6.29 ( $\rho = 0$ als $V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd}$ )
	$A_{v,z} = A_x - 2b_t + (t_w + 2R) \cdot t_f =$	1312 mm <sup>2</sup>	
	$N_{Vz,Rd} = (N_{Rd} - \rho_{0,z} \cdot A_{v,z} \cdot f_{yd}) / \gamma_{M0}$	1011 kN	NB.35
	$A_{w,z} = h_w \cdot t_w =$	812 mm <sup>2</sup>	
	$M_{y,V,Rd} = (2 \cdot S_y - (\rho_{0,z} \cdot A_{w,z}^2) / (4 \cdot t_w)) \cdot f_{yd} / \gamma_{M0}$	57,7 kNm	6.30
	$n = N_{Ed} / N_{Vz,Rd}$	0,00	
	$a_1 = (A - 2 \cdot b \cdot t_f) / A$ maar $a < 0,5$	0,22	NB.37
	$a_2 = a_1 \cdot (1 - \rho_{0,z})$	0,22	NB.36
	$M_{y,NV,Rd} = M_{y,V,Rd} \cdot (1 - n) / (1 - a_2 / 2) =$	<b>57,7</b> kNm	NB.34 ; NB.53
			u.c. = <b>0,71</b> $\leq 1$

Doorsneden van klasse 1 en 2

buiging om de z-as

	$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} =$	1011 kN	
	$V_{y,Rd}$	456 kN	
	$M_{z,Rd}$	28,0 kNm	
*) EC3 artikel 6.2.8 t/m 6.2.10:			
	$V_{Ed,y} \leq 0,24 \cdot V_{y,Rd}$		factor 0,24 volgt uit formule NB.28 voor $q_y = 1,00$
	$N_{Ed} < h_w \cdot t_w \cdot f_{yd} / \gamma_{M0}$	190,8	6.35
	$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd}$	0,00	6.38
	$a = a_1 = (A - 2 \cdot b \cdot t_f) / A$ maar $a < 0,5$	0,22	6.38
voor $n \leq a$ :	$M_{N,z,Rd} = M_{z,Rd}$	28,0 kNm	6.37
voor $n > a$ :	$M_{N,z,Rd} = M_{z,Rd} \cdot [1 - ((n - a) / (1 - a))^2]$	25,9 kNm	6.38
	$M_{z,NV,Rd}$	<b>28,0</b> kNm	
	$V_{Ed,y} > 0,24 \cdot V_{y,Rd}$		
	$q_y = 1,03 \cdot \{1 - (V_{y,Ed} / V_{pl,y,Ed})^2\}^{0,5}$	1,012	NB.28
	$N_{Vy,Rd} = N_{pl,Rd} - (2 \cdot (1 - q_y) \cdot b_t \cdot t_f \cdot f_y) / \gamma_{M0}$	1020 kN	NB.44
	$M_{z,V,Rd} = q_y \cdot M_{pl,z,Rd} / \gamma_{M0}$	28,4 kNm	NB.43
	$n = N_{Ed} / N_{Vy,Rd}$	0,00	
	$M_{z,NV,Rd} = M_{z,V,Rd} \cdot [1 - ((n - a_1) / (1 - a_1))^2]$	<b>26,2</b> kNm	NB.42 ; NB.54

u.c. = **0,00**  $\leq 1$

project: **Recht Boomssloot** opgemaakt door: **M. Bakker**  
 projectcode: **103100** datum opmaak: **22 november 2017**  
 onderdeel: **gording NAP 2,00 m**

Doorsneden van klasse 1 en 2  
 dubbele buiging

*) EC3 artikel 6.2.9: buiging en normaalkracht				
$\alpha =$	2,0			
$\beta =$	1,0			
$M_{N,y,Rd}$	57,7 kNm			
$M_{N,z,Rd}$	28,0 kNm			
$(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha + (M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^\beta$	0,51	6.41		
*) EC3 artikel 6.2.10: buiging, dwarskracht en normaalkracht				
$\alpha_1 = \alpha_2 = 1,6 - \text{abs}[(N_{Ed} / N_{c,Rd}) / (2 * \ln(N_{Ed} / N_{c,Rd}))]$	#GETAL!	NB.55	voor $b > 0,3 \cdot h$	
$\alpha_1 = \alpha_2 =$	1,00	NB.57	voor $b \leq 0,3 \cdot h$	
toepassen: $\alpha_1 = \alpha_2 =$	1,00			
$\beta_0 = \beta_1 =$	1,00	NB.56 ; NB.57		
$M_{y,NV,Rd}$	57,7 kNm	NB.53		
$M_{z,NV,Rd}$	26,2 kNm	NB.54		
$\beta_0 * (M_{y,Ed} / M_{y,NV,Rd})^{\alpha_1} + \beta_1 * (M_{z,Ed} / M_{z,NV,Rd})^{\alpha_2}$	0,71	NB.52		
als $V_{z,Ed} < 0,5 \cdot V_{z,Rd}$ en $V_{y,Ed} < 0,24 \cdot V_{y,Rd}$ dan formule 6.41 anders formule NB.52 =>				
		u.c. =		<b>0,51 ≤ 1</b>

Doorsneden van klasse 3

Combinatie van normaalspanningen ter plaatse van de uiterste vezel:

- normaalkracht:	$N_{c,s,d} / A =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		0,00
- buiging om de y-As	$M_{y,Ed} / W_{y,el,min}$	190,2 N/mm <sup>2</sup>		0,81
- buiging om de z-As	$M_{z,Ed} / W_{z,el,min}$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		0,00
- interactie formule	$N/A + M_{y,Ed} / W_{y,el,min} + M_{z,Ed} / W_{z,el,min} \leq f_y / \gamma_{Mo}$	190,2 N/mm <sup>2</sup>	u.c. =	<b>0,81 ≤ 1</b>

Combinatie van buigspanningen en schuifspanningen juist naast het lijf halverwege de flensdikte:

- normaalkracht:	$N_{c,s,d} / A =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		
- buigspanning tgv. My:	$M_{y,Ed} * e / I_y =$	173,9 N/mm <sup>2</sup>		
- buigspanning tgv. Mz:	$M_{z,Ed} * e / I_z =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		
- schuifspanning tgv. Vz:	$V_{z,s,d} * S / (b * I_y) =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		
- schuifspanning tgv. Vy:	$V_{y,s,d} * S / (2 * t * I_z) =$	38,3 N/mm <sup>2</sup>		
			u.c. =	<b>0,79 ≤ 1</b>

Combinatie van normaalspanningen en schuifspanningen in het lijf direct boven/onder de flenzen bij buiging om de y-as:

- normaalkracht:	$N_{c,s,d} / A =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		
- buigspanning:	$M_{y,Ed} * e / I_y =$	157,6 N/mm <sup>2</sup>		
- schuifspanning:	$V_{z,s,d} * S / (t_w * I_y) =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		
			u.c. =	<b>0,67 ≤ 1</b>

#### knikstabiliteit (EC3-1 artikel 6.3.1)

artikel 6.3.1.2 (1)

om y-as:

$F_{y,E}$	$\pi^2 * E_d * I_y / (l_{buc,y}^2)$	9653 kN
$\lambda_{y,rel}$	$(N_{c,u,d} / F_{y,E})^{0,5}$	0,32

om z-as:

$F_{z,E}$	$\pi^2 * E_d * I_z / (l_{buc,z}^2)$	3516 kN
$\lambda_{z,rel}$	$(N_{c,u,d} / F_{z,E})^{0,5}$	0,54

$\Phi_y$	$0,5 [1 + \alpha_y (\lambda_{y,rel} - 0,2) + \lambda_{y,rel}^2]$	0,57
$\Phi_z$	$0,5 [1 + \alpha_z (\lambda_{z,rel} - 0,2) + \lambda_{z,rel}^2]$	0,73

$\chi_y$	$1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_{y,rel}^2)^{0,5})$	0,96
$\chi_z$	$1 / (\Phi_z + (\Phi_z^2 - \lambda_{z,rel}^2)^{0,5})$	0,82

alfa imperfectie kromme

$\alpha_y$	0,34 voor S235 t/m S420	0,21 voor S460	resultaat:	0,34
$\alpha_z$	0,49 voor S235 t/m S420	0,21 voor S460	resultaat:	0,49

tabel 6.1-imperfectiefactoren voor de knikkrommen

knikkromme	a0	a	b	c	d
imperfectiefactor a	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

#### Torsieknikstabiliteit (EC3-1 Nationale bijlage artikel 6.3.1.4 (4))

Voor walsprofielen IPE, HEA, HEB en HEM hoeft geen toetsing op torsiestabiliteit te worden uitgevoerd.

project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **103100**  
onderdeel: **gording NAP 2,00 m**

opgemaakt door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 22 november 2017

### Kipstabiliteit

\*) Volgens EC3-1 artikel 6.3.2.2

$M_{cr,LT}$  282,6 kNm  
 $\lambda_{LT}$   $(W_y \cdot f_y / M_{cr})^{0,5}$  0,42  
 $\alpha_{LT}$  0,21 (gewalste I-profielen, conform EN 1993-1-1 tabel 6.4)

kipkromme	a	b	c	d
imperfectiefactor $\alpha_{LT}$	0,21	0,34	0,49	0,76

$\Phi_{LT}$   $0,5[1+\alpha_{LT}(\lambda_{LT}-0,2)+\lambda_{LT}^2]$  0,61  
 $\chi_{LT}$   $1/(\Phi_{LT}+\sqrt{\Phi_{LT}^2-\lambda_{LT}^2}) \leq 1$  0,95

**Tabel 6.4 — Aanbevolen waarden voor kipkrommen voor een doorsnede bij gebruik van vergelijking (6.56)**

Doorsnede	Begrenzing	Kipkromme
Gewalste I-profielen	$h/b \leq 2$	a
	$h/b > 2$	b
Gelaste I-profielen	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d
Andere doorsneden	—	d

### Toetsing op druk en buiging

\*) Volgens EC3-1 artikel 6.3.3

$N_{Rk}$  1011 kN  
 $M_{y,Rk}$  50,7 kNm  
 $M_{z,Rk}$  18,5 kNm

tabel 6,7\_waarden voor  $N_{Rk}=f_y A, M_{i,Rk}=f_y W_i$

Klasse	1	2	3
$A_i$	A 4300	A 4300	A 4300
$W_y$	$W_{pl,y}$ 245426	$W_{ply}$ 245426	$W_{ely}$ 215571
$W_z$	$W_{pl,z}$ 119352	$W_{pl,z}$ 119352	$W_{el,z}$ 78528,57143

$k_{yy}$	0,000
$k_{yz}$	0,000
$k_{zy}$	1,000
$k_{zz}$	0,000

$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) < 1$   
 $N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) < 1$

0,00

0,86

u.c. = **0,86 ≤ 1**

### BIJLAGE B, nationale bijlage normatief

Tabel B.2-interactiefactoren  $k_{ij}$  voor staven die gevoelig zijn voor vervormingen door torsie

	klasse 3+4	klasse 1+2
$k_{yy}$	$C_{my}(1+0,6\lambda_{y,rel}(N_{Ed}/(\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1})))$ $< C_{my}(1+0,6(N_{Ed}/(\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1})))$ 0,00 ≤ 0,00	$C_{my}(1+(\lambda_{y,rel}-0,2) \cdot (N_{Ed}/(\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1})))$ $C_{my}(1+0,8(N_{Ed}/(\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1})))$ 0,00 ≤ 0,00
$k_{yz}$	$k_{zz}$ 0,00	$0,6k_{zz}$ 0,00
$k_{zy}$	$0,8 \cdot k_{yy}$ 0,00 ingeval van torsie gevoelig (staven met open profiel) $[1-0,05 \lambda_{z,rel} N_{Ed} / ((C_{mLT}-0,25)(\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))]$ $\geq [1-0,05 N_{Ed} / ((C_{mLT}-0,25)(\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))]$ 1,00 ≥ 1,00	$0,6 \cdot k_{yy}$ 0,00 ingeval van torsie gevoelig (staven met open profiel) $[1-0,1 \lambda_{z,rel} N_{Ed} / ((C_{mLT}-0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})]$ $\geq [1-0,1 N_{Ed} / ((C_{mLT}-0,25)(\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))]$ 1,00 ≥ 1,00 voor $\lambda_{z,rel} < 0,4$ $k_{zy} = 0,6 + \lambda_{z,rel}$ $\leq 1-0,1 \lambda_{z,rel} N_{Ed} / ((C_{mLT}-0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})$ 1,14 ≤ 1,00
$k_{zz}$	$C_{mz}(1+0,6 \lambda_{z,rel}(N_{Ed}/(\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1})))$ $< C_{mz}(1+0,6(N_{Ed}/(\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1})))$ 0,00 < 0,00	$C_{mz}(1+(2 \lambda_{z,rel}-0,6) N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))$ $< C_{mz}(1+1,4(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ 0,00 < 0,00



project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **103100**  
onderdeel: **gording NAP 2,00 m**

opgemaakt door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 22 november 2017

Tabel B.3-equivalente momentverdelingsfactoren  $C_m$  in tabellen B.1 en B.2  
Momenten verdeling bij buiging om de y-as tussen punten gesteund in z-richting  
 $\psi_y = 0,00$

ing bij buiging om de y-as tussen punten gesteund in z-richting					alleen	gelijkm.	geconc.
0,00					eindmom.	bel.	bel.
		crit.1	crit.2	som	0,60	-	-
$\alpha_s =$	0,00	1	1	2	-	0,40	0,40
		0	1	1	-	0,40	0,40
		0	0	0	-	0,40	0,40
$\alpha_n =$	0,00	1	1	2	-	0,95	0,90
		0	1	1	-	0,95	0,90
		0	0	0	-	0,95	0,90
					0,60	0,40	0,40
					Situatie:	2	
					Cmy =	0,00	
mode?	nee	[correctieblad C2]		Cmy =	0,00		

Momenten verdeling bij buiging om de z-as tussen punten gesteund in y-richting  
 $\psi_z = 0,00$

ing bij buiging om de z-as tussen punten gesteund in y-richting					alleen	gelijkm.	geconc.
0,00					eindmom.	bel.	bel.
		crit.1	crit.2	som	0,60	-	-
$\alpha_s =$	0,00	1	1	2	-	0,40	0,40
		0	1	1	-	0,40	0,40
		0	0	0	-	0,40	0,40
$\alpha_n =$	0,00	1	1	2	-	0,95	0,90
		0	1	1	-	0,95	0,90
		0	0	0	-	0,95	0,90
					0,60	0,40	0,40
					Situatie:	2	
					Cmz =	0,00	
node?	nee	[correctieblad C2]		Cmz =	0,00		

$C_{my}$	0,00
$C_{mz}$	0,00
$C_{mLT}$	1,00

project: **Recht Boomssloot** opgemaakt door: **M. Bakker**  
projectcode: **103100** datum opmaak: **22 november 2017**  
onderdeel: **gording NAP +0,95**

### BEREKENING VAN GEWALSTE I-PROFIELEN VOLGENS EUROCODE 3

#### INVOER

##### Profiel eigenschappen

profiel: **HEB160**  
h = 160 mm  
b = 160 mm  
t<sub>w</sub> = 8 mm  
t<sub>f</sub> = 13 mm  
r = 15 mm  
h<sub>w</sub> = 134 mm

##### berekening:

**e**  
(p = plastisch of e = elastisch)  
f<sub>y,d</sub> = **235** N/mm<sup>2</sup>  
E<sub>d</sub> = 210000 N/mm<sup>2</sup>  
G<sub>d</sub> = 80769 N/mm<sup>2</sup>  
Y<sub>M0</sub> = 1,00  
Y<sub>M1</sub> = 1,00  
Y<sub>M2</sub> = 1,25

##### doorsnedeklasse:

ε = 1,00  
lijf: c = 104,0 mm  
c / (ε t<sub>w</sub>) = 13,0  
flens: c = 61,0 mm  
c / (ε t<sub>f</sub>) = 4,7

##### Doorsnede eigenschappen

A<sub>x</sub> = 5430 mm<sup>2</sup>  
A<sub>t</sub> = 48,29 mm<sup>2</sup>  
I<sub>wa</sub> = 5,691E+10 mm<sup>6</sup>  
I<sub>t</sub> = 3,125E+05 mm<sup>4</sup>  
I<sub>y</sub> = 2,492E+07 mm<sup>4</sup>  
I<sub>z</sub> = ##### mm<sup>4</sup>  
I<sub>y</sub> = 67,7 mm  
I<sub>z</sub> = 40,5 mm  
W<sub>y,el</sub> = 3,12E+05 mm<sup>3</sup>  
W<sub>z,el</sub> = 1,11E+05 mm<sup>3</sup>  
S<sub>y</sub> = 1,77E+05 mm<sup>3</sup>  
S<sub>z</sub> = 8,46E+04 mm<sup>3</sup>  
W<sub>y,pl</sub> = 3,54E+05 mm<sup>3</sup>  
W<sub>z,pl</sub> = 1,69E+05 mm<sup>3</sup>

##### Belastingen ten behoeve van de controle op doorsnede capaciteit

N<sub>c,s,d</sub> = **0,0** kN (druk)  
V<sub>y,s,d</sub> = **77,0** kN  
V<sub>z,s,d</sub> = **0,0** kN  
M<sub>y,s,d</sub> = **63,0** kNm  
M<sub>z,s,d</sub> = **0,0** kNm

(eventuele aanpendelende belastingen zijn verwerkt in de krachtsverdeling door het aanbrengen van een equivalente horizontale belasting)

##### Momentenverloop t.b.v. de equivalente momentverdelingsfactoren

buiging om de y-as (tussen punten gesteund in z-richting)  
ψ\*M<sub>h,y</sub> = **0,0** kNm  
M<sub>h,y</sub> = **0,0** kNm  
M<sub>s,y</sub> = **0,0** kNm  
Tussen M<sub>h,y</sub> en ψ\*M<sub>h,y</sub> is  
een **gelijkmatig verdeelde belasting aanwezig**  
Sway buckling mode? **nee** ( ja of nee)  
buiging om de z-as (tussen punten gesteund in y-richting)  
ψ\*M<sub>h,z</sub> = **0,0** kNm  
M<sub>h,z</sub> = **0,0** kNm  
M<sub>s,z</sub> = **0,0** kNm  
Tussen M<sub>h,z</sub> en ψ\*M<sub>h,z</sub> is  
een **gelijkmatig verdeelde belasting aanwezig**  
Sway buckling mode? **nee** ( ja of nee)

t.b.v. resp. C<sub>my</sub> en C<sub>mz</sub> volgens EC3  
t.b.v. resp. C<sub>my</sub> en C<sub>mz</sub> volgens EC3

##### Geometrische eigenschappen ten behoeve van knikstabiliteit

I<sub>buc,y</sub> = **3300** mm  
I<sub>buc,z</sub> = **3300** mm

##### Geometrische eigenschappen en belastingen ten behoeve van kipstabiliteit

M<sub>y1,s,d</sub> = **63,0** kNm  
M<sub>y2,s,d</sub> = **63,0** kNm  
β = M<sub>y1,s,d</sub> / M<sub>y2,s,d</sub> = 1,00  
I<sub>g</sub> = **3300** mm  
I<sub>st</sub> = **3300** mm  
Het beschouwde veld bevindt zich tussen  
I<sub>kip</sub> = 3300 mm  
Kip volgens NEN-EN 1993-1-1 artikel 6.3.2.2:  
k<sub>red</sub> = **1,00**  
C<sub>1</sub> = **1,13**  
C<sub>2</sub> = **-0,45**  
moment met kleinste abs. waarde t.p.v. uiteinde I<sub>st</sub>  
moment met grootste abs. waarde t.p.v. uiteinde I<sub>st</sub>  
(lengte v.d. ligger tussen de gaffels / lengte uitkraging)  
(ongesteunde lengte, voor uitkragingen zie tabel NB.6)  
**2 gaffels**  
(vervangende ongesteunde kiplengte)  
(nationale bijlage D4.2 ; voor standaard walsprofielen geldt k<sub>red</sub> = 1)  
(nationale bijlage D4.3)  
(nationale bijlage D4.3 ; negatief invoeren bij belasting op de bovenflens)

##### Opmerkingen:

- Indien een staaf door opdeling van kipsteunen is opgedeeld in 2 of meer velden moet bij de toetsing van op druk en buiging belaste staven voor de kipreductiefactor χ<sub>LT</sub> de kleinste waarde van de kipreductiefactor χ<sub>LT</sub> van de afzonderlijke staven worden toegepast.

