Gemeente Amsterdam

Definitief
Versie 1
3 augustus 2016

Constructieve beoordeling brug 21

Resultaten herberekening en advies beheersmaatregelen

Auteur(s)
[redacted]

Opdrachtgever
Stadsdeel Centrum, J. Cornelissen

Contactpersoon
[redacted]
Ingenieursbureau

Kenmerk
-

Opsteller	Goedgekeurd en vrijgegeven	Paraaf	Datum
[redacted]			3-8-16-16

Inhoud

1 Inleiding **3**
1.1 Aanleiding en doel 3
1.2 Aanpak en uitgevoerde werkzaamheden 3

2 Basisinformatie en uitgangspunten **4**

3 Resultaten uitgevoerde werkzaamheden **6**
3.1 Veldwerkzaamheden en bodemopbouw 6
3.2 Geotechnisch draagvermogen 6
3.3 Herberekening 8

4 Constructieve beoordeling en advies **11**
4.1 Constructieve beoordeling brug 21 11
4.2 Advies brug 21 11

Bijlage(n)

Bijlage 1 - Onderzoeksgegevens en berekeningsresultaten inclusief UC-waarden brug 21
Bijlage 2 - Herberekeningen [redacted], rapport 9198-1-0 d.d. 29 januari 2016
Bijlage 3 - Geotechnisch onderzoek [redacted], rapport 1015-0304-004 versie 2 d.d. 21 maart 2016

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Voor brug 20 en 21 en de aangrenzende kadeconstructie is door het Ingenieursbureau (IB) onderzoek uitgevoerd naar de technische staat van de houten paalfundering. Uit het onderzoek is onder andere gebleken dat de houten paalfundering van brug 21 bacterieel is aangetast. Tijdens inspecties zijn verticale scheuren in de onderbouw van brug 21 waargenomen die mogelijk veroorzaakt zijn door (ongelijkmatige) zettingen. Ook is een gedeelte van de aangrenzende kadeconstructie in de Herengracht verplaatst.
Naar aanleiding van de resultaten van het onderzoek is geadviseerd om een herberekening van brug 21 uit te voeren. In overleg is vervolgens een plan van aanpak voor de herberekening geformuleerd (Brief d.d. 22 december 2015 met bijlagen).
Het doel van de herberekening is inzicht te krijgen in de constructieve veiligheid van de brug. In deze rapportage vindt u de resultaten van de herberekening, de constructieve beoordeling inclusief een overzicht van de te nemen beheersmaatregelen.

Het IB heeft van Stadsdeel Centrum (SDC) opdracht gekregen om de constructieve beoordeling van brug 21 uit te voeren.

1.2 Aanpak en uitgevoerde werkzaamheden

Aanvullend en ten behoeve van de herberekening heeft [redacted] in opdracht van SDC sondeeronderzoek verricht naar de bodemopbouw in de directe omgeving van de brug (Opdrachtnummer 1015-0304-004). Fugro heeft mede op basis van het eerder door Nebest uitgevoerde houtonderzoek het geotechnisch draagvermogen van de houten palen bepaald.
Adviesbureau ir. [redacted] heeft vervolgens de herberekening van de brug uitgevoerd.
Het IB heeft op basis van deze berekeningsresultaten, de geotechnische berekeningen van [redacted] en het eerder uitgevoerde houtonderzoek de constructieve beoordeling uitgevoerd. Deze beoordeling dient als input voor het advies welke beheersmaatregelen voor de brug nodig zijn.

De werkzaamheden zijn hierbij conform het overeengekomen plan van aanpak uitgevoerd.

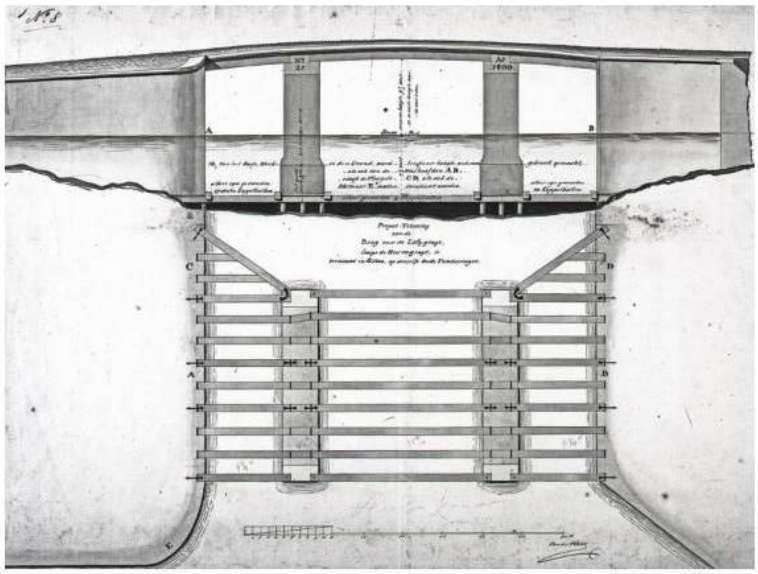
De resultaten van de uitgevoerde werkzaamheden, het definitieve advies en de aandachtpunten voor het vervolgtraject zijn opgenomen in deze rapportage.

2 Basisinformatie en uitgangspunten

Algemene kenmerken van Brug 21

Brug 21 is oorspronkelijk gebouwd in 1793 en is opgebouwd uit twee landhoofden en twee tussenpijlers. In 1886 is de brug verlaagd en verbreed. In 1962 is vervolgens het brugdek vernieuwd. De brug is sindsdien 8,5 m breed en ongeveer 14 m lang. De brug bestaat uit drie overspanningen. De midden overspanning van het brugdek is, tussen de tussenpijlers in, 5,82 m; de eindoverspanningen zijn elk ongeveer 2,95 m.
Op beide randen van het brugdek is een (relatief zwaar) ijzeren leuningwerk aanwezig. Direct daarnaast bevinden zich trottoirs van ongeveer 1,25 m breed en de middelste 6,00 m van het brugdek is rijbaan.
Het brugdek is een staal-betondek bestaande uit 12 stalen liggers met een (gewapend) betonnen dek eroverheen. De randliggers zijn 400 mm hoog. Ter plaatse van de middenoverspanning zijn de overige liggers 300 mm hoog. Ter plaatse van de eindoverspanningen zijn de overige liggers 233 mm hoog. De liggers hebben een hart-op-hartafstand van 726 mm, bij de randliggers is dit hart-op-hart 800 mm.
Aan de westzijde verbreedt het brugdek enigszins van de tussenpijlers naar de landhoofden toe Deze 'hoekjes' bestaan uit 3 (extra) stalen liggers, opgelegd op het landhoofd en in de randligger, met een massief betondek ertussen.

In figuur 2.1 is een langsdoorsnede en bovenaanzicht (van de draagconstructie) van de volledige brug weergegeven.



Figuur 2.1: Langsdoorsnede en bovenaanzicht (draagconstructie) brug 21

De tussenpijlers zijn opgetrokken uit metselwerk met wanden van ongeveer 1,2 m dikte. De wanden zijn gefundeerd op een houten vloer (aanlegdiepte ongeveer NAP -2,20 m). Er zijn 3 rijen met houten palen (te lood) aanwezig, in de vaarrichting met een hart-op-hartafstand van ongeveer 750 mm.
De landhoofden zijn ook uit metselwerk opgetrokken, maar de breedte is niet van tekening af te leiden. Het niveau van de vloer is gelijk aan die van de tussenpijlers. Het aantal palen en de locatie van de palen is niet bekend. De liggers van het dek van het zuidelijk landhoofd zijn direct opgelegd op het metselwerk.
Ter plaatse van de tussenpijlers en het noordelijke landhoofd zijn de liggers van het dek op stalen liggers in dwarsrichting van het brugdek geplaatst, die vervolgens weer op het metselwerk rusten.

Brug 21 heeft geen monumentale status (bron http://maps.amsterdam.nl/monumenten/?LANG=nl).

Basisinformatie

De herberekening en de opstelling van de adviezen zijn gebaseerd op de volgende basisinformatie.

[1] Diverse tekeningen van brug 21, Stadsarchief Amsterdam;
[2] Rapport 26442 'Funderingsinspectie brug 20 + 21 incl. aangrenzende kades - Amsterdam' van [redacted], d.d. 02-07-2015;
[3] Rapportage 'Onderzoek brug 20, 21 + aangrenzende kadeconstructies', opgesteld door IB, d.d. 17-09-2015.
[4] Notitie 'Conclusie expertmeeting 3 bruggen Vijzelstraat', opgesteld door IB, d.d. 23-07-2015.
[5] Plan van aanpak herberekening brug 21, opgesteld door IB, d.d. 22-12-2015.

Voor de aangehouden normen, richtlijnen en publicaties wordt verwezen naar de rapportages in de bijlage 2 en 3.

Uitgangspunten

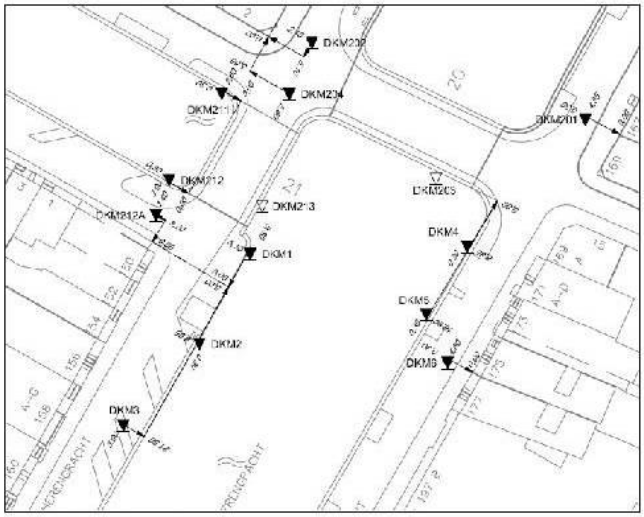
Voor de constructieve beschouwing gelden de volgende uitgangspunten.

1. De palenplantekening ontbreekt. Het palenplan wordt afgeleid uit de archieftekeningen aangevuld met de resultaten van de funderingsinspectie die is uitgevoerd door [redacted].
2. De paalfundering wordt getoetst op basis van de conclusies uit de expertmeeting (zie [4] - Basisinformatie).

3 Resultaten uitgevoerde werkzaamheden

3.1 Veldwerkzaamheden en bodemopbouw

De veldwerkzaamheden en het bepalen van het geotechnische draagvermogen zijn uitgevoerd door [redacted], gerapporteerd in hun rapport d.d. 21 maart 2016, gecodeerd 1015-0304-004_31.R01 (versie 2). Het geotechnische grondonderzoek ten behoeve van de bruggen 20 en 21 heeft bestaan uit 12 diepsonderingen met meting van de plaatselijke wrijvingsweerstand (code DKM), uitgevoerd tot ca. 25 m diepte. Zes sonderingen zijn vanaf het water uitgevoerd, de overige vanaf het land. Zie voor de onderzoek locaties figuur 3.1.



Figuur 3.1 - Locaties uitgevoerde sonderingen

Het door [redacted] uitgevoerde onderzoek is opgenomen in bijlage 3.
Wat opvalt in de sondeergrafieken is dat de ontwikkeling van de eerste zandlaag (in principe de fundering laag voor brug 21) matig tot slecht is, hetgeen inhoudt dat het draagvermogen van deze laag daardoor relatief beperkt is.

3.2 Geotechnisch draagvermogen

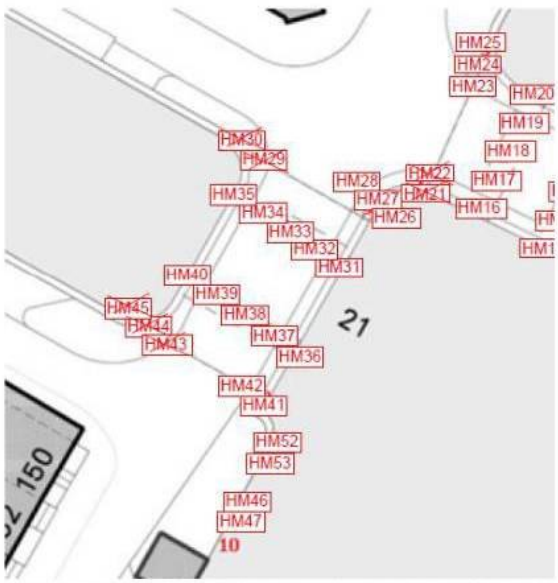
Het bepalen van het geotechnische draagvermogen van de onder de brug aanwezige houten funderingspalen is uitgevoerd door [redacted], gerapporteerd in hun rapport d.d. 21 maart 2016, gecodeerd 1015-0304-004_31.R01 (versie 2). Hierbij is uitgegaan van het in situ onderzoek en het laboratoriumonderzoek op de houtmonsters, uitgevoerd door [redacted] [2]. Het rapport van [redacted] is opgesteld aan de hand van de resultaten van de expert-meeting [4] en is opgenomen in bijlage 3. Voor de kaders voor de geotechnische berekeningen wordt verwezen naar de rapportage in deze bijlage. Van belang is hierbij het volgende.

Het paalpuntniveau is afhankelijk van de diepte van de eerste zandlaag, die per sondering varieert. Volgens de uitgevoerde sonderingen begint de eerste zandlaag op zo'n NAP –12,5 m á – 13 m en wordt in eerste instantie een paalpuntniveau van ca. NAP – 13,5 m á – 14 m verwacht. Echter de 1ste zandlaag is ter plaatse van de bruggen 20 en 21 slecht ontwikkeld, wat mede gezien de dunne palen tot onrealistisch lage paaldraagvermogens leidt. Gezien de bewezen sterkte van de fundering is het aannemelijk dat de palen dieper zijn geïnstalleerd, waarschijnlijk tot ca. NAP – 15,5 m á – 17,0 m. In tabel 3.1 zijn de te verwachten paalpuntniveaus per sondering weergegeven.

Tabel 3.1 – Verwacht paalpuntniveau fundering brug 21

Brug 21				
Sondering	Maaiveld/waterniveau [m t.o.v. NAP]	Bovenzijde Wadzand [m t.o.v. NAP]	Bovenzijde 1e zandlaag [m t.o.v. NAP]	Verwacht paalpunt niveau [m t.o.v. NAP]
DKM1	-2,32	-5,8	-13,8	-17,3
DKM211	-1,30	-6,0	-13,5	-17,0
DKM212A	2,04	-5,8	-12,8	-15,5
DKM204	2,29	-6,0	-13,0	-16,0

Berekeningsresultaten
Op basis van de hierboven genoemde uitgangspunten is per sondering voor centrisch en verticaal op druk belaste palen voor diverse paalschachtmetingen en een te verwachten paalpuntniveau de rekenwaarde van het paaldraagvermogen (Rc;net;d) bepaald.



Figuur 3.2 – Locatie monsternames palen met coderingen

Hierbij is uitgegaan van de door [redacted] [2] ingemeten kopdiameter ter plaatse van de genomen paalmonsters (zie figuur 3.2). De resultaten van de berekeningen zijn gepresenteerd in tabel 3.2.

Tabel 3.2 – Resultaten bepaling rekenwaarde paaldraagvermogen

Brug 21					
Sondering	Paal	Paalkopdiameter [mm]	Paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]	Paalpuntdiameter [mm]	Rc;net;d *) [kN]
DKM204	HM26	200	-15,0	90	65
	HM27	180	-16,0	62	45
	HM28	160	-16,0	42	35
	HM31	200	-16,0	82	60
	HM32,33	170	-16,0	52	40
DKM211	HM34	170	-17,0	44	40
	HM35	150	-17,0	24	25
DKM212	HM39	160	-15,5	46	40
	HM40	230	-15,5	116	100
DKM1	HM36	160	-17,3	32	35
	HM37	200	-17,3	72	65
	HM38	180	-17,3	52	50
	HM41, 42	230	-17,3	102	90

*) exclusief bijdrage negatieve kleef

Uit de tabel valt af te leiden dat de Rc;net;d varieert tussen 25 kN en 100 kN.
Voor de pijlers en landhoofden betekent dit het volgende, zie ook figuur 3.2.

- Het noordelijke landhoofd beschikt over een gemiddeld paaldraagvermogen van 48,3 kN (HM26, 27, 28).
- Het zuidelijke landhoofd heeft een paaldraagvermogen van 90 kN (HM41, 42), echter gebaseerd op twee houtmonsters, aan de zijkant van de brug.
- Het gemiddeld paaldraagvermogen voor de noordelijke tussenpijler bedraagt 41,3 kN (HM31, 32, 33, 34, 35).
- Voor de zuidelijke tussenpijler wordt een gemiddeld paaldraagvermogen van 58 kN (HM39, 40, 36, 37, 38) afgeleid.

3.3 Herberekening

Uitgangspunten herberekeningen

De herberekening is door [redacted] uitgevoerd aan de hand van de geldende normen en voorschriften. Voor de omschrijving hiervan en van de berekeningsmethodiek, zie bijlage 2.
De constructie is ingedeeld in gevolgklasse 2 (CC2) en er is uitgegaan van het afkeurniveau conform de NEN 8700, een restlevensduur van 1 jaar en een referentieperiode van 15 jaar. Dit is het minimum toetsingsniveau conform de vigerende bouwregelgeving.

Zowel de bovenbouw (het brugdek) als de fundering (palen) zijn beschouwd. Zie ook de eerder verstrekte rapportage van [3].

Belastingsituaties

Er zijn voor de paalfundering 3 verschillende belastingsituaties beschouwd. Naast het in de Eurocodes voorgeschreven belastingmodel 1 ('LM1') wordt een situatie beschouwd waarin 80% van zowel de gelijkmatig verdeelde belasting als de tandemstelsels in dit belastingmodel aanwezig is. Dit belastingmodel is gebaseerd op aslast metingen in de [redacted]. Daarnaast wordt nog een derde situatie beschouwd waarin een gelijkmatig verdeelde belasting van 2,5 kN/m^2 aanwezig is, in combinatie met één tandemstelsel van 2 x 200 kN. Dit is het belastingmodel waarbij alleen rekening wordt gehouden met nood- en hulpdiensten.
Samengevat:

1. LM1 = Belastingmodel 1 volgens de Eurocode voor een restlevensduur van 1 jaar op afkeurniveau;
2. LM1 80% = Belastingmodel 1 volgens de Eurocode voor een restlevensduur van 1 jaar op afkeurniveau met een verlaging van 20%;
3. 'LM0' = Belastingmodel met gelijkmatig verdeelde belasting van 2,5 kN/m^2 en 1 tandemstelsel van 2 x 200 kN.

De toetsing van de bovenbouw is uitgevoerd op basis van LM1 (afkeurniveau voor een restlevensduur van 1 jaar en een referentieperiode van 15 jaar).
De 2 alternatieve belastingsituaties worden beschouwd om de invloed van de verkeersbelastingen op de optredende paalkrachten inzichtelijk te maken.

Resultaten en toetsing

Bij een herberekening van een brug worden de verschillende constructieonderdelen (brugdek, paalfundering) getoetst aan de wettelijke rekenregels. Deze toetsing wordtuitgevoerd aan de hand van de zogenaamde unity check (UC).
De UC geeft de verhouding tussen de optredende belasting en de sterkte aan:

- UC < 1 → De sterkte is groter dan de belasting. De constructie voldoet daarmee aan de wettelijke rekenregels
- UC > 1 → De sterkte is kleiner dan de belasting. De constructie voldoet daardoor niet aan de wettelijke rekenregels

Hoe groter UC wordt (dan 1), hoe groter het veiligheidsrisico (de kans op bezwijken van de constructie) wordt.

<u>Brugdek</u>

De berekeningsrapportage van het brugdek, inclusief alle relevante resultaten, is opgenomen in bijlage 2, evenals de berekeningen van de doorsnedecapaciteiten van verschillende doorsneden van het brugdek.

Uit de toetsingen volgt dat het brugdek op alle gecontroleerde punten aan de eisen en belastingsituaties voldoet, UC < 1.

<u>Onderbouw (funderingen)</u>

De berekeningsrapportages van de tussenpijlers en de landhoofden, inclusief alle relevante resultaten, zijn opgenomen in bijlage 3. Een samenvatting op basis van gemiddelde waarden is weergegeven in tabel 3.3 voor de belastingsituatie LM1.

Een overzicht van de gegevens per houtmonster/paal (berekeningen en toetsingen) is opgenomen in bijlage 1 (Onderzoeksgegevens en berekeningsresultaten inclusief UC-waarden brug 21).

Tabel 3.3 – Beoordeling onderbouw op basis van gemiddelden

	Paalpunt (geotechnisch draagvermogen)			Omslagpunt (houtsterkte)		
	gemiddelde belasting LM1	gemiddeld draagvermogen	gemiddelde UC	gemiddelde belasting LM1	gemiddeld draagvermogen	gemiddelde UC
	[kN]	[kN]	[-]	[kN]	[kN]	[-]
Landhoofd noord	75	48,3	1,55	75	66	1,14
Tussenpijler noord	156	41,3	3,78	156	49	3,18
Tussenpijler zuid	156	58	2,69	156	118	1,32
Landhoofd zuid	75	90	0,83	75	276	0,27

Voor het landhoofd noord en de tussenpijlers is de UC waarde (ruim) boven 1. In bijlage 1 is voor elk houtmonster (onderzochte funderingspaal) de toetsing weergegeven. Er blijkt veel spreiding in de UC-waarden te zijn, zodat lokaal de situatie slechter is.
Opgemerkt wordt dat er voor het zuidelijke landhoofd slechts twee palen zijn onderzocht, aan de zijkant van de brug. De representativiteit is daardoor mogelijk gering.

Ook voor de 2 alternatieve (lichtere) belastingsituaties is de toetsing uitgevoerd (zie bijlage 1). Ook hieruit blijkt dat het merendeel van de UC waarden groter dan 1 is. De UC waarden blijven zelfs voor de minst belastende situatie 'LM0' voor de meeste onderzochte monsters ruimschoots boven 1.

4 Constructieve beoordeling en advies

4.1 Constructieve beoordeling brug 21

Uit de berekeningen volgt dat het brugdek voldoet aan de rekenregels ten aanzien van constructieve veiligheid.

De fundering en onderbouw van brug 21 zijn ruim 220 jaar oud (oorsprong 1793). Een groot deel van de paalfundering is bacterieel aangetast en voldoet niet op sterkte en geotechnisch paaldraagvermogen. Tevens zijn tijdens inspecties verticale scheuren in de onderbouw waargenomen die mogelijk veroorzaakt zijn door (ongelijkmatige) zettingen.
Op grond van deze constateringen voldoet de onderbouw van de brug niet meer aan de eisen en er zijn maatregelen nodig.

Het niet meer voldoen aan de eisen (voor met name de fundering, houtsterkte en paaldraagvermogen) zal, omdat het dek wel voldoet, in eerste instantie leiden tot vervormingen in verticale zin. Het veiligheidsrisico is aanvankelijk vanwege de samenhang van de constructie (koppelbalken) gering, maar wel aanwezig.
Per tijdseenheid zal echter in de loop van de tijd (het increment van) de zetting toenemen (de zettingssnelheid wordt groter en verschillen in zetting nemen toe), een en ander afhankelijk van de degradatie van het funderingshout van de brug. Hierdoor neemt in de loop van de tijd het veiligheidsrisico toe.
Wanneer er geen maatregelen getroffen worden zal uiteindelijk de gehele brugconstructie bezwijken als gevolg van definitief falen van de fundering. De termijn waarbinnen dit zal optreden is niet met zekerheid aan te geven.

4.2 Advies brug 21

Op grond van het bovenstaande wordt het volgende geadviseerd:

1. Overgaan tot renovatie van de (fundering van de) brug 21 of tot sloop/nieuwbouw, indien dit niet mogelijk of gunstig blijkt. Uit het onderzoek [3] blijkt dat een deel van het brugdek is opgelegd op de vernieuwde kadeconstructie in de Leliegracht (met een fundering op de zogenaamde tweede zandlaag). Ook bleek de aangrenzende kadeconstructie van de Herengracht schade en vervorming te vertonen. Oorspronkelijk is ook brug 20 in dezelfde periode aangelegd, waarbij de constructies van beide bruggen verweven zijn geweest. Geadviseerd wordt om de te treffen maatregelen in samenhang vast te stellen.
2. Brug 20 is in dezelfde periode aangelegd en gerenoveerd [3]. Gezien de bevindingen voor brug 21, de samenhang van de bruggen en de aangrenzende kades, moet er ook een constructieve beschouwing plaats vinden van deze brug, zie ook punt 1.
3. Als beheersmaatregel voor het veiligheidsrisico dient de brug tot het moment van sloop/vervanging of renovatie gemonitord te worden. Dit bestaat uit het jaarlijks visueel

inspecteren van de bruggen inclusief het periodiek (halfjaarlijks) inmeten van de onderbouw in x-, y- en z-richting om (ongelijkmatige) zettingen inzichtelijk te krijgen.
Deze metingen zijn essentieel om de actuele prestatie van de fundering te bepalen voor de beoordeling van het actuele veiligheidsrisico.

4. Gezien de samenhang met brug 20 en de aangrenzende kades wordt aanbevolen om de monitoring ook hiervoor uit te voeren.

Als uit de monitoring blijkt dat de brug(gen) of de aangrenzende kadeconstructie in een versneld tempo (en eventueel ongelijkmatig) verzak(t)(en) en/of de veiligheid van de gebruikers in het geding komt, dienen er aanvullende (veiligheids)maatregelen getroffen worden. Afhankelijk van de situatie kunnen deze maatregelen bestaan uit:

- Aslast beperking voor de brug
- Demotie van de brug (aslast- en toegang beperking van de brug)
- Afsluiting van de brug
- Stutten van de brug
- Nood sloop van de brug

De maatregelen dienen in overleg met de constructeur vastgesteld worden.

Bijlage(n)

Bijlage 1 - Onderzoeksgegevens en berekeningsresultaten inclusief UC-waarden brug 21

Toelichting op tabellen

De onderscheiden belasting scenario's zijn:

1. Belastingmodel 1 volgens de Eurocode voor een restlevensduur van 1 jaar op afkeurniveau
2. Belastingmodel 1 volgens de Eurocode voor een restlevensduur van 1 jaar op afkeurniveau met een verlaging van 20% van belastingen excl. e.g.
3. Belastingmodel met gelijkmatig verdeelde belasting van 2,5 kN/m^2 en 1 tandemstelsel 2x200 kN (belasting e.g. en hulpdiensten)

Toelichting tabel 1
In tabel 1 zijn de onderzoeksgegevens en de berekeningsresultaten per houtmonster weergegeven. Hierbij is rekening gehouden met de paaldiameter.
In het overzicht zijn per brugvak en per houtmonster en paaldiameter de resultaten van de berekeningen van de resterende paalsterkte en het toelaatbare geotechnische paaldraagvermogen weergegeven.

Toelichting tabel 2
In tabel 2 is per houtmonster en per scenario de toetsing van het geotechnisch paaldraagvermogen van de palen uitgedrukt in de UC-waarde.
UC < 1 → paal voldoet aan de wettelijke rekenregels ten aanzien van veiligheid
UC > 1 → paal voldoet niet aan de wettelijke rekenregels ten aanzien van veiligheid

Toelichting tabel 3
In tabel 3 is per houtmonster en per scenario de toetsing van de sterkte van de paal uitgedrukt in de UC-waarde gebaseerd op de resultaten van de houtmonsteranalyse.
UC < 1 → paal voldoet aan de wettelijke rekenregels ten aanzien van veiligheid
UC > 1 → paal voldoet niet aan de wettelijke rekenregels ten aanzien van veiligheid

RESULTATEN GEVOELIGHEIDSANALYSE BRUG 21

Onderkant fundering	-2	m t.o.v. NAP
Omslagpunt	-7,5	m t.o.v. NAP
Paalpuntniveau	-16	m t.o.v. NAP
Lengte paal omslagpunt	5,5	m
Lengte paal paalpuntniveau	14	m
Tapsheid palen	8	mm/m^2
Afname ∅ omslagpunt	44	mm
Afname ∅ paalpunt	112	mm
Rekenwaarde druksterkte	10,8	N/mm^2

Paalbelastingen F_d (kN)	Landhoofd	Pijler
scenario 1	75	156
scenario 2	69	140
scenario 3	62	125

Tabel 1 - onderzoeksgegevens en berekeningsresultaten houtmonsters

Houtmonster	Constructie onderdeel	Houtsoort	Doorsnede paalkop (mm)	Aantasting paalkop (mm)	Aantasting omslagpunt (mm)	Resterende sterkte omslagpunt (kN)	Sondering	Geotechnisch paaldraag-vermogen (kN)
HM 26	Landhoofd noord	Vuren	200	55	44	**39**	DMK204	**65**
HM 27	Landhoofd noord	Vuren	180	15	12	**106**	DMK204	**45**
HM 28	Landhoofd noord	Vuren	160	23	18	**53**	DMK204	**35**
HM 31	Pijler noord	Vuren	200	100	80	**0**	DMK204	**60**
HM 32	Pijler noord	Vuren	170	29	23	**53**	DMK204	**40**
HM 33	Pijler noord	Vuren	170	29	23	**53**	DMK204	**40**
HM 34	Pijler noord	Vuren	170	9	7	**106**	DMK211	**40**
HM 35	Pijler noord	Vuren	150	27	22	**33**	DMK211	**25**
HM 36	Pijler zuid	Vuren	160	37	30	**27**	DMK1	**35**
HM 37	Pijler zuid	Vuren	200	7	6	**178**	DMK1	**65**
HM 38	Pijler zuid	Vuren	180	5	4	**139**	DMK1	**50**
HM 39	Pijler zuid	Vuren	160	19	15	**62**	DMK212	**40**
HM 40	Pijler zuid	Vuren	230	24	19	**184**	DMK212	**100**
HM 41	Landhoofd zuid	Vuren	230	7	6	**259**	DMK1	**90**
HM 42	Landhoofd zuid	Vuren	230	0	0	**293**	DMK1	**90**
Gemiddelde landhoofd								
Gemiddelde pijler								

Tabel 2 - toetsing geotechnisch draagvermogen

UC scenario 1	UC scenario 2	UC scenario 3
1,15	1,06	0,95
1,67	1,53	1,38
2,14	1,97	1,77
2,60	2,33	2,08
3,90	3,50	3,13
3,90	3,50	3,13
3,90	3,50	3,13
6,24	5,60	5,00
4,46	4,00	3,57
2,40	2,15	1,92
3,12	2,80	2,50
3,90	3,50	3,13
1,56	1,40	1,25
0,83	0,77	0,69
0,83	0,77	0,69
1,33	**1,22**	**1,10**
3,60	**3,23**	**2,88**

binnen wettelijk kader →

Tabel 3 - toetsing resterende paalsterkte

UC scenario 1	UC scenario 2	UC scenario 3
1,93	1,78	1,60
0,71	0,65	0,58
1,42	1,30	1,17
827,52	742,65	663,08
2,92	2,62	2,34
2,92	2,62	2,34
1,48	1,33	1,18
4,69	4,21	3,76
5,75	5,16	4,61
0,88	0,79	0,70
1,12	1,01	0,90
2,52	2,26	2,02
0,85	0,76	0,68
0,29	0,27	0,24
0,26	0,24	0,21
0,92	**0,85**	**0,76**
85,06	**76,34**	**68,16**

binnen wettelijk kader →

Bijlage 2 - Herberekeningen [redacted], rapport 9198-1-0 d.d. 29 januari 2016

Dossier 9198
Constructieve beoordeling van brug 21 te Amsterdam

Rapport 9198-1-0
Herberekening van bestaande brug conform de NEN 8700-serie en Eurocodes op afkeurniveau

29 januari 2016

INHOUD

1	**Inleiding**	**3**
1.1	Opdracht	3
1.2	Leeswijzer	4
2	**Basisinformatie en uitgangspunten**	**5**
2.1	Algemene basisinformatie	5
2.2	Normen en richtlijnen	5
2.3	Computerprogrammatuur	5
2.4	Materialen	6
2.4.1	Beton	6
2.4.2	Betonstaal	6
2.4.3	Constructiestaal	6
3	**Beschrijving constructie en modellering**	**7**
3.1	Algemeen	7
3.2	Brugdek	7
3.3	Onderbouw en fundering	8
3.4	Modellering brugdek	10
3.5	Modellering onderbouw en fundering	11
4	**Belastinggevallen en –combinaties**	**14**
4.1	Belastinggevallen en –combinaties brugdek	14
4.1.1	Algemeen	14
4.1.2	Permanente belastingen	15
4.1.3	Veranderlijke belastingen	15
4.1.4	Belastingfactoren	17
4.1.5	Belastingcombinaties	18
4.2	Belastinggevallen en –combinaties onderbouw	18
4.2.1	Algemeen	18
4.2.2	Permanente belastingen	18
4.2.3	Veranderlijke belastingen	19
4.2.4	Belastingfactoren	20
4.2.5	Belastingcombinaties	20
5	**Resultaten en toetsingen**	**21**
5.1	Resultaten en toetsing brugdek	21
5.2	Resultaten onderbouw	22
6	**Samenvatting en conclusies**	**23**

Bijlage A – Tekeningen brug 21
Bijlage B – [redacted] berekeningsrapportage brugdek
Bijlage C – Bepaling capaciteit onderdelen brugdek
Bijlage D – [redacted] berekeningsrapportage landhoofd
Bijlage E – [redacted] berekeningsrapportage tussenpijler

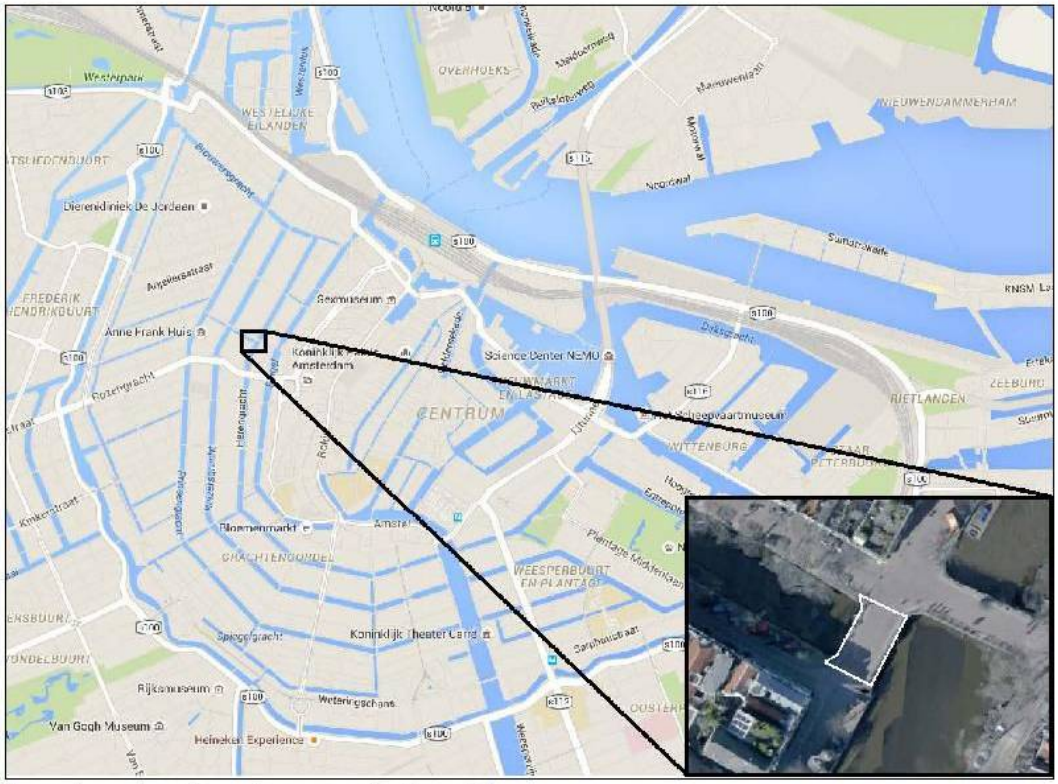
1 Inleiding

1.1 Opdracht

Het Ingenieursbureau van de gemeente Amsterdam (IB) heeft Adviesbureau ir. [redacted] opdracht gegeven om een brug in de binnenstad van Amsterdam te beoordelen aan de hand van een herberekening. De brug, brug 21, overspant de Leliegracht ter hoogte van de Herengracht, zie figuur 1 en figuur 2.

Dit rapport beschrijft de herberekening, welke is uitgevoerd aan de hand van de RBK 1.1 en de Eurocodes, in combinatie met voorschriften uit de NEN 8700 en de NEN 8701. NEN 8700 geeft de grondslagen voor de beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk en NEN 8701 geeft aanvullingen hierop voor het bepalen van de belasting op bestaande constructies.

De constructie is ingedeeld in gevolgklasse 2 (CC2) en er is uitgegaan van het afkeurniveau conform de NEN 8700, dus een restlevensduur van 1 jaar en een referentieperiode van 15 jaar. Zowel de bovenbouw (het brugdek) als de onderbouw en de fundering (palen) zijn beschouwd. Dit rapport is, op verzoek van de opdrachtgever, opgesteld aan de hand van de standaardindeling voor herberekeningsrapporten van IB.



figuur 1 Locatie en bovenaanzicht brug 21



figuur 2 Aanzicht brug 21

Op verzoek van de opdrachtgever worden er voor de paalfundering 3 verschillende belastingsituaties beschouwd. Naast het in de Eurocodes voorgeschreven belastingmodel 1 ('LM1') wordt een situatie beschouwd waarin 80% van dit belastingmodel aanwezig is, zowel van de gelijkmatig verdeelde belasting als de tandemstelsels. Daarnaast wordt nog een derde situatie beschouwd waarin een gelijkmatig verdeelde belasting van 2,5 kN/m^2 aanwezig is, in combinatie met één tandemstelsel van 2 x 200 kN.

De 2 alternatieve belastingsituaties worden beschouwd om de invloed van de verkeersbelastingen op de optredende paalkrachten inzichtelijk te maken. De maatgevende optredende paalbelastingen worden in paragraaf 5.2 voor elke belastingsituatie afzonderlijk vermeld. De toetsing van de bovenbouw is gedaan op basis van LM1, conform de Eurocodes.

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de basisinformatie en de uitgangspunten genoemd die van belang zijn voor de herberekening.

In hoofdstuk 3 is de bestaande constructie getoond en beschreven en wordt de wijze van modelleren toegelicht, waarna in hoofdstuk 4 de gehanteerde belastinggevallen en -combinaties zijn gegeven. In hoofdstuk 5 volgen de resultaten en toetsingen van de herberekening.

Ten slotte zijn in hoofdstuk 6 de conclusies opgenomen.

2 Basisinformatie en uitgangspunten

2.1 Algemene basisinformatie

De volgende informatie is geraadpleegd bij het beoordelen van brug 21:

[1] Diverse tekeningen van brug 21, Stadsarchief Amsterdam
(opgenomen als bijlage A van het voorliggende rapport)
[2] Rapport 26442 'Funderingsinspectie brug 20 + 21 incl. aangrenzende kades - Amsterdam', [redacted], d.d. 02-07-2015

2.2 Normen en richtlijnen

De volgende normen en richtlijnen zijn gehanteerd:

- NEN-EN 1990+A1+A1/C2 (+NB), 'Eurocode 0: Grondslagen van het constructief ontwerp', 2011
- NEN-EN 1991-1-1+C1 (+NB), 'Eurocode 1: Belastingen op constructies – Algemene belastingen', 2011
- NEN-EN 1991-2+C1 (+NB), 'Eurocode 1: Belastingen op constructies – Verkeersbelasting op bruggen', 2011
- NEN-EN 1992-1-1+C2 (+NB), 'Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Algemene regels', 2011
- NEN-EN 1992-2+C1 (+NB), 'Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Bruggen', 2011
- NEN-EN 1993-1-1+C2+C2/A1 (+NB), 'Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Algemene regels', 2014
- NEN-EN 1994-1-1+C1 (+NB), 'Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal- betonconstructies – Algemene regels', 2011
- NEN 8700, 'Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren – Grondslagen', 2011
- NEN 8701, 'Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren – Belastingen', 2011
- RBK 1.1, 'Richtlijnen Beoordeling Kunstwerken', 2013

2.3 Computerprogrammatuur

De volgende computerprogrammatuur is gebruikt:

- [redacted] versie 15.2; EEM-berekeningen
- Microsoft Word versie 2013; Rapportage
- Microsoft Excel versie 2013; Rekensheets

2.4 Materialen

De volgende materialen, met bijbehorende eigenschappen, zijn toegepast:

Materiaal (toepassing)	Soort (Eurocode equivalent)	Soortelijk gewicht [kN/m³]
Beton (brugdek)	K150 (C8/10)	25,0
Betonstaal (brugdek)	QR22	78,5
Constructiestaal (liggers brugdek)	(S235)	78,5
Overlagingen (vulbeton, tegels, asfalt, etc.)	n.v.t.	23,0
Metselwerk (landhoofden en pijlers)	n.v.t	20,0 / 23,0 (droog / nat)
Hout (planken, kespen, schuifhout, palen)	Dennenhout (C18)	10,0
Grond	n.v.t.	18,0 / 20,0 (droog / nat)

2.4.1 Beton

Het brugdek is in 1962 volledig vervangen. De toegepaste betonsterkteklasse in het brugdek is niet af te leiden uit de beschikbare tekeningen, dus is uitgegaan van de laagste voorgeschreven sterkteklasse uit die periode: K150. Dit komt, conform de Eurocodes, overeen met C8/10. De betondekking is minimaal 30 mm.

2.4.2 Betonstaal

De toegepaste betonstaalsoort in het brugdek is niet af te leiden uit de beschikbare tekeningen, dus is uitgegaan van de laagste voorgeschreven betonstaalsoort uit de bouwperiode: QR22 (f_{yk} = 220 N/mm^2 / f_{yd} = 191 N/mm^2).

2.4.3 Constructiestaal

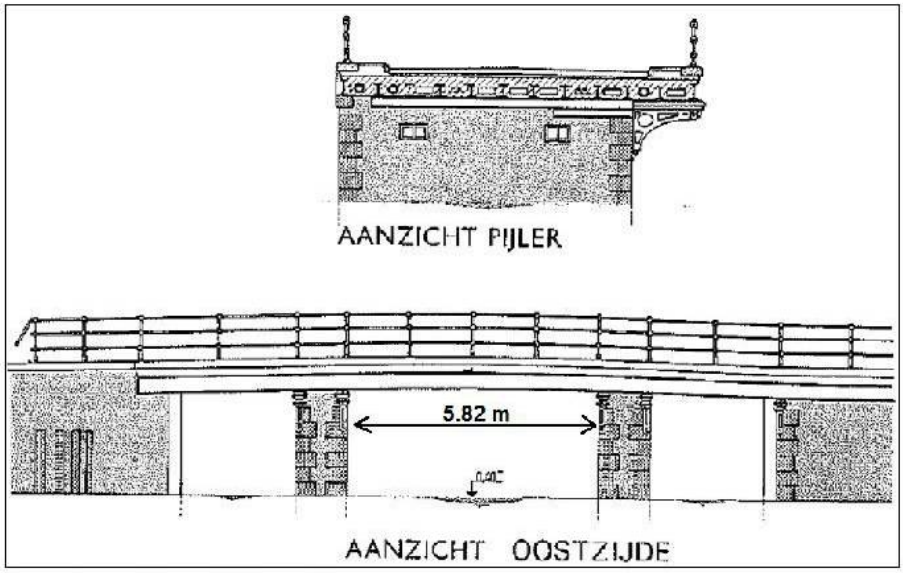
De staalsoort van de liggers in het brugdek is niet af te leiden uit de beschikbare tekeningen. De meest gangbare staalsoort, S235, is hiervoor aangehouden.

3 Beschrijving constructie en modellering

3.1 Algemeen

Brug 21 is oorspronkelijk gebouwd in 1793. In 1886 is de brug verlaagd en verbreed. In 1962 is vervolgens het brugdek vernieuwd. De brug is sindsdien 8,5 m breed en ongeveer 14 m lang. De brug bestaat uit drie overspanningen, zie figuur 3.

Op beide randen van het brugdek is een (relatief zwaar) ijzeren leuningwerk aanwezig. Direct daarnaast bevinden zich trottoirs van ongeveer 1,25 m breed en de middelste 6,00 m van het brugdek is rijbaan.



figuur 3 Zijaanzicht brug 21

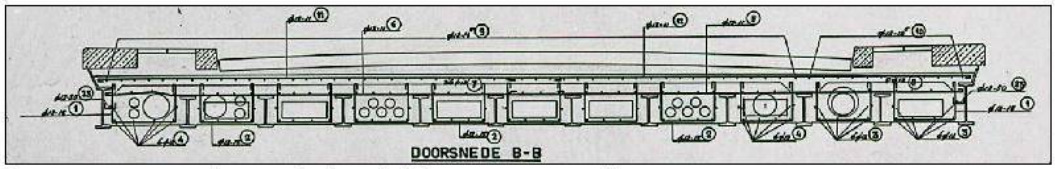
3.2 Brugdek

De middenoverspanning van het brugdek is, tussen de tussenpijlers in, 5,82 m; de eindoverspanningen zijn elk ongeveer 2,95 m.

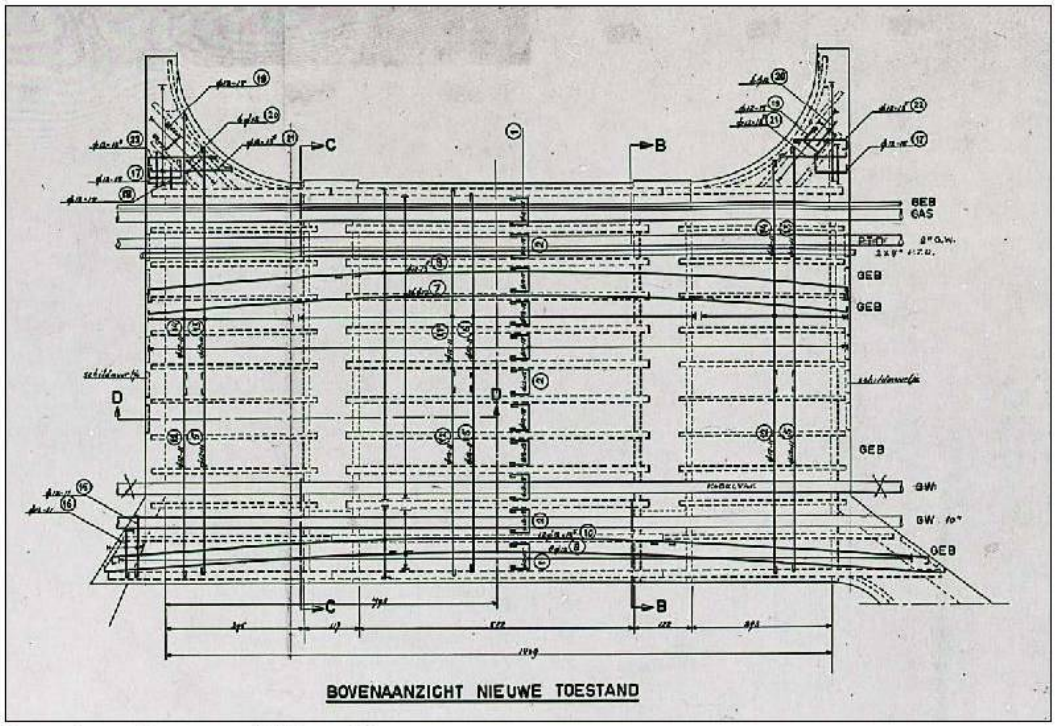
Het brugdek is een staal-betondek bestaande uit 12 stalen liggers met een (gewapend) betonnen dek eroverheen, zie figuur 4. De randliggers zijn 400 mm hoog. Ter plaatse van de middenoverspanning zijn de overige liggers 300 mm hoog. Ter plaatse van de eindoverspanningen zijn de overige liggers 233 mm hoog. De profielafmetingen, zoals deze op tekening staan, zijn niet terug te leiden naar (bekende) standaardprofielen. De profielen zijn daarom in [redacted] handmatig ingevoerd met de afmetingen van tekening, zie ook paragraaf 3.4. De liggers hebben een hart-op-hartafstand van 726 mm, bij de randliggers is dit hart-op-hart 800 mm.

Ter plaatse van de tussenpijlers lopen de liggers niet door, maar zijn de liggers vrij opgelegd. Het (gewapende) betondek is echter wel doorlopend over de tussenpijlers, zie figuur 6. De beide randliggers zijn ter plaatse van de tussenpijlers ook doorlopend / gekoppeld, zie figuur 5.

Aan de westzijde verbreedt het brugdek enigszins van de tussenpijlers naar de landhoofden toe, zie figuur 5. Deze 'hoekjes' bestaan uit 3 (extra) stalen liggers, opgelegd op het landhoofd en in de randligger, met een massief betondek ertussen.



figuur 4 Dwarsdoorsnede brugdek brug 21 t.p.v. middenoverspanning



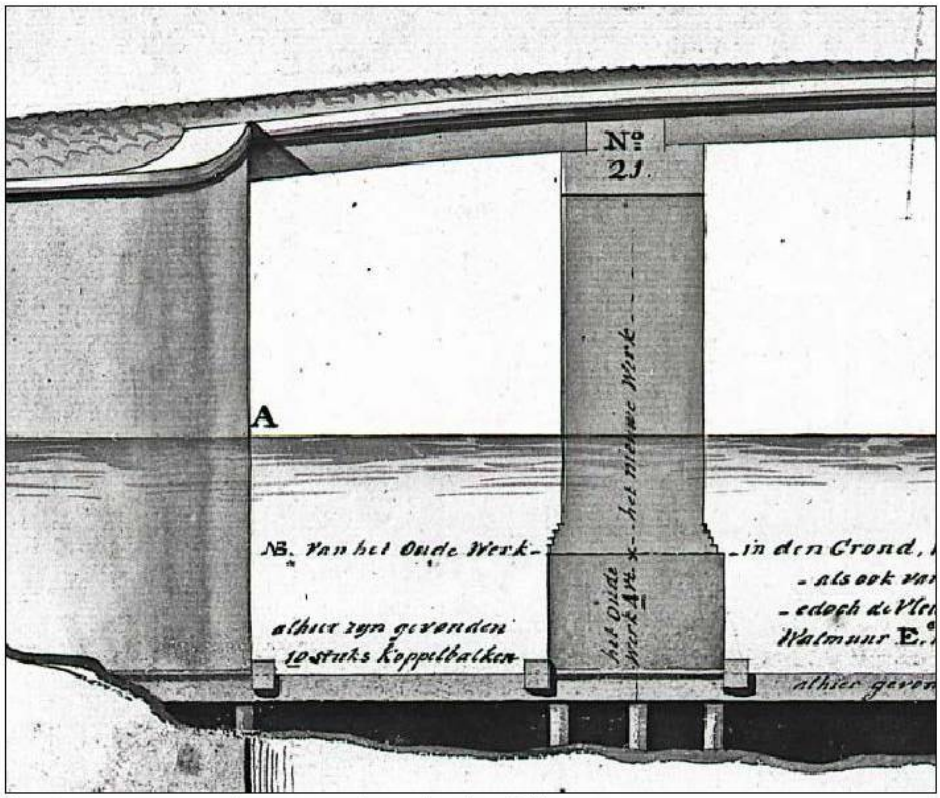
figuur 5 Bovenaanzicht brug 21

3.3 Onderbouw en fundering

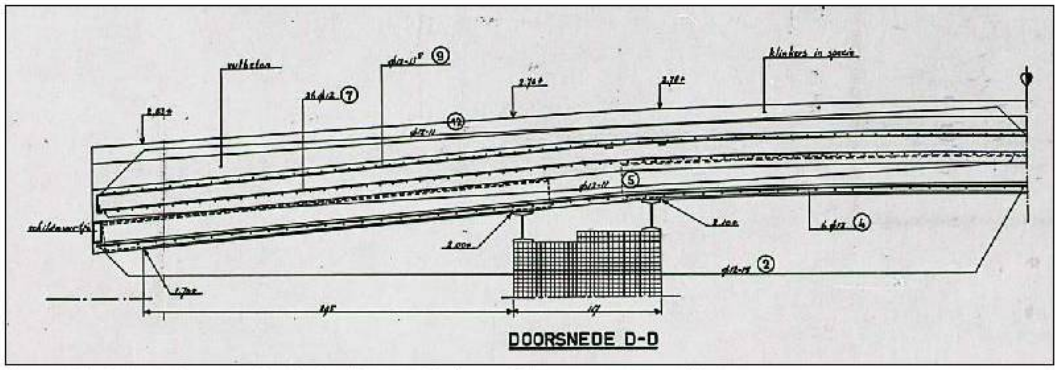
De tussenpijlers zijn metselwerk wanden van ongeveer 1,2 m breed. De wanden zijn gefundeerd op een houten vloer op ongeveer NAP -2,20 m. Er zijn 3 rijen met houten palen (te lood) aanwezig, in de vaarrichting met een hart-op-hartafstand van ongeveer 750 mm. De palen zijn zeer waarschijnlijk aangebracht tot in de 1e zandlaag op ongeveer NAP -15,00 m.

De landhoofden bestaan ook uit metselwerk wanden, maar de breedte is niet van tekening af te leiden. Het niveau van de vloer is gelijk aan die van de tussenpijlers, zie figuur 6. Het aantal palen en de locatie van de palen is ook niet bekend.