##### BEREKENINGSRESULTATEN

##### Ongereduceerde capaciteiten:

N<sub>c,u,d</sub> = 1276,1 kN  
V<sub>y,u,d</sub> = 370,8 kN  
V<sub>z,u,d</sub> = 152,8 kN  
M<sub>y,u,d</sub> = 73,2 kNm  
M<sub>z,u,d</sub> = 26,1 kNm

##### Knik

χ<sub>y</sub> = 1,00  
χ<sub>z</sub> = 1,00  
C<sub>my</sub> = 0,00  
C<sub>mz</sub> = 0,00  
C<sub>mLT</sub> = 1,00  
k<sub>yy</sub> = 0,00  
k<sub>yz</sub> = 0,00  
k<sub>zy</sub> = 1,00  
k<sub>zz</sub> = 0,00

##### Kip NEN-EN 1993-1-1 artikel 6.3.2.2:

S = 688 mm  
C = 3,32  
M<sub>Ed</sub> = 218,7 kNm  
χ<sub>LT</sub> = 0,90  
M<sub>b,Rd</sub> = 65,7 kNm

##### CONTROLE

##### Doorsnede capaciteit

Doorsnedeklasse 3, vloeicriterium  
- Maximale schuifspanningen  
- Spanningen in het lijf direct boven/onder de flenzen  
- Spanningen in de flenzen juist naast het lijf  
- Normaalspanningen in de uiterste vezels  
buiging om de y-as  
u.c. = **-**  
u.c. = **-**  
u.c. = **-**  
u.c. = **-**  
buiging om de z-as  
**0,21**  
**-**  
**-**  
**-**  
totaal  
**-**  
**0,72**  
**-**  
**0,86**

##### Stabiliteit voor staven belast op druk en buiging

\*) Controles volgens EC3 artikel 6.3.2:

M<sub>Ed</sub> / M<sub>b,Rd</sub> < 1  
u.c. = **0,96** ≤ 1

\*) Controles volgens EC3 artikel 6.3.3:

N<sub>Ed</sub> / (χ<sub>y</sub> N<sub>Ed</sub> / γ<sub>M1</sub>) + k<sub>yy</sub> M<sub>y,Ed</sub> / (χ<sub>LT</sub> M<sub>y,Rd</sub> / γ<sub>M1</sub>) + k<sub>yz</sub> M<sub>z,Ed</sub> / (M<sub>z,Rd</sub> / γ<sub>M1</sub>) ≤ 1  
u.c. = **0,00** ≤ 1

N<sub>Ed</sub> / (χ<sub>z</sub> N<sub>Ed</sub> / γ<sub>M1</sub>) + k<sub>zy</sub> M<sub>y,Ed</sub> / (χ<sub>LT</sub> M<sub>y,Rd</sub> / γ<sub>M1</sub>) + k<sub>zz</sub> M<sub>z,Ed</sub> / (M<sub>z,Rd</sub> / γ<sub>M1</sub>) ≤ 1  
u.c. = **0,96** ≤ 1

project: **Recht Boomssloot** opgemaakt door: **M. Bakker**  
projectcode: **103100** datum opmaak: **22 november 2017**  
onderdeel: **gording NAP 0,95m**

#### Ongereduceerde doorsnede capaciteiten

	(EC3-1 art.)	Formules	Waarde	
$N_{c,Rd}$ :	(6.2.4)	$A_x \cdot f_y / \gamma_{M0}$	1276 kN	
$V_{y,el,Rd}$	(6.2.6)	$0,58 \cdot f_{yd} \cdot 2 \cdot t_{flens} \cdot I_z / (\gamma_{M0} \cdot S_z)$	371 kN	
$V_{y,pl,Rd}$	(6.2.6)	$0,58 \cdot f_{yd} \cdot A_v / \gamma_{M0}$	564 kN	$A_{v,y} = 2 \cdot b \cdot t_{flens} =$ 4160 mm <sup>2</sup>
$V_{z,el,Rd}$	(6.2.6)	$0,58 \cdot f_{yd} \cdot t_{ijf} \cdot I_y / (\gamma_{M0} \cdot S_y)$	153 kN	
$V_{z,pl,Rd}$	(6.2.6)	$0,58 \cdot f_{yd} \cdot A_v / \gamma_{M0}$	239 kN	$A_{v,z} = A_x - 2b_t + (t_w + 2R) \cdot t_f =$ 1764 mm <sup>2</sup> ( $> h_w \cdot t_w$ )
$M_{y,el,Rd}$ :	(6.2.5)	$W_{y,el} \cdot f_{yd} / \gamma_{M0}$	73 kNm	
$M_{y,pl,Rd}$ :	(6.2.5)	$2 \cdot S_y \cdot f_{yd} / \gamma_{M0}$	83 kNm	
$M_{z,el,Rd}$ :	(6.2.5)	$W_{z,el} \cdot f_{yd} / \gamma_{M0}$	26 kNm	
$M_{z,pl,Rd}$ :	(6.2.5)	$2 \cdot S_z \cdot f_{yd} / \gamma_{M0}$	40 kNm	
	(6.2.7)	torsie is niet in deze sheet inbegrepen		

#### Controle op dwarskracht:

buiging om de y-as	Doorsneden van klasse 1 en 2	$V_{z,s,d} / V_{z,pl,Rd} =$	u.c. =	<b>0,00</b> $\leq 1$
	Doorsneden van klasse 3	$V_{z,s,d} / V_{z,el,Rd} =$	u.c. =	<b>0,00</b> $\leq 1$
buiging om de z-as	Doorsneden van klasse 1 en 2	$V_{y,s,d} / V_{y,pl,Rd} =$	u.c. =	<b>0,14</b> $\leq 1$
	Doorsneden van klasse 3	$V_{y,s,d} / V_{y,el,Rd} =$	u.c. =	<b>0,21</b> $\leq 1$

#### Controle op buiging met normaalkracht en dwarskracht

Doorsneden van klasse 1 en 2

buiging om de y-as	$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} =$	1276 kN	
	$V_{z,Rd}$	239 kN	
	$M_{y,Rd}$	83,2 kNm	
*) EC3 artikel 6.2.8 t/m 6.2.10:			
	$V_{Ed,z} \leq 0,5 \cdot V_{z,Rd}$		
	$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd}$	0,00	
	$N_{Ed} < 0,25 \cdot N_{c,Rd}$	319,0 kN	6.33
	$N_{Ed} < 0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_{yd} / \gamma_{M0}$	126,0 kN	6.34
	$M_{y,N,Rd} = M_{y,Rd} \cdot (1 - n^2)$	83,2 kNm	6.32
	$M_{y,NV,Rd}$	<b>83,2</b> kNm	
	$V_{Ed,z} > 0,5 \cdot V_{z,Rd}$		
	$\rho_{w,z} = (2 \cdot V_{Ed,z} / V_{z,pl,Rd} - 1)^2$	0,000	6.29 (p = 0 als $V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd}$ )
	$A_{v,z} = A_x - 2b_t + (t_w + 2R) \cdot t_f =$	1764 mm <sup>2</sup>	
	$N_{Vz,Rd} = (N_{Rd} - \rho_{w,z} \cdot A_{v,z} \cdot f_{yd}) / \gamma_{M0}$	1276 kN	NB.35
	$A_{w,z} = h_w \cdot t_w =$	1072 mm <sup>2</sup>	
	$M_{y,V,Rd} = (2 \cdot S_y - (\rho_{w,z} \cdot A_{w,z}^2) / (4 \cdot t_w)) \cdot f_{yd} / \gamma_{M0}$	83,2 kNm	6.30
	$n = N_{Ed} / N_{Vz,Rd}$	0,00	
	$a_1 = (A - 2 \cdot b \cdot t_f) / A$ maar $a < 0,5$	0,23	NB.37
	$a_2 = a_1 \cdot (1 - \rho_{w,z})$	0,23	NB.36
	$M_{y,NV,Rd} = M_{y,V,Rd} \cdot (1 - n) / (1 - a_2 / 2) =$	<b>83,2</b> kNm	NB.34 ; NB.53
			u.c. = <b>0,76</b> $\leq 1$

Doorsneden van klasse 1 en 2

buiging om de z-as

	$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} =$	1276 kN	
	$V_{y,Rd}$	564 kN	
	$M_{z,Rd}$	39,8 kNm	
*) EC3 artikel 6.2.8 t/m 6.2.10:			
	$V_{Ed,y} \leq 0,24 \cdot V_{y,Rd}$		factor 0,24 volgt uit formule NB.28 voor $q_y = 1,00$
	$N_{Ed} < h_w \cdot t_w \cdot f_{yd} / \gamma_{M0}$	251,9	6.35
	$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd}$	0,00	6.38
	$a = a_1 = (A - 2 \cdot b \cdot t_f) / A$ maar $a < 0,5$	0,23	6.38
voor $n \leq a$ :	$M_{N,z,Rd} = M_{z,Rd}$	39,8 kNm	6.37
voor $n > a$ :	$M_{N,z,Rd} = M_{z,Rd} \cdot [1 - ((n - a) / (1 - a))^2]$	36,1 kNm	6.38
	$M_{z,NV,Rd}$	<b>39,8</b> kNm	
	$V_{Ed,y} > 0,24 \cdot V_{y,Rd}$		
	$q_y = 1,03 \cdot \{1 - (V_{y,Ed} / V_{pl,y,Ed})^2\}^{0,5}$	1,020	NB.28
	$N_{Vy,Rd} = N_{pl,Rd} - (2 \cdot (1 - q_y) \cdot b_t \cdot t_f \cdot f_y) / \gamma_{M0}$	1296 kN	NB.44
	$M_{z,V,Rd} = q_y \cdot M_{pl,z,Rd} / \gamma_{M0}$	40,6 kNm	NB.43
	$n = N_{Ed} / N_{Vy,Rd}$	0,00	
	$M_{z,NV,Rd} = M_{z,V,Rd} \cdot [1 - ((n - a_1) / (1 - a_1))^2]$	<b>36,8</b> kNm	NB.42 ; NB.54
			u.c. = <b>0,00</b> $\leq 1$

project: **Recht Boomssloot** opgemaakt door: **M. Bakker**  
projectcode: **103100** datum opmaak: **22 november 2017**  
onderdeel: **gording NAP 0,95m**

Doorsneden van klasse 1 en 2  
dubbele buiging

*) EC3 artikel 6.2.9: buiging en normaalkracht				
$\alpha =$	2,0			
$\beta =$	1,0			
$M_{N,y,Rd}$	83,2 kNm			
$M_{N,z,Rd}$	39,8 kNm			
$(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha + (M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^\beta$	0,57	6.41		
*) EC3 artikel 6.2.10: buiging, dwarskracht en normaalkracht				
$\alpha_1 = \alpha_2 = 1,6 - \text{abs}[(N_{Ed} / N_{c,Rd}) / (2 * \ln(N_{Ed} / N_{c,Rd}))]$	#GETAL!	NB.55	voor $b > 0,3 \cdot h$	
$\alpha_1 = \alpha_2 =$	1,00	NB.57	voor $b \leq 0,3 \cdot h$	
toepassen: $\alpha_1 = \alpha_2 =$	1,00			
$\beta_0 = \beta_1 =$	1,00	NB.56 ; NB.57		
$M_{y,NV,Rd}$	83,2 kNm	NB.53		
$M_{z,NV,Rd}$	36,8 kNm	NB.54		
$\beta_0 * (M_{y,Ed} / M_{y,NV,Rd})^{\alpha_1} + \beta_1 * (M_{z,Ed} / M_{z,NV,Rd})^{\alpha_2}$	0,76	NB.52		
als $V_{z,Ed} < 0,5 \cdot V_{z,Rd}$ en $V_{y,Ed} < 0,24 \cdot V_{y,Rd}$ dan formule 6.41 anders formule NB.52 =>				
		u.c. =		<b>0,57 ≤ 1</b>

Doorsneden van klasse 3

Combinatie van normaalspanningen ter plaatse van de uiterste vezel:

- normaalkracht:	$N_{c,s,d} / A =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		0,00
- buiging om de y-As	$M_{y,Ed} / W_{y,el,min}$	202,2 N/mm <sup>2</sup>		0,86
- buiging om de z-As	$M_{z,Ed} / W_{z,el,min}$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		0,00
- interactie formule	$N/A + M_{y,Ed} / W_{y,el,min} + M_{z,Ed} / W_{z,el,min} \leq f_y / \gamma_{Mo}$	202,2 N/mm <sup>2</sup>	u.c. =	<b>0,86 ≤ 1</b>

Combinatie van buigspanningen en schuifspanningen juist naast het lijf halverwege de flensdikte:

- normaalkracht:	$N_{c,s,d} / A =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		
- buigspanning tgv. My:	$M_{y,Ed} * e / I_y =$	185,8 N/mm <sup>2</sup>		
- buigspanning tgv. Mz:	$M_{z,Ed} * e / I_z =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		
- schuifspanning tgv. Vz:	$V_{z,s,d} * S / (b * I_y) =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		
- schuifspanning tgv. Vy:	$V_{y,s,d} * S / (2 * t * I_z) =$	27,7 N/mm <sup>2</sup>		
			u.c. =	<b>0,82 ≤ 1</b>

Combinatie van normaalspanningen en schuifspanningen in het lijf direct boven/onder de flenzen bij buiging om de y-as:

- normaalkracht:	$N_{c,s,d} / A =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		
- buigspanning:	$M_{y,Ed} * e / I_y =$	169,4 N/mm <sup>2</sup>		
- schuifspanning:	$V_{z,s,d} * S / (t_w * I_y) =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		
			u.c. =	<b>0,72 ≤ 1</b>

#### knikstabiliteit (EC3-1 artikel 6.3.1)

artikel 6.3.1.2 (1)

om y-as:

$F_{y,E}$	$\pi^2 * E_d * I_y / (l_{buc,y}^2)$	4743 kN
$\lambda_{y,rel}$	$(N_{c,u,d} / F_{y,E})^{0,5}$	0,52

om z-as:

$F_{z,E}$	$\pi^2 * E_d * I_z / (l_{buc,z}^2)$	1692 kN
$\lambda_{z,rel}$	$(N_{c,u,d} / F_{z,E})^{0,5}$	0,87

$\Phi_y$	$0,5[1 + \alpha_y(\lambda_{y,rel} - 0,2) + \lambda_{y,rel}^2]$	0,69
$\Phi_z$	$0,5[1 + \alpha_z(\lambda_{z,rel} - 0,2) + \lambda_{z,rel}^2]$	1,04

$\chi_y$	$1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_{y,rel}^2)^{0,5})$	0,88
$\chi_z$	$1 / (\Phi_z + (\Phi_z^2 - \lambda_{z,rel}^2)^{0,5})$	0,62

alfa imperfectie kromme

$\alpha_y$	0,34 voor S235 t/m S420	0,21 voor S460	resultaat:	0,34
$\alpha_z$	0,49 voor S235 t/m S420	0,21 voor S460	resultaat:	0,49

tabel 6.1-imperfectiefactoren voor de knikkrommen

knikkromme	a0	a	b	c	d
imperfectiefactor a	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

#### Torsieknikstabiliteit (EC3-1 Nationale bijlage artikel 6.3.1.4 (4))

Voor walsprofielen IPE, HEA, HEB en HEM hoeft geen toetsing op torsiestabiliteit te worden uitgevoerd.

project: **Recht Boomssloot** opgemaakt door: **M. Bakker**  
projectcode: **103100** datum opmaak: **22 november 2017**  
onderdeel: **gording NAP 0,95m**

### Kipstabiliteit

\*) Volgens EC3-1 artikel 6.3.2.2

$M_{cr,LT}$  218,7 kNm  
 $\lambda_{LT}$   $(W_y \cdot f_y / M_{cr})^{0,5}$  0,58  
 $\alpha_{LT}$  0,21 (gewalste I-profielen, conform EN 1993-1-1 tabel 6.4)

kipkromme	a	b	c	d
imperfectiefactor $\alpha_{LT}$	0,21	0,34	0,49	0,76

$\Phi_{LT}$   $0,5[1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2]$  0,71  
 $\chi_{LT}$   $1/(\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}) \leq 1$  0,90

**Tabel 6.4 — Aanbevolen waarden voor kipkrommen voor een doorsnede bij gebruik van vergelijking (6.56)**

Doorsnede	Begrenzing	Kipkromme
Gewalste I-profielen	$h/b \leq 2$	a
	$h/b > 2$	b
Gelaste I-profielen	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d
Andere doorsneden	—	d

### Toetsing op druk en buiging

\*) Volgens EC3-1 artikel 6.3.3

$N_{Rk}$  1276 kN  
 $M_{y,Rk}$  73,2 kNm  
 $M_{z,Rk}$  26,1 kNm

tabel 6.7\_waarden voor  $N_{Rk} = f_y A_y$ ,  $M_{y,Rk} = f_y W_{yI}$

Klasse	1	2	3
$A_y$	A 5430	A 5430	A 5430
$W_{yI}$	$W_{pl,y}$ 353965	$W_{ply}$ 353965	$W_{ely}$ 311500
$W_{zI}$	$W_{pl,z}$ 169191	$W_{pl,z}$ 169191	$W_{el,z}$ 111150

$k_{yy}$	0,000
$k_{yz}$	0,000
$k_{zy}$	1,000
$k_{zz}$	0,000

$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) < 1$   
 $N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) < 1$

0,00

0,96

u.c. = **0,96 ≤ 1**

### BIJLAGE B, nationale bijlage normatief

Tabel B.2-interactiefactoren  $k_{ij}$  voor staven die gevoelig zijn voor vervormingen door torsie

	klasse 3+4	klasse 1+2
$k_{yy}$	$C_{my}(1 + 0,6\lambda_{y,rel}(N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ $< C_{my}(1 + 0,6(N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ 0,00 ≤ 0,00	$C_{my}(1 + (\lambda_{y,rel} - 0,2) * (N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ $C_{my}(1 + 0,8(N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ 0,00 ≤ 0,00
$k_{yz}$	$k_{zz}$ 0,00	$0,6k_{zz}$ 0,00
$k_{zy}$	$0,8 * k_{yy}$ 0,00 ingeval van torsie gevoelig (staven met open profiel) $[1 - 0,05 \lambda_{z,rel} N_{Ed} / ((C_{mLT} - 0,25)(\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))]$ $\geq [1 - 0,05 N_{Ed} / ((C_{mLT} - 0,25)(\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))]$ 1,00 ≥ 1,00	$0,6 * k_{yy}$ 0,00 ingeval van torsie gevoelig (staven met open profiel) $[1 - 0,1 \lambda_{z,rel} N_{Ed} / ((C_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})]$ $\geq [1 - 0,1 N_{Ed} / ((C_{mLT} - 0,25)(\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))]$ 1,00 ≥ 1,00 voor $\lambda_{z,rel} < 0,4$ $k_{zy} = 0,6 + \lambda_{z,rel}$ $\leq 1 - 0,1 \lambda_{z,rel} N_{Ed} / ((C_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})$ 1,47 ≤ 1,00
$k_{zz}$	$C_{mz}(1 + 0,6 \lambda_{z,rel}(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ $< C_{mz}(1 + 0,6 (N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ 0,00 < 0,00	$C_{mz}(1 + (2 \lambda_{z,rel} - 0,6) N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))$ $< C_{mz}(1 + 1,4 (N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ 0,00 < 0,00

project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **103100**  
onderdeel: **gording NAP 0,95m**

opgemaakt door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 22 november 2017

Tabel B.3-equivalente momentverdelingsfactoren  $C_m$  in tabellen B.1 en B.2  
Momenten verdeling bij buiging om de y-as tussen punten gesteund in z-richting  
 $\psi_y = 0,00$

ing bij buiging om de y-as tussen punten gesteund in z-richting					alleen	gelijkm.	geconc.
0,00					eindmom.	bel.	bel.
		crit.1	crit.2	som	0,60	-	-
$\alpha_s =$	0,00	1	1	2	-	0,40	0,40
		0	1	1	-	0,40	0,40
		0	0	0	-	0,40	0,40
$\alpha_n =$	0,00	1	1	2	-	0,95	0,90
		0	1	1	-	0,95	0,90
		0	0	0	-	0,95	0,90
					0,60	0,40	0,40
					Situatie:	2	
					$C_{my} =$	0,00	
mode?	nee	[correctieblad C2]		$C_{mz} =$	0,00		

Momenten verdeling bij buiging om de z-as tussen punten gesteund in y-richting  
 $\psi_z = 0,00$

ing bij buiging om de z-as tussen punten gesteund in y-richting					alleen	gelijkm.	geconc.
0,00					eindmom.	bel.	bel.
		crit.1	crit.2	som	0,60	-	-
$\alpha_s =$	0,00	1	1	2	-	0,40	0,40
		0	1	1	-	0,40	0,40
		0	0	0	-	0,40	0,40
$\alpha_n =$	0,00	1	1	2	-	0,95	0,90
		0	1	1	-	0,95	0,90
		0	0	0	-	0,95	0,90
					0,60	0,40	0,40
					Situatie:	2	
					Cmz =	0,00	
node?	nee	[correctieblad C2]		Cmz =	0,00		

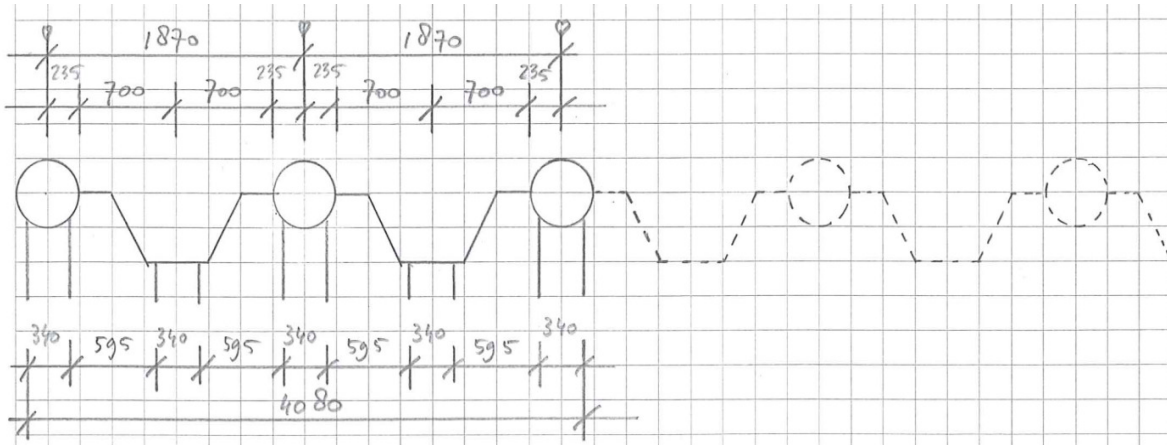
$C_{my}$	0,00
$C_{mz}$	0,00
$C_{mLT}$	1,00

## Controle plaatdikte NAP +2,00m

- Het prefab schort is bevestigd middels een horizontale stalen plaat en knieschotten gelast aan de buik van de damwand.

## Uitgangspunten geometrie

Bovenaanzicht



## Belasting

permanent		h	b	$\gamma$	q
Graniet	=	0,2	0,5	28,5	2,85 kN/m
Metselwerk	=	0,11	1	20	2,2 kN/m
Beton	=	0,2	0,26	25	1,3 kN/m
	=	0,15	2,35	25	8,8 kN/m
	=	0,15	0,6	25	2,3 kN/m
<b>totaal</b>	=		$q_G$		17,4 kN/m
veranderlijk	=		$q_Q$	=	5 kN/m
			$Q_k$	=	20 kN

## Krachtenwerking

- De krachtenwerking is uitgewerkt in Technosoft, zie navolgende sheets

Omhullend

$V_d$	=	36,6 kN
$M_{d,max}$	=	3,3 kNm
$M_{d,min}$	=	2,3 kNm

## Dikte staalplaat

W	=	9295,775 mm <sup>3</sup>
d	=	7,5 mm

inclusief corrosie toeslag 10 mm

TS/Liggers

Rel: 6.21 29 jul 2016

Project.....: -

Onderdeel.....:

Constructeur..:

Opdrachtgever:

Dimensies.....: kN/m/rad

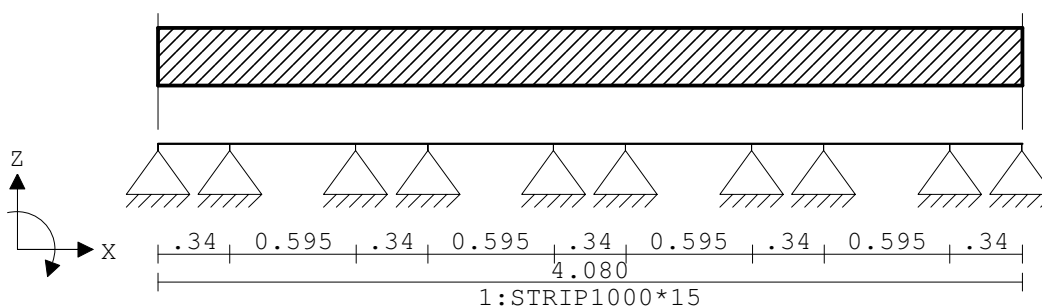
Datum.....: 29/07/2016

Bestand.....: t:\as\A\asd\asd1515-2\inhdocs\constructie\4. horizontale  
afdekplaat\nap+2.00.dlw**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)

**GEOMETRIE**

Ligger:1

**VELDLENGHTEN**

Ligger:1

Veld	Vanaf	Tot	Lengte	Veld	Vanaf	Tot	Lengte
1	0.000	0.340	0.340	6	2.210	2.805	0.595
2	0.340	0.935	0.595	7	2.805	3.145	0.340
3	0.935	1.275	0.340	8	3.145	3.740	0.595
4	1.275	1.870	0.595	9	3.740	4.080	0.340
5	1.870	2.210	0.340				

**MATERIALEN**

Mt	Omschrijving	E-modulus[N/mm2]	S.M.	Pois.	Uitz. coëff
1	S235	210000	78.5	0.30	1.2000e-005

**PROFIELEN [mm]**

Prof.	Omschrijving	Materiaal	Oppervlak	Traagheid	Vormf.
1	STRIP1000*15	1:S235	1.5000e+004	2.8125e+005	0.00

**PROFIELEN vervolg [mm]**

Prof.	Staaftype	Breedte	Hoogte	e	Type	b1	h1	b2	h2
1	0:Normaal	1000	15	7.5					

**PROFIELVORMEN [mm]**

1 STRIP1000\*15





Project.....: -  
Onderdeel.....:

BELASTINGGEVALLEN

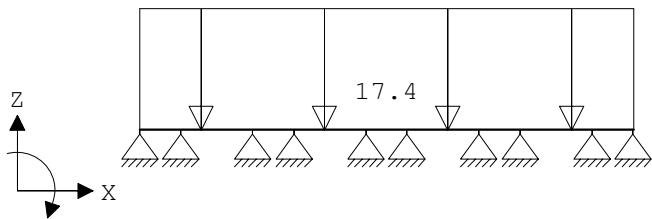
B.G.	Omschrijving	Belast/onbelast	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	e.g.
1	Permanent	2:Permanent EN1991				-1.00
2	Veranderlijk qk	1:Schaakbord EN1991	0.70	0.50	0.30	0.00
3	Veranderlijk Qk-wiel	3:Kraanbaan	0.70	0.50	0.30	0.00