Ter plaatse van het zuidelijk landhoofd zijn de liggers van het dek direct opgelegd op het metselwerk. Ter plaatse van de tussenpijlers en het noordelijke landhoofd zijn de liggers van het dek op stalen liggers in dwarsrichting van het brugdek geplaatst, die vervolgens weer op het metselwerk rusten, zie figuur 7. Deze liggers kragen aan de oostzijde ongeveer 1,5 m uit uit de tussenpijlers en het landhoofd, zie figuur 3.



figuur 6 Doorsnede tussenpijler en landhoofd brug 21



figuur 7 Langsdoorsnede (halve) brugdek brug 21 t.p.v. tussenpijler

3.4 Modellering brugdek

Het brugdek is gemodelleerd met behulp van het computerprogramma [redacted]. In dit eindige-elementen-programma is een driedimensionaal model van de constructie gemaakt en doorgerekend.

Het brugdek is gemodelleerd als isotrope betonplaten met stalen liggers als ribben. De platen hebben een dikte van 260 mm, zie figuur 4 voor een doorsnede. Rondom en tussen de liggers is nog meer beton aanwezig, maar dit is alleen meegenomen als een additionele belasting, zie hoofdstuk 4. De stalen liggers zijn voorzien van (blok)deuvels. Uit een verkennende beschouwing is gevolgd dat deze niet voldoende capaciteit hebben om de optredende schuifkrachten (volledig) op te nemen, daarom zijn de ribben in het hart van de platen geplaatst en zal belastingafdracht plaatsvinden op basis van de individuele stijfheden van de betonplaten en de stalen liggers. Er is dus geen sprake van samenwerking tussen beton en staal. Zoals gesteld in paragraaf 3.2 lijken de stalen liggers geen (bekende) standaardprofielen te zijn. De liggers zijn handmatig in SCIA Engineer ingevoerd, met de afmetingen zoals deze op tekening staan.

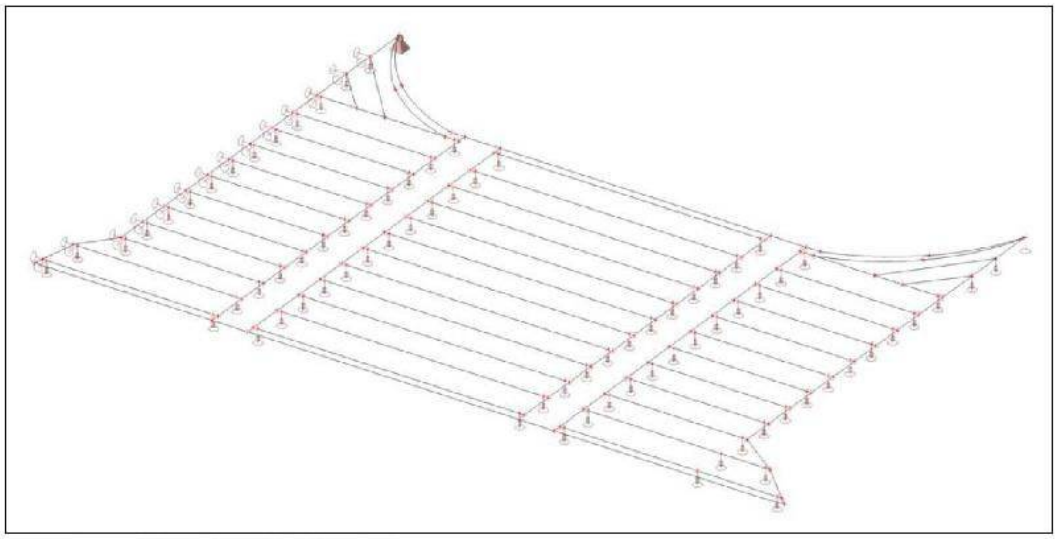
Het beton is als gescheurd aangenomen. Daartoe is de elasticiteitsmodulus van het beton verlaagd tot 11.000 N/mm^2 en de Poissonverhouding is op 0 gesteld.

De liggers lopen niet door over de tussenpijlers. De doorsnede boven de pijlers, tussen de liggers, bestaat daarom alleen uit de betonplaat van 260 mm dik. De beide randliggers lopen wél door over de tussenpijlers. De invloed hiervan op de totale krachtswerking van het brugdek is gering en is om deze reden niet meegenomen in de modellering.

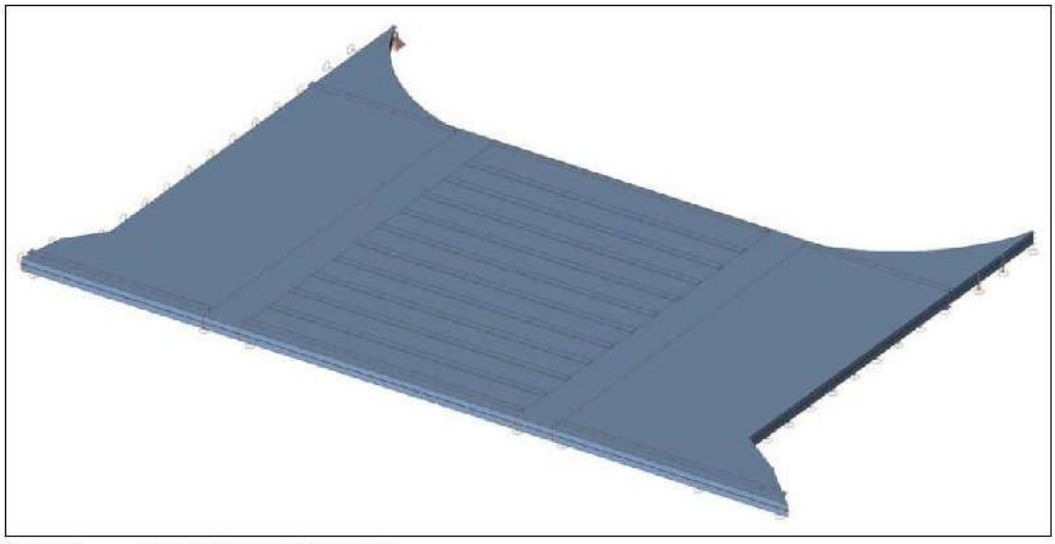
Uit de beschikbare visuele inspectie van de brug ([2]) komen geen schades aan het brugdek naar voren die dusdanig van aard zijn dat ze van invloed worden geacht op de resultaten van de herberekening. In de herberekening zijn daarom geen schades meegenomen.

Precies ter plaatse van de buitenste liggers aan de westzijde van het brugdek verandert de constructie van de landhoofden van opbouw. De constructie gaat hier over in een betonnen L-wand gefundeerd op stalen buispalen op de 2^e zandlaag. De fundering is hier in verticale zin stijver dan de rest van de landhoofden (met houten palen op de 1^e zandlaag). Dit effect is in het model meegenomen door de buitenste liggers ter plaatse van de landhoofden in verticale richting een starre ondersteuning te geven en de overige liggers een verende ondersteuning (met een arbitrair gekozen, maar reëel geachte veerstijfheid van 75 MN/m) te geven, zie figuur 8.

Zie figuur 8 en figuur 9 voor grafische weergaven van het model. Voor verdere informatie met betrekking tot de modellering wordt verwezen naar bijlage B.



figuur 8 Aanzicht model brugdek



figuur 9 Aanzicht model brugdek

3.5 Modellering onderbouw en fundering

De onderbouw is ook gemodelleerd met behulp van [redacted]. De onderbouw bestaat uit twee qua opbouw vrijwel identieke landhoofden en twee vrijwel identieke tussenpijlers. Er is een model gemaakt van één landhoofd en van één tussenpijler.

Het landhoofd en de pijler zijn zoveel mogelijk gemodelleerd overeenkomstig de, uit de beschikbare tekeningen af te leiden, bestaande opbouw. De metselwerk wanden zijn gemodelleerd met wandelementen, opgebouwd uit 2 lagen: nat metselwerk (onder water en in de capillaire zone tot ongeveer 0,5 m boven het waterpeil) en droog metselwerk (boven de capillaire zone). De lagen verschillen in eigen gewicht.

Uit de beschikbare visuele inspectie van de brug ([2]) komen geen schades aan het metselwerk naar voren die dusdanig van aard zijn dat ze van invloed worden geacht op de resultaten van de herberekening (bijvoorbeeld doorgaande verticale scheuren). In de modellering van de onderbouw zijn daarom geen schades meegenomen.

De dikte van de landhoofden en het palenplan ervan zijn niet bekend. Er is aangenomen dat de landhoofden wat dikker zijn dan de pijlers; 1,50 m. Ze worden ondersteund door 3 rijen palen, waarbij is uitgegaan van een zelfde hart-op-hartafstand in de vaarrichting als bij de pijlers: 750 mm. Vaak loopt de houten vloer van de landhoofden nog verder door achter de metselwerk wand. Aangezien niet bekend is in hoeverre dit hier het geval is en aangezien het van geringe invloed op de krachtswerking van de constructie is, is dit niet gemodelleerd.

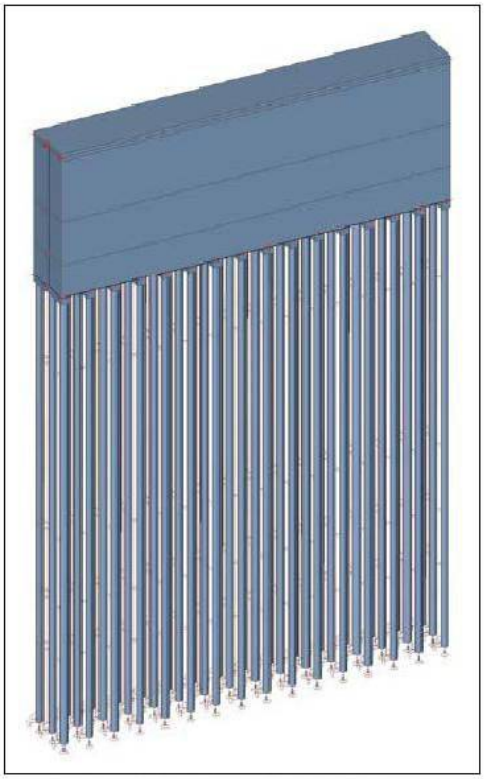
De palen onder de landhoofden en de pijlers zijn houten palen, met zeer waarschijnlijk een taps verloop. Uit de inspectie van de brug ([2]) blijkt dat de diameters van de palen variëren. In de voorliggende rapportage worden alleen paalbelastingen bepaald en niet paaldraagvermogens, de gemodelleerde paaldiameter is daardoor van geringe invloed op de resultaten. Daarom is één constante paaldiameter van 200 mm gemodelleerd.

De palen worden ondersteund door horizontale beddingen langs de paalschacht en een verticale veer op de paalpunt. Voor de horizontale beddingen zijn, in overleg met de opdrachtgever, de onderstaande beddingsconstanten aangenomen, gebaseerd op een gemiddeld grondprofiel zoals gevonden in het centrum van Amsterdam.

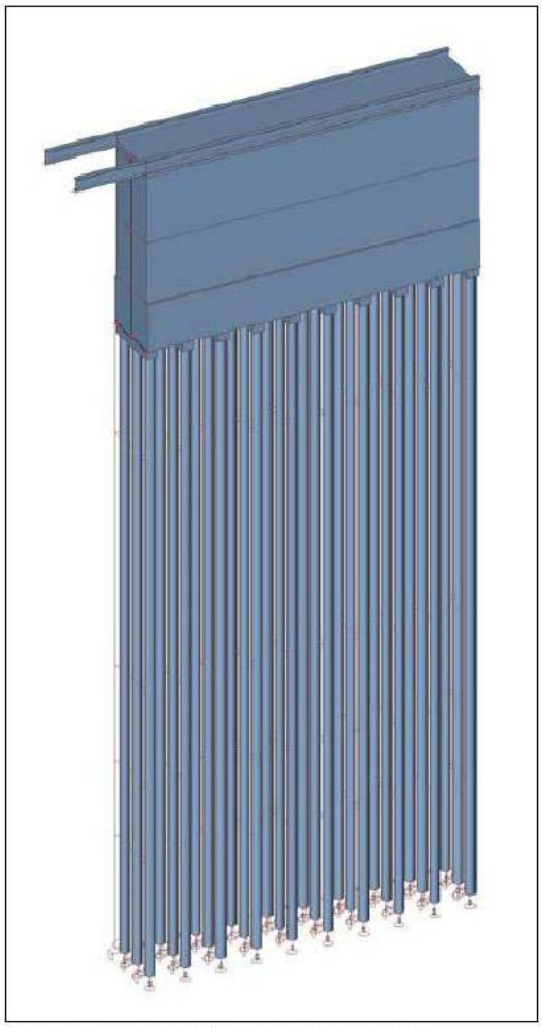
Grondlaag	Boven-/onderzijde laag [m NAP]	Dikte laag [m]	$k_{h;rep}$ [kN/m³]	$k_{h;d}$ [kN/m³]
Klei en veen	0,0 / -4,0	4,0	2000	1480
Wadafzettingen	-4,0 / -9,0	5,0	4000	2960
Zandhoudende klei	-9,0 / -11,0	2,0	6000	4440
Klei en veen	-11,0 / -12,6	1,6	1600	1190
1e Zandlaag	-12,6 / verder	-	36000	26670

Voor de verticale veer op de paalpunt is, in overleg met de opdrachtgever, een veerconstante van 75 MN/m aangenomen.

Zie figuur 10 en figuur 11 voor grafische weergaven van de modellen. Voor verdere informatie met betrekking tot de modellering wordt verwezen naar bijlagen D en E.



figuur 10 Aanzicht model landhoofd



figuur 11 Aanzicht model tussenpijler

4 Belastinggevallen en –combinaties

4.1 Belastinggevallen en –combinaties brugdek

4.1.1 Algemeen

Voor de belastingen op het brugdek is onder andere uitgegaan van de verkeersbelastingen zoals voorgeschreven in de Eurocodes. De berekening is uitgevoerd voor een restlevensduur van 1 jaar en een referentieperiode van 15 jaar (afkeurniveau).

Er is uitgegaan van een wegindeling zoals in de huidige situatie, zie figuur 2. Er is aangenomen dat de trottoirs niet berijdbaar zijn en dat het deel tussen de trottoirs volledig vrij berijdbaar door verkeer. Op aangeven van de opdrachtgever is voor het aantal vrachtwagenpassages per jaar (N_{obs}) uitgegaan van maximaal 200.

De volgende belastinggevallen zijn in het model in rekening gebracht; zie bijlage B voor grafische weergaven van deze belastingen in het model. De invloed van wind, horizontaal en verticaal, is verwaarloosbaar geacht voor de krachtswerking in het brugdek en is daarom niet meegenomen in de belastinggevallen. Bij de modellering van de onderbouw zijn deze belastingen wel beschouwd.

4.1.2 Permanente belastingen

BG0: Eigen gewicht constructie
Het eigen gewicht van het gemodelleerde deel van de constructie: wordt door [redacted] berekend.

BG1: Eigen gewicht van resterende beton
Het eigen gewicht van het niet-gemodelleerde deel van de constructie, zoals beschreven in paragraaf 3.4. Deze belasting is ingevoerd als lijnlasten op de stalen liggers van 1,5 kN/m ↓ en 1,0 kN/m ↓ (t.p.v. de 'hoekjes').

BG2: Rustende belastingen uit overlagingen en leuningwerk
Het eigen gewicht van de verschillende overlagingen (vulbeton, asfalt, etc.) die op tekening zijn weergegeven. Deze belastingen zijn ingevoerd als gelijkmatig verdeelde belastingen:

- T.p.v. trottoirs: 0,3 m x 23 kN/m^3 = 6,9 kN/m^2 ↓
- T.p.v. rijbaan: 0,2 m x 23 kN/m^2 = 4,6 kN/m^2 ↓

Op de beide randen van de brug is een relatief zwaar leuningwerk toegepast. Hiervoor is een gewicht van 200 kg/m aangenomen. Deze belasting is ingevoerd als een lijnlast van 2,0 kN/m ↓.

4.1.3 Veranderlijke belastingen

BG3: Verkeersbelasting BM4 – mensenmassa
Belasting ten gevolge van een mensenmassa op het brugdek. Deze belasting is ingevoerd als een gelijkmatig verdeelde belasting op het gehele dek van 5,0 kN/m^2 ↓.

BG4: Verkeersbelasting – UDL op trottoirs
Belasting op trottoirs die gecombineerd wordt met LM1. Deze belasting is reeds voorzien van de combinatiefactor en is ingevoerd als 5,0 kN/m^2 x 0,4 = 2,0 kN/m^2 ↓.

BG5: Verkeersbelasting LM1 – UDL met rijstrook 1 aan de westzijde
Belasting behorende bij LM1; gelijkmatig verdeelde belasting ter plaatse van rijstroken 1 en 2, in het geval dat rijstrook 1 de westelijke rijstrook is. Deze belasting is ingevoerd als:

- T.p.v. rijstrook 1: 9,0 kN/m^2 ↓
- T.p.v. rijstrook 2: 2,5 kN/m^2 ↓

BG6: Verkeersbelasting LM1 – UDL met rijstrook 1 aan de oostzijde
Zelfde als hierboven omschreven, maar in het geval dat rijstrook 1 de oostelijke rijstrook is.

BG7: Verkeersbelasting LM0 – UDL aangepast LM
Zelfde als hierboven omschreven, maar in het geval van het door de opdrachtgever voorgeschreven aangepaste belastingmodel; 'LM0'. Zowel ter plaatse van rijstrook 1 als rijstrook 2 wordt hier een UDL van 2,5 kN/m^2 ↓ toegepast.

BG8 t/m BG36: Verkeersbelasting LM1 – tandemstelsels met rijstrook 1 aan de westzijde
Belasting behorende bij BG5; tandemstelsels ter plaatse van rijstroken 1 en 2, in het geval dat rijstrook 1 de westelijke rijstrook is. De belasting is met behulp van de lastengenerator in [redacted] op verschillende posities op de rijstroken aangebracht. Er is rekening gehouden met lastspreiding onder een hoek van 45 graden tot aan het hart van het brugdek. Deze belasting is ingevoerd als:

- T.p.v. rijstrook 1: 4 vlaklasten van elk: 150 kN / (1,0 m x 1,0 m) = 150 kN/m^2 ↓
- T.p.v. rijstrook 2: 4 vlaklasten van elk: 100 kN / (1,0 m x 1,0 m) = 100 kN/m^2 ↓

BG37 t/m BG65: Verkeersbelasting LM1 – tandemstelsels met rijstrook 1 aan de oostzijde
Zelfde als hierboven omschreven, maar behorende bij BG6, in het geval dat rijstrook 1 de oostelijke rijstrook is.

BG66 t/m BG94: Verkeersbelasting LM0 – tandemstelsels met rijstrook 1 aan de westzijde
Zelfde als hierboven omschreven, maar behorende bij BG7, in het geval dat rijstrook 1 de westelijke rijstrook is.

BG95 t/m BG123: Verkeersbelasting LM0 – tandemstelsels met rijstrook 1 aan de oostzijde
Zelfde als hierboven omschreven, maar behorende bij BG7, in het geval dat rijstrook 1 de oostelijke rijstrook is.

4.1.4 Belastingfactoren

De belastingfactoren zijn aangehouden voor afkeurniveau, conform de NEN 8700:

Vergelijking	Permanente belastingen ongunstig	gunstig	Veranderlijk Verkeer	Veranderlijk Wind
6.10a	1,10	0,90	1,10 x Ψ_0	1,30 x Ψ_0
6.10b	1,10	0,90	1,10 (x Ψ_0)	1,30 (x Ψ_0)

Opmerkingen: *Voor de voorgeschreven situatie zijn belastingcombinaties met de factoren volgens vergelijking 6.10b altijd maatgevend. Vergelijking 6.10a is daarom verder niet beschouwd.*

Combinatiefactoren / momentaanfactoren

Belastingen	Ψ_0
Verkeer (LM1)	0,80
Mensenmassa (LM4)	0,00

Correctiefactoren / reductiefactoren

De toegepaste correctiefactor voor een referentieperiode van minder dan 100 jaar is 0,990 en de toegepaste trendreductiefactor ten opzichte van het jaar 2060 is 0,965, beide conform de NEN 8701 en bij een aangenomen invloedslengte van 10 m. Deze factoren mogen worden toegepast op de verticale belastingen door wegverkeer (LM1).

Daarnaast mag op de verticale belastingen door wegverkeer ook de correctiefactoren α_{Q1}, α_{q1} en α_{qr} worden toegepast, conform de NEN-EN 1991-2/NB. Uitgaande van het aangenomen aantal vrachtwagenpassages per jaar (N_{obs}) van maximaal 200 volgt een waarde van: α_{Qi} en $\alpha_{Qi} = 0,94$.

De totale reductiefactor wordt daarmee: $\alpha_{red} = 0,90$.

Het door de opdrachtgever gespecificeerde belastinggeval, in de voorliggende rapportage 'LM0' genoemd, is niet voorzien van deze extra reductie.

4.1.5 Belastingcombinaties

De volgende combinaties zijn in [redacted] ingevoerd met behulp van verschillende (al dan niet exclusieve) lastgroepen:

Combinaties	BG0	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	BG8 t/m 36	BG37 t/m 65	BG66 t/m 94	BG95 t/m 123
BGT – LM4	1,00	1,00	1,00	1,00								
BGT – LM1 (RS1 west)	1,00	1,00	1,00		1,00	0,90			0,90			
BGT – LM1 (RS1 oost)	1,00	1,00	1,00		1,00		0,90			0,90		
BGT – LM1 80% (RS1 west)	1,00	1,00	1,00		1,00	0,72			0,72			
BGT – LM1 80% (RS1 oost)	1,00	1,00	1,00		1,00		0,72			0,72		
BGT – LM0 (RS1 west)	1,00	1,00	1,00		1,00			1,00			1,00	
BGT – LM0 (RS1 oost)	1,00	1,00	1,00		1,00			1,00				1,00
UGT – LM4	1,10	1,10	1,10	1,10								
UGT – LM1 (RS1 west)	1,10	1,10	1,10		1,10	0,99			0,99			
UGT – LM1 (RS1 oost)	1,10	1,10	1,10		1,10		0,99			0,99		
UGT – LM1 80% (RS1 west)	1,10	1,10	1,10		1,10	0,79			0,79			
UGT – LM1 80% (RS1 oost)	1,10	1,10	1,10		1,10		0,79			0,79		
UGT – LM0 (RS1 west)	1,10	1,10	1,10		1,10			1,10			1,10	
UGT – LM0 (RS1 oost)	1,10	1,10	1,10		1,10			1,10				1,10

Opmerkingen: *0,72 = 0,80 x 0,90*
0,99 = 1,10 x 0,90
0,79 = 1,10 x 0,72

4.2 Belastinggevallen en –combinaties onderbouw

4.2.1 Algemeen

De volgende belastinggevallen zijn in de modellen in rekening gebracht; zie bijlagen D en E voor grafische weergaven van deze belastingen in de modellen.

4.2.2 Permanente belastingen

BG1: Eigen gewicht constructie
Het eigen gewicht van het gemodelleerde deel van de constructie: wordt door [redacted] berekend.

Van die delen die zich onder water bevinden is het eigen gewicht dusdanig verlaagd, dat de invloed van de opwaartse waterdruk is meegenomen.

BG2: Gronddrukken (horizontaal)
Belastingen door de aanwezigheid van het grondpakket achter de landhoofden, hierbij is een uniforme bovenbelasting op het maaiveld aangenomen van 10 kN/m^2. Het maaiveld bevindt zich ongeveer 0,5 m boven de bovenzijde van het landhoofd. Voor de horizontale gronddruk is uitgegaan van een neutrale gronddrukfactor van 0,5.

De horizontale gronddruk loopt op van p_h = 9,5 kN/m^2 ➔ aan de bovenzijde van het landhoofd tot 31,1 kN/m^2 ➔ op de waterlijn en uiteindelijk 58,1 kN/m^2 ➔ aan de onderzijde van het landhoofd.

Deze belastingen zijn niet aanwezig bij de tussenpijlers.

4.2.3 Veranderlijke belastingen

BG3: Belastingen uit het brugdek met LM1 volledig en rijstrook 1 aan de oostzijde
De oplegreacties volgend uit het model van het brugdek zijn overgenomen. Door de uitkragende ondersteuning van het brugdek aan de oostzijde is deze situatie maatgevend met betrekking tot optredende paalbelastingen.

Deze belastingen zijn reeds voorzien van belastingfactoren.

BG4: Belastingen uit het brugdek met LM1 voor 80% en rijstrook 1 aan de oostzijde
De oplegreacties volgend uit het model van het brugdek zijn overgenomen.

Deze belastingen zijn reeds voorzien van belastingfactoren.

BG5: Belastingen uit het brugdek met LM0 en rijstrook 1 aan de oostzijde
De oplegreacties volgend uit het model van het brugdek zijn overgenomen.

Deze belastingen zijn reeds voorzien van belastingfactoren.

BG6: Rembelasting uit het brugdek (horizontaal)
Horizontale belastingen ten gevolge van remkrachten zijn niet beschouwd in het model van het brugdek. Deze worden wel beschouwd voor de onderbouw. De totale horizontale rembelasting op het brugdek, behorende bij BG3, is maximaal:

F_{rem} = 0,6 x 2 x 0,90 x 300 kN + 0,1 x 0,90 x 9 kN/m^2 x 3 m x 14 m = 360 kN ➔.

Er wordt aangenomen dat deze belasting gelijkmatig kan verdelen over de onderbouw. Dit resulteert in, en is ingevoerd als, een lijnlast op de bovenrand van de landhoofden en tussenpijlers van:

360 kN / 4 / 7 m = 13 kN/m ➔.

BG7: Rembelasting uit het brugdek (horizontaal)
De totale horizontale rembelasting op het brugdek, behorende bij BG4, is maximaal:

F_{rem} = 0,80 x 360 kN = 288 kN ➔.

Dit resulteert in, en is ingevoerd als, een lijnlast op de bovenrand van de landhoofden en tussenpijlers van:

288 kN / 4 / 7 m = 11 kN/m ➔.

BG8: Rembelasting uit het brugdek (horizontaal)
De totale horizontale rembelasting op het brugdek, behorende bij BG5, is maximaal:

F_{rem} = 0,6 x 2 x 200 kN + 0,1 x 2,5 kN/m^2 x 3 m x 14 m = 250 kN ➔.

Dit resulteert in, en is ingevoerd als, een lijnlast op de bovenrand van de landhoofden en tussenpijlers van:

250 kN / 4 / 7 m = 9 kN/m ➔.

4.2.4 Belastingfactoren

Zie paragraaf 4.1.4.

4.2.5 Belastingcombinaties

De volgende combinaties zijn in [redacted] ingevoerd met behulp van verschillende (al dan niet exclusieve) lastgroepen:

Combinaties	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	BG8
UGT – LM1	1,10	1,10	1,00			0,88		
UGT – LM1 80%	1,10	1,10		1,00			0,88	
UGT – 'LM0'	1,10	1,10			1,00			0,88

Opmerkingen: *0,88 = 1,10 x 0,8 (Ψ_0)*
BG2 is niet aanwezig bij de tussenpijlers.
BG3 t/m BG5 zijn reeds voorzien van belastingfactoren.