BELASTINGGEVALLEN

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

VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:1 Permanent



VELDBELASTINGEN

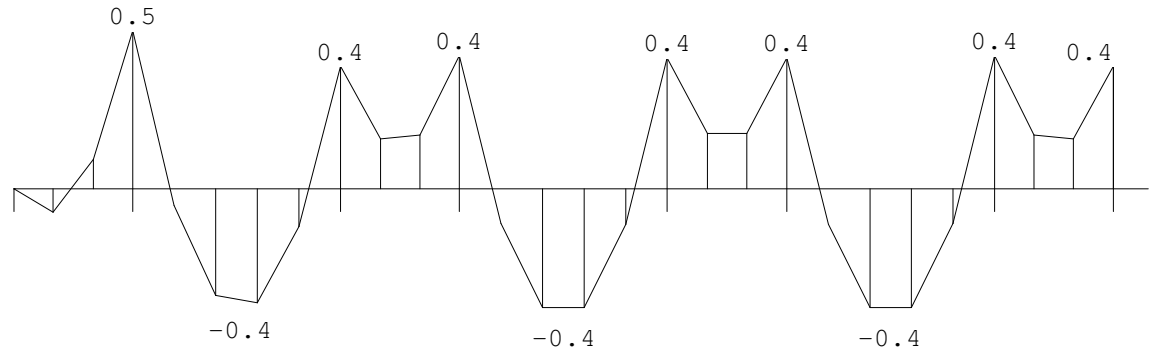
Ligger:1 B.G:1 Permanent

Last Ref.	Type	Omschrijving	q1/p/m	q2	psi	Afstand	Lengte
1	1:q-last		-17.400	-17.400		0.000	4.080

MOMENTEN

Ligger:1 B.G:1 Permanent

Velden: 1 t/m 7



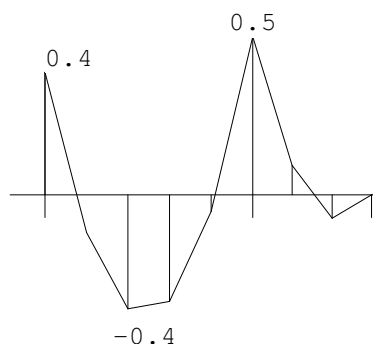
Project.....: -

Onderdeel.....:

**MOMENTEN**

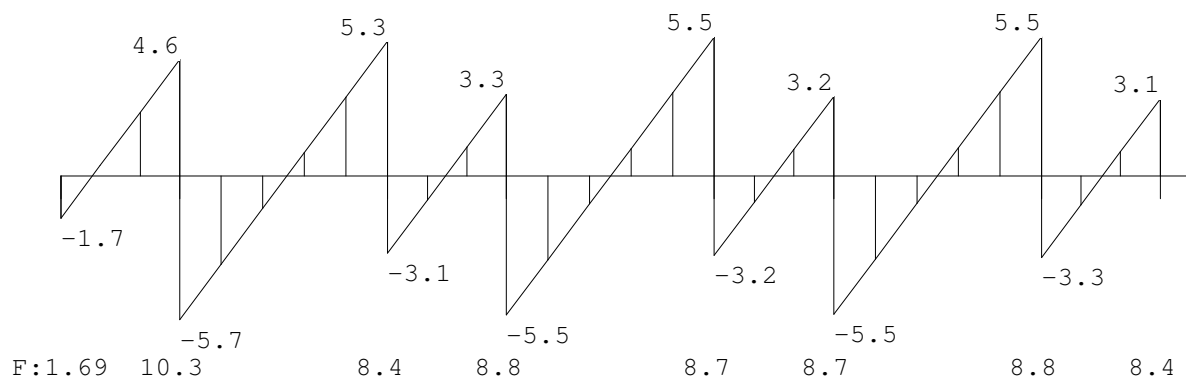
Ligger:1 B.G:1 Permanent

Velden: 8 t/m 9

**DWARSKRACHTEN**

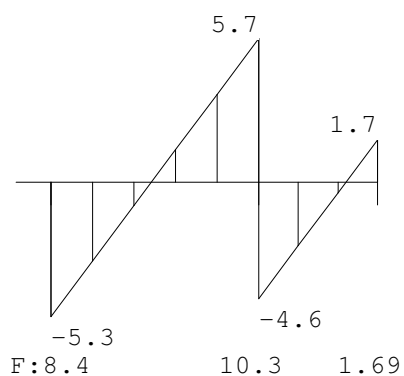
Ligger:1 B.G:1 Permanent

Velden: 1 t/m 7

**DWARSKRACHTEN**

Ligger:1 B.G:1 Permanent

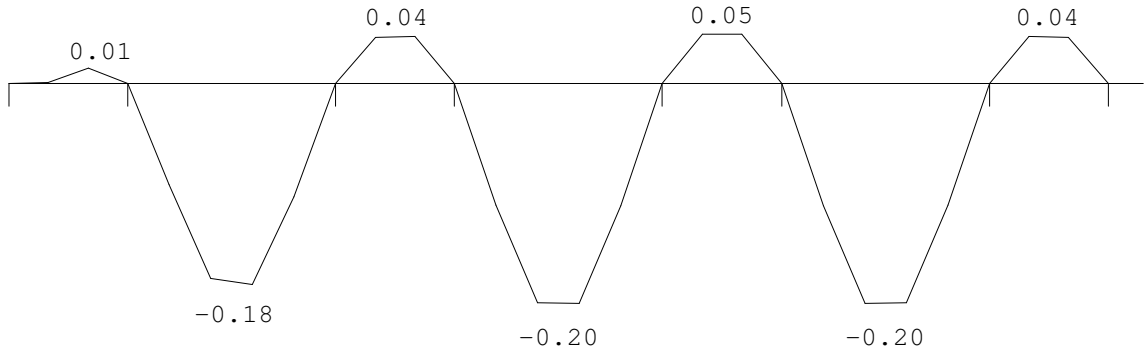
Velden: 8 t/m 9



Project.....: -  
Onderdeel.....:

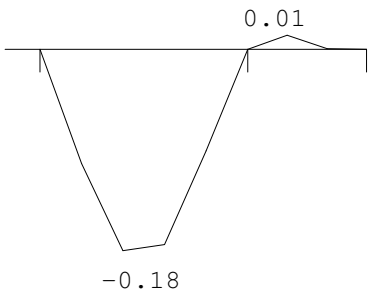
**VERPLAATSINGEN** [mm] Ligger:1 B.G:1 Permanent

Velden: 1 t/m 7

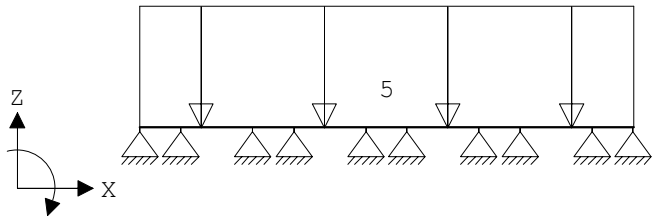


**VERPLAATSINGEN** [mm] Ligger:1 B.G:1 Permanent

Velden: 8 t/m 9



**VELDBELASTINGEN** Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk qk



**VELDBELASTINGEN** Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk qk

Last Ref.	Type	Omschrijving	q1/p/m	q2	psi	Afstand	Lengte
1	1:q-last		-5.000	-5.000		0.000	4.080

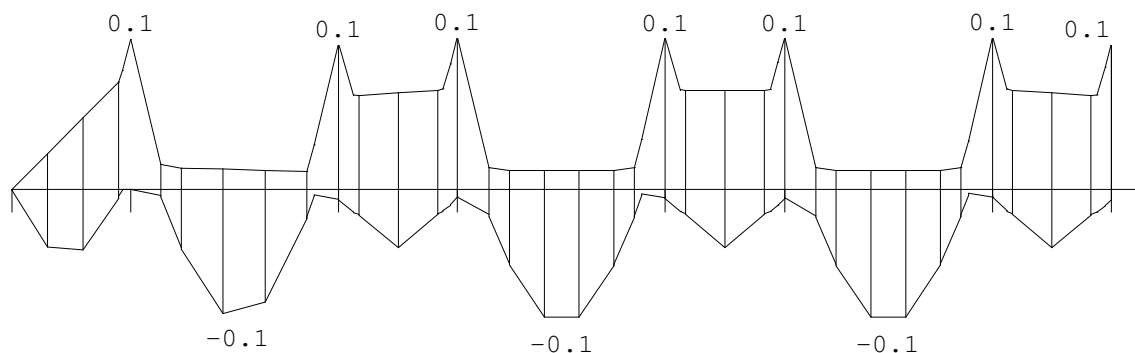
Project.....: -

Onderdeel.....:

**MOMENTEN**

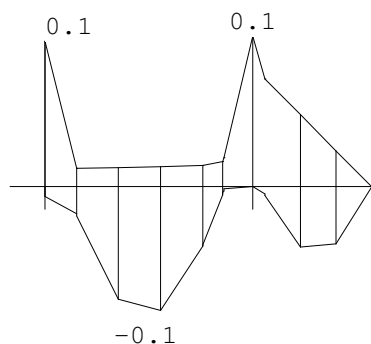
Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk qk

Velden: 1 t/m 7

**MOMENTEN**

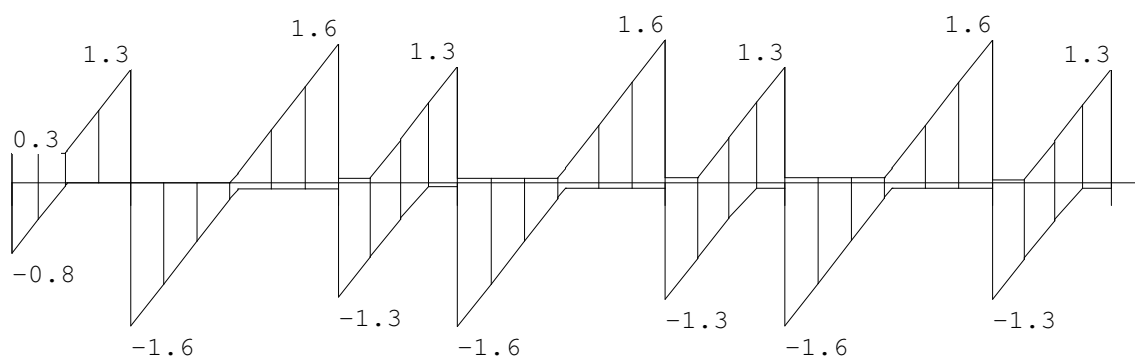
Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk qk

Velden: 8 t/m 9

**DWARSKRACHTEN**

Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk qk

Velden: 1 t/m 7



Fmin:-0.330.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00  
 Fmax:0.79 2.86 2.83 2.90 2.89 2.89 2.90 2.83

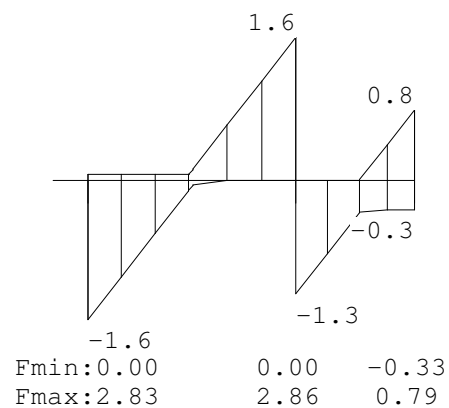
Project.....: -

Onderdeel.....:

**DWARSKRACHTEN**

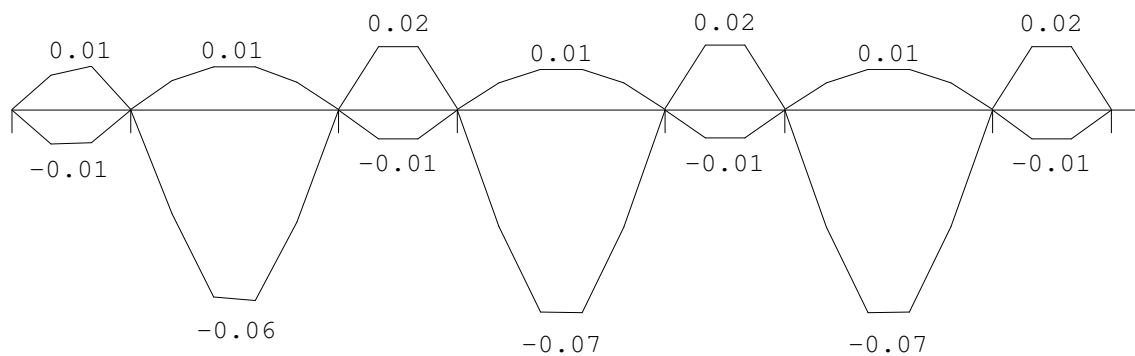
Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk qk

Velden: 8 t/m 9

**VERPLAATSINGEN** [mm]

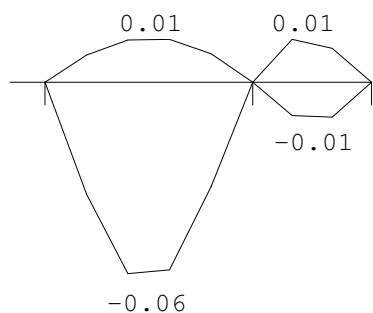
Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk qk

Velden: 1 t/m 7

**VERPLAATSINGEN** [mm]

Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk qk

Velden: 8 t/m 9

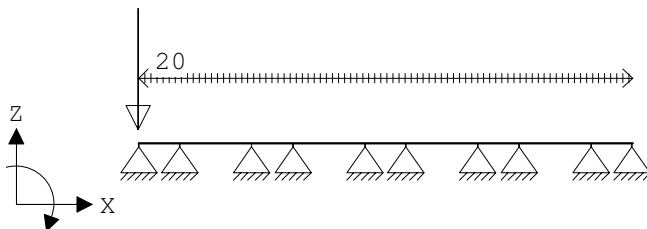


Project.....: -

Onderdeel.....:

**VELDBELASTINGEN**

Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk Qk-wiellast

**VELDBELASTINGEN**

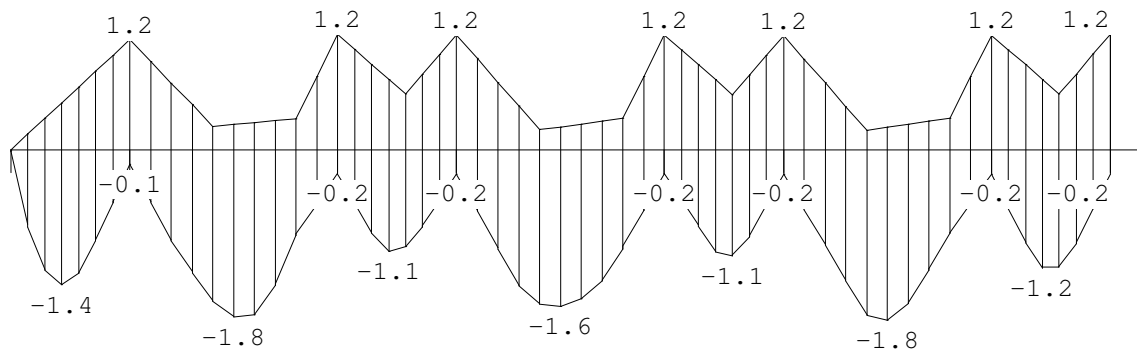
Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk Qk-wiellast

Last Ref.	Type	Omschrijving	q1/p/m	q2	psi	Afstand	Lengte
1	15:Pass.stelsel		-20.000	0.050		0.000	4.080

**MOMENTEN**

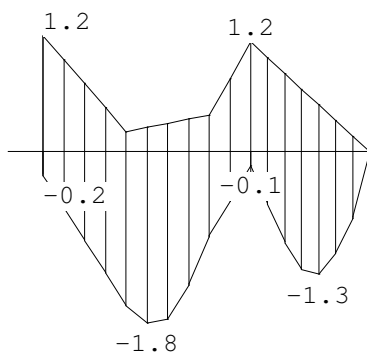
Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk Qk-wiellast

Velden: 1 t/m 7

**MOMENTEN**

Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk Qk-wiellast

Velden: 8 t/m 9



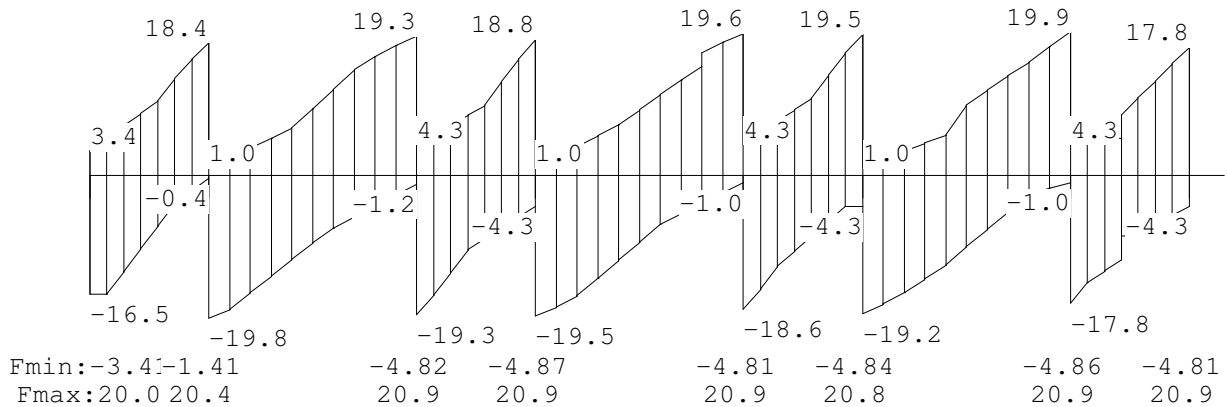
Project.....: -

Onderdeel.....:

**DWARSKRACHTEN**

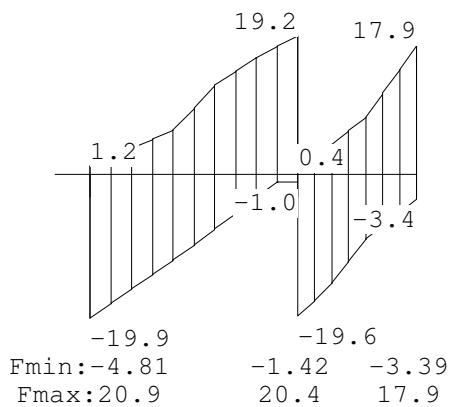
Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk Qk-wiellast

Velden: 1 t/m 7

**DWARSKRACHTEN**

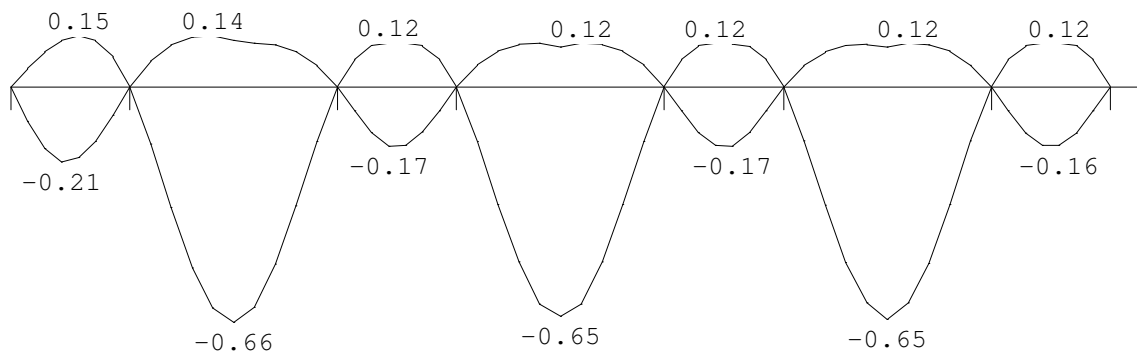
Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk Qk-wiellast

Velden: 8 t/m 9

**VERPLAATSINGEN** [mm]

Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk Qk-wiellast

Velden: 1 t/m 7



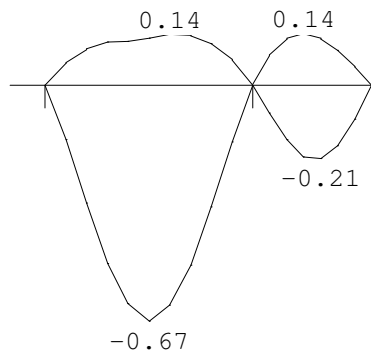
Project.....: -

Onderdeel.....:

**VERPLAATSINGEN** [mm]

Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk Qk-wiellast

Velden: 8 t/m 9

**BELASTINGCOMBINATIES**

BC Type	BG Gen.	Factor	BG Gen.	Factor	BG Gen.	Factor	BG Gen.	Factor
1 Fund.	1 Perm	1.35						
2 Fund.	1 Perm	0.90						
3 Fund.	1 Perm	1.35	2 psi0	1.50				
4 Fund.	1 Perm	1.35	3 psi0	1.50				
5 Fund.	1 Perm	1.20	2 Extr	1.50				
6 Fund.	1 Perm	1.20	3 Extr	1.50				
7 Fund.	1 Perm	0.90	2 psi0	1.50				
8 Fund.	1 Perm	0.90	3 psi0	1.50				
9 Fund.	1 Perm	0.90	2 Extr	1.50				
10 Fund.	1 Perm	0.90	3 Extr	1.50				
11 Kar.	1 Perm	1.00						
12 Kar.	1 Perm	1.00	2 Extr	1.00				
13 Kar.	1 Perm	1.00	3 Extr	1.00				
14 Quas.	1 Perm	1.00						
15 Quas.	1 Perm	1.00	2 psi2	1.00				
16 Quas.	1 Perm	1.00	3 psi2	1.00				
17 Freq.	1 Perm	1.00						
18 Freq.	1 Perm	1.00	2 psi1	1.00				
19 Freq.	1 Perm	1.00	3 psi1	1.00				
20 Blij.	1 Perm	1.00						

**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 Geen
- 7 Alle velden de factor:0.90
- 8 Alle velden de factor:0.90
- 9 Alle velden de factor:0.90
- 10 Alle velden de factor:0.90



Project.....: -

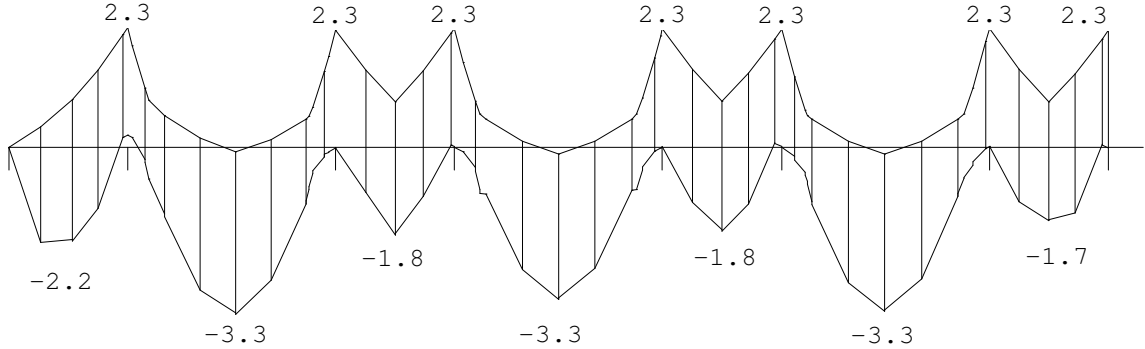
Onderdeel.....:

OMHULLENDE VAN DE FUNDAMENTELE COMBINATIES

MOMENTEN

Ligger:1 Fundamentele combinatie

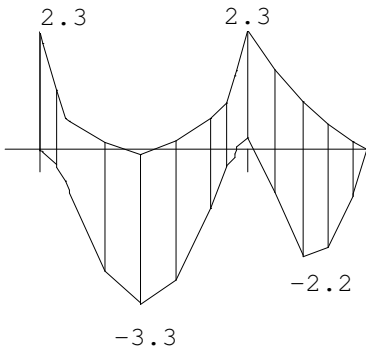
Velden: 1 t/m 7



MOMENTEN

Ligger:1 Fundamentele combinatie

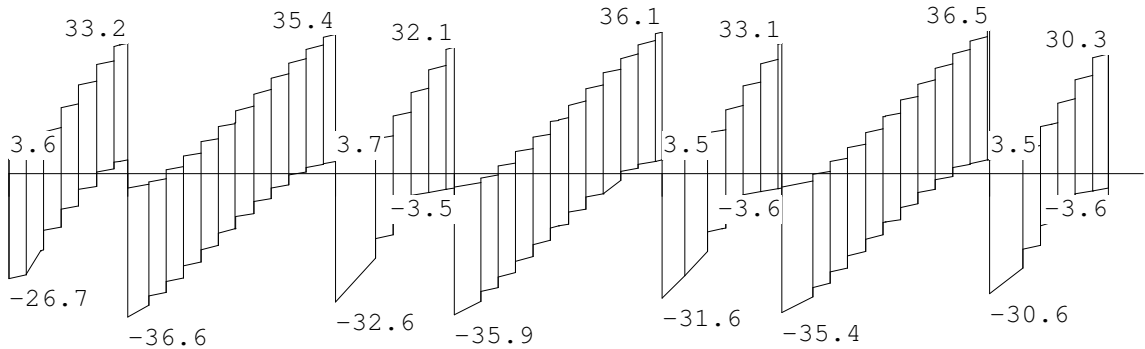
Velden: 8 t/m 9



DWARSKRACHTEN

Ligger:1 Fundamentele combinatie

Velden: 1 t/m 7



Fmin:-3.59 7.2 0.33 0.61 0.60 0.55 0.62 0.35  
Fmax:32.0 43.0 41.4 41.9 41.7 41.6 41.8 41.4

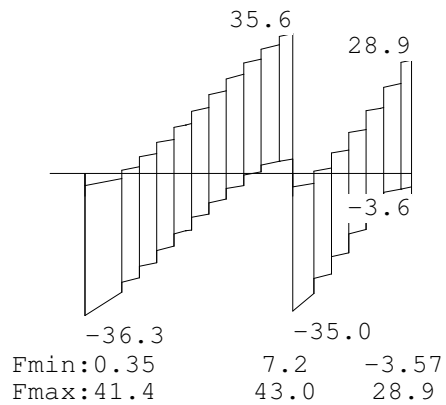
Project.....: -

Onderdeel.....:

**DWARSKRACHTEN**

Ligger:1 Fundamentele combinatie

Velden: 8 t/m 9

**REACTIES**

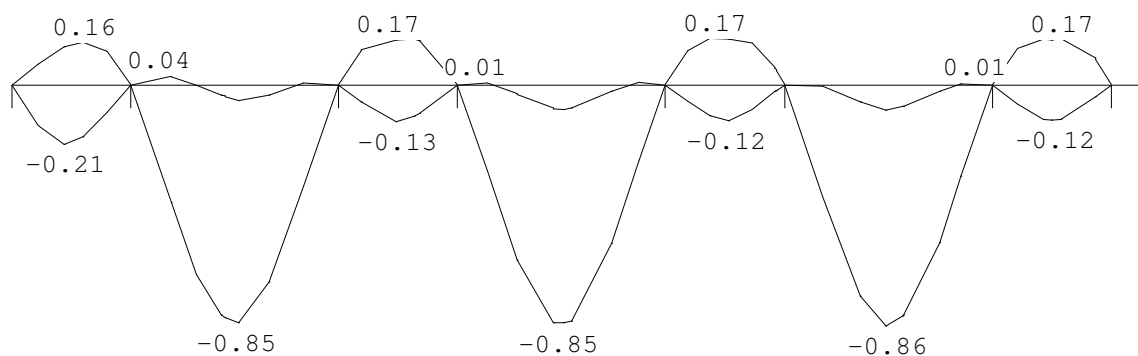
Ligger:1 Fundamentele combinatie

Stp	Fmin	Fmax	Mmin	Mmax
1	-3.59	32.03	0.00	0.00
2	7.19	42.96	0.00	0.00
3	0.33	41.39	0.00	0.00
4	0.61	41.86	0.00	0.00
5	0.60	41.73	0.00	0.00
6	0.55	41.61	0.00	0.00
7	0.62	41.83	0.00	0.00
8	0.35	41.39	0.00	0.00
9	7.17	42.98	0.00	0.00
10	-3.57	28.85	0.00	0.00

**OMHULLENDE VAN DE KARAKTERISTIEKE COMBINATIES****VERPLAATSINGEN** [mm]

Ligger:1 Karakteristieke combinatie

Velden: 1 t/m 7



TS/Liggers

Rel: 6.21 29 jul 2016

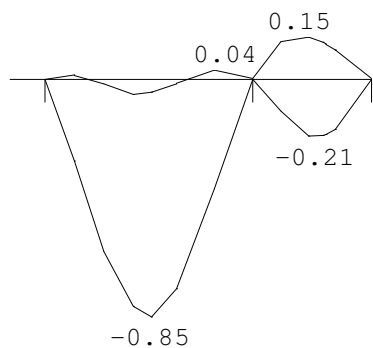
Project.....: -

Onderdeel.....:

**VERPLAATSINGEN** [mm]

Ligger:1 Karakteristieke combinatie

Velden: 8 t/m 9

**REACTIES**

Ligger:1 Karakteristieke combinatie

Stp	Fmin	Fmax	Mmin	Mmax
1	-1.72	21.69	0.00	0.00
2	8.93	30.71	0.00	0.00
3	3.58	29.27	0.00	0.00
4	3.93	29.67	0.00	0.00
5	3.87	29.56	0.00	0.00
6	3.84	29.48	0.00	0.00
7	3.93	29.65	0.00	0.00
8	3.59	29.28	0.00	0.00
9	8.92	30.72	0.00	0.00
10	-1.70	19.57	0.00	0.00

### Controle verticaal schot

Geometrie:

$l$	=	350 mm	$l$	=	348,8 mm
$b$	=	150 mm	$b$	=	148,8 mm
$d$	=	15 mm	$d$	=	12,6 mm
$a$	=	200 mm	$a$	=	197,6 mm

Axiale druk spanning tussen verticaal schot en stalen plaat

$$N_{ed} = 36,6 \text{ kN}$$

contactoppervlak

$$A = 1874,88 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd} = 666 \text{ kN}$$

$$N_{ed} / N_{Rd} = 0,05 < 1,0 \text{ voldoet}$$

Dwarskracht

$$V_{ed} = 36,6 \text{ kN}$$

$$A = 2489,76 \text{ mm}^2$$

$$V_{R,dc} = 884 \text{ kN}$$

$$V_{ed} / V_{R,dc} = 0,04 < 1,0 \text{ voldoet}$$

Controle weerstand

$$M_{Ed} = 13 \text{ kNm}$$

$$W = 81996,1 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = 156,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma / f_{yd} = 0,44 < 1,0 \text{ voldoet}$$

### Controle kopmoment damwand

Controle van een enkele damwandplank

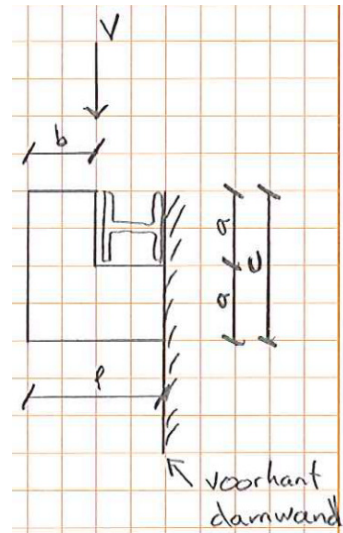
$$W = 2600000 \text{ mm}^3$$

Kopmoment ter plaatse van verticale schotten

$$M = 13 \text{ kNm}$$

$$\sigma = 4,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma / f_{yd} = 0,014 < 1,0 \text{ voldoet}$$

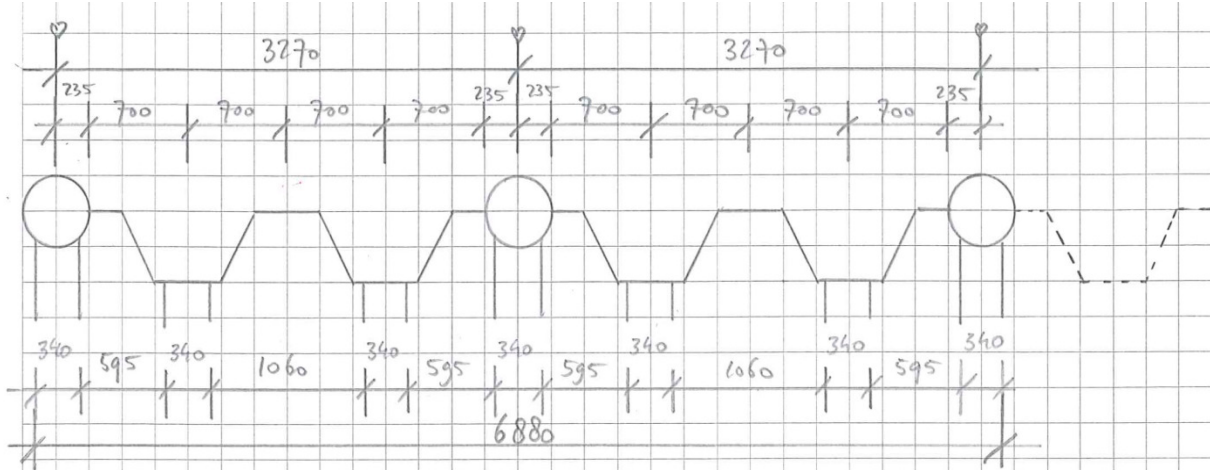


## Controle plaatdikte NAP +0,95m

- Het prefab schort is bevestigd middels een horizontale stalen plaat en knieschotten gelast aan de buik van de damwand.

## Uitgangspunten geometrie

Bovenaanzicht



## Belasting

permanent	h	b	$\gamma$	q
Graniet	= 0,20	0,5	28,5	2,85 kN/m
Metselwerk	= 0,11	1	20	2,2 kN/m
Beton	= 0,20	0,26	25	1,3 kN/m
	= 0,15	1,3	25	4,9 kN/m
	= 0,15	0,6	25	2,3 kN/m
<b>totaal</b>	=	$q_G$		13,5 kN/m
veranderlijk	=	$q_Q$	=	5 kN/m
		$Q_k$	=	20 kN

## Krachtenwerking

- De krachtenwerking is uitgewerkt in Technosoft, zie navolgende sheets

Omhullend

$V_d$	=	39,1 kN
$M_{d,max}$	=	5,7 kNm
$M_{d,min}$	=	5,1 kNm

## Dikte staalplaat

W	=	16056,34 mm <sup>3</sup>
d	=	9,8 mm

inclusief corrosie toeslag 12 mm

TS/Liggers

Rel: 6.21 29 jul 2016

Project.....: -

Onderdeel.....:

Constructeur..:

Opdrachtgever:

Dimensies.....: kN/m/rad

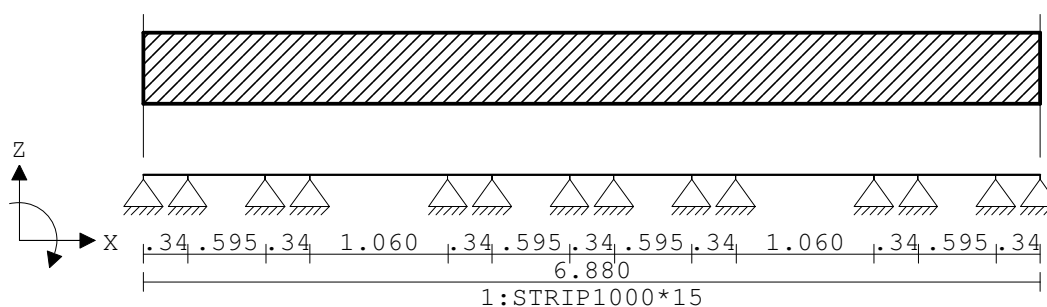
Datum.....: 29/07/2016

Bestand.....: t:\as\A\asd\asd1515-2\inhdocs\constructie\4. horizontale  
afdekplaat\nap+0.95.dlw**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)

**GEOMETRIE**

Ligger:1

**VELDLENGTEN**

Ligger:1

Veld	Vanaf	Tot	Lengte	Veld	Vanaf	Tot	Lengte
1	0.000	0.340	0.340	6	2.675	3.270	0.595
2	0.340	0.935	0.595	7	3.270	3.610	0.340
3	0.935	1.275	0.340	8	3.610	4.205	0.595
4	1.275	2.335	1.060	9	4.205	4.545	0.340
5	2.335	2.675	0.340	10	4.545	5.605	1.060
11	5.605	5.945	0.340				
12	5.945	6.540	0.595				
13	6.540	6.880	0.340				

**MATERIALEN**

Mt	Omschrijving	E-modulus[N/mm2]	S.M.	Pois.	Uitz. coëff
1	S235	210000	78.5	0.30	1.2000e-005

**PROFIELEN [mm]**

Prof.	Omschrijving	Materiaal	Oppervlak	Traagheid	Vormf.
1	STRIP1000*15	1:S235	1.5000e+004	2.8125e+005	0.00

**PROFIELEN vervolg [mm]**

Prof.	Staaftype	Breedte	Hoogte	e	Type	b1	h1	b2	h2
1	0:Normaal	1000	15	7.5					

Project.....: -

Onderdeel.....:

**PROFIELVORMEN [mm]**

1 STRIP1000\*15

**BELASTINGGEVALLEN**

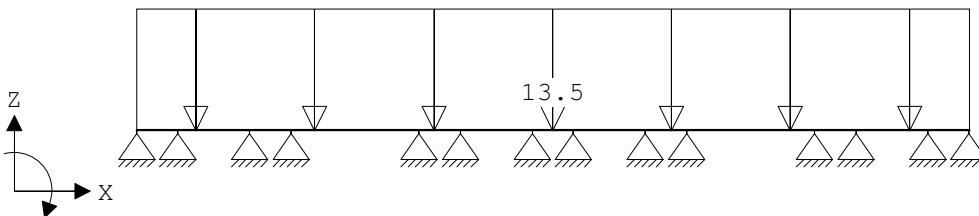
B.G.	Omschrijving	Belast/onbelast	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	e.g.
1	Permanent	2:Permanent EN1991				-1.00
2	Veranderlijk qk	1:Schaakbord EN1991	0.70	0.50	0.30	0.00
3	Veranderlijk Qk-wiel	3:Kraanbaan	0.70	0.50	0.30	0.00

**BELASTINGGEVALLEN**

B.G.	Omschrijving	Type
1	Permanent	1 Permanente belasting
2	Veranderlijk qk	2 Ver. bel. pers. ed. (p_rep)
3	Veranderlijk Qk-wiellast	3 Ver. bel. pers. ed. (F_rep)

**VELDBELASTINGEN**

Ligger:1 B.G:1 Permanent

**VELDBELASTINGEN**

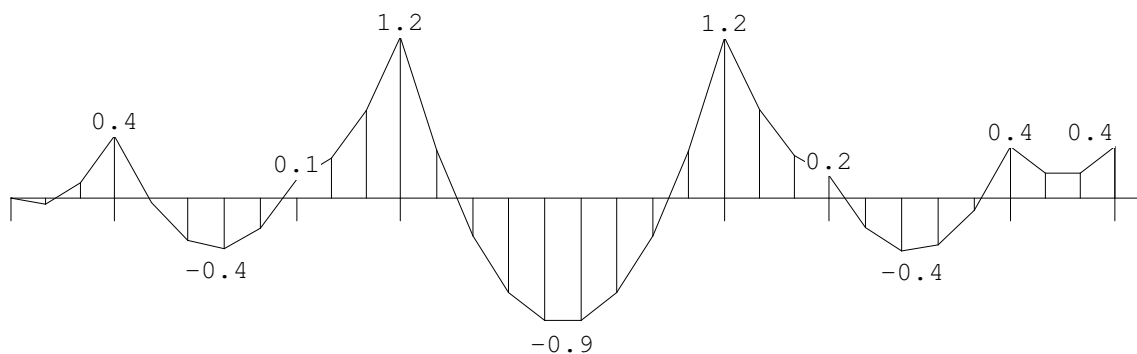
Ligger:1 B.G:1 Permanent

Last Ref.	Type	Omschrijving	q1/p/m	q2	psi	Afstand	Lengte
1	1:q-last		-13.500	-13.500		0.000	6.880

**MOMENTEN**

Ligger:1 B.G:1 Permanent

Velden: 1 t/m 7



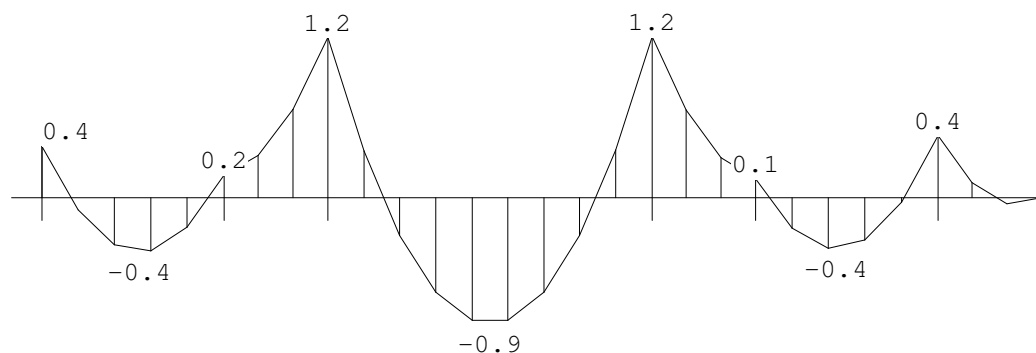
Project.....: -

Onderdeel.....:

**MOMENTEN**

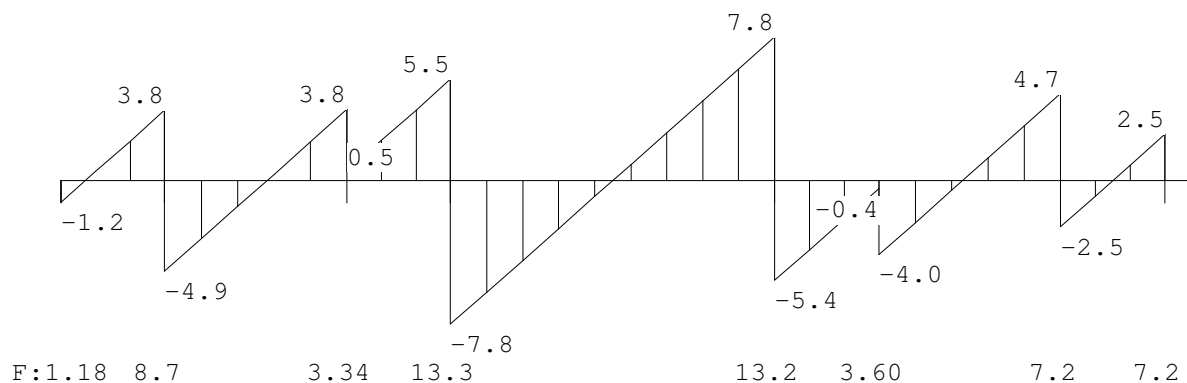
Ligger:1 B.G:1 Permanent

Velden: 8 t/m 13

**DWARSKRACHTEN**

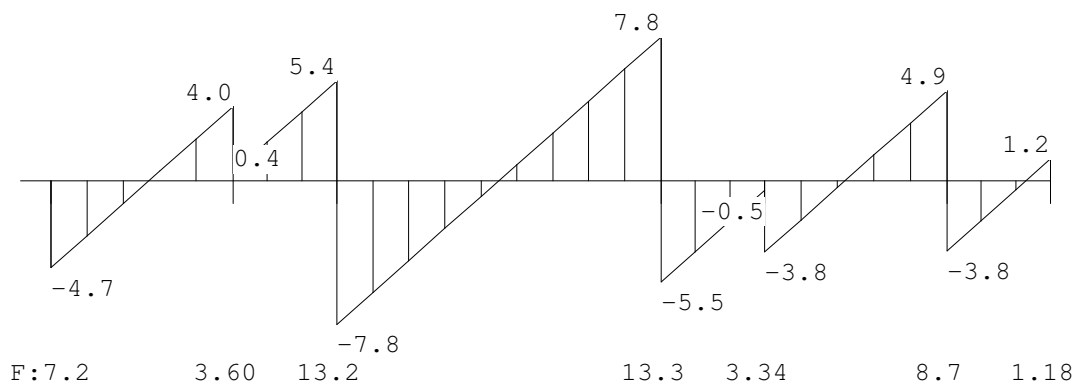
Ligger:1 B.G:1 Permanent

Velden: 1 t/m 7

**DWARSKRACHTEN**

Ligger:1 B.G:1 Permanent

Velden: 8 t/m 13





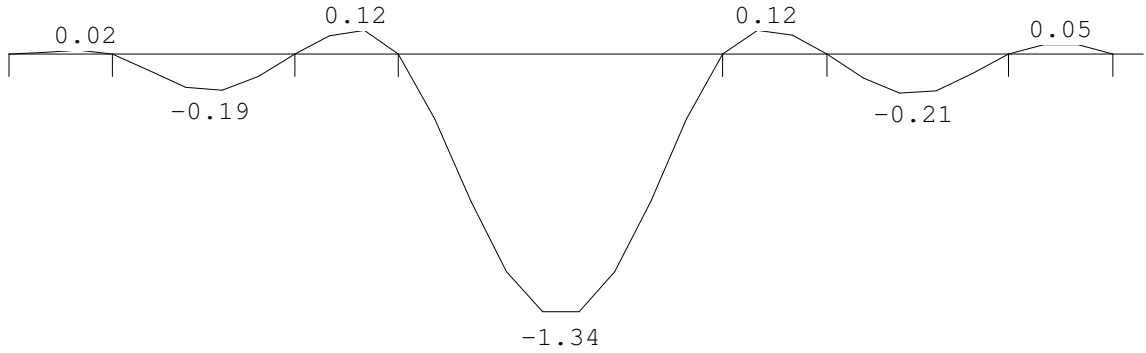
Project.....: -

Onderdeel.....:

VERPLAATSINGEN [mm]

Ligger:1 B.G:1 Permanent

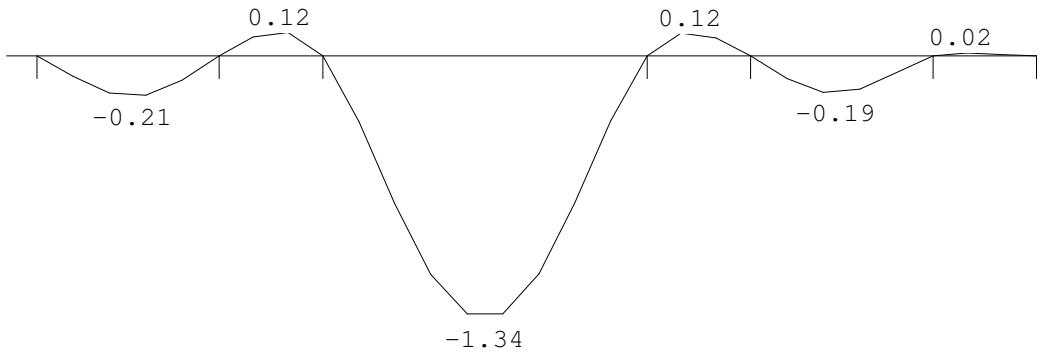
Velden: 1 t/m 7



VERPLAATSINGEN [mm]

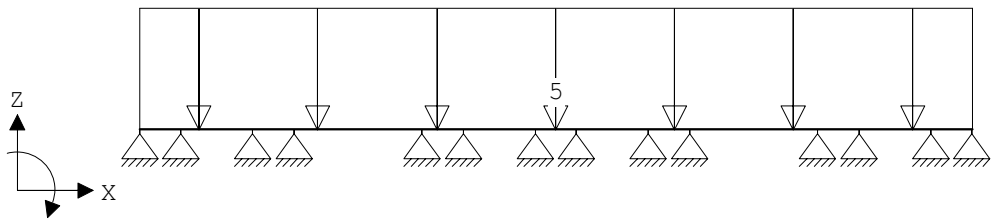
Ligger:1 B.G:1 Permanent

Velden: 8 t/m 13



VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk qk



VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk qk

Last Ref.	Type	Omschrijving	q1/p/m	q2	psi	Afstand	Lengte
1	1:q-last		-5.000	-5.000		0.000	6.880

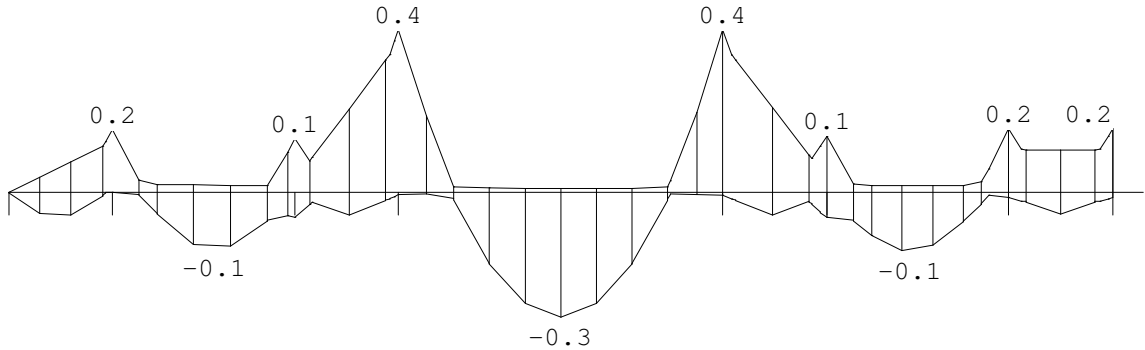
Project.....: -

Onderdeel.....:

MOMENTEN

Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk qk

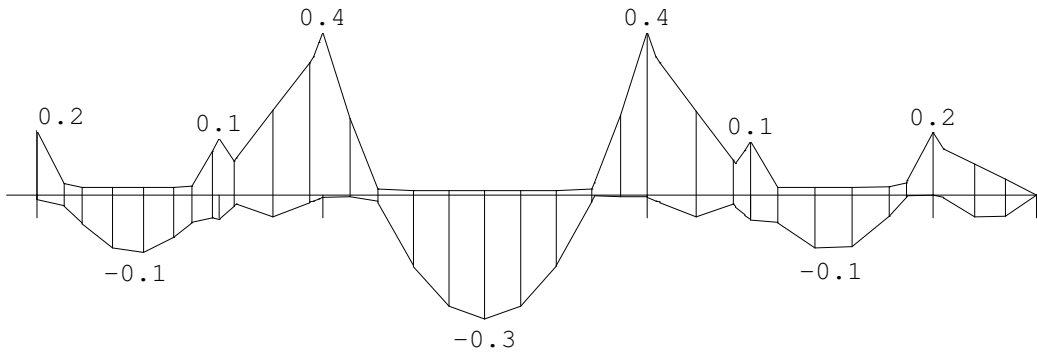
Velden: 1 t/m 7



MOMENTEN

Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk qk

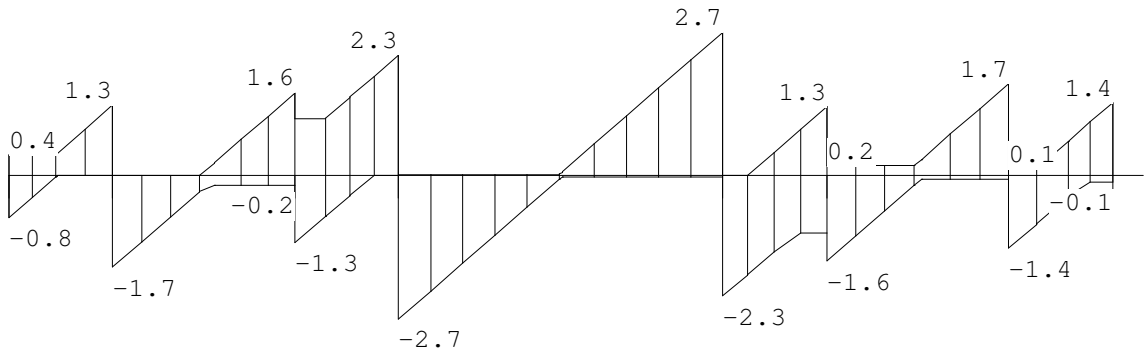
Velden: 8 t/m 13



DWARSKRACHTEN

Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk qk

Velden: 1 t/m 7



Fmin:-0.30.00	-0.75	0.00	0.00	-0.75	0.00	0.00
Fmax:0.73.05	2.83	4.96	4.96	2.90	3.10	3.10

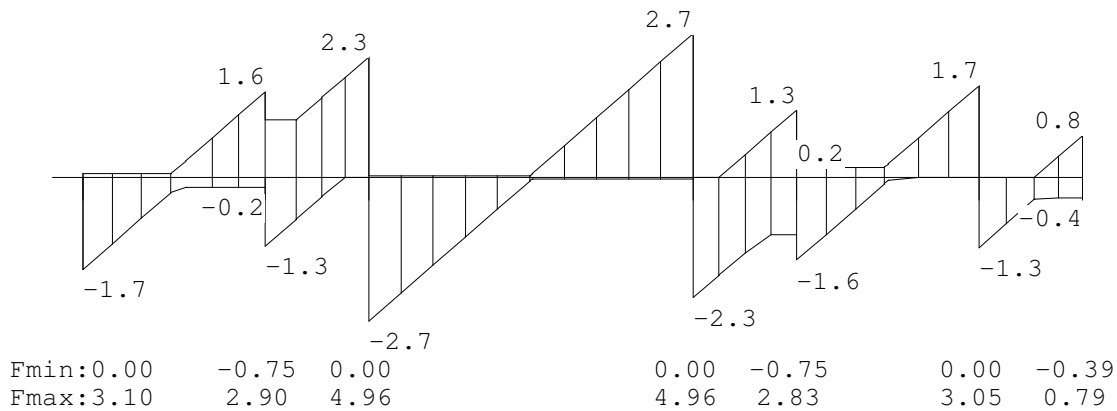
Project.....: -

Onderdeel.....:

**DWARSKRACHTEN**

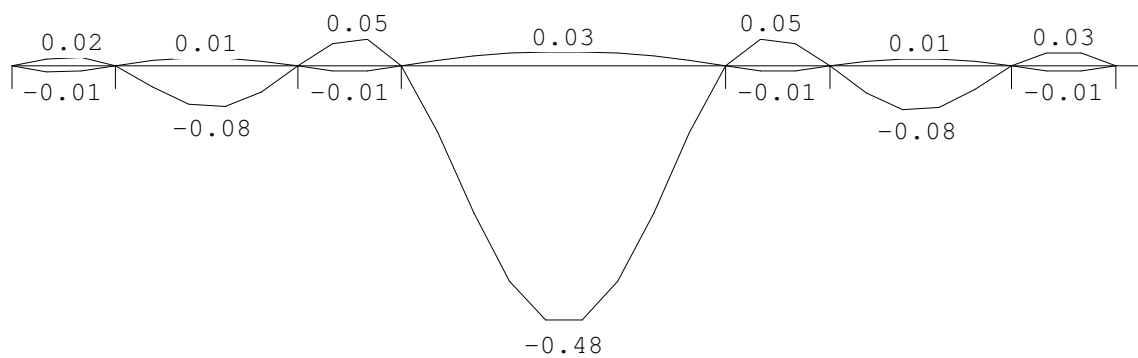
Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk qk

Velden: 8 t/m 13

**VERPLAATSINGEN** [mm]

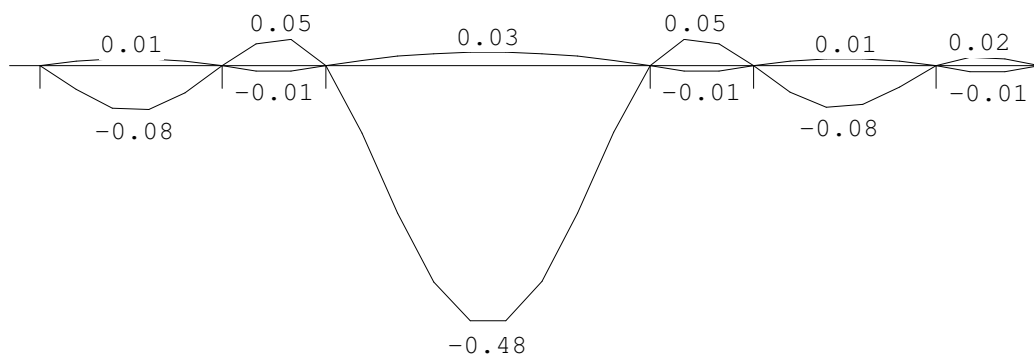
Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk qk

Velden: 1 t/m 7

**VERPLAATSINGEN** [mm]

Ligger:1 B.G:2 Veranderlijk qk

Velden: 8 t/m 13

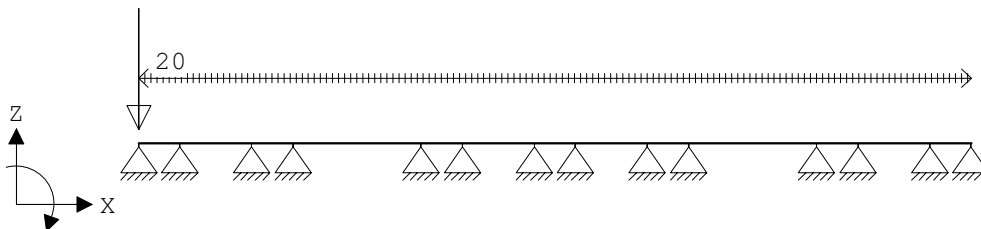


Project.....: -

Onderdeel.....:

**VELDBELASTINGEN**

Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk Qk-wiellast

**VELDBELASTINGEN**

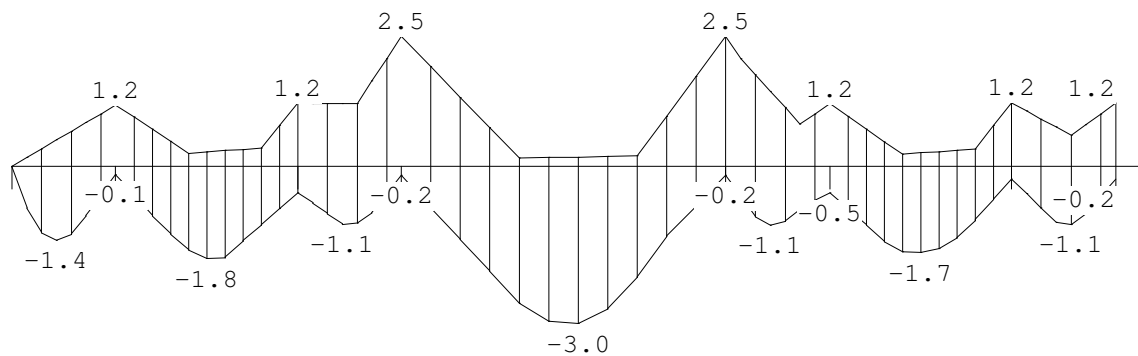
Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk Qk-wiellast

Last Ref.	Type	Omschrijving	q1/p/m	q2	psi	Afstand	Lengte
1	15:Pass.stelsel		-20.000	0.050		0.000	6.880

**MOMENTEN**

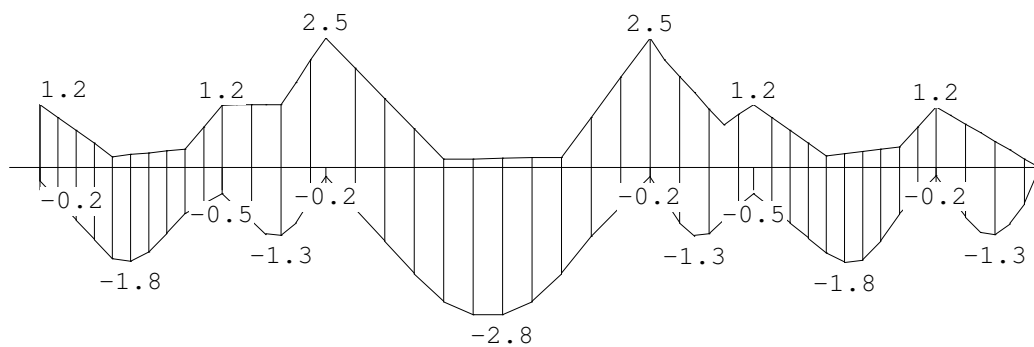
Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk Qk-wiellast

Velden: 1 t/m 7

**MOMENTEN**

Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk Qk-wiellast

Velden: 8 t/m 13



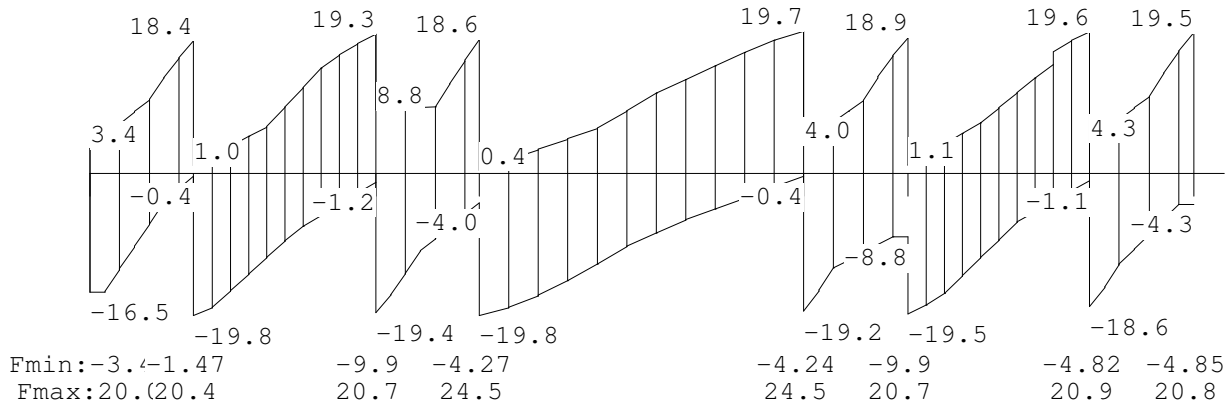
Project.....: -

Onderdeel.....:

**DWARSKRACHTEN**

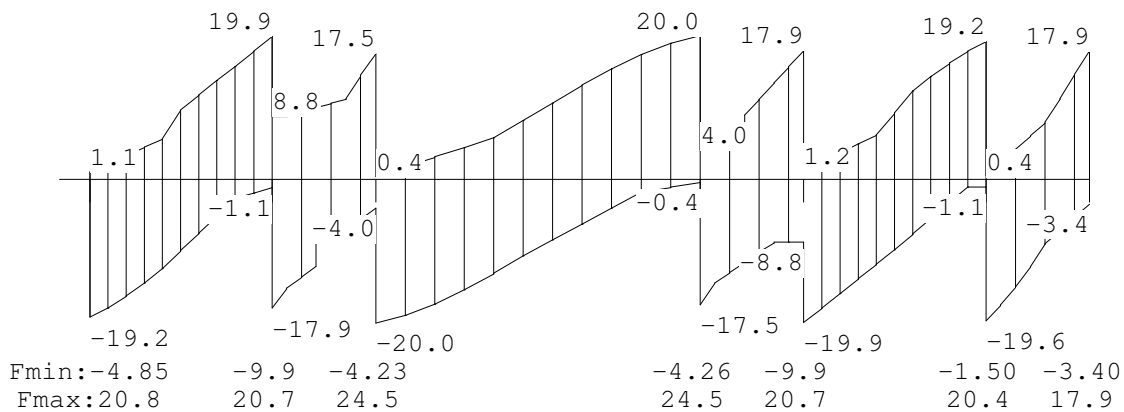
Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk Qk-wiellast

Velden: 1 t/m 7

**DWARSKRACHTEN**

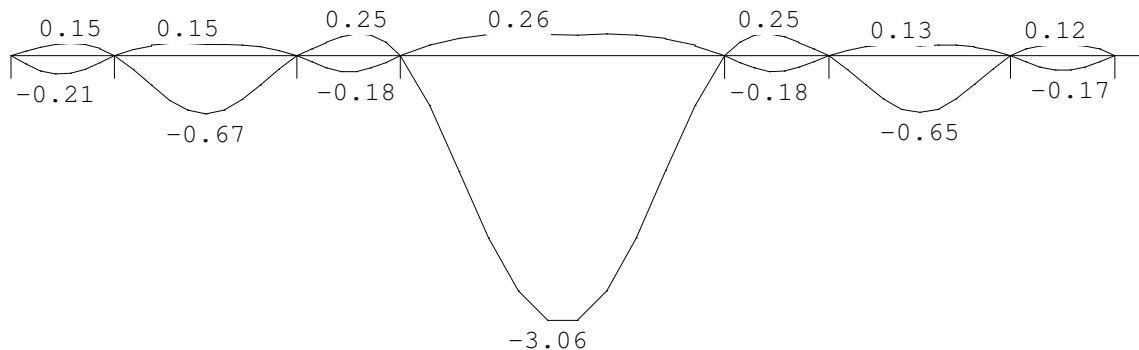
Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk Qk-wiellast

Velden: 8 t/m 13

**VERPLAATSINGEN** [mm]

Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk Qk-wiellast

Velden: 1 t/m 7



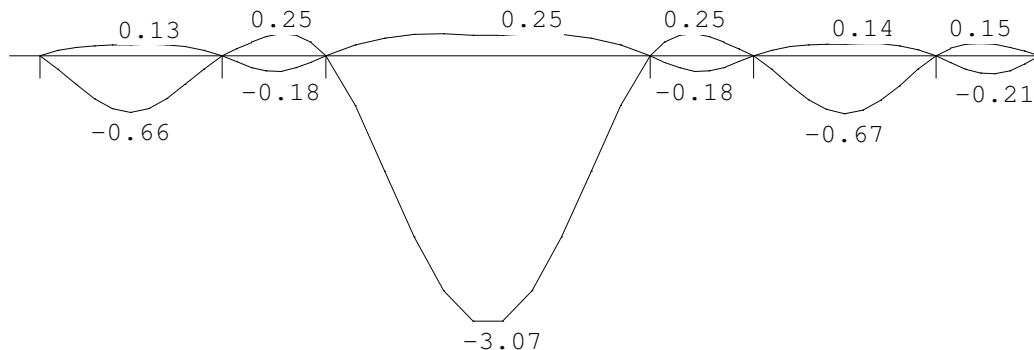
Project.....: -

Onderdeel.....:

**VERPLAATSINGEN** [mm]

Ligger:1 B.G:3 Veranderlijk Qk-wiellast

Velden: 8 t/m 13

**BELASTINGCOMBINATIES**

BC	Type	BG	Gen.	Factor	BG	Gen.	Factor	BG	Gen.	Factor	BG	Gen.	Factor
1	Fund.	1	Perm	1.35									
2	Fund.	1	Perm	0.90									
3	Fund.	1	Perm	1.35	2	psi0	1.50						
4	Fund.	1	Perm	1.35	3	psi0	1.50						
5	Fund.	1	Perm	1.20	2	Extr	1.50						
6	Fund.	1	Perm	1.20	3	Extr	1.50						
7	Fund.	1	Perm	0.90	2	psi0	1.50						
8	Fund.	1	Perm	0.90	3	psi0	1.50						
9	Fund.	1	Perm	0.90	2	Extr	1.50						
10	Fund.	1	Perm	0.90	3	Extr	1.50						
11	Kar.	1	Perm	1.00									
12	Kar.	1	Perm	1.00	2	Extr	1.00						
13	Kar.	1	Perm	1.00	3	Extr	1.00						
14	Quas.	1	Perm	1.00									
15	Quas.	1	Perm	1.00	2	psi2	1.00						
16	Quas.	1	Perm	1.00	3	psi2	1.00						
17	Freq.	1	Perm	1.00									
18	Freq.	1	Perm	1.00	2	psi1	1.00						
19	Freq.	1	Perm	1.00	3	psi1	1.00						
20	Blij.	1	Perm	1.00									

**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 Geen
- 7 Alle velden de factor:0.90
- 8 Alle velden de factor:0.90
- 9 Alle velden de factor:0.90
- 10 Alle velden de factor:0.90

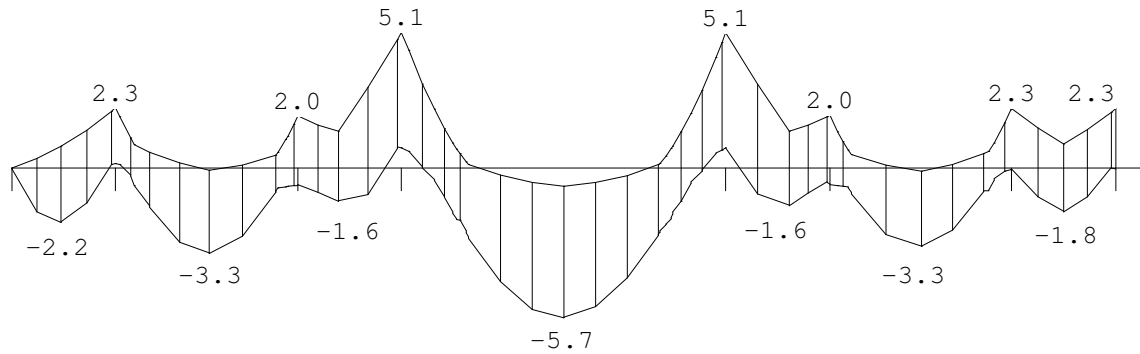
Project.....: -

Onderdeel.....:

**OMHULLENDE VAN DE FUNDAMENTELE COMBINATIES****MOMENTEN**

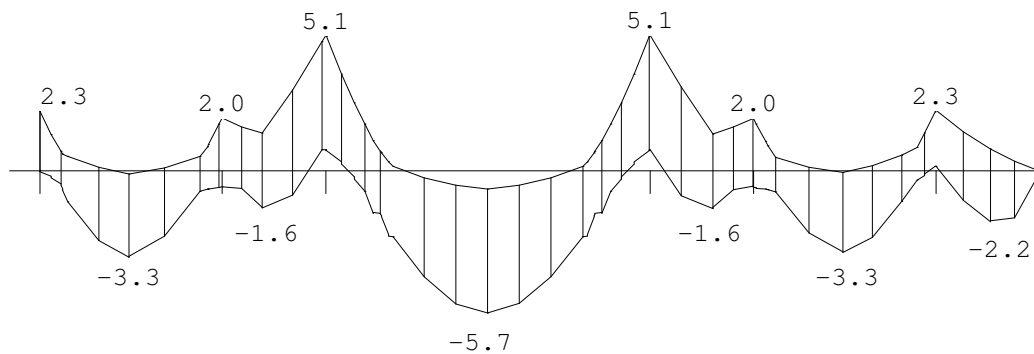
Ligger:1 Fundamentele combinatie

Velden: 1 t/m 7

**MOMENTEN**

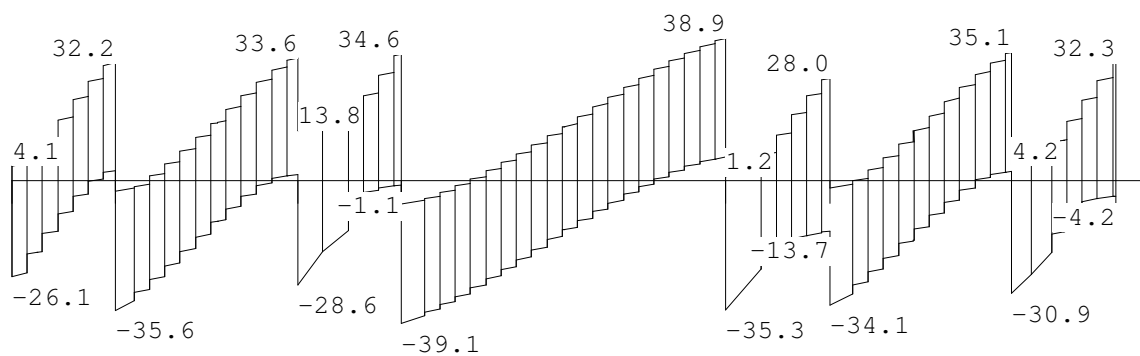
Ligger:1 Fundamentele combinatie

Velden: 8 t/m 13

**DWASKRACHTEN**

Ligger:1 Fundamentele combinatie

Velden: 1 t/m 7



Fmin:-4.0	5.6	-11.8	5.6	5.5	-11.6	-0.73	-0.78
Fmax:31.4	41.0	35.0	53	53	35.4	40.0	39.9

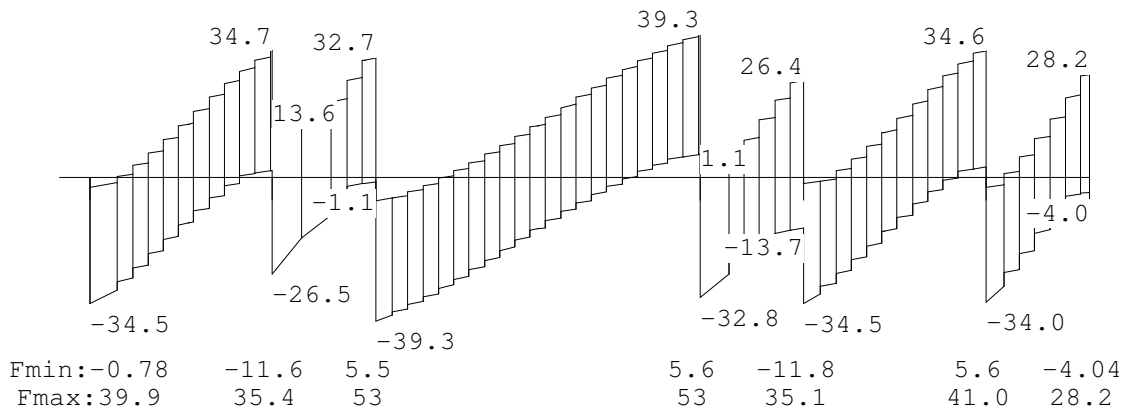
Project.....: -

Onderdeel.....:

**DWARSKRACHTEN**

Ligger:1 Fundamentele combinatie

Velden: 8 t/m 13

**REACTIES**

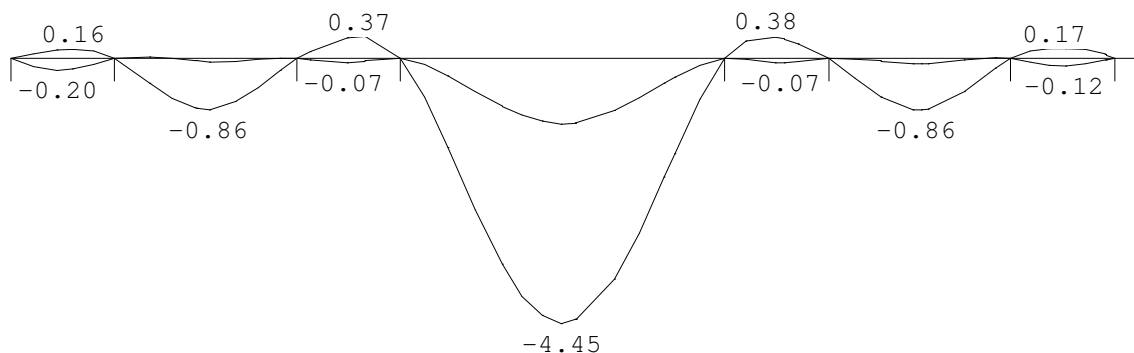
Ligger:1 Fundamentele combinatie

Stp	Fmin	Fmax	Mmin	Mmax
1	-4.07	31.42	0.00	0.00
2	5.62	41.01	0.00	0.00
3	-11.83	35.02	0.00	0.00
4	5.55	52.72	0.00	0.00
5	5.51	52.57	0.00	0.00
6	-11.63	35.35	0.00	0.00
7	-0.73	39.99	0.00	0.00
8	-0.78	39.88	0.00	0.00
9	-11.59	35.38	0.00	0.00
10	5.53	52.62	0.00	0.00
11	5.56	52.72	0.00	0.00
12	-11.79	35.11	0.00	0.00
13	5.58	41.02	0.00	0.00
14	-4.04	28.24	0.00	0.00

**OMHULLENDE VAN DE KARAKTERISTIEKE COMBINATIES****VERPLAATSINGEN** [mm]

Ligger:1 Karakteristieke combinatie

Velden: 1 t/m 7





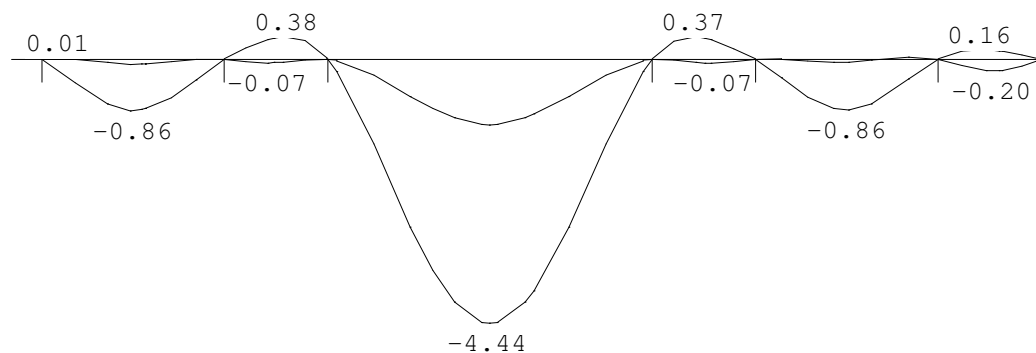
Project.....: -

Onderdeel.....:

**VERPLAATSINGEN** [mm]

Ligger:1 Karakteristieke combinatie

Velden: 8 t/m 13

**REACTIES**

Ligger:1 Karakteristieke combinatie

Stp	Fmin	Fmax	Mmin	Mmax
1	-2.24	21.18	0.00	0.00
2	7.22	29.08	0.00	0.00
3	-6.55	24.01	0.00	0.00
4	9.01	37.80	0.00	0.00
5	8.95	37.69	0.00	0.00
6	-6.32	24.29	0.00	0.00
7	2.40	28.11	0.00	0.00
8	2.37	28.03	0.00	0.00
9	-6.29	24.30	0.00	0.00
10	8.96	37.72	0.00	0.00
11	9.02	37.81	0.00	0.00
12	-6.52	24.07	0.00	0.00
13	7.20	29.08	0.00	0.00
14	-2.22	19.06	0.00	0.00

### Controle verticaal schot

Geometrie:

$l$	=	350 mm	$l$	=	348,8 mm
$b$	=	150 mm	$b$	=	148,8 mm
$d$	=	15 mm	$d$	=	12,6 mm
$a$	=	200 mm	$a$	=	197,6 mm

Axiale druk spanning tussen verticaal schot en stalen plaat

$$N_{ed} = 39,1 \text{ kN}$$

contactoppervlak

$$A = 1874,88 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd} = 666 \text{ kN}$$

$$N_{ed} / N_{Rd} = 0,06 < 1,0 \text{ voldoet}$$

Dwarskracht

$$V_{ed} = 39,1 \text{ kN}$$

$$A = 2489,76 \text{ mm}^2$$

$$V_{R,dc} = 884 \text{ kN}$$

$$V_{ed} / V_{R,dc} = 0,04 < 1,0 \text{ voldoet}$$

Controle weerstand

$$M_{Ed} = 14 \text{ kNm}$$

$$W = 81996,1 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = 166,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma / f_{yd} = 0,47 < 1,0 \text{ voldoet}$$

### Controle kopmoment damwand

Controle van een enkele damwandplank

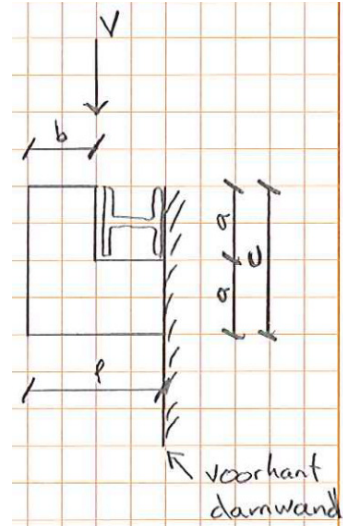
$$W = 2600000 \text{ mm}^3$$

Kopmoment ter plaatse van verticale schotten

$$M = 14 \text{ kNm}$$

$$\sigma = 5,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma / f_{yd} = 0,015 < 1,0 \text{ voldoet}$$



# VII

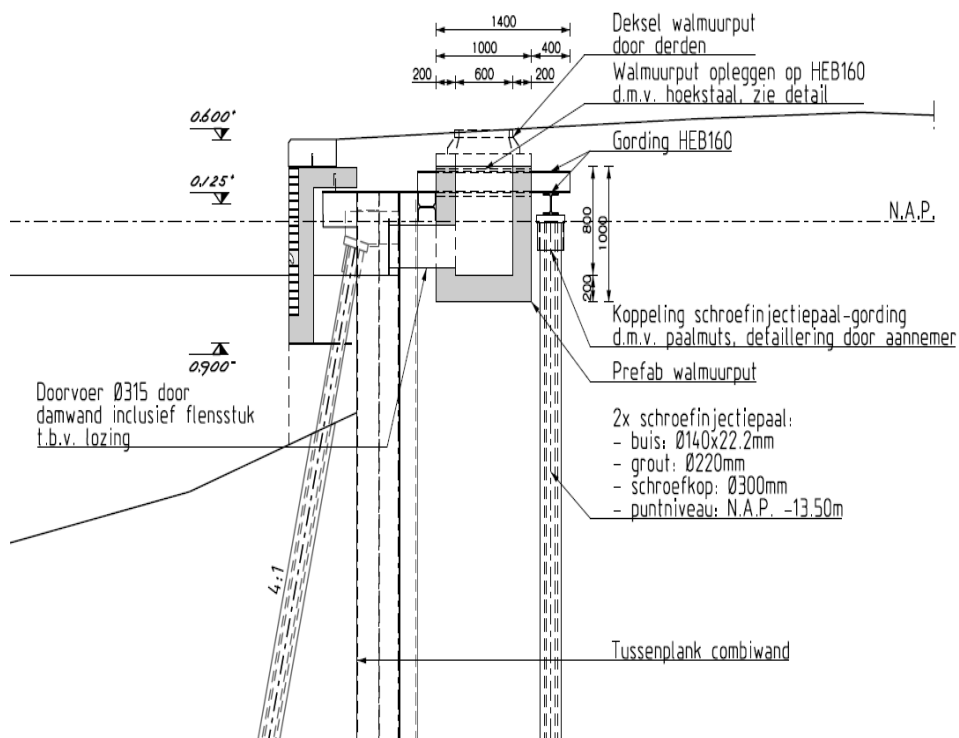
## BIJLAGE: CONSTRUCTIEVE BEREKENING GORDING WALMUURPUT

project: **Walmuurvernieuwing Recht Boomssloot**  
 projectcode: **103100**  
 onderdeel: **Berekening gording walmuurput**  
 datum: **10-11-2017**  
 opsteller: **M. Bakker**

### Uitgangspunten geometrie

- Middels gordingen wordt de walmuurput 'opgehangen' aan de buispalen van de combiwand en 2 extra schroefinjectiepalen  
 - afname door corrosie: 0,012 mm/jaar -> **1,2** mm/zijde

- Constructiestaal S235  
 $f_{yd} = 235 \text{ N/mm}^2$



Gording combiwand  
 $l = 3,3 \text{ m}$

Dwarsgording  
 $l = 1,2 \text{ m}$

### Belasting

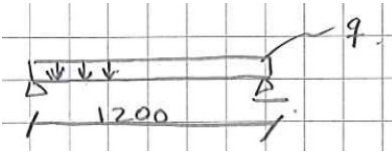
Eigen gewicht gording  
 $q_{HEB140} = 1 \text{ kN/m}$  (conservatieve aanname, eigen gewicht 33,7 kg/m)

Eigen gewicht put  
 $Q = 24 \text{ kN}$

Variabel belasting  
 $q_Q = 20 \text{ kN/m}^2$

## Krachtenwerking gording walmuurput

- De walmuurput hangt aan twee gordingen HEB140. De gording is aan één zijde opgelegd op een schroefinjectiepaal en aan de andere zijde verbonden aan de gording aan de combiwand.



$$\begin{aligned} q_{\text{HEB160}} &= 1 \text{ kN/m} \\ q_{\text{put}} &= 10 \text{ kN/m} \\ q_Q &= 24,0 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$q_d = 49,2 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{Ed}} &= 8,9 \text{ kNm} \\ V_{\text{Ed}} &= 30 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{Ed}} &= 1/8 * q * l^2 \\ V_{\text{Ed}} &= 1/2 * q * l \end{aligned}$$

## Resultaten

- Een HEB100 voldoet aan de U.C. doorsnede en stabiliteit  
Zie volgende rekensheets voor de berekening

- In verband met corrosie wordt een HEB140 toegepast

HEB140

$$\begin{aligned} h &= 140 \text{ mm} \\ b &= 140 \text{ mm} \\ t_f &= 12 \text{ mm} \\ t_i &= 7 \text{ mm} \end{aligned}$$

Inclusief corrosie

$$\begin{aligned} h_b &= 118,4 \text{ mm} \\ b &= 137,6 \text{ mm} \\ t_f &= 9,6 \text{ mm} \\ t_i &= 4,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{HEB140}} &= 3186,6 \text{ mm} \\ A_{\text{HEB100}} &= 2600 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{UC} = 0,82 \text{ voldoet}$$

## Controle doorbuiging

- Maximale doorbuiging doorgaande ligger op 3 steunpunten

$$\begin{aligned} E &= 210000 \text{ N/mm}^2 \\ I_{\text{HEB140}} &= 15090000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta &= 1/185 * (q * l^4 / EI) \\ \delta_{\text{max}} &= 1/300 * l \end{aligned}$$

$$l = 1200 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{max}} = 4 \text{ mm}$$

$$\delta = 0,2 \text{ mm} < 4 \text{ mm} \text{ voldoet}$$

project: **Recht Boomssloot** opgemaakt door: **M. Bakker**  
 projectcode: **103100** datum opmaak: 10 november 2017  
 onderdeel: **gording walmuurput**

### BEREKENING VAN GEWALSTE I-PROFIELEN VOLGENS EUROCODE 3

#### INVOER

##### Profielgegevens

profiel: **HEB100**  
 h = 100 mm  
 b = 100 mm  
 t<sub>w</sub> = 6 mm  
 t<sub>f</sub> = 10 mm  
 r = 12 mm  
 h<sub>w</sub> = 80 mm

##### berekening:

**e**  
 (p = plastisch of e = elastisch)  
 f<sub>y,d</sub> = **235** N/mm<sup>2</sup>  
 E<sub>d</sub> = 210000 N/mm<sup>2</sup>  
 G<sub>d</sub> = 80769 N/mm<sup>2</sup>  
 γ<sub>M0</sub> = 1,00  
 γ<sub>M1</sub> = 1,00  
 γ<sub>M2</sub> = 1,25

##### doorsnedeklasse:

ε = 1,00  
 lijf: c = 56,0 mm  
 c / (ε t<sub>w</sub>) = 9,3  
 flens: c = 35,0 mm  
 c / (ε t<sub>f</sub>) = 3,5

##### Doorsnede eigenschappen

A<sub>x</sub> = 2600 mm<sup>2</sup>  
 A<sub>t</sub> = 30,90 mm<sup>2</sup>  
 I<sub>wa</sub> = 4,183E+09 mm<sup>6</sup>  
 I<sub>t</sub> = 9,311E+04 mm<sup>4</sup>

I<sub>y</sub> = 4,500E+06 mm<sup>4</sup> I<sub>z</sub> = ##### mm<sup>4</sup>  
 i<sub>y</sub> = 41,6 mm i<sub>z</sub> = 25,4 mm  
 W<sub>y,el</sub> = 9,00E+04 mm<sup>3</sup> W<sub>z,el</sub> = 3,35E+04 mm<sup>3</sup>  
 S<sub>y</sub> = 5,21E+04 mm<sup>3</sup> S<sub>z</sub> = 2,55E+04 mm<sup>3</sup>  
 W<sub>y,pl</sub> = 1,04E+05 mm<sup>3</sup> W<sub>z,pl</sub> = 5,11E+04 mm<sup>3</sup>

##### Belastingen ten behoeve van de controle op doorsnede capaciteit

N<sub>c,s,d</sub> = **0,0** kN (druk) V<sub>y,s,d</sub> = **30,0** kN M<sub>y,s,d</sub> = **8,9** kNm  
 V<sub>z,s,d</sub> = **0,0** kN M<sub>z,s,d</sub> = **0,0** kNm

(eventuele aanpendelende belastingen zijn verwerkt in de krachtsverdeling door het aanbrengen van een equivalente horizontale belasting)

##### Momentenverloop t.b.v. de equivalente momentverdelingsfactoren

buiging om de y-as (tussen punten gesteund in z-richting) buiging om de z-as (tussen punten gesteund in y-richting)  
 ψ\*M<sub>h,y</sub> = **0,0** kNm ψ\*M<sub>h,z</sub> = **0,0** kNm eindmoment met kleinste absolute waarde  
 M<sub>h,y</sub> = **0,0** kNm M<sub>h,z</sub> = **0,0** kNm eindmoment met grootste absolute waarde  
 M<sub>s,y</sub> = **0,0** kNm M<sub>s,z</sub> = **0,0** kNm moment halverwege de staaf

Tussen M<sub>h,y</sub> en ψ\*M<sub>h,y</sub> is

**een gelijkmatig verdeelde belasting aanwezig**

Sway buckling mode? **nee** ( ja of nee)

Tussen M<sub>h,z</sub> en ψ\*M<sub>h,z</sub> is

**een gelijkmatig verdeelde belasting aanwezig**

Sway buckling mode? **nee** ( ja of nee)

t.b.v. resp. C<sub>my</sub> en C<sub>mz</sub> volgens EC3

t.b.v. resp. C<sub>my</sub> en C<sub>mz</sub> volgens EC3

##### Geometrische eigenschappen ten behoeve van knikstabiliteit

I<sub>buc,y</sub> = **1200** mm I<sub>buc,z</sub> = **1200** mm

##### Geometrische eigenschappen en belastingen ten behoeve van kipstabiliteit

M<sub>y1,s,d</sub> = **8,9** kNm moment met kleinste abs. waarde t.p.v. uiteinde I<sub>st</sub>  
 M<sub>y2,s,d</sub> = **8,9** kNm moment met grootste abs. waarde t.p.v. uiteinde I<sub>st</sub>  
 β = M<sub>y1,s,d</sub> / M<sub>y2,s,d</sub> = 1,00  
 l<sub>g</sub> = **1200** mm (lengte v.d. ligger tussen de gaffels / lengte uitkraging)  
 l<sub>st</sub> = **1200** mm (ongesteunde lengte, voor uitkragingen zie tabel NB.6)  
 Het beschouwde veld bevindt zich tussen **2 gaffels**  
 l<sub>kip</sub> = 1200 mm (vervangende ongesteunde kiplengte)  
 Kip volgens NEN-EN 1993-1-1 artikel 6.3.2.2:  
 k<sub>red</sub> = **1,00** (nationale bijlage D4.2 ; voor standaard walsprofielen geldt k<sub>red</sub> = 1)  
 C<sub>1</sub> = **1,13** (nationale bijlage D4.3)  
 C<sub>2</sub> = **-0,45** (nationale bijlage D4.3 ; negatief invoeren bij belasting op de bovenflens)

##### Opmerkingen:

- Indien een staaf door opdeling van kipsteunen is opgedeeld in 2 of meer velden moet bij de toetsing van op druk en buiging belaste staven voor de kipreductiefactor χ<sub>LT</sub> de kleinste waarde van de kipreductiefactor χ<sub>LT</sub> van de afzonderlijke staven worden toegepast.