5 Resultaten en toetsingen

5.1 Resultaten en toetsing brugdek

De berekeningsrapportage van het brugdek, inclusief alle relevante resultaten, is opgenomen als bijlage B van de voorliggende rapportage. De berekeningen van de doorsnedecapaciteiten van verschillende doorsneden van het brugdek zijn opgenomen als bijlage C van de voorliggende rapportage. Een overzicht van de resultaten is opgenomen in de volgende paragrafen.

Eindoverspanningen

Onderdeel		Optredend		Capaciteit		U.C.	
Moment ligger	My	64	[kNm]	75	[kNm]	0,85	✓
Dwarskracht ligger	Vz	93	[kN]	239	[kN]	0,39	✓
Moment randligger	My	73	[kNm]	348	[kNm]	0,21	✓
Dwarskracht randligger	Vz	60	[kN]	670	[kN]	0,09	✓
Moment betonplaat dwarsrichting (boven)	MyD+	20	[kNm/m]	41	[kNm/m]	0,49	✓
Moment betonplaat dwarsrichting (onder)	MyD-	29	[kNm/m]	41	[kNm/m]	0,71	✓
Dwarskracht betonplaat dwarsrichting	vy	60	[kN/m]	90	[kN/m]	0,67	✓

Middenoverspanning

Onderdeel		Optredend		Capaciteit		U.C.	
Moment ligger	My	160	[kNm]	193	[kNm]	0,83	✓
Dwarskracht ligger	Vz	134	[kN]	386	[kN]	0,35	✓
Moment randligger	My	172	[kNm]	348	[kNm]	0,50	✓
Dwarskracht randligger	Vz	80	[kN]	670	[kN]	0,12	✓
Moment betonplaat dwarsrichting (boven)	MyD+	20	[kNm/m]	41	[kNm/m]	0,49	✓
Moment betonplaat dwarsrichting (onder)	MyD-	29	[kNm/m]	41	[kNm/m]	0,71	✓
Dwarskracht betonplaat dwarsrichting	vy	60	[kN/m]	90	[kN/m]	0,67	✓

Doorsnede boven steunpunt

Onderdeel		Optredend		Capaciteit		U.C.	
Moment betonplaat (boven)	MxD+	27	[kNm/m]	32	[kNm/m]	0,84	✓
Dwarskracht betonplaat	vx	30	[kN/m]	87	[kN/m]	0,35	✓

Uit de toetsingen volgt dat het brugdek op alle gecontroleerde punten aan de eisen voldoet. De invloed van vermoeiing is niet meegenomen in de beoordeling. Gezien de marges in de toetsingen (relatief lage U.C.'s) in combinatie met het geringe aantal belastingswisselingen (N_{obs} = 200) is dit verantwoord.

5.2 Resultaten onderbouw

De berekeningsrapportages van het maatgevende landhoofd en de maatgevende tussenpijler, inclusief alle relevante resultaten, zijn opgenomen als bijlagen D en E van voorliggende rapportage. Er is vooralsnog geen geotechnisch advies afgegeven voor brug 21; de paaldraagvermogens zullen in een latere fase bepaald worden. In overleg met de opdrachtgever zijn de maatgevende paalbelastingen voor de 3 verschillende beschouwde belastingsituaties gegeven, maar zijn deze niet getoetst.

Een overzicht van de resultaten is hierna opgenomen. Hierbij is de maximale paalkracht gegeven, en, ter informatie, ook een gemiddelde paalkracht van één maatgevende rij (van 3 palen) en van twee rijen palen.

Tussenpijlers

Onderdeel		Maximaal		Gemiddeld 1 rij		Gemiddeld 2 rijen	
Paalbelasting LM1	F_p	156	[kN]	132	[kN]	128	[kN]
Paalbelasting LM1 80%	F_p	140	[kN]	118	[kN]	115	[kN]
Paalbelasting 'LM0'	F_p	125	[kN]	106	[kN]	102	[kN]

Landhoofden

Onderdeel		Maximaal		Gemiddeld 1 rij		Gemiddeld 2 rijen	
Paalbelasting LM1	F_p	75	[kN]	63	[kN]	62	[kN]
Paalbelasting LM1 80%	F_p	69	[kN]	58	[kN]	58	[kN]
Paalbelasting 'LM0'	F_p	62	[kN]	52	[kN]	52	[kN]

De opbouw van de fundering van de landhoofden is niet bekend, zie paragraaf 3.3. Voor de fundering is de aanname gedaan dat het palenplan van de landhoofden ongeveer gelijkwaardig is aan het palenplan van de tussenpijlers. De gevonden maatgevende paalkrachten voor de landhoofden zijn echter dusdanig veel lager dan die van de tussenpijlers, dat vermoed wordt dat het aangenomen palenplan niet correct is. Het is goed mogelijk dat de hart-op-hart-afstand van de palen in de vaarrichting is toegepast die tweemaal zo groot is als die bij de tussenpijlers. De gevonden paalkrachten worden dan grofweg tweemaal zo hoog; daarmee komen ze zeer dicht in de buurt van de paalkrachten van de pijlers.

De ervaring leert echter dat de paalkrachten van de pijlers meestal maatgevend zijn ten opzichte van de paalkrachten van de landhoofden. Indien de opdrachtgever toch meer zekerheid over de situatie wenst, wordt geadviseerd om, indien mogelijk, nader (archief)onderzoek uit te voeren naar de fundering van de landhoofden.

6 Samenvatting en conclusies

Ingenieursbureau Amsterdam heeft Adviesbureau ir. [redacted] opdracht gegeven om een brug in de binnenstad van Amsterdam te beoordelen aan de hand van een herberekening. De brug, brug 21, overspant de Leliegracht ter hoogte van de Herengracht.

In de voorliggende rapportage is de herberekening beschreven, welke is uitgevoerd aan de hand van de RBK 1.1 en de Eurocodes, in combinatie met voorschriften uit de NEN 8700 en de NEN 8701. De resultaten van de herberekening die is uitgevoerd voor het afkeurniveau, dus met een restlevensduur van 1 jaar en een referentieperiode van 15 jaar, volgt:

Brugdek
Uit de toetsingen volgt dat het brugdek op alle gecontroleerde punten aan de eisen voldoet. De invloed van vermoeiing is niet meegenomen in de beoordeling. Gezien de marges in de toetsingen (relatief lage U.C.'s) in combinatie met het geringe aantal belastingswisselingen (N_{obs} = 200) is dit verantwoord.

Onderbouw en fundering
Er is vooralsnog geen geotechnisch advies afgegeven voor brug 21; de paaldraagvermogens zullen in een latere fase bepaald worden. In overleg met de opdrachtgever zijn de maatgevende paalbelastingen voor de 3 verschillende beschouwde belastingsituaties gegeven, maar zijn deze niet getoetst. De maatgevende paalbelastingen zijn weergegeven in paragraaf 5.2 van de voorliggende rapportage.

Rijswijk, 29 januari 2016.

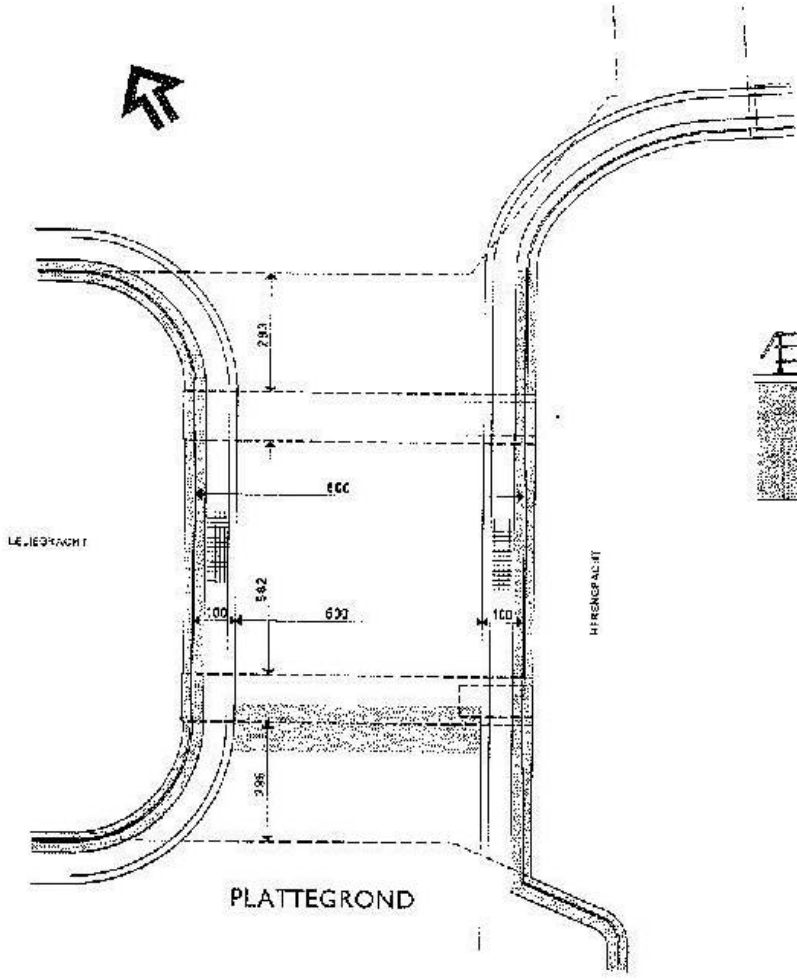


[redacted]

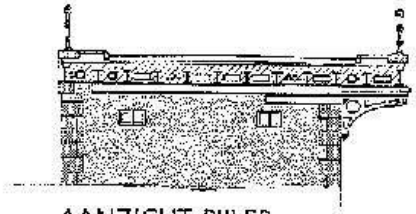
Bijlage A – Tekeningen brug 21

	brugtype	**VASTE BRUG**
	nummer	**21**
	ligging	**OVER DE LELIEGRACHT IN DE HERENGRACHT**
DOORVAARTEN	*aantal*	**3**
	hoofddoorvaart wijd	**5.82 m**
	doorvaarthoogte	**2.10 m + N.A.P.**
	gekoppelde fundering	**2.08 m N.A.P.**
	overige doorv. wijd	**2.93 m, 2.95 m**
	doorvaarthoogte	**1.70 m + N.A.P.**
	waterstand ter plaatse	**0.40 m – N.A.P.**
INDELING EN CLASSIFICATIE	*voetpaden*	**2 × 1.00 m**
	rijweg	**6.00 m**
	totale breedte	**8.00 m**
	belastingklasse	**V.O.S.B. 1938 – klasse B**
MATERIALEN	*fundering*	**dennenpalen funderingsdiepte onbekend**
	landhoofden	**metselwerk, natuursteen**
	pijlers	**metselwerk, zandsteen**
	brugdek vast	**stalen liggers, gewapend beton, natuursteen**
	rijvoering	**klinkerkeien, tegels**
ONDERHOUD	*verfwerk onder*	**22 m²**
	verfwerk dagzicht	**93 m²**
DIENSTEN EN BEDRIJVEN	*P.T.D.*	**2 × 4" westzijde**
	G.E.B. kabels	**5 × 4" buizen westzijde, 2 kabels ingestort westzijde, 1 vak westzijde, 5 × 4" buizen oostzijde, 2 vakken oostzijde**
	waterleiding	**9" buis westzijde, 10" buis oostzijde**
	G.E.B. gas	**10" buis westzijde**
	reserve	**3 vakken in het midden van het brugdek**
DIVERSEN	*dichtstbijzijnd hoogtemerk*	**no. 2149**
BOUWGEGEVENS	*bouwjaar*	**1793**
	bouwbestek	**onbekend**
	verbouwingen en bestek	**1886 verlaagd en verbreed bestek en voorwaarden no. 15 – 1886** **1962 brugdek vernieuwd voorwaarden en bepalingen no. 3 – 1962**
	betonwerken	**uitnodiging tot prijsopgave d.d. 13 december 1961**

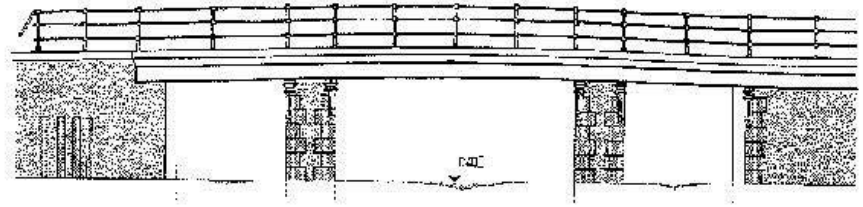
BRUG No. 21



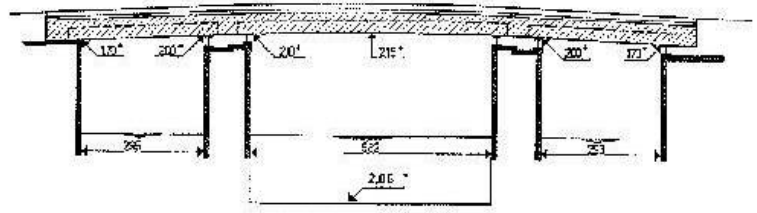
PLATTEGROND



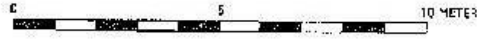
AANZICHT PIJLER



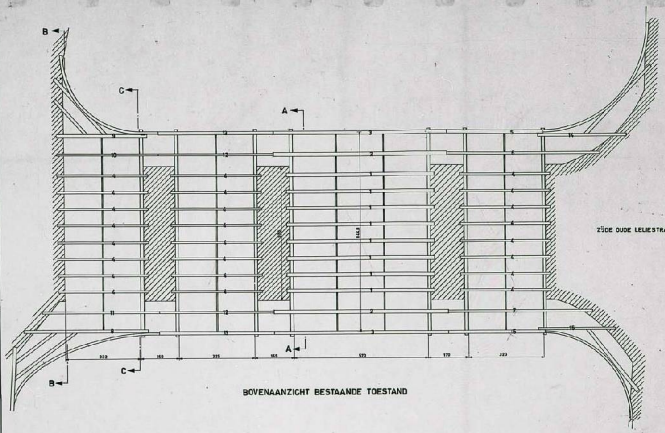
AANZICHT OOSTZIJDE



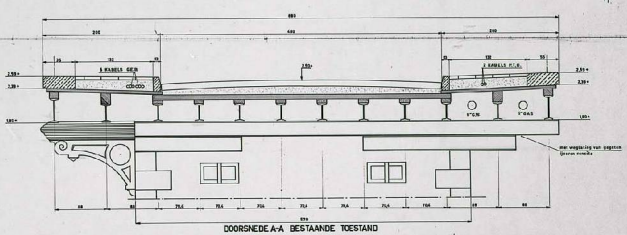
LANGSDOORSNEDE



PUBLIEKE WERKEN
CENTRAAL
TECHNISCH ARCHIEF
INVENTARIS
40459



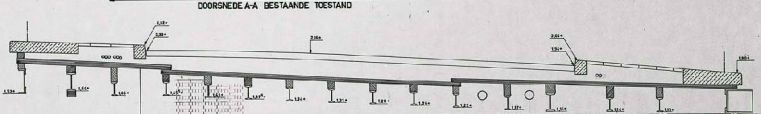
BOVENAANZICHT BESTAANDE TOESTAND



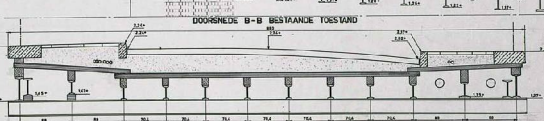
DOORSNEDE A-A BESTAANDE TOESTAND



SITUATIE



DOORSNEDE B-B BESTAANDE TOESTAND



DOORSNEDE C-C BESTAANDE TOESTAND

DIENST DER PUBLIEKE WERKEN
AMSTERDAM AFD. BRUGGEN

BRUG 37 OP VESTE BIJ DE OVER DE HERENGRACHT NOORD LELIEBRUG 21

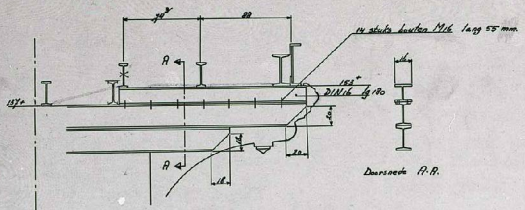
PLATTEGROND EN DOORSNEDEN BESTAANDE TOESTAND

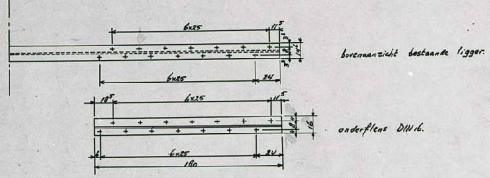
SCHAAL 1:20 1:50 1:100

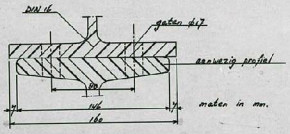
Aant.	Gem. 1961	Ir.	Bekend bij gemeentelijke dienst sinds 19
Gemeten			
Getekend	16-6-61	J.J.	
Uitg.	26-6-'61		1002 Br.23
Gew.	Kontr.		
Rev.			

40459 2

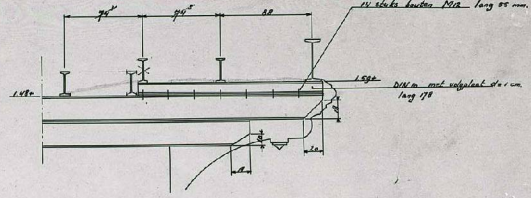
CONSOLE „A"

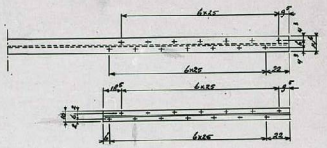


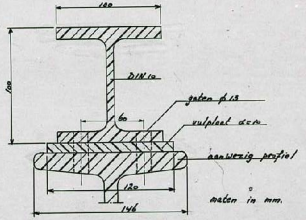




CONSOLE „B"







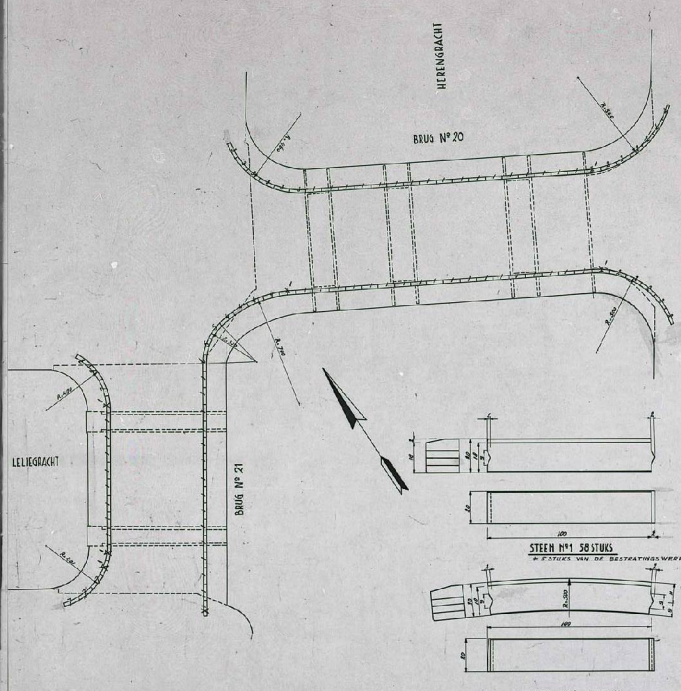
DIENST DER PUBLIEKE WERKEN
AMSTERDAM AFD. BRUGGEN

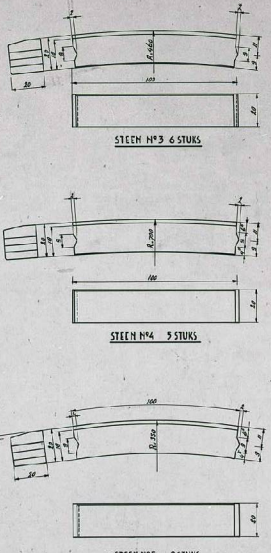
BRUG NR. 28 - VASTE BRUG OVER DE HERENGRACHT IN DE KEIZERSGRACHT

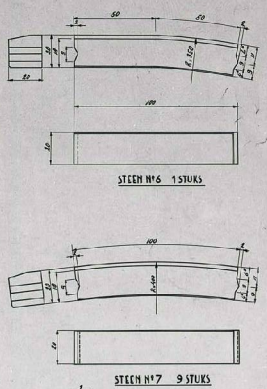
VERHOGEN CONSOLES

SCHAAL: 1:20	1:2		
Getek.	REG. T. L.	3-60	Behoort bij:
Gecontr.	REG. T. L.	3-60	
Gecoteer.	GW. HA	7-60	13
Inkt.	E. de G.	9-6-60	
Uitz.	O. de L.	14-7-60	1004 Bl. 20
	JAN '62		

40459 3







DIENST DER PUBLIEKE WERKEN
AMSTERDAM AFD. BRUGGEN

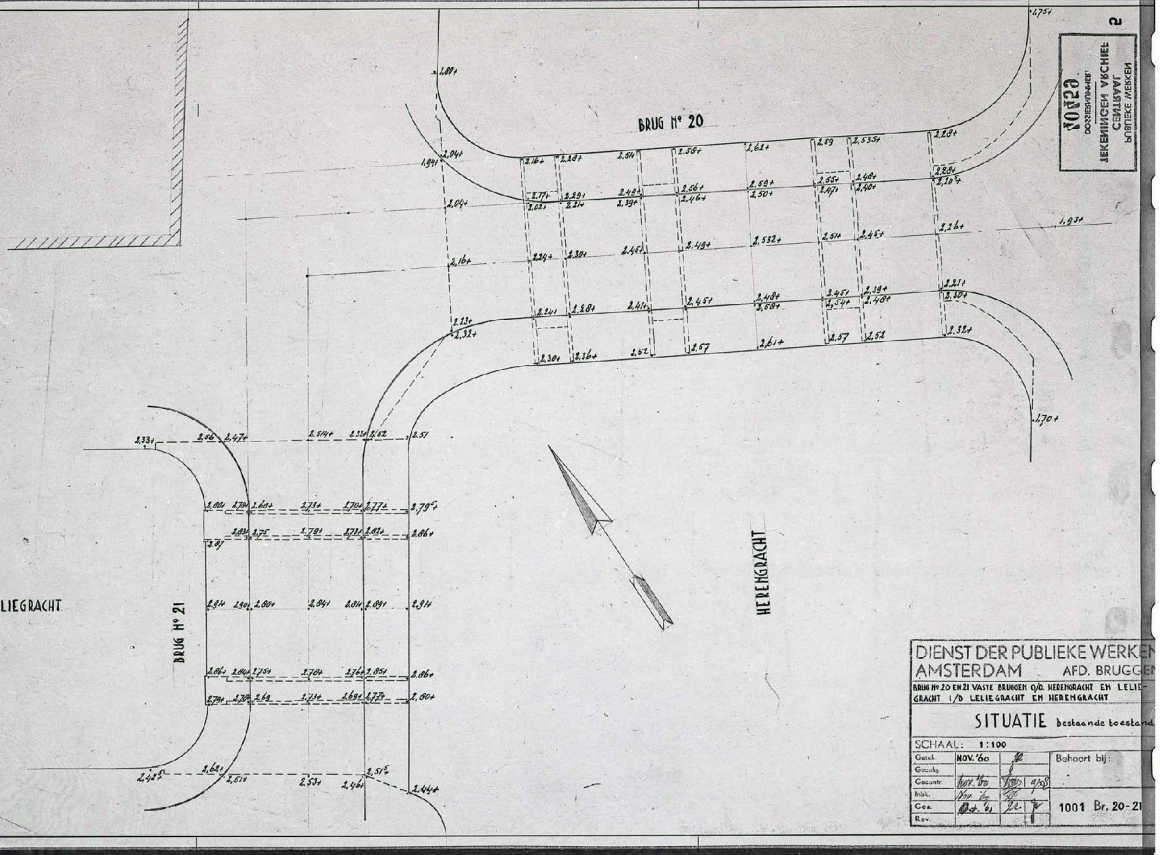
BRUG Nº 20 EN 21 VASTE BRUGGEN O/D HERENGRACHT EN LEIJE GRACHT V/D LELIEGRACHTEN HERENGRACHT

TROTTOIR BANDEN

SCHAAL	1:100	1:10	1:5
Getek.	Fbr. M.	J.O.	Beton Bij:
Gecontr.	W. Kr.	[illegible]	
Verl.	Land. Ar.	[illegible]	
Goed.	O. de Kr.	[illegible]	1005 Br. 20-21
Rev.	6/6/62	[illegible]	

DOORTEN AANGEBRACHT IN AANSLUITING MET DE BESTAANDE TOEPASSING

40459 4



10120
DOSSIERNUMMER
TEKENKAMER VISCHEL
GEMEENTE
AMSTERDAM
GRAFISCHE WERKEN

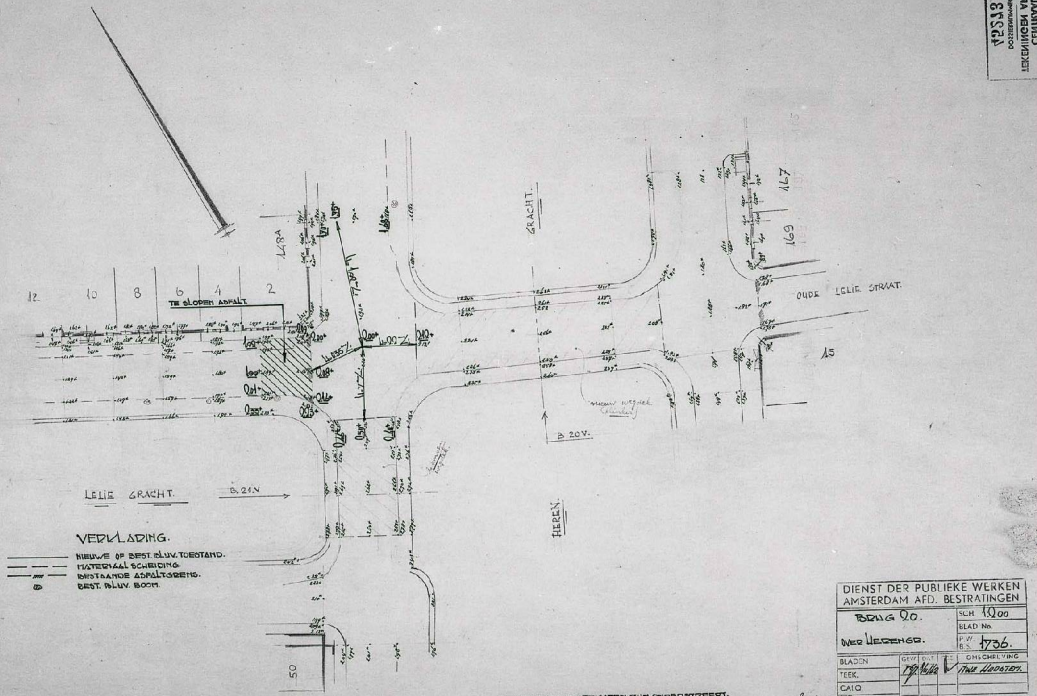
DIENST DER PUBLIEKE WERKEN
AMSTERDAM AFD. BRUGGEN

BRUG N° 20 EN 21 VASTE BRUGGEN O/D. HEEREMGRACHT EN LELIE-
GRACHT I/D LELIEGRACHT EN HEREMGRACHT

SITUATIE bestaande toestand

SCHAAL:	1:100			
Getek.	NOV. '60			Behoort bij:
Gecontr.				
Inbk.				
Cea.				1001 Br. 20-21
Rev.				

40459 5



DIENST DER PUBLIEKE WERKEN
AMSTERDAM AFD. BESTRATINGEN

BRUG No.	SCH. 1:100
WED. HEERENGR.	BLAD No.
	P.V. No. 1736.

BLADEN	GROOT	KLEIN	OMSCHRIJVING
TEEK.	1/2		TRAM LIJNBAAN.
CALQ.			
UIT.			
GEZ.			

45273

1886.

Gemeente Amsterdam

Gebouw bij bestek No. 15.

Bruggen over de Heerengracht aan de Leliegracht en over de Leliegracht aan de Heerengracht.

Situatie

Schaal 1:250

Doorsnede over A.B.

Schaal 1:20

Doorsnede over C.D.

Schaal 1:20

Doorsnede over E.F.

Doorsnede over K.L.

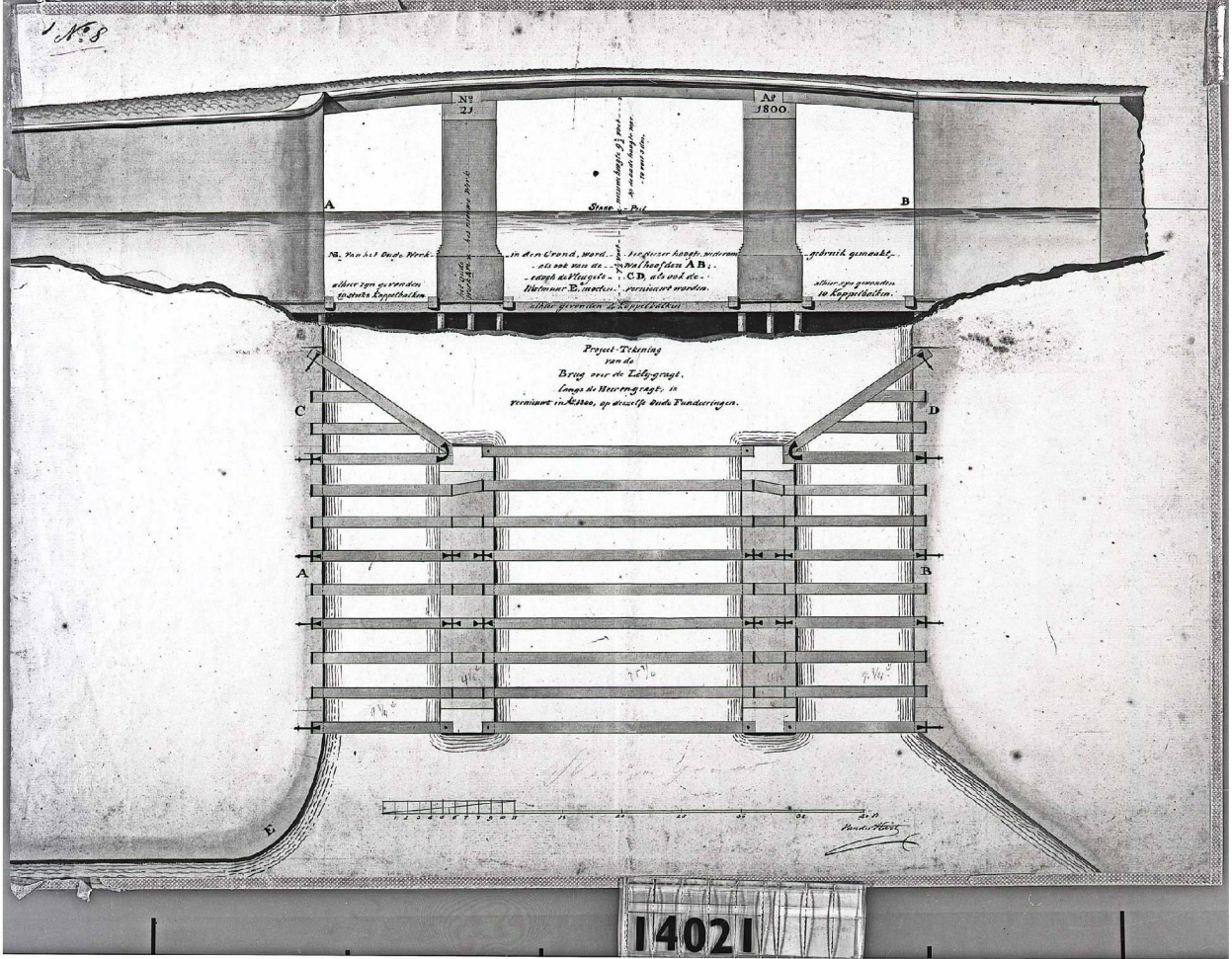
Doorsnede over G.H.

Schaal 1:100.

Pl. no. XXIII

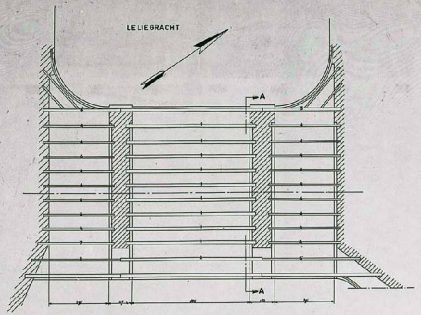
Photo-lith. Gebr. Binnewegen, Amst.

13020 1

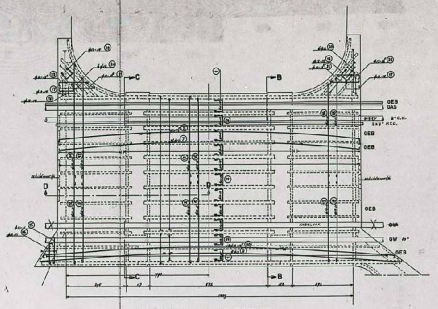

Project-Tekening
van de
Brug over de Lelygracht,
Langs de Heerengracht, in
vereeniging in 1800, op dezelfde Oude Funderingen.
A
B
C
D
E
Stone-Pile

14021

PUBLIEKE WERKEN AMSTERDAM TECHNISCH ARCHIEF
40460



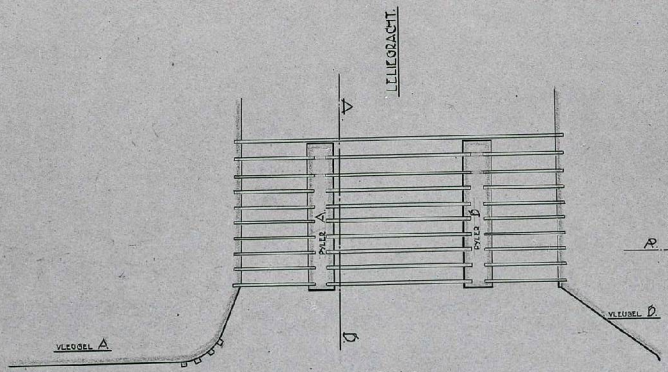
BOVENAANZICHT BESTAANDE TOESTAND


A
B
C
B
C
OES
OES
OES

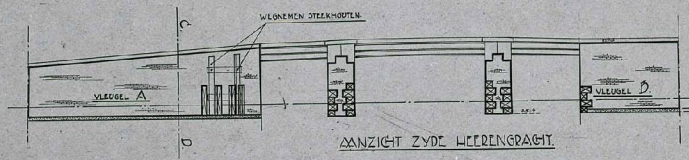
MAKEN HERSTELLINGEN AAN METSELWERKEN EN NATUURSTEEN

BRUG N: 21

SCHAAL 1:100



HEERENGRACHT

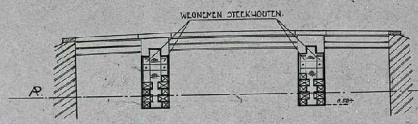


AANZICHT ZYDE HEERENGRACHT

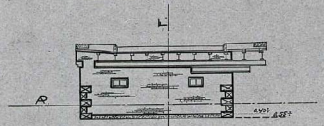
RENVOOI

VOORMETSELINGEN.

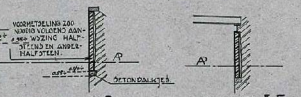
NIEUW NATUURSTEEN.



AANZICHT ZYDE LELIEGRACHT



DOORSNEDE A-B



DOORSNEDE C-D
GELDT OOK VOOR VLEUGEL B

DOORSNEDE E-F
GELDT OOK VOOR PYLER B

PUBLIEKE WERKEN
CENTRAAL
TEKENINGEN ARCHIEF
DOSSIERNUMMER:
27849

37

DIENST DER PUBLIEKE WERKEN
AMSTERDAM AFD. BRUGGEN
CHEMISCHWERK BRUG NO. 21
HERST. METSELWERK EN NATUURSTEEN
Blad No. Teik. Calc.
Schaal 1:100 Bn Heldingsman
Datum

16-1-46

50x50

27849 37

Bijlage B – SCIA Engineer berekeningsrapportage brugdek

1. Inhoudsopgave

1. Inhoudsopgave 1
2. Project 2
3. Doorsneden 2
4. Materialen 4
5. Rekenmodel 5
6. Rekenmodel 6
7. Rekenmodel 7
8. Rekenmodel 8
9. Belastingsgevallen 9
10. BG0 / Totale waarde 10
11. BG1 / Totale waarde 11
12. BG2 / Totale waarde 12
13. BG3 / Totale waarde 13
14. BG4 / Totale waarde 14
15. BG5 / Totale waarde 15
16. BG6 / Totale waarde 16
17. BG7 / Totale waarde 17
18. BG22 / Totale waarde 18
19. BG51 / Totale waarde 19
20. BG78 / Totale waarde 20
21. BG107 / Totale waarde 21
22. Belastinggroepen 21
23. Combinaties 21
24. Resultaatklasses 33
25. Instellingen net 34
26. Staven 34
27. 2D-elementen 35
28. Knoopondersteuningen 35
29. Reacties 37
30. Reacties; Rz - Vol 41
31. Reacties; Rz - 80% 42
32. Reacties; Rz - Speciaal 43
33. Reacties; Rz - Vol 44
34. Reacties; Rz - 80% 45
35. Reacties; Rz - Speciaal 46
36. Reacties; Rz - Vol 47
37. Reacties; Rz - 80% 48
38. Reacties; Rz - Speciaal 49
39. Resultante 49
40. Resultante; Rz 50
41. Resultante; Rz 51
42. Resultante; Rz 52
43. Resultante; Rz 53
44. Interne krachten in staaf 54
45. Interne krachten in staaf; My 54
46. Interne krachten in staaf; Vz 55
47. Interne krachten in staaf; My 56
48. Interne krachten in staaf; Vz 57
49. Interne krachten in staaf; My 58
50. Interne krachten in staaf; Vz 59
51. Vervormingen van staaf 59
52. Vervormingen van staaf; uz 60
53. 2D element - Interne krachten 61
54. 2D element - Interne krachten; myD+ 61
55. 2D element - Interne krachten; myD- 62

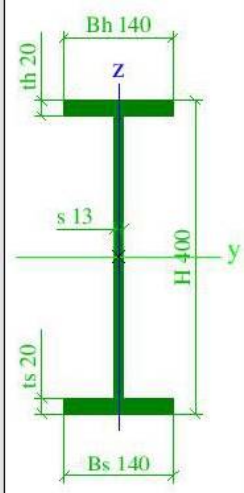
56. 2D element - Interne krachten; mxD+ 63
57. Verplaatsing van knopen 63
58. Verplaatsing van knopen; Uz 64

2. Project

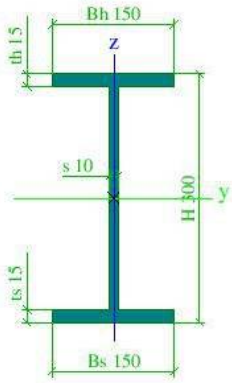
Licentienaam	Adviesbureau Hageman
Project	Brug 21
Onderdeel	Brugdek
Omschrijving	-
Auteur	BvdB
Datum	19. 01. 2016
Constructie	Algemeen XYZ
Aantal knopen :	176
Aantal staven :	42
Aantal platen :	5
Aantal vaste lichamen :	0
Aantal gebruikte doorsneden :	3
Aantal belastingsgevallen :	124
Aantal gebruikte materialen :	2
Gravitatieversnelling [m/s^2]	9.810
Nationale norm	EC - EN

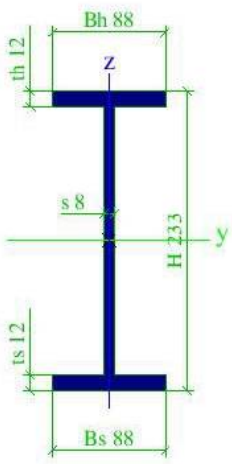
3. Doorsneden

CS5		
Type	I ng	
Uitgebreid	400; 140; 140; 20; 20; 13	
Vorm type	Dikke wanden	
Onderdeelmateriaal	S 235	
Bouwwijze	Algemeen	
Kleur		
Knik y-y, Knik z-z	d	d
A [m^2]	1.0280e-02	
A_y [m^2], A_z [m^2]	5.6864e-03	5.0528e-03
A_L [m^2/m], A_D [m^2/m]	1.3340e+00	1.3340e+00
$c_{y,UCS}$ [mm], $c_{z,UCS}$ [mm]	70	200
α [deg]	0.00	
I_y [m^4], I_z [m^4]	2.5289e-04	9.2126e-06
i_y [mm], i_z [mm]	157	30
$W_{el,y}$ [m^3], $W_{el,z}$ [m^3]	1.2645e-03	1.3161e-04
$W_{pl,y}$ [m^3], $W_{pl,z}$ [m^3]	1.4852e-03	2.1121e-04
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	3.49e+05	3.49e+05
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	4.96e+04	4.96e+04
d_y [mm], d_z [mm]	0	0
I_t [m^4], I_w [m^6]	9.2605e-07	3.2861e-07
β_y [mm], β_z [mm]	0	0

Afbeelding		
		

CS6		
Type	I ng	
Uitgebreid	300; 150; 150; 15; 15; 10	
Vorm type	Dikke wanden	
Onderdeelmateriaal	S 235	
Bouwwijze	Algemeen	
Kleur		
Knik y-y, Knik z-z	d	d
A [m^2]	7.2000e-03	
A_y [m^2], A_z [m^2]	4.2718e-03	2.9425e-03
A_L [m^2/m], A_D [m^2/m]	1.1800e+00	1.1800e+00
$c_{y,UCS}$ [mm], $c_{z,UCS}$ [mm]	75	150
α [deg]	0.00	
I_y [m^4], I_z [m^4]	1.0786e-04	8.4600e-06
i_y [mm], i_z [mm]	122	34
$W_{el,y}$ [m^3], $W_{el,z}$ [m^3]	7.1910e-04	1.1280e-04
$W_{pl,y}$ [m^3], $W_{pl,z}$ [m^3]	8.2350e-04	1.7550e-04
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	1.94e+05	1.94e+05
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	4.12e+04	4.12e+04

d_y [mm], d_z [mm]	0	0
I_t [m⁴], I_w [m⁶]	3.8823e-07	1.7061e-07
β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Afbeelding		

CS7		
Type	I ng	
Uitgebreid	233; 88; 88; 12; 12; 8	
Vorm type	Dikke wanden	
Onderdeelmateriaal	S 235	
Bouwwijze	Algemeen	
Kleur		
Knik y-y, Knik z-z	d	d
A [m²]	3.7840e-03	
A_y [m²], A_z [m²]	2.0986e-03	1.8135e-03
A_L [m²/m], A_D [m²/m]	8.0200e-01	8.0200e-01
$c_{y.ucs}$ [mm], $c_{z.ucs}$ [mm]	44	116
α [deg]	0.00	
I_y [m⁴], I_z [m⁴]	3.1900e-05	1.3719e-06
i_y [mm], i_z [mm]	92	19
$W_{el.y}$ [m³], $W_{el.z}$ [m³]	2.7382e-04	3.1179e-05
$W_{pl.y}$ [m³], $W_{pl.z}$ [m³]	3.2074e-04	4.9808e-05
$M_{pl.y.+}$ [Nm], $M_{pl.y.-}$ [Nm]	7.54e+04	7.54e+04
$M_{plz.+}$ [Nm], $M_{plz.-}$ [Nm]	1.17e+04	1.17e+04
d_y [mm], d_z [mm]	0	0
I_t [m⁴], I_w [m⁶]	1.2602e-07	1.6562e-08
β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Afbeelding		

Verklaring van symbolen	
A	Gebied
A_y	Afschuifoppervlak in hoofd y-richting -

Verklaring van symbolen	
	Berekend door 2D EEM analyse
A_z	Afschuifoppervlak in hoofd z-richting -

Verklaring van symbolen	
	Berekend door 2D EEM analyse
A_L	Omtrek per eenheidslengte
A_D	Uithardingsoppervlakte per eenheidslengte
$c_{Y,UCS}$	Zwaartepunt coordinaten in Y-richting van het invoer assen systeem
$c_{Z,UCS}$	Zwaartepunt coordinaten in Z-richting van het invoer assen systeem
$I_{Y,LCS}$	Tweede moment van het gebied rond de YLCS as
$I_{Z,LCS}$	Tweede moment van het gebied rond de ZLCS as
$I_{YZ,LCS}$	Product moment van het gebied in het LCS systeem
α	Rotatiehoek van het hoofd assen systeem
I_y	Tweede moment van het gebied rond de hoofd y-as
I_z	Tweede moment van het gebied rond de hoofd z-as
i_y	Traagheidsstraal rond de hoofd y-as
i_z	Traagheidsstraal rond de hoofd z-as
$W_{el,y}$	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as

Verklaring van symbolen	
$W_{el,z}$	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
$W_{pl,y}$	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
$W_{pl,z}$	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
$M_{pl,y,+}$	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een positief My moment
$M_{pl,y,-}$	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een negatief My moment
$M_{pl,z,+}$	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een positief Mz moment
$M_{pl,z,-}$	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een negatief Mz moment
d_y	Afschuif middencoordinaat in hoofd y-richting gemeten vanaf het zwaartepunt - Berekend door 2D EEM analyse
d_z	Afschuif middencoordinaat in hoofd z-richting gemeten vanaf het zwaartepunt - Berekend door 2D EEM analyse
I_t	Torsie constante - Berekend door 2D EEM analyse
I_w	Welvings constante - Berekend door 2D EEM analyse
β_y	Mono-symmetrische constante rond de hoofd y-as
β_z	Mono-symmetrische constante rond de hoofd z-as

4. Materialen

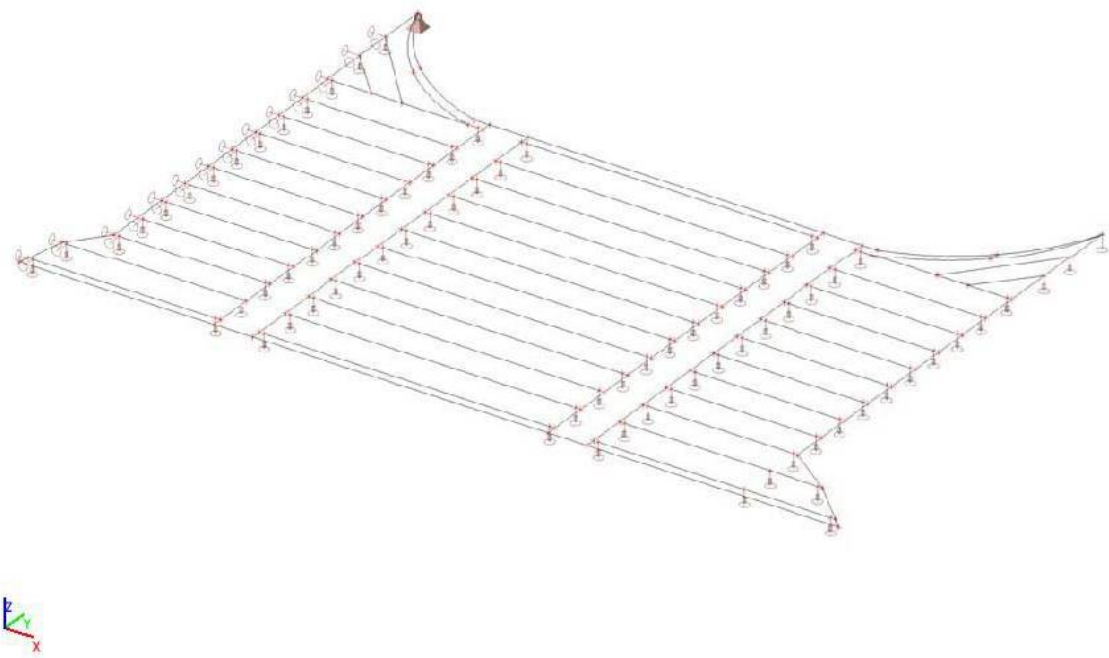
Staal EC3

Naam	ρ [kg/m³]	E_{mod} [MPa]	μ	Onderlimiet [mm]	Bovenlimiet [mm]	F_y [MPa]	F_u [MPa]	Kleur
		G_{mod} [MPa]	α [m/mK]					
S 235	7850.0	2.1000e+05	0.3	0	40	235.0	360.0	
		8.0769e+04	0.00	40	80	215.0	360.0	

Beton EC2

Naam	Type	ρ [kg/m³]	E_{mod} [MPa]	μ	α [m/mK]	$f_{c,k,28}$ [MPa]	Kleur
K150	Beton	2500.0	1.1000e+04	0.0001	0.00	8.00	