#### BEREKENINGSRESULTATEN

##### Ongereduceerde capaciteiten:

N<sub>c,u,d</sub> = 611,0 kN  
 V<sub>y,u,d</sub> = 177,9 kN  
 V<sub>z,u,d</sub> = 70,3 kN  
 M<sub>y,u,d</sub> = 21,2 kNm  
 M<sub>z,u,d</sub> = 7,9 kNm

##### Knik

χ<sub>y</sub> = 1,00  
 χ<sub>z</sub> = 1,00  
 C<sub>my</sub> = 0,00  
 C<sub>mz</sub> = 0,00  
 C<sub>mLT</sub> = 1,00  
 k<sub>yy</sub> = 0,00  
 k<sub>yz</sub> = 0,00  
 k<sub>zy</sub> = 1,00  
 k<sub>zz</sub> = 0,00

##### Kip NEN-EN 1993-1-1 artikel 6.3.2.2:

S = 342 mm  
 C = 3,54  
 M<sub>z</sub> = 151,8 kNm  
 χ<sub>LT</sub> = 0,96  
 M<sub>b,Rd</sub> = 20,3 kNm

#### CONTROLE

##### Doorsnede capaciteit

##### Doorsnedeklasse 3, vloeicriterium

- Maximale schuifspanningen
- Spanningen in het lijf direct boven/onder de flenzen
- Spanningen in de flenzen juist naast het lijf
- Normaalspanningen in de uiterste vezels

##### Stabiliteit voor staven belast op druk en buiging

\*) Controles volgens EC3 artikel 6.3.2:

M<sub>Ed</sub> / M<sub>b,Rd</sub> < 1

u.c. = **0,44** ≤ 1

\*) Controles volgens EC3 artikel 6.3.3:

N<sub>Ed</sub> / (χ<sub>y</sub> N<sub>RR</sub> / γ<sub>M1</sub>) + k<sub>yy</sub> M<sub>y,Ed</sub> / (χ<sub>LT</sub> M<sub>y,Rk</sub> / γ<sub>M1</sub>) + k<sub>yz</sub> M<sub>z,Ed</sub> / (M<sub>z,Rk</sub> / γ<sub>M1</sub>) ≤ 1

u.c. = **0,00** ≤ 1

N<sub>Ed</sub> / (χ<sub>z</sub> N<sub>RR</sub> / γ<sub>M1</sub>) + k<sub>zy</sub> M<sub>y,Ed</sub> / (χ<sub>LT</sub> M<sub>y,Rk</sub> / γ<sub>M1</sub>) + k<sub>zz</sub> M<sub>z,Ed</sub> / (M<sub>z,Rk</sub> / γ<sub>M1</sub>) ≤ 1

u.c. = **0,44** ≤ 1

	buiging om de y-as	buiging om de z-as	totaal
u.c. =	-	<b>0,17</b>	-
u.c. =	-	-	<b>0,34</b>
u.c. =	-	-	-
u.c. =	-	-	<b>0,42</b>

project: **Recht Boomssloot** opgemaakt door: **M. Bakker**  
projectcode: **103100** datum opmaak: **10 november 2017**  
onderdeel: **gording walmuurput**

#### Ongereduceerde doorsnede capaciteiten

	(EC3-1 art.)	Formules	Waarde	
$N_{c,Rd}$ :	(6.2.4)	$A_x \cdot f_y / \gamma_{M0}$	611 kN	
$V_{y,el,Rd}$	(6.2.6)	$0,58 \cdot f_{yd} \cdot 2 \cdot t_{flens} \cdot I_z / (\gamma_{M0} \cdot S_z)$	178 kN	
$V_{y,pl,Rd}$	(6.2.6)	$0,58 \cdot f_{yd} \cdot A_v / \gamma_{M0}$	271 kN	$A_{v,y} = 2 \cdot b \cdot t_{flens} =$ 2000 mm <sup>2</sup>
$V_{z,el,Rd}$	(6.2.6)	$0,58 \cdot f_{yd} \cdot t_{ijf} \cdot I_y / (\gamma_{M0} \cdot S_y)$	70 kN	
$V_{z,pl,Rd}$	(6.2.6)	$0,58 \cdot f_{yd} \cdot A_v / \gamma_{M0}$	122 kN	$A_{v,z} = A_x - 2b_t + (t_w + 2R) \cdot t_f =$ 900 mm <sup>2</sup> ( $> h_w \cdot t_w$ )
$M_{y,el,Rd}$ :	(6.2.5)	$W_{y,el} \cdot f_{yd} / \gamma_{M0}$	21 kNm	
$M_{y,pl,Rd}$ :	(6.2.5)	$2 \cdot S_y \cdot f_{yd} / \gamma_{M0}$	24 kNm	
$M_{z,el,Rd}$ :	(6.2.5)	$W_{z,el} \cdot f_{yd} / \gamma_{M0}$	8 kNm	
$M_{z,pl,Rd}$ :	(6.2.5)	$2 \cdot S_z \cdot f_{yd} / \gamma_{M0}$	12 kNm	
	(6.2.7)	torsie is niet in deze sheet inbegrepen		

#### Controle op dwarskracht:

buiging om de y-as	Doorsneden van klasse 1 en 2	$V_{z,s,d} / V_{z,pl,Rd} =$	u.c. =	<b>0,00</b> $\leq 1$
	Doorsneden van klasse 3	$V_{z,s,d} / V_{z,el,Rd} =$	u.c. =	<b>0,00</b> $\leq 1$
buiging om de z-as	Doorsneden van klasse 1 en 2	$V_{y,s,d} / V_{y,pl,Rd} =$	u.c. =	<b>0,11</b> $\leq 1$
	Doorsneden van klasse 3	$V_{y,s,d} / V_{y,el,Rd} =$	u.c. =	<b>0,17</b> $\leq 1$

#### Controle op buiging met normaalkracht en dwarskracht

Doorsneden van klasse 1 en 2

buiging om de y-as	$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} =$	611 kN	
	$V_{z,Rd}$	122 kN	
	$M_{y,Rd}$	24,5 kNm	
*) EC3 artikel 6.2.8 t/m 6.2.10:			
	$V_{Ed,z} \leq 0,5 \cdot V_{z,Rd}$		
	$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd}$	0,00	
	$N_{Ed} < 0,25 \cdot N_{c,Rd}$	152,8 kN	6.33
	$N_{Ed} < 0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_{yd} / \gamma_{M0}$	56,4 kN	6.34
	$M_{y,N,Rd} = M_{y,Rd} \cdot (1 - n^2)$	24,5 kNm	6.32
	$M_{y,NV,Rd}$	<b>24,5</b> kNm	
	$V_{Ed,z} > 0,5 \cdot V_{z,Rd}$		
	$\rho_{0,z} = (2 \cdot V_{Ed,z} / V_{z,pl,Rd} - 1)^2$	0,000	6.29 ( $\rho = 0$ als $V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd}$ )
	$A_{v,z} = A_x - 2b_t + (t_w + 2R) \cdot t_f =$	900 mm <sup>2</sup>	
	$N_{Vz,Rd} = (N_{Rd} - \rho_{0,z} \cdot A_{v,z} \cdot f_{yd}) / \gamma_{M0}$	611 kN	NB.35
	$A_{w,z} = h_w \cdot t_w =$	480 mm <sup>2</sup>	
	$M_{y,V,Rd} = (2 \cdot S_y - (\rho_{0,z} \cdot A_{w,z}^2) / (4 \cdot t_w)) \cdot f_{yd} / \gamma_{M0}$	24,5 kNm	6.30
	$n = N_{Ed} / N_{Vz,Rd}$	0,00	
	$a_1 = (A - 2 \cdot b \cdot t_f) / A$ maar $a < 0,5$	0,23	NB.37
	$a_2 = a_1 \cdot (1 - \rho_{0,z})$	0,23	NB.36
	$M_{y,NV,Rd} = M_{y,V,Rd} \cdot (1 - n) / (1 - a_2 / 2) =$	<b>24,5</b> kNm	NB.34 ; NB.53
			u.c. = <b>0,36</b> $\leq 1$

Doorsneden van klasse 1 en 2

buiging om de z-as

	$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} =$	611 kN	
	$V_{y,Rd}$	271 kN	
	$M_{z,Rd}$	12,0 kNm	
*) EC3 artikel 6.2.8 t/m 6.2.10:			
	$V_{Ed,y} \leq 0,24 \cdot V_{y,Rd}$		factor 0,24 volgt uit formule NB.28 voor $q_y = 1,00$
	$N_{Ed} < h_w \cdot t_w \cdot f_{yd} / \gamma_{M0}$	112,8	6.35
	$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd}$	0,00	6.38
	$a = a_1 = (A - 2 \cdot b \cdot t_f) / A$ maar $a < 0,5$	0,23	6.38
voor $n \leq a$ :	$M_{N,z,Rd} = M_{z,Rd}$	12,0 kNm	6.37
voor $n > a$ :	$M_{N,z,Rd} = M_{z,Rd} \cdot [1 - ((n - a) / (1 - a))^2]$	10,9 kNm	6.38
	$M_{z,NV,Rd}$	<b>12,0</b> kNm	
	$V_{Ed,y} > 0,24 \cdot V_{y,Rd}$		
	$q_y = 1,03 \cdot \{1 - (V_{y,Ed} / V_{pl,y,Ed})^2\}^{0,5}$	1,024	NB.28
	$N_{Vy,Rd} = N_{pl,Rd} - (2 \cdot (1 - q_y) \cdot b_t \cdot t_f \cdot f_y) / \gamma_{M0}$	622 kN	NB.44
	$M_{z,V,Rd} = q_y \cdot M_{pl,z,Rd} / \gamma_{M0}$	12,3 kNm	NB.43
	$n = N_{Ed} / N_{Vy,Rd}$	0,00	
	$M_{z,NV,Rd} = M_{z,V,Rd} \cdot [1 - ((n - a_1) / (1 - a_1))^2]$	<b>11,2</b> kNm	NB.42 ; NB.54

u.c. = **0,00**  $\leq 1$

project: **Recht Boomssloot** opgemaakt door: **M. Bakker**  
projectcode: **103100** datum opmaak: **10 november 2017**  
onderdeel: **gording walmuurput**

Doorsneden van klasse 1 en 2  
dubbele buiging

*) EC3 artikel 6.2.9: buiging en normaalkracht				
$\alpha =$	2,0			
$\beta =$	1,0			
$M_{N,y,Rd}$	24,5 kNm			
$M_{N,z,Rd}$	12,0 kNm			
$(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha + (M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^\beta$	0,13	6.41		
*) EC3 artikel 6.2.10: buiging, dwarskracht en normaalkracht				
$\alpha_1 = \alpha_2 = 1,6 - \text{abs}[(N_{Ed} / N_{c,Rd}) / (2 * \ln(N_{Ed} / N_{c,Rd}))]$	#GETAL!	NB.55	voor $b > 0,3 \cdot h$	
$\alpha_1 = \alpha_2 =$	1,00	NB.57	voor $b \leq 0,3 \cdot h$	
toepassen: $\alpha_1 = \alpha_2 =$	1,00			
$\beta_0 = \beta_1 =$	1,00	NB.56 ; NB.57		
$M_{y,NV,Rd}$	24,5 kNm	NB.53		
$M_{z,NV,Rd}$	11,2 kNm	NB.54		
$\beta_0 * (M_{y,Ed} / M_{y,NV,Rd})^{\alpha_1} + \beta_1 * (M_{z,Ed} / M_{z,NV,Rd})^{\alpha_2}$	0,36	NB.52		
als $V_{z,Ed} < 0,5 \cdot V_{z,Rd}$ en $V_{y,Ed} < 0,24 \cdot V_{y,Rd}$ dan formule 6.41 anders formule NB.52 =>				
		u.c. =		<b>0,13 ≤ 1</b>

Doorsneden van klasse 3

Combinatie van normaalspanningen ter plaatse van de uiterste vezel:

- normaalkracht:	$N_{c,s,d} / A =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		0,00
- buiging om de y-As	$M_{y,Ed} / W_{y,el,min}$	98,9 N/mm <sup>2</sup>		0,42
- buiging om de z-As	$M_{z,Ed} / W_{z,el,min}$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		0,00
- interactie formule	$N/A + M_{y,Ed} / W_{y,el,min} + M_{z,Ed} / W_{z,el,min} \leq f_y / \gamma_{Mo}$	98,9 N/mm <sup>2</sup>	u.c. =	<b>0,42 ≤ 1</b>

Combinatie van buigspanningen en schuifspanningen juist naast het lijf halverwege de flensdikte:

- normaalkracht:	$N_{c,s,d} / A =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		
- buigspanning tgv. $M_y$ :	$M_{y,Ed} * e / I_y =$	89,0 N/mm <sup>2</sup>		
- buigspanning tgv. $M_z$ :	$M_{z,Ed} * e / I_z =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		
- schuifspanning tgv. $V_z$ :	$V_{z,s,d} * S / (b * I_y) =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		
- schuifspanning tgv. $V_y$ :	$V_{y,s,d} * S / (2 * t * I_z) =$	22,4 N/mm <sup>2</sup>		
			u.c. =	<b>0,41 ≤ 1</b>

Combinatie van normaalspanningen en schuifspanningen in het lijf direct boven/onder de flenzen bij buiging om de y-as:

- normaalkracht:	$N_{c,s,d} / A =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		
- buigspanning:	$M_{y,Ed} * e / I_y =$	79,1 N/mm <sup>2</sup>		
- schuifspanning:	$V_{z,s,d} * S / (t_w * I_y) =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		
			u.c. =	<b>0,34 ≤ 1</b>

#### knikstabiliteit (EC3-1 artikel 6.3.1)

artikel 6.3.1.2 (1)

om y-as:

$F_{y,E}$	$\pi^2 * E_d * I_y / (l_{buc,y}^2)$	6477 kN
$\lambda_{y,rel}$	$(N.c.u.d / F_{y,E})^{0,5}$	0,31

om z-as:

$F_{z,E}$	$\pi^2 * E_d * I_z / (l_{buc,z}^2)$	2408 kN
$\lambda_{z,rel}$	$(N.c.u.d / F_{z,E})^{0,5}$	0,50

$\Phi_y$	$0,5[1 + \alpha_y(\lambda_{y,rel} - 0,2) + \lambda_{y,rel}^2]$	0,57
$\Phi_z$	$0,5[1 + \alpha_z(\lambda_{z,rel} - 0,2) + \lambda_{z,rel}^2]$	0,70

$\chi_y$	$1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_{y,rel}^2)^{0,5})$	0,96
$\chi_z$	$1 / (\Phi_z + (\Phi_z^2 - \lambda_{z,rel}^2)^{0,5})$	0,84

alfa imperfectie kromme

$\alpha_y$	0,34 voor S235 t/m S420	0,21 voor S460	resultaat:	0,34
$\alpha_z$	0,49 voor S235 t/m S420	0,21 voor S460	resultaat:	0,49

tabel 6.1-imperfectiefactoren voor de knikkrommen

knikkromme	a0	a	b	c	d
imperfectiefactor a	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

#### Torsieknikstabiliteit (EC3-1 Nationale bijlage artikel 6.3.1.4 (4))

Voor walsprofielen IPE, HEA, HEB en HEM hoeft geen toetsing op torsiestabiliteit te worden uitgevoerd.



project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **103100**  
onderdeel: **gording walmuurput**

opgemaakt door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 10 november 2017

### Kipstabiliteit

\*) Volgens EC3-1 artikel 6.3.2.2

$M_{cr,LT}$  151,8 kNm  
 $\lambda_{LT}$   $(W_y \cdot f_y / M_{cr})^{0,5}$  0,37  
 $\alpha_{LT}$  0,21 (gewalste I-profielen, conform EN 1993-1-1 tabel 6.4)

kipkromme	a	b	c	d
imperfectiefactor $\alpha_{LT}$	0,21	0,34	0,49	0,76

$\Phi_{LT}$   $0,5[1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2]$  0,59  
 $\chi_{LT}$   $1/(\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}) \leq 1$  0,96

**Tabel 6.4 — Aanbevolen waarden voor kipkrommen voor een doorsnede bij gebruik van vergelijking (6.56)**

Doorsnede	Begrenzing	Kipkromme
Gewalste I-profielen	$h/b \leq 2$	a
	$h/b > 2$	b
Gelaste I-profielen	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d
Andere doorsneden	—	d

### Toetsing op druk en buiging

\*) Volgens EC3-1 artikel 6.3.3

$N_{Rk}$  611 kN  
 $M_{y,Rk}$  21,2 kNm  
 $M_{z,Rk}$  7,9 kNm

tabel 6,7\_waarden voor  $N_{Rk} = f_y A$ ,  $M_{i,Rk} = f_y W_i$

Klasse	1	2	3
$A_i$	A 2600	A 2600	A 2600
$W_y$	$W_{pl,y}$ 104213	$W_{ply}$ 104213	$W_{ely}$ 90000
$W_z$	$W_{pl,z}$ 51051	$W_{pl,z}$ 51051	$W_{el,z}$ 33460

$k_{yy}$	0,000
$k_{yz}$	0,000
$k_{zy}$	1,000
$k_{zz}$	0,000

$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) < 1$   
 $N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) < 1$

0,00

0,44

u.c. = **0,44 ≤ 1**

### BIJLAGE B, nationale bijlage normatief

Tabel B.2-interactiefactoren  $k_{ij}$  voor staven die gevoelig zijn voor vervormingen door torsie

	klasse 3+4	klasse 1+2
$k_{yy}$	$C_{my}(1 + 0,6\lambda_{y,rel}(N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ $< C_{my}(1 + 0,6(N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ 0,00 ≤ 0,00	$C_{my}(1 + (\lambda_{y,rel} - 0,2) * (N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ $C_{my}(1 + 0,8(N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ 0,00 ≤ 0,00
$k_{yz}$	$k_{zz}$ 0,00	$0,6k_{zz}$ 0,00
$k_{zy}$	$0,8 * k_{yy}$ 0,00 ingeval van torsie gevoelig (staven met open profiel) $[1 - 0,05 \lambda_{z,rel} N_{Ed} / ((C_{mLT} - 0,25)(\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))]$ $\geq [1 - 0,05 N_{Ed} / ((C_{mLT} - 0,25)(\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))]$ 1,00 ≥ 1,00	$0,6 * k_{yy}$ 0,00 ingeval van torsie gevoelig (staven met open profiel) $[1 - 0,1 \lambda_{z,rel} N_{Ed} / ((C_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})]$ $\geq [1 - 0,1 N_{Ed} / ((C_{mLT} - 0,25)(\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))]$ 1,00 ≥ 1,00 voor $\lambda_{z,rel} < 0,4$ $k_{zy} = 0,6 + \lambda_{z,rel}$ $\leq 1 - 0,1 \lambda_{z,rel} N_{Ed} / ((C_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})$ 1,10 ≤ 1,00
$k_{zz}$	$C_{mz}(1 + 0,6 \lambda_{z,rel}(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ $< C_{mz}(1 + 0,6(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ 0,00 < 0,00	$C_{mz}(1 + (2 \lambda_{z,rel} - 0,6) N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))$ $< C_{mz}(1 + 1,4(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ 0,00 < 0,00

project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **103100**  
onderdeel: **gording walmutput**

opgemaakt door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 10 november 2017

Tabel B.3-equivalente momentverdelingsfactoren  $C_m$  in tabellen B.1 en B.2  
Momenten verdeling bij buiging om de y-as tussen punten gesteund in z-richting  
 $\psi_y = 0,00$

ing bij buiging om de y-as tussen punten gesteund in z-richting					alleen	gelijkm.	geconc.
0,00					eindmom.	bel.	bel.
		crit.1	crit.2	som	0,60	-	-
$\alpha_s =$	0,00	1	1	2	-	0,40	0,40
		0	1	1	-	0,40	0,40
		0	0	0	-	0,40	0,40
$\alpha_n =$	0,00	1	1	2	-	0,95	0,90
		0	1	1	-	0,95	0,90
		0	0	0	-	0,95	0,90
					0,60	0,40	0,40
					Situatie:	2	
					$C_{my} =$	0,00	
mode?	nee	[correctieblad C2]		$C_{mz} =$	0,00		

Momenten verdeling bij buiging om de z-as tussen punten gesteund in y-richting  
 $\psi_z = 0,00$

ing bij buiging om de z-as tussen punten gesteund in y-richting					alleen	gelijkm.	geconc.
0,00					eindmom.	bel.	bel.
		crit.1	crit.2	som	0,60	-	-
$\alpha_s =$	0,00	1	1	2	-	0,40	0,40
		0	1	1	-	0,40	0,40
		0	0	0	-	0,40	0,40
$\alpha_n =$	0,00	1	1	2	-	0,95	0,90
		0	1	1	-	0,95	0,90
		0	0	0	-	0,95	0,90
					0,60	0,40	0,40
					Situatie:	2	
					Cmz =	0,00	
node?	nee	[correctieblad C2]		Cmz =	0,00		

$C_{my}$	0,00
$C_{mz}$	0,00
$C_{mLT}$	1,00

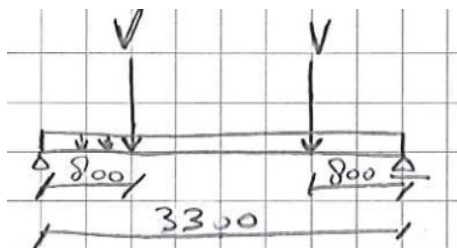
## Krachtenwerking gording combiwand

- De walmuurput hangt aan twee gordingen HEB140. De gording is aan één zijde opgelegd op een schroefinjectiepaal en aan de andere zijde verbonden aan de gording HEB140 aan de combiwand.

De gording wordt belast door de gording van de walmuurput en het eigen gewicht.

Afstand gording walmuurput tov buispaal

$$a = 800 \text{ mm}$$



$$Q_{\text{HEB160}} = 1 \text{ kN/m} \quad (\text{conservatieve aanname, eigen gewicht } 42,6 \text{ kg/m})$$

$$F_{\text{gording}} = 30 \text{ kN}$$

$$M_{\text{Ed}} = 23,6 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{Ed}} = V \cdot l$$

$$V_{\text{Ed}} = 30 \text{ kN}$$

## Resultaten

- Een HEB120 voldoet aan de U.C. doorsnede en stabiliteit

Zie volgende rekensheets voor de berekening

- In verband met corrosie wordt een HEB160 toegepast

HEB160

$$h = 160 \text{ mm}$$

$$b = 160 \text{ mm}$$

$$t_f = 13 \text{ mm}$$

$$t_i = 8 \text{ mm}$$

Inclusief corrosie

$$h_b = 157,6 \text{ mm}$$

$$b = 157,6 \text{ mm}$$

$$t_f = 10,6 \text{ mm}$$

$$t_i = 5,6 \text{ mm}$$

$$A_{\text{HEB160}} = 4223,7 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{HEB120}} = 3400 \text{ mm}^2$$

$$\text{UC} = 0,80 \text{ voldoet}$$

## Controle doorbuiging

- Maximale doorbuiging doorgaande ligger op 3 steunpunten

$$E = 210000 \text{ N/mm}^2$$

$$I_{\text{HEB160}} = 24920000 \text{ mm}^4$$

$$\delta = 1/24 \cdot P \cdot l^3 (3\alpha - 4\alpha^3) / EI$$

$$\delta_{\text{max}} = 1/300 \cdot l$$

$$l = 3300 \text{ mm}$$

$$\alpha = 0,2424$$

$$\delta_{\text{max}} = 11 \text{ mm}$$

$$\delta = 5,7 \text{ mm} < 11 \text{ mm} \text{ voldoet}$$

project: **Recht Boomssloot** opgemaakt door: **M. Bakker**  
projectcode: **103100** datum opmaak: 10 november 2017  
onderdeel: **gording combiwand**

### BEREKENING VAN GEWALSTE I-PROFIELEN VOLGENS EUROCODE 3

#### INVOER

##### Profielgegevens

profiel: **HEB120**  
h = 120 mm  
b = 120 mm  
t<sub>w</sub> = 6,5 mm  
t<sub>f</sub> = 11 mm  
r = 12 mm  
h<sub>w</sub> = 98 mm

##### berekening:

**e**  
(p = plastisch of e = elastisch)  
f<sub>y,d</sub> = **235** N/mm<sup>2</sup>  
E<sub>d</sub> = 210000 N/mm<sup>2</sup>  
G<sub>d</sub> = 80769 N/mm<sup>2</sup>  
Y<sub>M0</sub> = 1,00  
Y<sub>M1</sub> = 1,00  
Y<sub>M2</sub> = 1,25

##### doorsnedeklasse:

ε = 1,00  
lijf: c = 74,0 mm  
c / (ε t<sub>w</sub>) = 11,4  
flens: c = 44,8 mm  
c / (ε t<sub>f</sub>) = 4,1

##### Doorsnede eigenschappen

A<sub>x</sub> = 3400 mm<sup>2</sup>  
A<sub>t</sub> = 30,90 mm<sup>2</sup>  
I<sub>wa</sub> = 1,143E+10 mm<sup>6</sup>  
I<sub>t</sub> = 1,395E+05 mm<sup>4</sup>

I<sub>y</sub> = 8,640E+06 mm<sup>4</sup> I<sub>z</sub> = ##### mm<sup>4</sup>  
I<sub>y</sub> = 50,4 mm I<sub>z</sub> = 30,6 mm  
W<sub>y,el</sub> = 1,44E+05 mm<sup>3</sup> W<sub>z,el</sub> = 5,29E+04 mm<sup>3</sup>  
S<sub>y</sub> = 8,26E+04 mm<sup>3</sup> S<sub>z</sub> = 4,03E+04 mm<sup>3</sup>  
W<sub>y,pl</sub> = 1,65E+05 mm<sup>3</sup> W<sub>z,pl</sub> = 8,06E+04 mm<sup>3</sup>

##### Belastingen ten behoeve van de controle op doorsnede capaciteit

N<sub>c,s,d</sub> = **0,0** kN (druk) V<sub>y,s,d</sub> = **30,0** kN M<sub>y,s,d</sub> = **23,6** kNm  
V<sub>z,s,d</sub> = **0,0** kN M<sub>z,s,d</sub> = **0,0** kNm

(eventuele aanpendelende belastingen zijn verwerkt in de krachtsverdeling door het aanbrengen van een equivalente horizontale belasting)

##### Momentenverloop t.b.v. de equivalente momentverdelingsfactoren

buiging om de y-as (tussen punten gesteund in z-richting) buiging om de z-as (tussen punten gesteund in y-richting)  
ψ\*M<sub>h,y</sub> = **0,0** kNm ψ\*M<sub>h,z</sub> = **0,0** kNm eindmoment met kleinste absolute waarde  
M<sub>h,y</sub> = **0,0** kNm M<sub>h,z</sub> = **0,0** kNm eindmoment met grootste absolute waarde  
M<sub>s,y</sub> = **0,0** kNm M<sub>s,z</sub> = **0,0** kNm moment halverwege de staaf

Tussen M<sub>h,y</sub> en ψ\*M<sub>h,y</sub> is

**een gelijkmatig verdeelde belasting aanwezig**

Sway buckling mode? **nee** (ja of nee)

Tussen M<sub>h,z</sub> en ψ\*M<sub>h,z</sub> is

**een gelijkmatig verdeelde belasting aanwezig**

Sway buckling mode? **nee** (ja of nee)

t.b.v. resp. C<sub>my</sub> en C<sub>mz</sub> volgens EC3

t.b.v. resp. C<sub>my</sub> en C<sub>mz</sub> volgens EC3

##### Geometrische eigenschappen ten behoeve van knikstabiliteit

I<sub>buc,y</sub> = **3300** mm I<sub>buc,z</sub> = **3300** mm

##### Geometrische eigenschappen en belastingen ten behoeve van kipstabiliteit

M<sub>y1,s,d</sub> = **23,6** kNm moment met kleinste abs. waarde t.p.v. uiteinde I<sub>st</sub>  
M<sub>y2,s,d</sub> = **23,6** kNm moment met grootste abs. waarde t.p.v. uiteinde I<sub>st</sub>  
β = M<sub>y1,s,d</sub> / M<sub>y2,s,d</sub> = 1,00  
I<sub>g</sub> = **3300** mm (lengte v.d. ligger tussen de gaffels / lengte uitkraging)  
I<sub>st</sub> = **3300** mm (ongesteunde lengte, voor uitkragingen zie tabel NB.6)  
Het beschouwde veld bevindt zich tussen **2 gaffels**  
I<sub>kip</sub> = 3300 mm (vervangende ongesteunde kiplengte)  
Kip volgens NEN-EN 1993-1-1 artikel 6.3.2.2:  
k<sub>red</sub> = **1,00** (nationale bijlage D4.2 ; voor standaard walsprofielen geldt k<sub>red</sub> = 1)  
C<sub>1</sub> = **1,13** (nationale bijlage D4.3)  
C<sub>2</sub> = **-0,45** (nationale bijlage D4.3 ; negatief invoeren bij belasting op de bovenflens)

##### Opmerkingen:

- Indien een staaf door opdeling van kipsteunen is opgedeeld in 2 of meer velden moet bij de toetsing van op druk en buiging belaste staven voor de kipreductiefactor χ<sub>LT</sub> de kleinste waarde van de kipreductiefactor χ<sub>LT</sub> van de afzonderlijke staven worden toegepast.