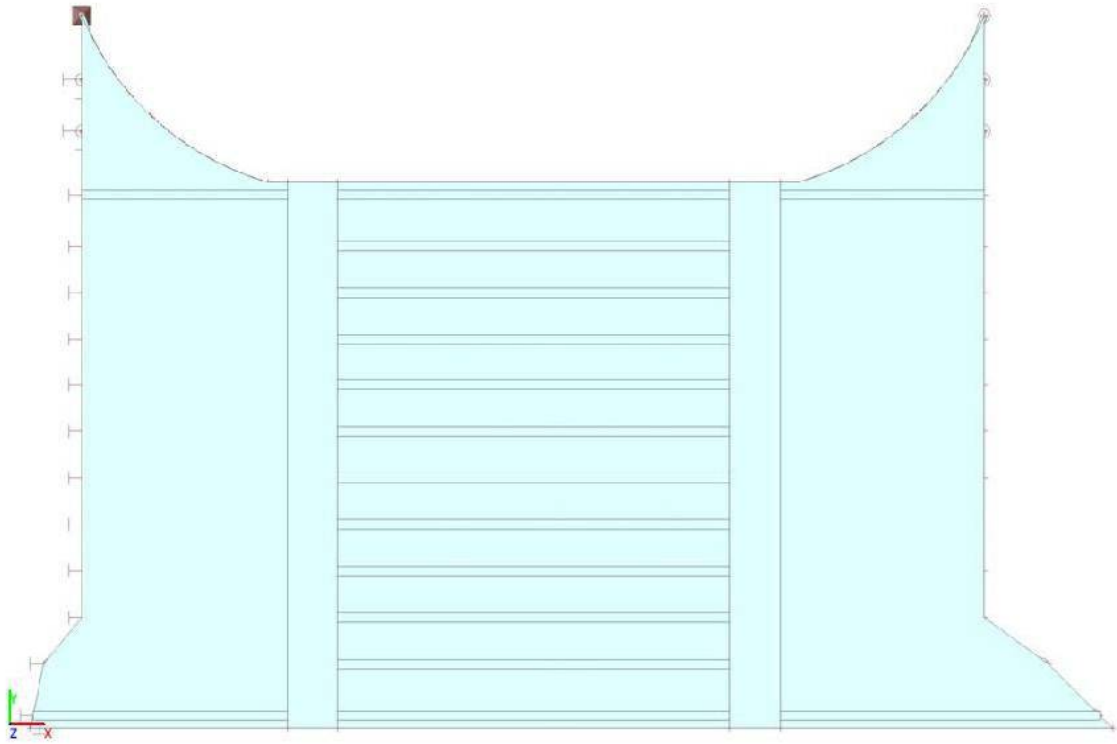
5. Rekenmodel



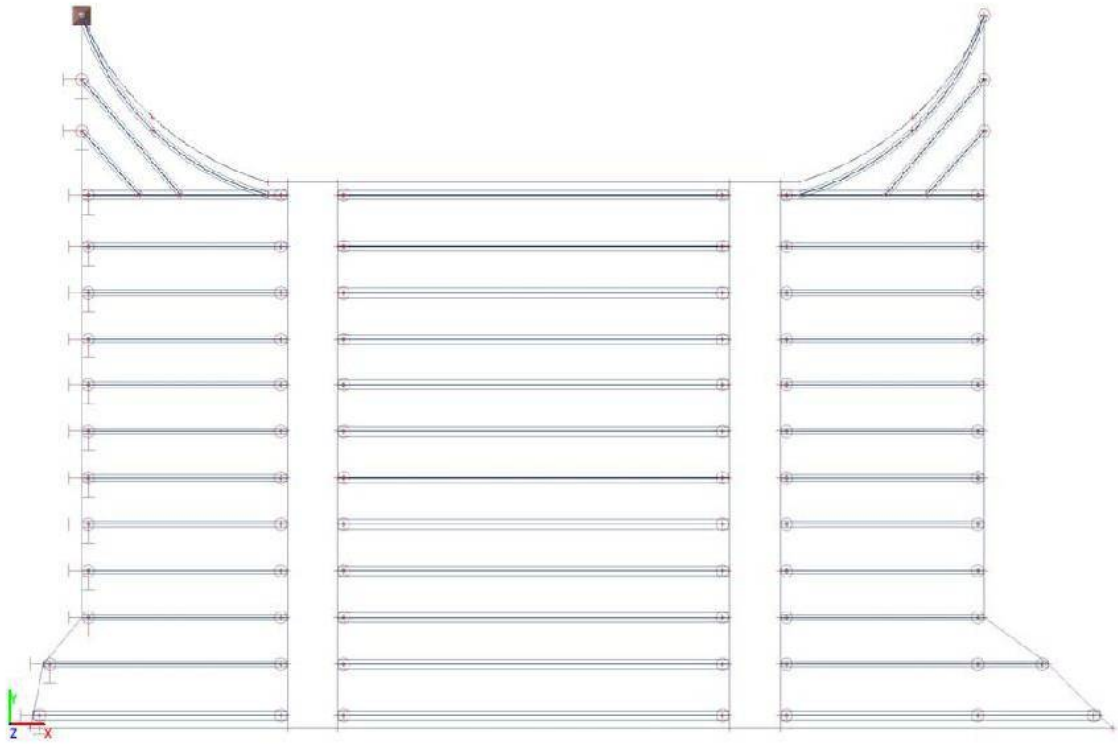
6. Rekenmodel



7. Rekenmodel



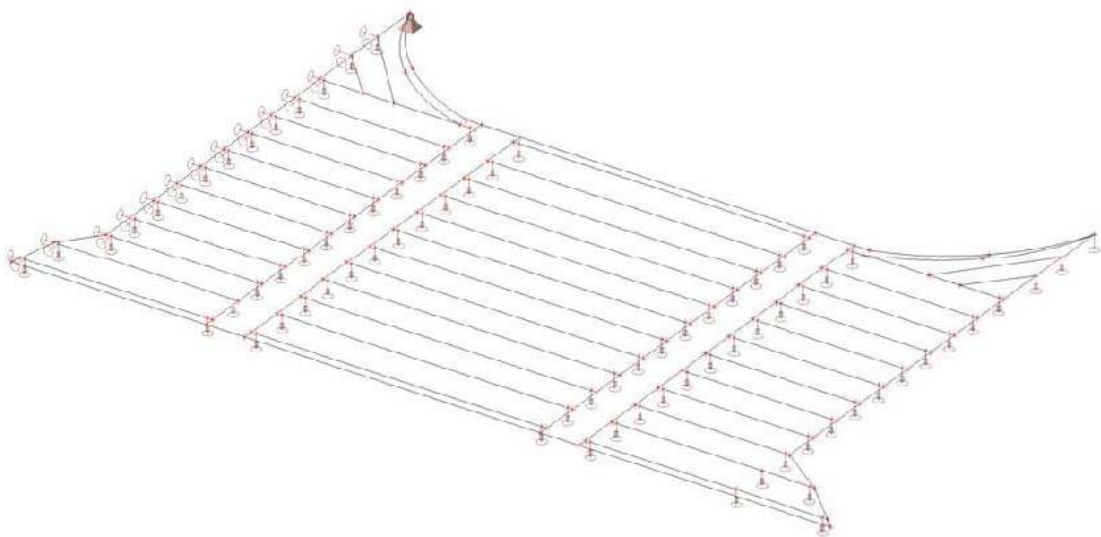
8. Rekenmodel



9. Belastingsgevallen

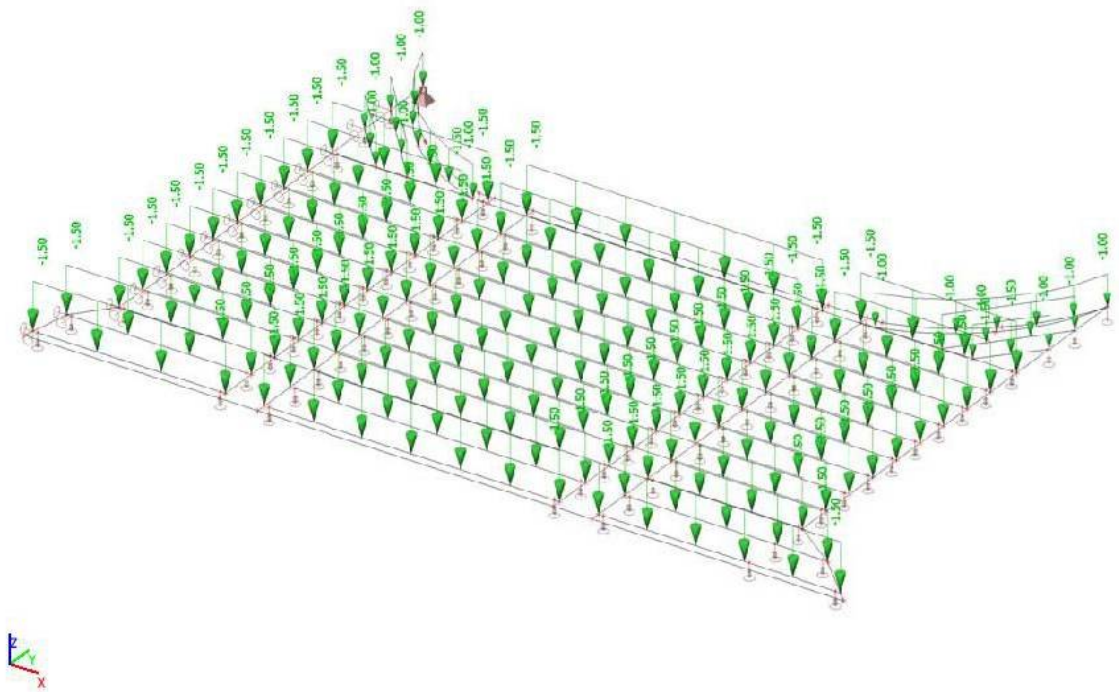
Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Richting	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype				
BG0	E.g. ingevoerde constructie	Permanent Eigen gewicht	LG1	-Z		
BG2	E.g. overlagingen en leuningwerk	Permanent Standaard	LG1			
BG3	LM4 (mensenmassa) Standaard	Variabel Statisch	LG2		Kort	Geen
BG4	UDL op voetpad Standaard	Variabel Statisch	LG3		Kort	Geen
BG5	LM1 - UDL (RS1 west) Standaard	Variabel Statisch	LG3		Kort	Geen
BG6	LM1 - UDL (RS1 oost) Standaard	Variabel Statisch	LG3		Kort	Geen
BG7	LM0 - UDL (aangepast LM) Standaard	Variabel Statisch	LG5		Kort	Geen
BG22	LM1 - TS (RS1 west) - 7.000 m Standaard	Variabel Statisch	LG4		Kort	Geen
BG51	LM1 - TS (RS1 oost) - 7.000 m Standaard	Variabel Statisch	LG4		Kort	Geen
BG78	LM0 - TS (aangepast LM) - 6.000 m Standaard	Variabel Statisch	LG6		Kort	Geen
BG107	LM0 - TS (aangepast LM) - 6.000 m Standaard	Variabel Statisch	LG6		Kort	Geen

10. BG0 / Totale waarde

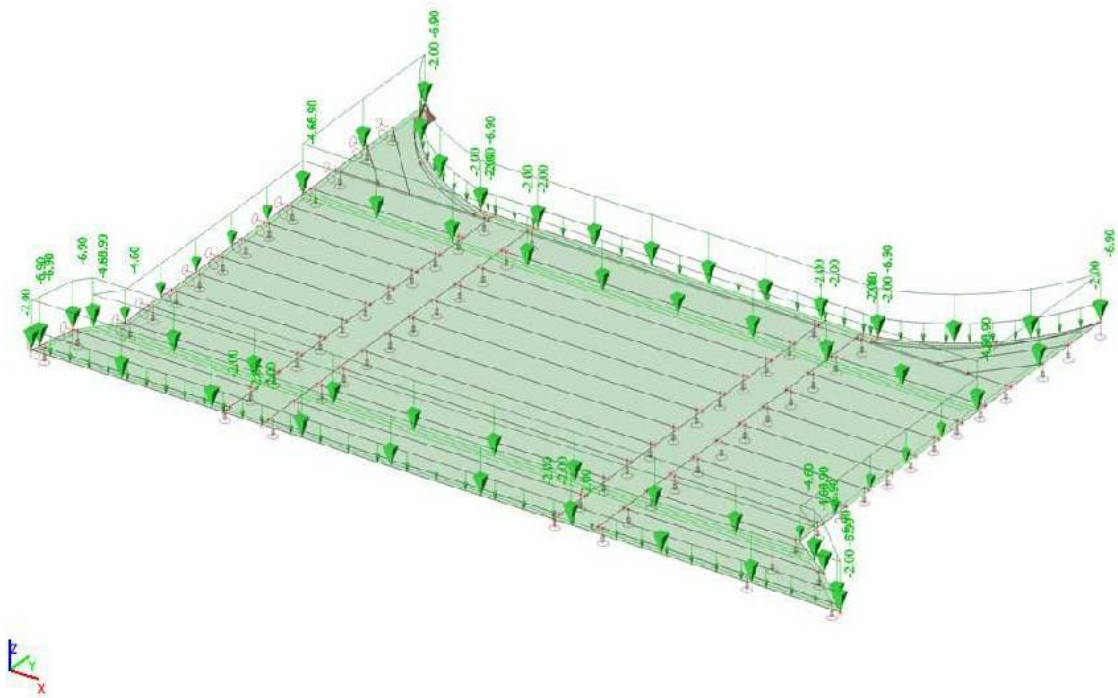




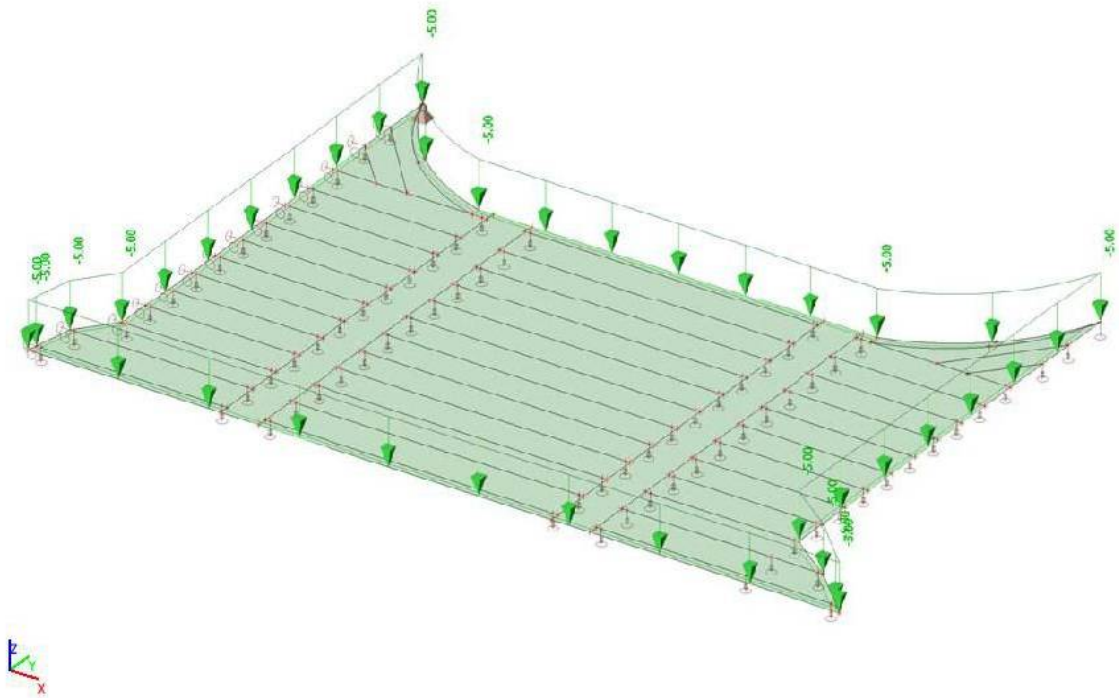
11. BG1 / Totale waarde



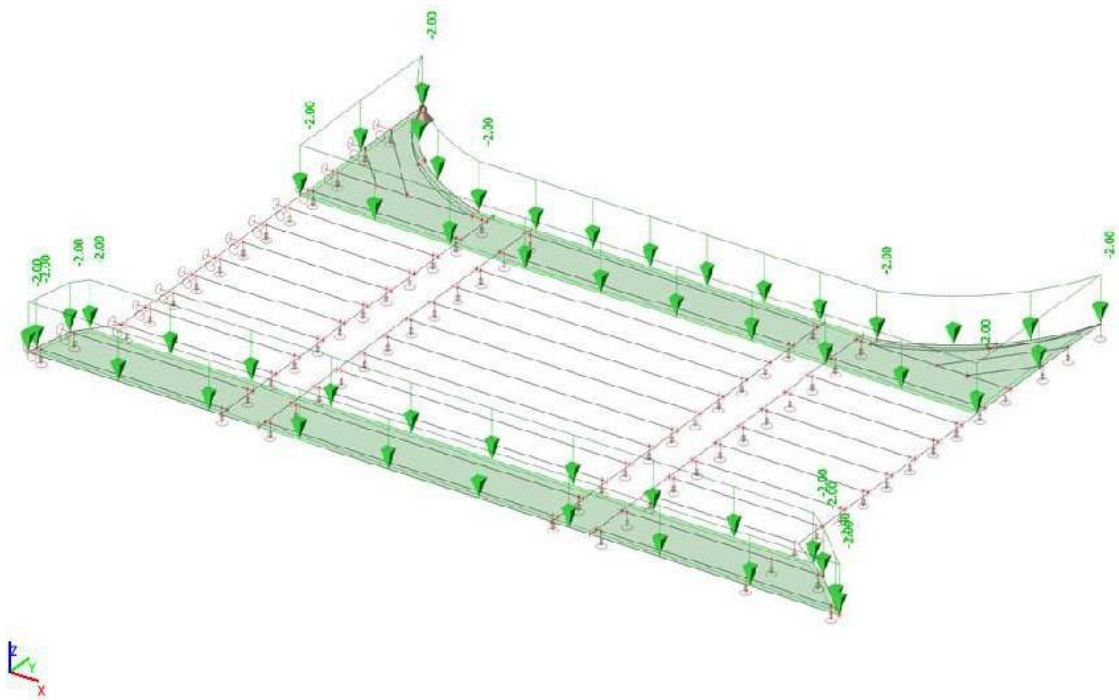
12. BG2 / Totale waarde



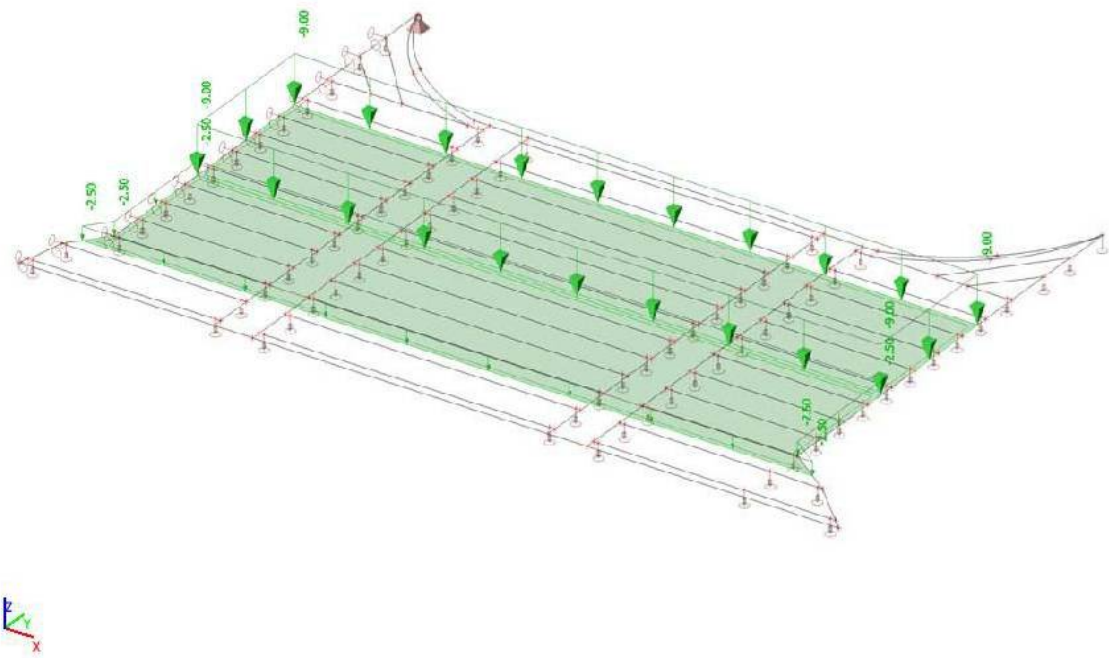
13. BG3 / Totale waarde



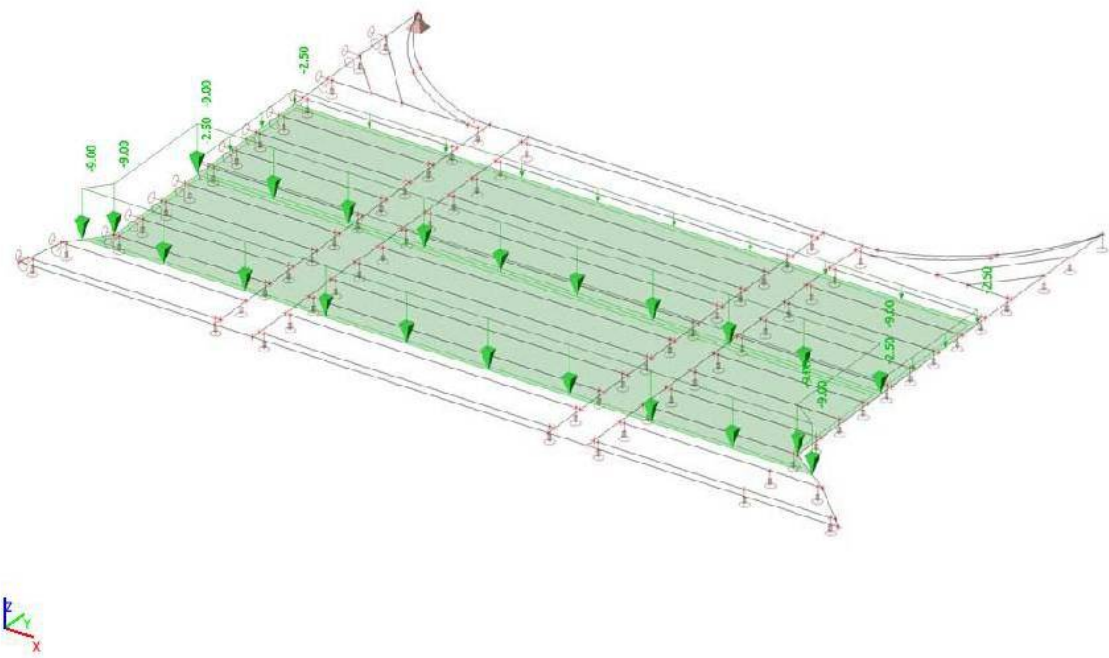
14. BG4 / Totale waarde



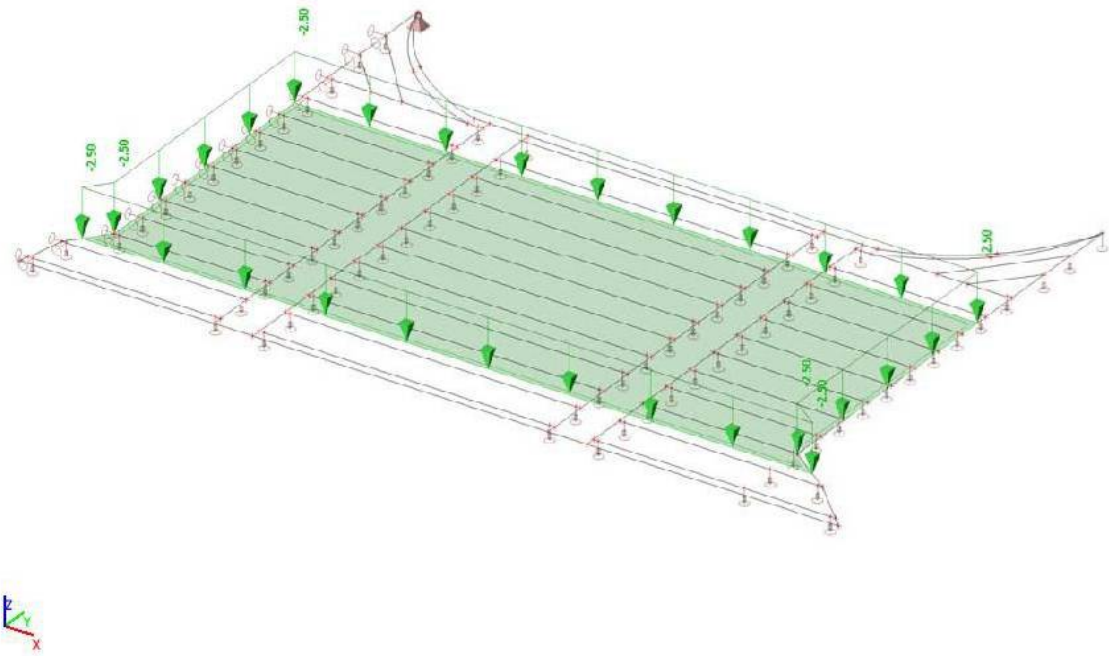
15. BG5 / Totale waarde



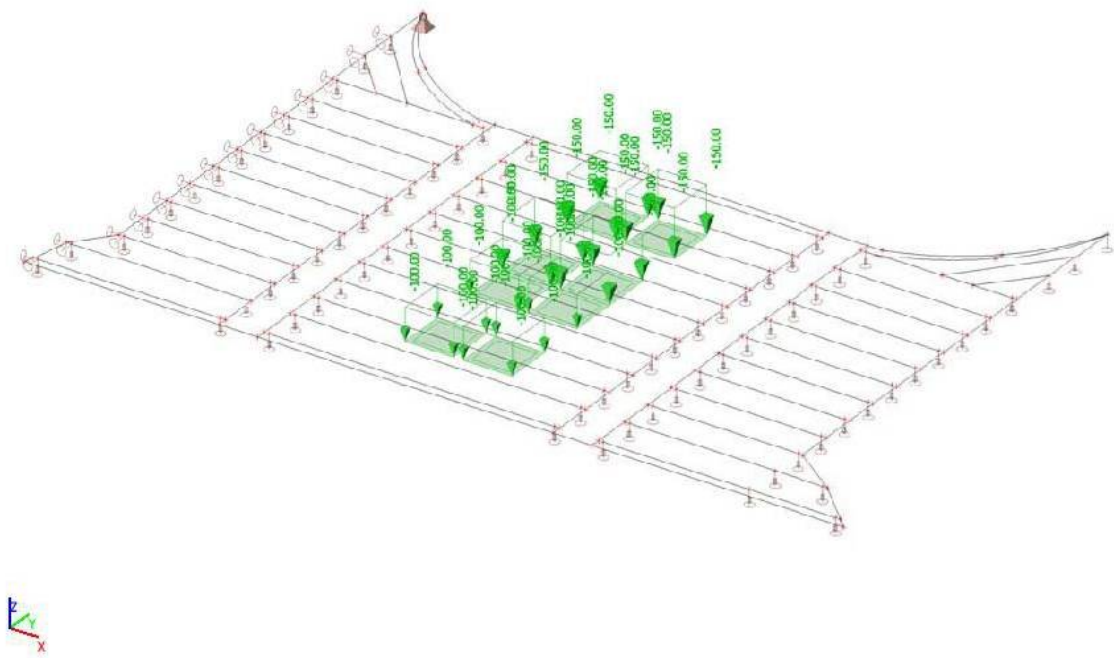
16. BG6 / Totale waarde



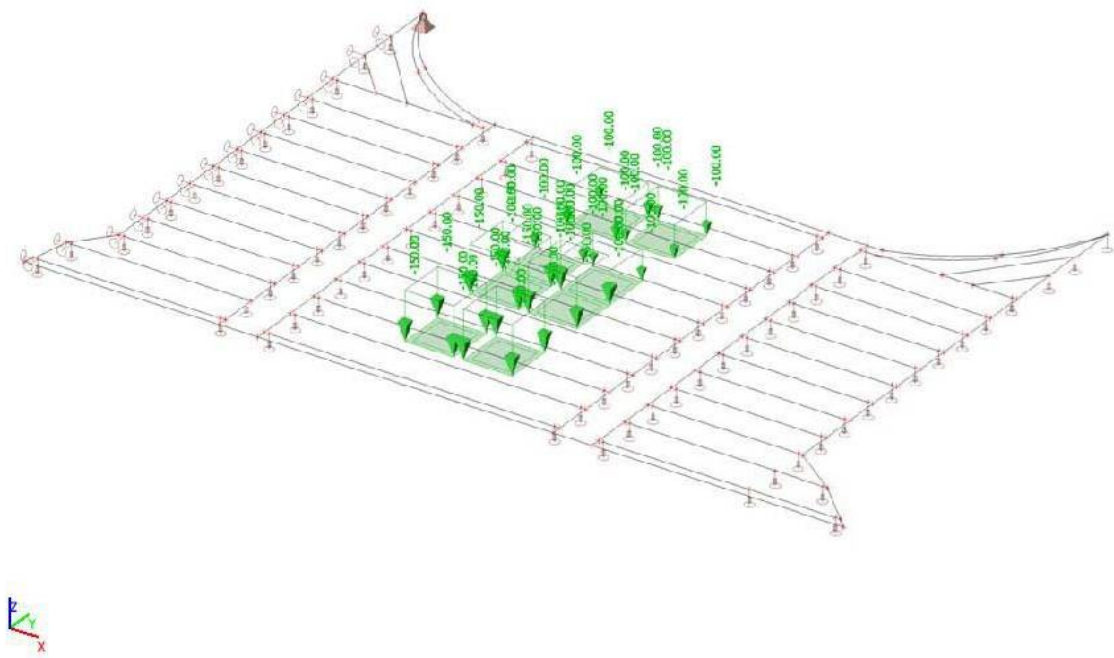
17. BG7 / Totale waarde



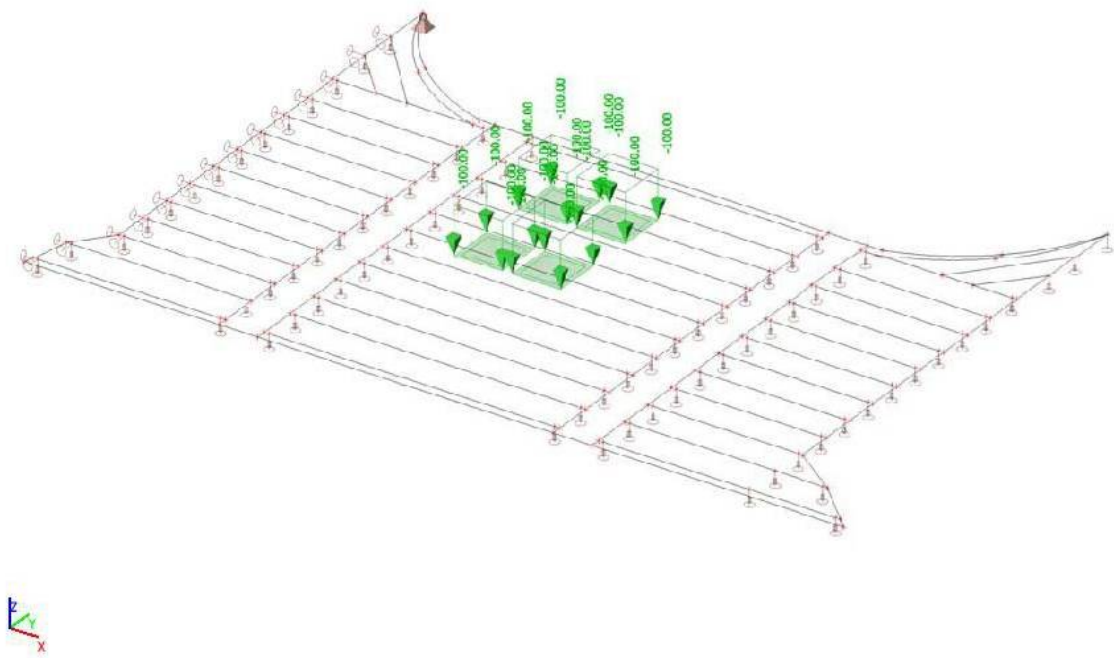
18. BG22 / Totale waarde


-150.00
-150.00
-150.00

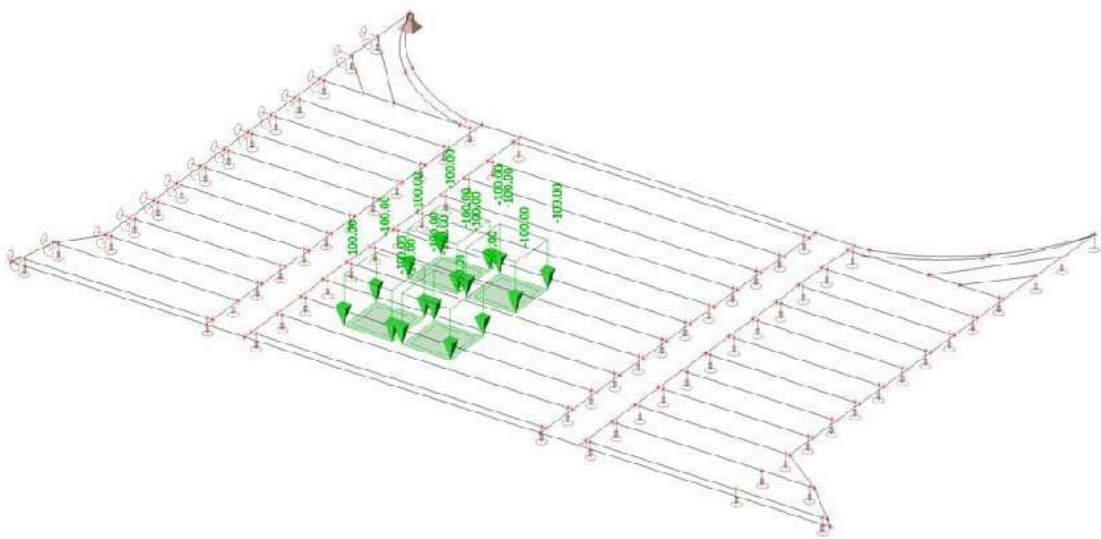
19. BG51 / Totale waarde



20. BG78 / Totale waarde


-100.00
100.00
-100.00
100.00
-100.00
100.00

21. BG107 / Totale waarde



22. Belastinggroepen

Naam	Last	Relatie	Type
LG1	Permanent		
LG2	Variabel	Standaard	Cat A: Woning
LG3	Variabel	Standaard	Cat A: Woning
LG4	Variabel	Exclusief	Cat A: Woning
LG5	Variabel	Standaard	Cat A: Woning
LG6	Variabel	Exclusief	Cat A: Woning

23. Combinaties

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
Combi1	BGT - LM4	Omhullende - bruikbaarheid	BG0 - E.g. ingevoerde constructie	1.00
			BG1 - E.g. resterend beton	1.00
			BG2 - E.g. overlagingen en leuningwerk	1.00
			BG3 - LM4 (mensenmassa)	1.00
Combi2	BGT - LM1 (RS1 west)	Omhullende - bruikbaarheid	BG0 - E.g. ingevoerde constructie	1.00
			BG1 - E.g. resterend beton	1.00
			BG2 - E.g. overlagingen en leuningwerk	1.00
			BG4 - UDL op voetpad	1.00
			BG5 - LM1 - UDL (RS1 west)	0.90
			BG8 - LM1 - TS (RS1 west) - 0.000 m	0.90
			BG9 - LM1 - TS (RS1 west) -	0.90

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
			0.500 m	
			BG10 - LM1 - TS (RS1 west) - 1.000 m	0.90
			BG11 - LM1 - TS (RS1 west) - 1.500 m	0.90
			BG12 - LM1 - TS (RS1 west) - 2.000 m	0.90
			BG13 - LM1 - TS (RS1 west) - 2.500 m	0.90
			BG14 - LM1 - TS (RS1 west) - 3.000 m	0.90
			BG15 - LM1 - TS (RS1 west) - 3.500 m	0.90
			BG16 - LM1 - TS (RS1 west) - 4.000 m	0.90
			BG17 - LM1 - TS (RS1 west) - 4.500 m	0.90
			BG18 - LM1 - TS (RS1 west) - 5.000 m	0.90
			BG19 - LM1 - TS (RS1 west) - 5.500 m	0.90
			BG20 - LM1 - TS (RS1 west) - 6.000 m	0.90
			BG21 - LM1 - TS (RS1 west) - 6.500 m	0.90
			BG22 - LM1 - TS (RS1 west) - 7.000 m	0.90
			BG23 - LM1 - TS (RS1 west) - 7.500 m	0.90
			BG24 - LM1 - TS (RS1 west) - 8.000 m	0.90
			BG25 - LM1 - TS (RS1 west) - 8.500 m	0.90
			BG26 - LM1 - TS (RS1 west) - 9.000 m	0.90
			BG27 - LM1 - TS (RS1 west) - 9.500 m	0.90
			BG28 - LM1 - TS (RS1 west) - 10.000 m	0.90
			BG29 - LM1 - TS (RS1 west) - 10.500 m	0.90
			BG30 - LM1 - TS (RS1 west) - 11.000 m	0.90
			BG31 - LM1 - TS (RS1 west) - 11.500 m	0.90
			BG32 - LM1 - TS (RS1 west) - 12.000 m	0.90
			BG33 - LM1 - TS (RS1 west) - 12.500 m	0.90
			BG34 - LM1 - TS (RS1 west) - 13.000 m	0.90
			BG35 - LM1 - TS (RS1 west) - 13.500 m	0.90
			BG36 - LM1 - TS (RS1 west) - 14.000 m	0.90
Combi3	BGT - LM1 (RS1 oost)	Omhullende - bruikbaarheid	BG0 - E.g. ingevoerde constructie	1.00
			BG1 - E.g. resterend beton	1.00
			BG2 - E.g. overlagingen en leuningwerk	1.00
			BG4 - UDL op voetpad	1.00
			BG6 - LM1 - UDL (RS1 oost)	0.90
			BG37 - LM1 - TS (RS1 oost) - 0.000 m	0.90
			BG38 - LM1 - TS (RS1 oost) - 0.500 m	0.90

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
			BG39 - LM1 - TS (RS1 oost) - 1.000 m	0.90
			BG40 - LM1 - TS (RS1 oost) - 1.500 m	0.90
			BG41 - LM1 - TS (RS1 oost) - 2.000 m	0.90
			BG42 - LM1 - TS (RS1 oost) - 2.500 m	0.90
			BG43 - LM1 - TS (RS1 oost) - 3.000 m	0.90
			BG44 - LM1 - TS (RS1 oost) - 3.500 m	0.90
			BG45 - LM1 - TS (RS1 oost) - 4.000 m	0.90
			BG46 - LM1 - TS (RS1 oost) - 4.500 m	0.90
			BG47 - LM1 - TS (RS1 oost) - 5.000 m	0.90
			BG48 - LM1 - TS (RS1 oost) - 5.500 m	0.90
			BG49 - LM1 - TS (RS1 oost) - 6.000 m	0.90
			BG50 - LM1 - TS (RS1 oost) - 6.500 m	0.90
			BG51 - LM1 - TS (RS1 oost) - 7.000 m	0.90
			BG52 - LM1 - TS (RS1 oost) - 7.500 m	0.90
			BG53 - LM1 - TS (RS1 oost) - 8.000 m	0.90
			BG54 - LM1 - TS (RS1 oost) - 8.500 m	0.90
			BG55 - LM1 - TS (RS1 oost) - 9.000 m	0.90
			BG56 - LM1 - TS (RS1 oost) - 9.500 m	0.90
			BG57 - LM1 - TS (RS1 oost) - 10.000 m	0.90
			BG58 - LM1 - TS (RS1 oost) - 10.500 m	0.90
			BG59 - LM1 - TS (RS1 oost) - 11.000 m	0.90
			BG60 - LM1 - TS (RS1 oost) - 11.500 m	0.90
			BG61 - LM1 - TS (RS1 oost) - 12.000 m	0.90
			BG62 - LM1 - TS (RS1 oost) - 12.500 m	0.90
			BG63 - LM1 - TS (RS1 oost) - 13.000 m	0.90
			BG64 - LM1 - TS (RS1 oost) - 13.500 m	0.90
			BG65 - LM1 - TS (RS1 oost) - 14.000 m	0.90
Combi4	BGT - LM1 80% (RS1 west)	Omhullende - bruikbaarheid	BG0 - E.g. ingevoerde constructie	1.00
			BG1 - E.g. resterend beton	1.00
			BG2 - E.g. overlagingen en leuningwerk	1.00
			BG4 - UDL op voetpad	1.00
			BG5 - LM1 - UDL (RS1 west)	0.72
			BG8 - LM1 - TS (RS1 west) - 0.000 m	0.72
			BG9 - LM1 - TS (RS1 west) - 0.500 m	0.72
			BG10 - LM1 - TS (RS1 west) -	0.72

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
			1.000 m	
			BG11 - LM1 - TS (RS1 west) - 1.500 m	0.72
			BG12 - LM1 - TS (RS1 west) - 2.000 m	0.72
			BG13 - LM1 - TS (RS1 west) - 2.500 m	0.72
			BG14 - LM1 - TS (RS1 west) - 3.000 m	0.72
			BG15 - LM1 - TS (RS1 west) - 3.500 m	0.72
			BG16 - LM1 - TS (RS1 west) - 4.000 m	0.72
			BG17 - LM1 - TS (RS1 west) - 4.500 m	0.72
			BG18 - LM1 - TS (RS1 west) - 5.000 m	0.72
			BG19 - LM1 - TS (RS1 west) - 5.500 m	0.72
			BG20 - LM1 - TS (RS1 west) - 6.000 m	0.72
			BG21 - LM1 - TS (RS1 west) - 6.500 m	0.72
			BG22 - LM1 - TS (RS1 west) - 7.000 m	0.72
			BG23 - LM1 - TS (RS1 west) - 7.500 m	0.72
			BG24 - LM1 - TS (RS1 west) - 8.000 m	0.72
			BG25 - LM1 - TS (RS1 west) - 8.500 m	0.72
			BG26 - LM1 - TS (RS1 west) - 9.000 m	0.72
			BG27 - LM1 - TS (RS1 west) - 9.500 m	0.72
			BG28 - LM1 - TS (RS1 west) - 10.000 m	0.72
			BG29 - LM1 - TS (RS1 west) - 10.500 m	0.72
			BG30 - LM1 - TS (RS1 west) - 11.000 m	0.72
			BG31 - LM1 - TS (RS1 west) - 11.500 m	0.72
			BG32 - LM1 - TS (RS1 west) - 12.000 m	0.72
			BG33 - LM1 - TS (RS1 west) - 12.500 m	0.72
			BG34 - LM1 - TS (RS1 west) - 13.000 m	0.72
			BG35 - LM1 - TS (RS1 west) - 13.500 m	0.72
			BG36 - LM1 - TS (RS1 west) - 14.000 m	0.72
Combi5	BGT - LM1 80% (RS1 oost)	Omhullende - bruikbaarheid	BG0 - E.g. ingevoerde constructie	1.00
			BG1 - E.g. resterend beton	1.00
			BG2 - E.g. overlagingen en leuningwerk	1.00
			BG4 - UDL op voetpad	1.00
			BG6 - LM1 - UDL (RS1 oost)	0.72
			BG37 - LM1 - TS (RS1 oost) - 0.000 m	0.72
			BG38 - LM1 - TS (RS1 oost) - 0.500 m	0.72
			BG39 - LM1 - TS (RS1 oost) - 1.000 m	0.72

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
			BG40 - LM1 - TS (RS1 oost) - 1.500 m	0.72
			BG41 - LM1 - TS (RS1 oost) - 2.000 m	0.72
			BG42 - LM1 - TS (RS1 oost) - 2.500 m	0.72
			BG43 - LM1 - TS (RS1 oost) - 3.000 m	0.72
			BG44 - LM1 - TS (RS1 oost) - 3.500 m	0.72
			BG45 - LM1 - TS (RS1 oost) - 4.000 m	0.72
			BG46 - LM1 - TS (RS1 oost) - 4.500 m	0.72
			BG47 - LM1 - TS (RS1 oost) - 5.000 m	0.72
			BG48 - LM1 - TS (RS1 oost) - 5.500 m	0.72
			BG49 - LM1 - TS (RS1 oost) - 6.000 m	0.72
			BG50 - LM1 - TS (RS1 oost) - 6.500 m	0.72
			BG51 - LM1 - TS (RS1 oost) - 7.000 m	0.72
			BG52 - LM1 - TS (RS1 oost) - 7.500 m	0.72
			BG53 - LM1 - TS (RS1 oost) - 8.000 m	0.72
			BG54 - LM1 - TS (RS1 oost) - 8.500 m	0.72
			BG55 - LM1 - TS (RS1 oost) - 9.000 m	0.72
			BG56 - LM1 - TS (RS1 oost) - 9.500 m	0.72
			BG57 - LM1 - TS (RS1 oost) - 10.000 m	0.72
			BG58 - LM1 - TS (RS1 oost) - 10.500 m	0.72
			BG59 - LM1 - TS (RS1 oost) - 11.000 m	0.72
			BG60 - LM1 - TS (RS1 oost) - 11.500 m	0.72
			BG61 - LM1 - TS (RS1 oost) - 12.000 m	0.72
			BG62 - LM1 - TS (RS1 oost) - 12.500 m	0.72
			BG63 - LM1 - TS (RS1 oost) - 13.000 m	0.72
			BG64 - LM1 - TS (RS1 oost) - 13.500 m	0.72
			BG65 - LM1 - TS (RS1 oost) - 14.000 m	0.72
Combi6	BGT - LM0 (RS1 west)	Omhullende - bruikbaarheid	BG0 - E.g. ingevoerde constructie	1.00
			BG1 - E.g. resterend beton	1.00
			BG2 - E.g. overlagingen en leuningwerk	1.00
			BG4 - UDL op voetpad	1.00
			BG7 - LM0 - UDL (aangepast LM)	1.00
			BG66 - LM0 - TS (aangepast LM west) - 0.000 m	1.00
			BG67 - LM0 - TS (aangepast LM) - 0.500 m	1.00
			BG68 - LM0 - TS (aangepast LM) - 1.000 m	1.00

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
			BG69 - LM0 - TS (aangepast LM) - 1.500 m	1.00
			BG70 - LM0 - TS (aangepast LM) - 2.000 m	1.00
			BG71 - LM0 - TS (aangepast LM) - 2.500 m	1.00
			BG72 - LM0 - TS (aangepast LM) - 3.000 m	1.00
			BG73 - LM0 - TS (aangepast LM) - 3.500 m	1.00
			BG74 - LM0 - TS (aangepast LM) - 4.000 m	1.00
			BG75 - LM0 - TS (aangepast LM) - 4.500 m	1.00
			BG76 - LM0 - TS (aangepast LM) - 5.000 m	1.00
			BG77 - LM0 - TS (aangepast LM) - 5.500 m	1.00
			BG78 - LM0 - TS (aangepast LM) - 6.000 m	1.00
			BG79 - LM0 - TS (aangepast LM) - 6.500 m	1.00
			BG80 - LM0 - TS (aangepast LM) - 7.000 m	1.00
			BG81 - LM0 - TS (aangepast LM) - 7.500 m	1.00
			BG82 - LM0 - TS (aangepast LM) - 8.000 m	1.00
			BG83 - LM0 - TS (aangepast LM) - 8.500 m	1.00
			BG84 - LM0 - TS (aangepast LM) - 9.000 m	1.00
			BG85 - LM0 - TS (aangepast LM) - 9.500 m	1.00
			BG86 - LM0 - TS (aangepast LM) - 10.000 m	1.00
			BG87 - LM0 - TS (aangepast LM) - 10.500 m	1.00
			BG88 - LM0 - TS (aangepast LM) - 11.000 m	1.00
			BG89 - LM0 - TS (aangepast LM) - 11.500 m	1.00
			BG90 - LM0 - TS (aangepast LM) - 12.000 m	1.00
			BG91 - LM0 - TS (aangepast LM) - 12.500 m	1.00
			BG92 - LM0 - TS (aangepast LM) - 13.000 m	1.00
			BG93 - LM0 - TS (aangepast LM) - 13.500 m	1.00
			BG94 - LM0 - TS (aangepast LM) - 14.000 m	1.00
Combi7	BGT - LM0 (RS1 oost)	Omhullende - bruikbaarheid	BG0 - E.g. ingevoerde constructie	1.00
			BG1 - E.g. resterend beton	1.00
			BG2 - E.g. overlagingen en leuningwerk	1.00
			BG4 - UDL op voetpad	1.00
			BG7 - LM0 - UDL (aangepast LM)	1.00
			BG95 - LM0 - TS (aangepast LM oost) - 0.000 m	1.00
			BG96 - LM0 - TS (aangepast LM) - 0.500 m	1.00
			BG97 - LM0 - TS (aangepast LM) - 1.000 m	1.00

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
			BG98 - LM0 - TS (aangepast LM) - 1.500 m	1.00
			BG99 - LM0 - TS (aangepast LM) - 2.000 m	1.00
			BG100 - LM0 - TS (aangepast LM) - 2.500 m	1.00
			BG101 - LM0 - TS (aangepast LM) - 3.000 m	1.00
			BG102 - LM0 - TS (aangepast LM) - 3.500 m	1.00
			BG103 - LM0 - TS (aangepast LM) - 4.000 m	1.00
			BG104 - LM0 - TS (aangepast LM) - 4.500 m	1.00
			BG105 - LM0 - TS (aangepast LM) - 5.000 m	1.00
			BG106 - LM0 - TS (aangepast LM) - 5.500 m	1.00
			BG107 - LM0 - TS (aangepast LM) - 6.000 m	1.00
			BG108 - LM0 - TS (aangepast LM) - 6.500 m	1.00
			BG109 - LM0 - TS (aangepast LM) - 7.000 m	1.00
			BG110 - LM0 - TS (aangepast LM) - 7.500 m	1.00
			BG111 - LM0 - TS (aangepast LM) - 8.000 m	1.00
			BG112 - LM0 - TS (aangepast LM) - 8.500 m	1.00
			BG113 - LM0 - TS (aangepast LM) - 9.000 m	1.00
			BG114 - LM0 - TS (aangepast LM) - 9.500 m	1.00
			BG115 - LM0 - TS (aangepast LM) - 10.000 m	1.00
			BG116 - LM0 - TS (aangepast LM) - 10.500 m	1.00
			BG117 - LM0 - TS (aangepast LM) - 11.000 m	1.00
			BG118 - LM0 - TS (aangepast LM) - 11.500 m	1.00
			BG119 - LM0 - TS (aangepast LM) - 12.000 m	1.00
			BG120 - LM0 - TS (aangepast LM) - 12.500 m	1.00
			BG121 - LM0 - TS (aangepast LM) - 13.000 m	1.00
			BG122 - LM0 - TS (aangepast LM) - 13.500 m	1.00
			BG123 - LM0 - TS (aangepast LM) - 14.000 m	1.00
Combi8	UGT - LM4	Omhullende - uiterst	BG0 - E.g. ingevoerde constructie	1.10
			BG1 - E.g. resterend beton	1.10
			BG2 - E.g. overlagingen en leuningwerk	1.10
			BG3 - LM4 (mensenmassa)	1.10
Combi9	UGT - LM1 (RS1 west)	Omhullende - uiterst	BG0 - E.g. ingevoerde constructie	1.10
			BG1 - E.g. resterend beton	1.10
			BG2 - E.g. overlagingen en leuningwerk	1.10
			BG4 - UDL op voetpad	1.10
			BG5 - LM1 - UDL (RS1 west)	0.99
			BG8 - LM1 - TS (RS1 west) -	0.99

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
			0.000 m	
			BG9 - LM1 - TS (RS1 west) - 0.500 m	0.99
			BG10 - LM1 - TS (RS1 west) - 1.000 m	0.99
			BG11 - LM1 - TS (RS1 west) - 1.500 m	0.99
			BG12 - LM1 - TS (RS1 west) - 2.000 m	0.99
			BG13 - LM1 - TS (RS1 west) - 2.500 m	0.99
			BG14 - LM1 - TS (RS1 west) - 3.000 m	0.99
			BG15 - LM1 - TS (RS1 west) - 3.500 m	0.99
			BG16 - LM1 - TS (RS1 west) - 4.000 m	0.99
			BG17 - LM1 - TS (RS1 west) - 4.500 m	0.99
			BG18 - LM1 - TS (RS1 west) - 5.000 m	0.99
			BG19 - LM1 - TS (RS1 west) - 5.500 m	0.99
			BG20 - LM1 - TS (RS1 west) - 6.000 m	0.99
			BG21 - LM1 - TS (RS1 west) - 6.500 m	0.99
			BG22 - LM1 - TS (RS1 west) - 7.000 m	0.99
			BG23 - LM1 - TS (RS1 west) - 7.500 m	0.99
			BG24 - LM1 - TS (RS1 west) - 8.000 m	0.99
			BG25 - LM1 - TS (RS1 west) - 8.500 m	0.99
			BG26 - LM1 - TS (RS1 west) - 9.000 m	0.99
			BG27 - LM1 - TS (RS1 west) - 9.500 m	0.99
			BG28 - LM1 - TS (RS1 west) - 10.000 m	0.99
			BG29 - LM1 - TS (RS1 west) - 10.500 m	0.99
			BG30 - LM1 - TS (RS1 west) - 11.000 m	0.99
			BG31 - LM1 - TS (RS1 west) - 11.500 m	0.99
			BG32 - LM1 - TS (RS1 west) - 12.000 m	0.99
			BG33 - LM1 - TS (RS1 west) - 12.500 m	0.99
			BG34 - LM1 - TS (RS1 west) - 13.000 m	0.99
			BG35 - LM1 - TS (RS1 west) - 13.500 m	0.99
			BG36 - LM1 - TS (RS1 west) - 14.000 m	0.99
Combi10	UGT - LM1 (RS1 oost)	Omhullende - uiterst	BG0 - E.g. ingevoerde constructie	1.10
			BG1 - E.g. resterend beton	1.10
			BG2 - E.g. overlagingen en leuningwerk	1.10
			BG4 - UDL op voetpad	1.10
			BG6 - LM1 - UDL (RS1 oost)	0.99
			BG37 - LM1 - TS (RS1 oost) - 0.000 m	0.99

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
			BG38 - LM1 - TS (RS1 oost) - 0.500 m	0.99
			BG39 - LM1 - TS (RS1 oost) - 1.000 m	0.99
			BG40 - LM1 - TS (RS1 oost) - 1.500 m	0.99
			BG41 - LM1 - TS (RS1 oost) - 2.000 m	0.99
			BG42 - LM1 - TS (RS1 oost) - 2.500 m	0.99
			BG43 - LM1 - TS (RS1 oost) - 3.000 m	0.99
			BG44 - LM1 - TS (RS1 oost) - 3.500 m	0.99
			BG45 - LM1 - TS (RS1 oost) - 4.000 m	0.99
			BG46 - LM1 - TS (RS1 oost) - 4.500 m	0.99
			BG47 - LM1 - TS (RS1 oost) - 5.000 m	0.99
			BG48 - LM1 - TS (RS1 oost) - 5.500 m	0.99
			BG49 - LM1 - TS (RS1 oost) - 6.000 m	0.99
			BG50 - LM1 - TS (RS1 oost) - 6.500 m	0.99
			BG51 - LM1 - TS (RS1 oost) - 7.000 m	0.99
			BG52 - LM1 - TS (RS1 oost) - 7.500 m	0.99
			BG53 - LM1 - TS (RS1 oost) - 8.000 m	0.99
			BG54 - LM1 - TS (RS1 oost) - 8.500 m	0.99
			BG55 - LM1 - TS (RS1 oost) - 9.000 m	0.99
			BG56 - LM1 - TS (RS1 oost) - 9.500 m	0.99
			BG57 - LM1 - TS (RS1 oost) - 10.000 m	0.99
			BG58 - LM1 - TS (RS1 oost) - 10.500 m	0.99
			BG59 - LM1 - TS (RS1 oost) - 11.000 m	0.99
			BG60 - LM1 - TS (RS1 oost) - 11.500 m	0.99
			BG61 - LM1 - TS (RS1 oost) - 12.000 m	0.99
			BG62 - LM1 - TS (RS1 oost) - 12.500 m	0.99
			BG63 - LM1 - TS (RS1 oost) - 13.000 m	0.99
			BG64 - LM1 - TS (RS1 oost) - 13.500 m	0.99
			BG65 - LM1 - TS (RS1 oost) - 14.000 m	0.99
Combi11	UGT - LM1 80% (RS1 west)	Omhullende - uiterst	BG0 - E.g. ingevoerde constructie	1.10
			BG1 - E.g. resterend beton	1.10
			BG2 - E.g. overlagingen en leuningwerk	1.10
			BG4 - UDL op voetpad	1.10
			BG5 - LM1 - UDL (RS1 west)	0.79
			BG8 - LM1 - TS (RS1 west) - 0.000 m	0.79
			BG9 - LM1 - TS (RS1 west) -	0.79

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
			0.500 m	
			BG10 - LM1 - TS (RS1 west) - 1.000 m	0.79
			BG11 - LM1 - TS (RS1 west) - 1.500 m	0.79
			BG12 - LM1 - TS (RS1 west) - 2.000 m	0.79
			BG13 - LM1 - TS (RS1 west) - 2.500 m	0.79
			BG14 - LM1 - TS (RS1 west) - 3.000 m	0.79
			BG15 - LM1 - TS (RS1 west) - 3.500 m	0.79
			BG16 - LM1 - TS (RS1 west) - 4.000 m	0.79
			BG17 - LM1 - TS (RS1 west) - 4.500 m	0.79
			BG18 - LM1 - TS (RS1 west) - 5.000 m	0.79
			BG19 - LM1 - TS (RS1 west) - 5.500 m	0.79
			BG20 - LM1 - TS (RS1 west) - 6.000 m	0.79
			BG21 - LM1 - TS (RS1 west) - 6.500 m	0.79
			BG22 - LM1 - TS (RS1 west) - 7.000 m	0.79
			BG23 - LM1 - TS (RS1 west) - 7.500 m	0.79
			BG24 - LM1 - TS (RS1 west) - 8.000 m	0.79
			BG25 - LM1 - TS (RS1 west) - 8.500 m	0.79
			BG26 - LM1 - TS (RS1 west) - 9.000 m	0.79
			BG27 - LM1 - TS (RS1 west) - 9.500 m	0.79
			BG28 - LM1 - TS (RS1 west) - 10.000 m	0.79
			BG29 - LM1 - TS (RS1 west) - 10.500 m	0.79
			BG30 - LM1 - TS (RS1 west) - 11.000 m	0.79
			BG31 - LM1 - TS (RS1 west) - 11.500 m	0.79
			BG32 - LM1 - TS (RS1 west) - 12.000 m	0.79
			BG33 - LM1 - TS (RS1 west) - 12.500 m	0.79
			BG34 - LM1 - TS (RS1 west) - 13.000 m	0.79
			BG35 - LM1 - TS (RS1 west) - 13.500 m	0.79
			BG36 - LM1 - TS (RS1 west) - 14.000 m	0.79
Combi12	UGT - LM1 80% (RS1 oost)	Omhullende - uiterst	BG0 - E.g. ingevoerde constructie	1.10
			BG1 - E.g. resterend beton	1.10
			BG2 - E.g. overlagingen en leuningwerk	1.10
			BG4 - UDL op voetpad	1.10
			BG6 - LM1 - UDL (RS1 oost)	0.79
			BG37 - LM1 - TS (RS1 oost) - 0.000 m	0.79
			BG38 - LM1 - TS (RS1 oost) - 0.500 m	0.79