#### BEREKENINGSRESULTATEN

##### Ongereduceerde capaciteiten:

N<sub>c,u,d</sub> = 799,0 kN  
V<sub>y,u,d</sub> = 235,3 kN  
V<sub>z,u,d</sub> = 92,2 kN  
M<sub>y,u,d</sub> = 33,8 kNm  
M<sub>z,u,d</sub> = 12,4 kNm

##### Knik

χ<sub>y</sub> = 1,00  
χ<sub>z</sub> = 1,00  
C<sub>my</sub> = 0,00  
C<sub>mz</sub> = 0,00  
C<sub>mLT</sub> = 1,00  
k<sub>yy</sub> = 0,00  
k<sub>yz</sub> = 0,00  
k<sub>zy</sub> = 1,00  
k<sub>zz</sub> = 0,00

##### Kip NEN-EN 1993-1-1 artikel 6.3.2.2:

S = 462 mm  
C = 3,24  
M<sub>z</sub> = 85,1 kNm  
χ<sub>LT</sub> = 0,88  
M<sub>b,Rd</sub> = 29,7 kNm

#### CONTROLE

##### Doorsnede capaciteit

Doorsnedeklasse 3, vloeicriterium

- Maximale schuifspanningen
- Spanningen in het lijf direct boven/onder de flenzen
- Spanningen in de flenzen juist naast het lijf
- Normaalspanningen in de uiterste vezels

##### Stabiliteit voor staven belast op druk en buiging

\*) Controles volgens EC3 artikel 6.3.2:

M<sub>Ed</sub> / M<sub>b,Rd</sub> < 1

u.c. = **0,79** ≤ 1

\*) Controles volgens EC3 artikel 6.3.3:

N<sub>Ed</sub> / (χ<sub>y</sub> N<sub>Rk</sub> / γ<sub>M1</sub>) + k<sub>yy</sub> M<sub>y,Ed</sub> / (χ<sub>LT</sub> M<sub>y,Rk</sub> / γ<sub>M1</sub>) + k<sub>yz</sub> M<sub>z,Ed</sub> / (M<sub>z,Rk</sub> / γ<sub>M1</sub>) ≤ 1

u.c. = **0,00** ≤ 1

N<sub>Ed</sub> / (χ<sub>z</sub> N<sub>Rk</sub> / γ<sub>M1</sub>) + k<sub>zy</sub> M<sub>y,Ed</sub> / (χ<sub>LT</sub> M<sub>y,Rk</sub> / γ<sub>M1</sub>) + k<sub>zz</sub> M<sub>z,Ed</sub> / (M<sub>z,Rk</sub> / γ<sub>M1</sub>) ≤ 1

u.c. = **0,79** ≤ 1

	buiging om de y-as	buiging om de z-as	totaal
u.c. =	-	<b>0,13</b>	-
u.c. =	-	-	<b>0,57</b>
u.c. =	-	-	-
u.c. =	-	-	<b>0,70</b>

project: **Recht Boomssloot** opgemaakt door: **M. Bakker**  
projectcode: **103100** datum opmaak: **10 november 2017**  
onderdeel: **gording combiwand**

#### Ongereduceerde doorsnede capaciteiten

	(EC3-1 art.)	Formules	Waarde	
$N_{c,Rd}$ :	(6.2.4)	$A_x \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}$	799 kN	
$V_{y,el,Rd}$	(6.2.6)	$0,58 \cdot f_{yk} \cdot 2 \cdot t_{flens} \cdot I_z / (\gamma_{M0} \cdot S_z)$	235 kN	
$V_{y,pl,Rd}$	(6.2.6)	$0,58 \cdot f_{yk} \cdot A_{vy} / \gamma_{M0}$	358 kN	$A_{vy} = 2 \cdot b \cdot t_{flens} =$ 2640 mm <sup>2</sup>
$V_{z,el,Rd}$	(6.2.6)	$0,58 \cdot f_{yk} \cdot t_{ijf} \cdot I_y / (\gamma_{M0} \cdot S_y)$	92 kN	
$V_{z,pl,Rd}$	(6.2.6)	$0,58 \cdot f_{yk} \cdot A_{vz} / \gamma_{M0}$	149 kN	$A_{vz} = A_x - 2b_t + (t_w + 2R) \cdot t_f =$ 1095,5 mm <sup>2</sup> ( $> h_w \cdot t_w$ )
$M_{y,el,Rd}$ :	(6.2.5)	$W_{y,el} \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}$	34 kNm	
$M_{y,pl,Rd}$ :	(6.2.5)	$2 \cdot S_y \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}$	39 kNm	
$M_{z,el,Rd}$ :	(6.2.5)	$W_{z,el} \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}$	12 kNm	
$M_{z,pl,Rd}$ :	(6.2.5)	$2 \cdot S_z \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}$	19 kNm	
	(6.2.7)	torsie is niet in deze sheet inbegrepen		

#### Controle op dwarskracht:

buiging om de y-as	Doorsneden van klasse 1 en 2	$V_{z,s,d} / V_{z,pl,Rd} =$	u.c. =	<b>0,00</b> $\leq 1$
	Doorsneden van klasse 3	$V_{z,s,d} / V_{z,el,Rd} =$	u.c. =	<b>0,00</b> $\leq 1$
buiging om de z-as	Doorsneden van klasse 1 en 2	$V_{y,s,d} / V_{y,pl,Rd} =$	u.c. =	<b>0,08</b> $\leq 1$
	Doorsneden van klasse 3	$V_{y,s,d} / V_{y,el,Rd} =$	u.c. =	<b>0,13</b> $\leq 1$

#### Controle op buiging met normaalkracht en dwarskracht

Doorsneden van klasse 1 en 2

buiging om de y-as	$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} =$	799 kN	
	$V_{z,Rd}$	149 kN	
	$M_{y,Rd}$	38,8 kNm	
*) EC3 artikel 6.2.8 t/m 6.2.10:			
	$V_{Ed,z} \leq 0,5 \cdot V_{z,Rd}$		
	$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd}$	0,00	
	$N_{Ed} < 0,25 \cdot N_{c,Rd}$	199,8 kN	6.33
	$N_{Ed} < 0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}$	74,8 kN	6.34
	$M_{y,N,Rd} = M_{y,Rd} \cdot (1 - n^2)$	38,8 kNm	6.32
	$M_{y,NV,Rd}$	<b>38,8</b> kNm	
	$V_{Ed,z} > 0,5 \cdot V_{z,Rd}$		
	$\rho_{w,z} = (2 \cdot V_{Ed,z} / V_{z,pl,Rd})^2$	0,000	6.29 ( $\rho = 0$ als $V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd}$ )
	$A_{v,z} = A_x - 2b_t + (t_w + 2R) \cdot t_f =$	1095,5 mm <sup>2</sup>	
	$N_{Vz,Rd} = (N_{Rd} - \rho_{w,z} \cdot A_{v,z} \cdot f_{yk}) / \gamma_{M0}$	799 kN	NB.35
	$A_{w,z} = h_w \cdot t_w =$	637 mm <sup>2</sup>	
	$M_{y,V,Rd} = (2 \cdot S_y - (\rho_{w,z} \cdot A_{w,z}^2) / (4 \cdot t_w)) \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}$	38,8 kNm	6.30
	$n = N_{Ed} / N_{Vz,Rd}$	0,00	
	$a_1 = (A - 2 \cdot b \cdot t_f) / A$ maar $a < 0,5$	0,22	NB.37
	$a_2 = a_1 \cdot (1 - \rho_{w,z})$	0,22	NB.36
	$M_{y,NV,Rd} = M_{y,V,Rd} \cdot (1 - n) / (1 - a_2 / 2) =$	<b>38,8</b> kNm	NB.34 ; NB.53
			u.c. = <b>0,61</b> $\leq 1$

Doorsneden van klasse 1 en 2

buiging om de z-as

	$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} =$	799 kN	
	$V_{y,Rd}$	358 kN	
	$M_{z,Rd}$	18,9 kNm	
*) EC3 artikel 6.2.8 t/m 6.2.10:			
	$V_{Ed,y} \leq 0,24 \cdot V_{y,Rd}$		factor 0,24 volgt uit formule NB.28 voor $q_y = 1,00$
	$N_{Ed} < h_w \cdot t_w \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}$	149,7	6.35
	$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd}$	0,00	6.38
	$a = a_1 = (A - 2 \cdot b \cdot t_f) / A$ maar $a < 0,5$	0,22	6.38
voor $n \leq a$ :	$M_{Nz,Rd} = M_{z,Rd}$	18,9 kNm	6.37
voor $n > a$ :	$M_{Nz,Rd} = M_{z,Rd} \cdot [1 - ((n - a) / (1 - a))^2]$	17,4 kNm	6.38
	$M_{z,NV,Rd}$	<b>18,9</b> kNm	
	$V_{Ed,y} > 0,24 \cdot V_{y,Rd}$		
	$q_y = 1,03 \cdot \{1 - (V_{y,Ed} / V_{pl,y,Ed})^2\}^{0,5}$	1,026	NB.28
	$N_{Vy,Rd} = N_{pl,Rd} - (2 \cdot (1 - q_y) \cdot b_t \cdot t_f \cdot f_{yk}) / \gamma_{M0}$	815 kN	NB.44
	$M_{z,V,Rd} = q_y \cdot M_{pl,z,Rd} / \gamma_{M0}$	19,4 kNm	NB.43
	$n = N_{Ed} / N_{Vy,Rd}$	0,00	
	$M_{z,NV,Rd} = M_{z,V,Rd} \cdot [1 - ((n - a_1) / (1 - a_1))^2]$	<b>17,8</b> kNm	NB.42 ; NB.54

u.c. = **0,00**  $\leq 1$

project: **Recht Boomssloot** opgemaakt door: **M. Bakker**  
 projectcode: **103100** datum opmaak: **10 november 2017**  
 onderdeel: **gording combiwand**

Doorsneden van klasse 1 en 2  
 dubbele buiging

*) EC3 artikel 6.2.9: buiging en normaalkracht				
$\alpha$	=	2,0		
$\beta$	=	1,0		
$M_{N,y,Rd}$		38,8 kNm		
$M_{N,z,Rd}$		18,9 kNm		
$(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha + (M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^\beta$		0,37	6.41	
*) EC3 artikel 6.2.10: buiging, dwarskracht en normaalkracht				
$\alpha_1 = \alpha_2 = 1,6 - \text{abs}[(N_{Ed} / N_{c,Rd}) / (2 * \ln(N_{Ed} / N_{c,Rd}))]$	#GETAL!	NB.55	voor $b > 0,3 \cdot h$	
$\alpha_1 = \alpha_2 =$	1,00	NB.57	voor $b \leq 0,3 \cdot h$	
toepassen: $\alpha_1 = \alpha_2 =$	1,00			
$\beta_0 = \beta_1 =$	1,00	NB.56 ; NB.57		
$M_{y,NV,Rd}$	38,8 kNm	NB.53		
$M_{z,NV,Rd}$	17,8 kNm	NB.54		
$\beta_0 * (M_{y,Ed} / M_{y,NV,Rd})^{\alpha_1} + \beta_1 * (M_{z,Ed} / M_{z,NV,Rd})^{\alpha_2}$	0,61	NB.52		
als $V_{z,Ed} < 0,5 \cdot V_{z,Rd}$ en $V_{y,Ed} < 0,24 \cdot V_{y,Rd}$ dan formule 6.41 anders formule NB.52 =>				
		u.c. =		<b>0,37 ≤ 1</b>

Doorsneden van klasse 3

Combinatie van normaalspanningen ter plaatse van de uiterste vezel:

- normaalkracht:	$N_{c,s,d} / A =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		0,00
- buiging om de y-As	$M_{y,Ed} / W_{y,el,min}$	163,9 N/mm <sup>2</sup>		0,70
- buiging om de z-As	$M_{z,Ed} / W_{z,el,min}$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		0,00
- interactie formule	$N/A + M_{y,Ed} / W_{y,el,min} + M_{z,Ed} / W_{z,el,min} \leq f_y / \gamma_{Mo}$	163,9 N/mm <sup>2</sup>	u.c. =	<b>0,70 ≤ 1</b>

Combinatie van buigspanningen en schuifspanningen juist naast het lijf halverwege de flensdikte:

- normaalkracht:	$N_{c,s,d} / A =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		
- buigspanning tgv. My:	$M_{y,Ed} * e / I_y =$	148,9 N/mm <sup>2</sup>		
- buigspanning tgv. Mz:	$M_{z,Ed} * e / I_z =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		
- schuifspanning tgv. Vz:	$V_{z,s,d} * S / (b * I_y) =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		
- schuifspanning tgv. Vy:	$V_{y,s,d} * S / (2 * t * I_z) =$	17,0 N/mm <sup>2</sup>		
			u.c. =	<b>0,65 ≤ 1</b>

Combinatie van normaalspanningen en schuifspanningen in het lijf direct boven/onder de flenzen bij buiging om de y-as:

- normaalkracht:	$N_{c,s,d} / A =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		
- buigspanning:	$M_{y,Ed} * e / I_y =$	133,8 N/mm <sup>2</sup>		
- schuifspanning:	$V_{z,s,d} * S / (t_w * I_y) =$	0,0 N/mm <sup>2</sup>		
			u.c. =	<b>0,57 ≤ 1</b>

#### knikstabiliteit (EC3-1 artikel 6.3.1)

artikel 6.3.1.2 (1)

om y-as:

$F_{y,E}$	$\pi^2 * E * I_y / (l_{buc,y}^2)$	1644 kN
$\lambda_{y,rel}$	$(N_{c,u,d} / F_{y,E})^{0,5}$	0,70

om z-as:

$F_{z,E}$	$\pi^2 * E * I_z / (l_{buc,z}^2)$	604 kN
$\lambda_{z,rel}$	$(N_{c,u,d} / F_{z,E})^{0,5}$	1,15

$\Phi_y$	$0,5[1 + \alpha_y(\lambda_{y,rel} - 0,2) + \lambda_{y,rel}^2]$	0,83
$\Phi_z$	$0,5[1 + \alpha_z(\lambda_{z,rel} - 0,2) + \lambda_{z,rel}^2]$	1,39

$\chi_y$	$1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_{y,rel}^2)^{0,5})$	0,79
$\chi_z$	$1 / (\Phi_z + (\Phi_z^2 - \lambda_{z,rel}^2)^{0,5})$	0,46

alfa imperfectie kromme

$\alpha_y$	0,34 voor S235 t/m S420	0,21 voor S460	resultaat:	0,34
$\alpha_z$	0,49 voor S235 t/m S420	0,21 voor S460	resultaat:	0,49

tabel 6.1-imperfectiefactoren voor de knikkrommen

knikkromme	a0	a	b	c	d
imperfectiefactor a	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

#### Torsieknikstabiliteit (EC3-1 Nationale bijlage artikel 6.3.1.4 (4))

Voor walsprofielen IPE, HEA, HEB en HEM hoeft geen toetsing op torsiestabiliteit te worden uitgevoerd.

project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **103100**  
onderdeel: **gording combiwand**

opgemaakt door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 10 november 2017

### Kipstabiliteit

\*) Volgens EC3-1 artikel 6.3.2.2

$M_{cr,LT}$  85,1 kNm  
 $\lambda_{LT}$   $(W_y \cdot f_y / M_{cr})^{0,5}$  0,63  
 $\alpha_{LT}$  0,21 (gewalste I-profielen, conform EN 1993-1-1 tabel 6.4)

kipkromme	a	b	c	d
imperfectiefactor $\alpha_{LT}$	0,21	0,34	0,49	0,76

$\Phi_{LT}$   $0,5[1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2]$  0,74  
 $\chi_{LT}$   $1/(\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}) \leq 1$  0,88

**Tabel 6.4 — Aanbevolen waarden voor kipkrommen voor een doorsnede bij gebruik van vergelijking (6.56)**

Doorsnede	Begrenzing	Kipkromme
Gewalste I-profielen	$h/b \leq 2$	a
	$h/b > 2$	b
Gelaste I-profielen	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d
Andere doorsneden	—	d

### Toetsing op druk en buiging

\*) Volgens EC3-1 artikel 6.3.3

$N_{Rk}$  799 kN  
 $M_{y,Rk}$  33,8 kNm  
 $M_{z,Rk}$  12,4 kNm

tabel 6.7\_waarden voor  $N_{Rk} = f_y A_y$ ,  $M_{y,Rk} = f_y W_{yI}$

Klasse	1	2	3
$A_y$	A 3400	A 3400	A 3400
$W_{yI}$	$W_{pl,y}$ 165212	$W_{ply}$ 165212	$W_{ely}$ 144000
$W_{zI}$	$W_{pl,z}$ 80566	$W_{pl,z}$ 80566	$W_{el,z}$ 52916,6667

$k_{yy}$	0,000
$k_{yz}$	0,000
$k_{zy}$	1,000
$k_{zz}$	0,000

$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) < 1$   
 $N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) < 1$

0,00

0,79

u.c. = **0,79 ≤ 1**

### BIJLAGE B, nationale bijlage normatief

Tabel B.2-interactiefactoren  $k_{ij}$  voor staven die gevoelig zijn voor vervormingen door torsie

	klasse 3+4	klasse 1+2
$k_{yy}$	$C_{my}(1 + 0,6\lambda_{y,rel}(N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ $< C_{my}(1 + 0,6(N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ 0,00 ≤ 0,00	$C_{my}(1 + (\lambda_{y,rel} - 0,2) * (N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ $C_{my}(1 + 0,8(N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ 0,00 ≤ 0,00
$k_{yz}$	$k_{zz}$ 0,00	$0,6k_{zz}$ 0,00
$k_{zy}$	$0,8 * k_{yy}$ 0,00 ingeval van torsie gevoelig (staven met open profiel) $[1 - 0,05 \lambda_{z,rel} N_{Ed} / ((C_{mLT} - 0,25)(\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))]$ $\geq [1 - 0,05 N_{Ed} / ((C_{mLT} - 0,25)(\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))]$ 1,00 ≥ 1,00	$0,6 * k_{yy}$ 0,00 ingeval van torsie gevoelig (staven met open profiel) $[1 - 0,1 \lambda_{z,rel} N_{Ed} / ((C_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})]$ $\geq [1 - 0,1 N_{Ed} / ((C_{mLT} - 0,25)(\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))]$ voor $\lambda_{z,rel} < 0,4$ $k_{zy} = 0,6 + \lambda_{z,rel}$ $\leq 1 - 0,1 \lambda_{z,rel} N_{Ed} / ((C_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})$ 1,75 ≤ 1,00
$k_{zz}$	$C_{mz}(1 + 0,6 \lambda_{z,rel}(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ $< C_{mz}(1 + 0,6(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ 0,00 < 0,00	$C_{mz}(1 + (2 \lambda_{z,rel} - 0,6) N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))$ $< C_{mz}(1 + 1,4(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})))$ 0,00 < 0,00

project: **Recht Boomssloot**  
projectcode: **103100**  
onderdeel: **gording combiwand**

opgemaakt door: **M. Bakker**  
datum opmaak: 10 november 2017

Tabel B.3-equivalente momentverdelingsfactoren  $C_m$  in tabellen B.1 en B.2  
Momenten verdeling bij buiging om de y-as tussen punten gesteund in z-richting  
 $\psi_y = 0,00$

ing bij buiging om de y-as tussen punten gesteund in z-richting					alleen	gelijkm.	geconc.
0,00					eindmom.	bel.	bel.
		crit.1	crit.2	som	0,60	-	-
$\alpha_s =$	0,00	1	1	2	-	0,40	0,40
		0	1	1	-	0,40	0,40
		0	0	0	-	0,40	0,40
$\alpha_n =$	0,00	1	1	2	-	0,95	0,90
		0	1	1	-	0,95	0,90
		0	0	0	-	0,95	0,90
					0,60	0,40	0,40
					Situatie:	2	
					Cmy =	0,00	
mode?	nee	[correctieblad C2]		Cmy =	0,00		

Momenten verdeling bij buiging om de z-as tussen punten gesteund in y-richting  
 $\psi_z = 0,00$

ing bij buiging om de z-as tussen punten gesteund in y-richting					alleen	gelijkm.	geconc.
0,00					eindmom.	bel.	bel.
		crit.1	crit.2	som	0,60	-	-
$\alpha_s =$	0,00	1	1	2	-	0,40	0,40
		0	1	1	-	0,40	0,40
		0	0	0	-	0,40	0,40
$\alpha_n =$	0,00	1	1	2	-	0,95	0,90
		0	1	1	-	0,95	0,90
		0	0	0	-	0,95	0,90
					0,60	0,40	0,40
					Situatie:	2	
					Cmz =	0,00	
node?	nee	[correctieblad C2]		Cmz =	0,00		

$C_{my}$	0,00
$C_{mz}$	0,00
$C_{mLT}$	1,00