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
			BG39 - LM1 - TS (RS1 oost) - 1.000 m	0.79
			BG40 - LM1 - TS (RS1 oost) - 1.500 m	0.79
			BG41 - LM1 - TS (RS1 oost) - 2.000 m	0.79
			BG42 - LM1 - TS (RS1 oost) - 2.500 m	0.79
			BG43 - LM1 - TS (RS1 oost) - 3.000 m	0.79
			BG44 - LM1 - TS (RS1 oost) - 3.500 m	0.79
			BG45 - LM1 - TS (RS1 oost) - 4.000 m	0.79
			BG46 - LM1 - TS (RS1 oost) - 4.500 m	0.79
			BG47 - LM1 - TS (RS1 oost) - 5.000 m	0.79
			BG48 - LM1 - TS (RS1 oost) - 5.500 m	0.79
			BG49 - LM1 - TS (RS1 oost) - 6.000 m	0.79
			BG50 - LM1 - TS (RS1 oost) - 6.500 m	0.79
			BG51 - LM1 - TS (RS1 oost) - 7.000 m	0.79
			BG52 - LM1 - TS (RS1 oost) - 7.500 m	0.79
			BG53 - LM1 - TS (RS1 oost) - 8.000 m	0.79
			BG54 - LM1 - TS (RS1 oost) - 8.500 m	0.79
			BG55 - LM1 - TS (RS1 oost) - 9.000 m	0.79
			BG56 - LM1 - TS (RS1 oost) - 9.500 m	0.79
			BG57 - LM1 - TS (RS1 oost) - 10.000 m	0.79
			BG58 - LM1 - TS (RS1 oost) - 10.500 m	0.79
			BG59 - LM1 - TS (RS1 oost) - 11.000 m	0.79
			BG60 - LM1 - TS (RS1 oost) - 11.500 m	0.79
			BG61 - LM1 - TS (RS1 oost) - 12.000 m	0.79
			BG62 - LM1 - TS (RS1 oost) - 12.500 m	0.79
			BG63 - LM1 - TS (RS1 oost) - 13.000 m	0.79
			BG64 - LM1 - TS (RS1 oost) - 13.500 m	0.79
			BG65 - LM1 - TS (RS1 oost) - 14.000 m	0.79
Combi13	UGT - LM0 (RS1 west)	Omhullende - uiterst	BG0 - E.g. ingevoerde constructie	1.10
			BG1 - E.g. resterend beton	1.10
			BG2 - E.g. overlagingen en leuningwerk	1.10
			BG4 - UDL op voetpad	1.10
			BG7 - LM0 - UDL (aangepast LM)	1.10
			BG66 - LM0 - TS (aangepast LM west) - 0.000 m	1.10
			BG67 - LM0 - TS (aangepast LM) - 0.500 m	1.10

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
			BG68 - LM0 - TS (aangepast LM) - 1.000 m	1.10
			BG69 - LM0 - TS (aangepast LM) - 1.500 m	1.10
			BG70 - LM0 - TS (aangepast LM) - 2.000 m	1.10
			BG71 - LM0 - TS (aangepast LM) - 2.500 m	1.10
			BG72 - LM0 - TS (aangepast LM) - 3.000 m	1.10
			BG73 - LM0 - TS (aangepast LM) - 3.500 m	1.10
			BG74 - LM0 - TS (aangepast LM) - 4.000 m	1.10
			BG75 - LM0 - TS (aangepast LM) - 4.500 m	1.10
			BG76 - LM0 - TS (aangepast LM) - 5.000 m	1.10
			BG77 - LM0 - TS (aangepast LM) - 5.500 m	1.10
			BG78 - LM0 - TS (aangepast LM) - 6.000 m	1.10
			BG79 - LM0 - TS (aangepast LM) - 6.500 m	1.10
			BG80 - LM0 - TS (aangepast LM) - 7.000 m	1.10
			BG81 - LM0 - TS (aangepast LM) - 7.500 m	1.10
			BG82 - LM0 - TS (aangepast LM) - 8.000 m	1.10
			BG83 - LM0 - TS (aangepast LM) - 8.500 m	1.10
			BG84 - LM0 - TS (aangepast LM) - 9.000 m	1.10
			BG85 - LM0 - TS (aangepast LM) - 9.500 m	1.10
			BG86 - LM0 - TS (aangepast LM) - 10.000 m	1.10
			BG87 - LM0 - TS (aangepast LM) - 10.500 m	1.10
			BG88 - LM0 - TS (aangepast LM) - 11.000 m	1.10
			BG89 - LM0 - TS (aangepast LM) - 11.500 m	1.10
			BG90 - LM0 - TS (aangepast LM) - 12.000 m	1.10
			BG91 - LM0 - TS (aangepast LM) - 12.500 m	1.10
			BG92 - LM0 - TS (aangepast LM) - 13.000 m	1.10
			BG93 - LM0 - TS (aangepast LM) - 13.500 m	1.10
			BG94 - LM0 - TS (aangepast LM) - 14.000 m	1.10
Combi14	UGT - LM0 (RS1 oost)	Omhullende - uiterst	BG0 - E.g. ingevoerde constructie	1.10
			BG1 - E.g. resterend beton	1.10
			BG2 - E.g. overlagingen en leuningwerk	1.10
			BG4 - UDL op voetpad	1.10
			BG7 - LM0 - UDL (aangepast LM)	1.10
			BG95 - LM0 - TS (aangepast LM oost) - 0.000 m	1.10
			BG96 - LM0 - TS (aangepast LM) - 0.500 m	1.10

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
			BG97 - LM0 - TS (aangepast LM) - 1.000 m	1.10
			BG98 - LM0 - TS (aangepast LM) - 1.500 m	1.10
			BG99 - LM0 - TS (aangepast LM) - 2.000 m	1.10
			BG100 - LM0 - TS (aangepast LM) - 2.500 m	1.10
			BG101 - LM0 - TS (aangepast LM) - 3.000 m	1.10
			BG102 - LM0 - TS (aangepast LM) - 3.500 m	1.10
			BG103 - LM0 - TS (aangepast LM) - 4.000 m	1.10
			BG104 - LM0 - TS (aangepast LM) - 4.500 m	1.10
			BG105 - LM0 - TS (aangepast LM) - 5.000 m	1.10
			BG106 - LM0 - TS (aangepast LM) - 5.500 m	1.10
			BG107 - LM0 - TS (aangepast LM) - 6.000 m	1.10
			BG108 - LM0 - TS (aangepast LM) - 6.500 m	1.10
			BG109 - LM0 - TS (aangepast LM) - 7.000 m	1.10
			BG110 - LM0 - TS (aangepast LM) - 7.500 m	1.10
			BG111 - LM0 - TS (aangepast LM) - 8.000 m	1.10
			BG112 - LM0 - TS (aangepast LM) - 8.500 m	1.10
			BG113 - LM0 - TS (aangepast LM) - 9.000 m	1.10
			BG114 - LM0 - TS (aangepast LM) - 9.500 m	1.10
			BG115 - LM0 - TS (aangepast LM) - 10.000 m	1.10
			BG116 - LM0 - TS (aangepast LM) - 10.500 m	1.10
			BG117 - LM0 - TS (aangepast LM) - 11.000 m	1.10
			BG118 - LM0 - TS (aangepast LM) - 11.500 m	1.10
			BG119 - LM0 - TS (aangepast LM) - 12.000 m	1.10
			BG120 - LM0 - TS (aangepast LM) - 12.500 m	1.10
			BG121 - LM0 - TS (aangepast LM) - 13.000 m	1.10
			BG122 - LM0 - TS (aangepast LM) - 13.500 m	1.10
			BG123 - LM0 - TS (aangepast LM) - 14.000 m	1.10

24. Resultaatklasses

Naam	Lijst
Alle BGT	Combi1 - Omhullende - bruikbaarheid
	Combi2 - Omhullende - bruikbaarheid
	Combi3 - Omhullende - bruikbaarheid
	Combi4 - Omhullende - bruikbaarheid
	Combi5 - Omhullende - bruikbaarheid
	Combi6 - Omhullende - bruikbaarheid
	Combi7 - Omhullende - bruikbaarheid

Naam	Lijst
Alle UGT	Combi8 - Omhullende - uiterst
	Combi9 - Omhullende - uiterst
	Combi10 - Omhullende - uiterst
	Combi11 - Omhullende - uiterst
	Combi12 - Omhullende - uiterst
	Combi13 - Omhullende - uiterst
	Combi14 - Omhullende - uiterst
Alle UGT2	Combi15 - Omhullende - uiterst
	Combi16 - Omhullende - uiterst
	Combi17 - Omhullende - uiterst
	Combi18 - Omhullende - uiterst
	Combi19 - Omhullende - uiterst
	Combi20 - Omhullende - uiterst

25. Instellingen net

Naam	MeshSetup1
Minimum afstand tussen twee punten [m]	0.001
Gemiddeld aantal tussenpunten op 1D element	1
Gemiddelde grootte van 2D element/gekromd element [m]	0.250
Definitie van netelementen afmetingen voor panelen	Handmatig
Gemiddelde afmeting van paneelelement [m]	1.000
Elastisch net	✓
Pas automatische netverfijning toe	✗
Minimum lengte van staafelement [m]	0.100
Maximum lengte van staafelement [m]	1000.000
Gemiddelde grootte van kabels, staven op elastische bedding, niet-lineaire grondveer [m]	1.000
Generatie van knopen op staven	✓
Generatie van knopen bij puntlasten op staven	✓
Generatie van excentrische elementen op staven met variabele hoogte	✗
Verdeling op consoles en variabele staven	5
Verdeling voor 2D-1D upgrade	50
Netverfijning volgens het liggertype	Geen
Genereren vooraf gedefinieerd net	✓
Maximale hoek uit het vlak van vierhoekig element [mrad]	30.0
Verh. voorgedefinieerd net	1.5
Zwevende knopen voor voorspanning	✓

26. Staven

Naam	Doorsnede	Materiaal	Lengte [m]	Beginknoop	Eindknoop	Type
S1	CS5 - I ng (400; 140; 140; 20; 20; 13)	S 235	3.960	K1	K2	plaatrib (92)
S2	CS5 - I ng (400; 140; 140; 20; 20; 13)	S 235	6.100	K3	K4	plaatrib (92)
S3	CS5 - I ng (400; 140; 140; 20; 20; 13)	S 235	5.000	K5	K6	plaatrib (92)
S4	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	3.800	K13	K14	plaatrib (92)
S5	CS6 - I ng (300; 150; 150; 15; 15; 10)	S 235	6.100	K15	K16	plaatrib (92)
S6	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	4.200	K17	K18	plaatrib (92)
S7	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	3.200	K25	K26	plaatrib (92)
S8	CS6 - I ng (300; 150; 150; 15; 15; 10)	S 235	6.100	K27	K28	plaatrib (92)
S9	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	3.200	K29	K30	plaatrib (92)
S10	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	3.200	K37	K38	plaatrib (92)
S11	CS6 - I ng (300; 150; 150; 15; 15; 10)	S 235	6.100	K39	K40	plaatrib (92)
S12	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	3.200	K41	K42	plaatrib (92)
S13	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	3.200	K49	K50	plaatrib (92)
S14	CS6 - I ng (300; 150; 150; 15; 15; 10)	S 235	6.100	K51	K52	plaatrib (92)
S15	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	3.200	K53	K54	plaatrib (92)
S16	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	3.200	K61	K62	plaatrib (92)
S17	CS6 - I ng (300; 150; 150; 15; 15; 10)	S 235	6.100	K63	K64	plaatrib (92)
S18	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	3.200	K65	K66	plaatrib (92)
S19	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	3.200	K73	K74	plaatrib (92)
S20	CS6 - I ng (300; 150; 150; 15; 15; 10)	S 235	6.100	K75	K76	plaatrib (92)
S21	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	3.200	K77	K78	plaatrib (92)
S22	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	3.200	K85	K86	plaatrib (92)
S23	CS6 - I ng (300; 150; 150; 15; 15; 10)	S 235	6.100	K87	K88	plaatrib (92)
S24	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	3.200	K89	K90	plaatrib (92)

Naam	Doorsnede	Materiaal	Lengte [m]	Beginknoop	Eindknoop	Type
S25	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	3.200	K97	K98	plaatrib (92)
S26	CS6 - I ng (300; 150; 150; 15; 15; 10)	S 235	6.100	K99	K100	plaatrib (92)
S27	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	3.200	K101	K102	plaatrib (92)
S28	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	3.200	K109	K110	plaatrib (92)
S29	CS6 - I ng (300; 150; 150; 15; 15; 10)	S 235	6.100	K111	K112	plaatrib (92)
S30	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	3.200	K113	K114	plaatrib (92)
S31	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	3.200	K121	K122	plaatrib (92)
S32	CS6 - I ng (300; 150; 150; 15; 15; 10)	S 235	6.100	K123	K124	plaatrib (92)
S33	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	3.200	K125	K126	plaatrib (92)
S34	CS5 - I ng (400; 140; 140; 20; 20; 13)	S 235	3.200	K133	K134	plaatrib (92)
S35	CS5 - I ng (400; 140; 140; 20; 20; 13)	S 235	6.100	K135	K136	plaatrib (92)
S36	CS5 - I ng (400; 140; 140; 20; 20; 13)	S 235	3.200	K137	K138	plaatrib (92)
S37	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	1.345	K148	K149	plaatrib (92)
S38	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	2.369	K150	K151	plaatrib (92)
S39	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	4.209	K152	K154	plaatrib (92)
S40	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	1.345	K155	K159	plaatrib (92)
S41	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	2.369	K156	K160	plaatrib (92)
S42	CS7 - I ng (233; 88; 88; 12; 12; 8)	S 235	4.209	K157	K161	plaatrib (92)

27. 2D-elementen

Naam	Laag	Type	Rekenmodel	Materiaal	Dikte type	D. [mm]	
E1	Laag1	vloer (90)	Standaard	K150	constant	260	
E2	Laag1	vloer (90)	Standaard	K150	constant	260	
E3	Laag1	vloer (90)	Standaard	K150	constant	260	
E4	Laag1	vloer (90)	Standaard	K150	constant	260	
E5	Laag1	vloer (90)	Standaard	K150	constant	260	

28. Knoopondersteuningen

Naam	Knoop	Type	X	Y	Z	Rx	Ry	Rz
Sn1	K152	Standaard	Vast	Vast	Vast	Vrij	Vrij	Vrij
Sn2	K157	Standaard	Vrij	Vrij	Vast	Vrij	Vrij	Vrij
Sn3	K7	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn4	K19	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn5	K31	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn6	K43	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn7	K55	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn8	K67	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn9	K79	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn10	K91	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn11	K103	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn12	K115	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn13	K127	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn14	K139	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn15	K148	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn16	K150	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn17	K36	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn18	K48	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn19	K60	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn20	K72	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn21	K84	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn22	K146	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn23	K147	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn24	K24	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn25	K12	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn26	K155	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn27	K156	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn28	K96	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn29	K108	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn30	K120	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn31	K132	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn32	K144	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn33	K8	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij

Naam	Knoop	Type	X	Y	Z	Rx	Ry	Rz
Sn34	K20	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn35	K32	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn36	K44	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn37	K56	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn38	K68	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn39	K80	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn40	K92	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn41	K104	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn42	K116	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn43	K128	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn44	K140	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn45	K9	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn46	K21	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn47	K33	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn48	K45	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn49	K57	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn50	K69	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn51	K81	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn52	K93	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn53	K105	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn54	K117	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn55	K129	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn56	K141	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn57	K10	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn58	K22	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn59	K34	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn60	K46	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn61	K58	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn62	K70	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn63	K82	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn64	K94	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn65	K106	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn66	K118	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn67	K130	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn68	K142	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn69	K11	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn70	K23	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn71	K35	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn72	K47	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn73	K59	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn74	K71	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn75	K83	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn76	K95	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn77	K107	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn78	K119	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn79	K131	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij
Sn80	K143	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	Vrij	Vrij	Vrij

29. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop
Selectie : Alle
Klasse : Alle UGT2

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn1/K152	Combi15/95	**0.00**	**0.00**	5.20	0.00	0.00	0.00
Sn1/K152	Combi15/21	**0.00**	**0.00**	5.25	0.00	0.00	0.00
Sn1/K152	Combi15/96	0.00	0.00	**2.26**	0.00	0.00	0.00
Sn1/K152	Combi20/97	0.00	0.00	**5.59**	0.00	0.00	0.00
Sn1/K152	Combi15/8	0.00	0.00	5.20	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn2/K157	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	5.20	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn2/K157	Combi15/98	0.00	0.00	**2.26**	0.00	0.00	0.00
Sn2/K157	Combi20/20	0.00	0.00	**5.59**	0.00	0.00	0.00
Sn3/K7	Combi15/21	**0.00**	**0.00**	28.70	0.00	0.00	0.00
Sn3/K7	Combi15/95	**0.00**	**0.00**	26.19	0.00	0.00	0.00
Sn3/K7	Combi16/99	0.00	0.00	**23.90**	0.00	0.00	0.00
Sn3/K7	Combi16/100	0.00	0.00	**34.28**	0.00	0.00	0.00
Sn3/K7	Combi15/8	0.00	0.00	26.18	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn4/K19	Combi15/21	**0.00**	**0.00**	16.83	0.00	0.00	0.00
Sn4/K19	Combi15/95	**0.00**	**0.00**	15.13	0.00	0.00	0.00
Sn4/K19	Combi19/101	0.00	0.00	**13.40**	0.00	0.00	0.00
Sn4/K19	Combi16/2	0.00	0.00	**44.18**	0.00	0.00	0.00
Sn4/K19	Combi15/8	0.00	0.00	15.09	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn5/K31	Combi15/21	**0.00**	**0.00**	29.58	0.00	0.00	0.00
Sn5/K31	Combi15/95	**0.00**	**0.00**	25.86	0.00	0.00	0.00
Sn5/K31	Combi16/10	0.00	0.00	**24.57**	0.00	0.00	0.00
Sn5/K31	Combi16/2	0.00	0.00	**116.56**	0.00	0.00	0.00
Sn5/K31	Combi15/8	0.00	0.00	25.92	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn6/K43	Combi15/102	**0.00**	0.00	18.17	0.00	0.00	0.00
Sn6/K43	Combi15/98	**0.00**	0.00	20.62	0.00	0.00	0.00
Sn6/K43	Combi15/95	0.00	**0.00**	17.91	0.00	0.00	0.00
Sn6/K43	Combi15/21	0.00	**0.00**	20.88	0.00	0.00	0.00
Sn6/K43	Combi16/10	0.00	0.00	**17.20**	0.00	0.00	0.00
Sn6/K43	Combi16/2	0.00	0.00	**98.51**	0.00	0.00	0.00
Sn6/K43	Combi15/8	0.00	0.00	17.93	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn7/K55	Combi15/95	**0.00**	**0.00**	15.64	0.00	0.00	0.00
Sn7/K55	Combi15/21	**0.00**	**0.00**	19.08	0.00	0.00	0.00
Sn7/K55	Combi16/66	0.00	0.00	**14.91**	0.00	0.00	0.00
Sn7/K55	Combi16/5	0.00	0.00	**97.91**	0.00	0.00	0.00
Sn7/K55	Combi15/8	0.00	0.00	15.65	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn8/K67	Combi15/95	**0.00**	**0.00**	15.44	0.00	0.00	0.00
Sn8/K67	Combi15/21	**0.00**	**0.00**	20.59	0.00	0.00	0.00
Sn8/K67	Combi16/66	0.00	0.00	**14.61**	0.00	0.00	0.00
Sn8/K67	Combi16/5	0.00	0.00	**107.47**	0.00	0.00	0.00
Sn8/K67	Combi15/8	0.00	0.00	15.46	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn9/K79	Combi15/95	**0.00**	**0.00**	15.61	0.00	0.00	0.00
Sn9/K79	Combi15/21	**0.00**	**0.00**	23.20	0.00	0.00	0.00
Sn9/K79	Combi15/6	0.00	0.00	**14.76**	0.00	0.00	0.00
Sn9/K79	Combi15/7	0.00	0.00	**107.88**	0.00	0.00	0.00
Sn9/K79	Combi15/8	0.00	0.00	15.64	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn10/K91	Combi15/95	**0.00**	**0.00**	15.68	0.00	0.00	0.00
Sn10/K91	Combi15/21	**0.00**	**0.00**	24.85	0.00	0.00	0.00
Sn10/K91	Combi15/6	0.00	0.00	**14.92**	0.00	0.00	0.00
Sn10/K91	Combi15/7	0.00	0.00	**97.55**	0.00	0.00	0.00
Sn10/K91	Combi15/8	0.00	0.00	15.70	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn11/K103	Combi15/95	**0.00**	**0.00**	15.80	0.00	0.00	0.00
Sn11/K103	Combi15/21	**0.00**	**0.00**	25.07	0.00	0.00	0.00
Sn11/K103	Combi15/3	0.00	0.00	**15.24**	0.00	0.00	0.00
Sn11/K103	Combi15/65	0.00	0.00	**89.36**	0.00	0.00	0.00
Sn11/K103	Combi15/8	0.00	0.00	15.82	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn12/K115	Combi15/21	**0.00**	**0.00**	24.62	0.00	0.00	0.00
Sn12/K115	Combi15/95	**0.00**	**0.00**	16.72	0.00	0.00	0.00
Sn12/K115	Combi20/103	0.00	0.00	**15.62**	0.00	0.00	0.00
Sn12/K115	Combi15/65	0.00	0.00	**87.02**	0.00	0.00	0.00
Sn12/K115	Combi15/8	0.00	0.00	16.72	**0.00**	**0.00**	**0.00**

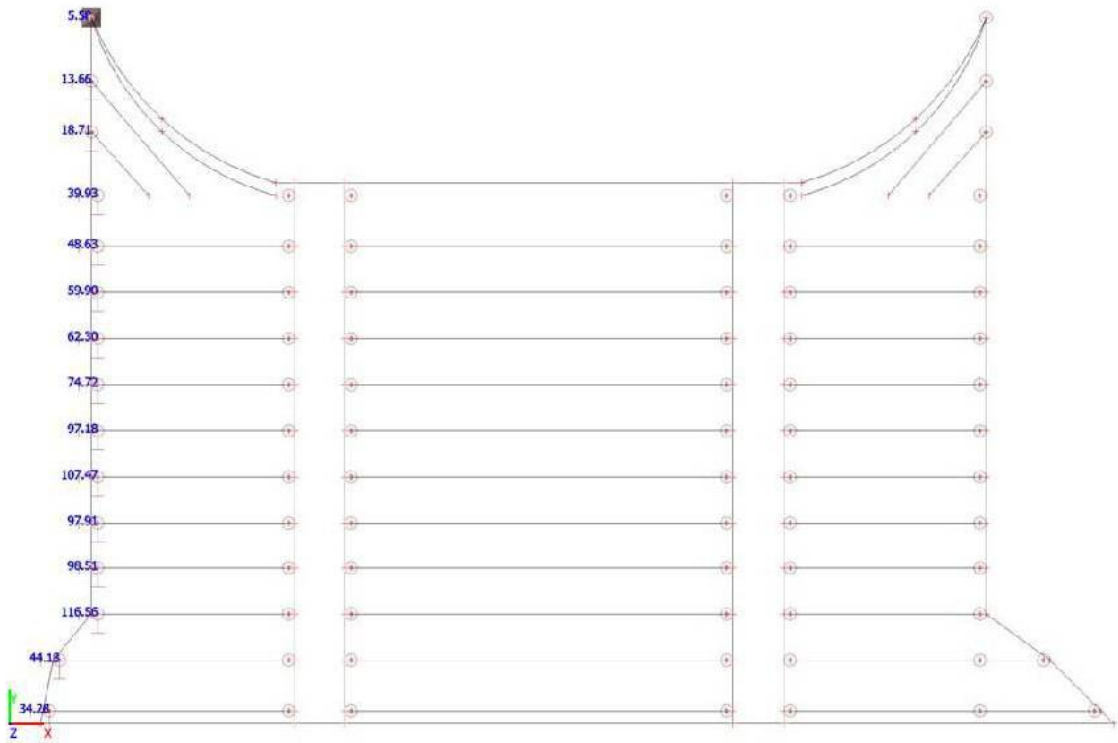
Steunpunt	BG	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn13/K127	Combi15/21	**0.00**	**0.00**	25.50	0.00	0.00	0.00
Sn13/K127	Combi15/95	**0.00**	**0.00**	19.72	0.00	0.00	0.00
Sn13/K127	Combi20/12	0.00	0.00	**18.43**	0.00	0.00	0.00
Sn13/K127	Combi15/65	0.00	0.00	**66.45**	0.00	0.00	0.00
Sn13/K127	Combi15/8	0.00	0.00	19.72	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn14/K139	Combi15/21	**0.00**	**0.00**	29.33	0.00	0.00	0.00
Sn14/K139	Combi15/95	**0.00**	**0.00**	24.92	0.00	0.00	0.00
Sn14/K139	Combi20/12	0.00	0.00	**24.06**	0.00	0.00	0.00
Sn14/K139	Combi15/65	0.00	0.00	**48.24**	0.00	0.00	0.00
Sn14/K139	Combi15/8	0.00	0.00	24.93	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn15/K148	Combi15/98	**0.00**	0.00	16.33	0.00	0.00	0.00
Sn15/K148	Combi15/6	**0.00**	0.00	18.67	0.00	0.00	0.00
Sn15/K148	Combi15/21	0.00	**0.00**	18.28	0.00	0.00	0.00
Sn15/K148	Combi15/95	0.00	**0.00**	16.73	0.00	0.00	0.00
Sn15/K148	Combi15/96	0.00	0.00	**15.02**	0.00	0.00	0.00
Sn15/K148	Combi20/16	0.00	0.00	**18.73**	0.00	0.00	0.00
Sn15/K148	Combi15/8	0.00	0.00	16.72	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn16/K150	Combi15/95	**0.00**	**0.00**	12.28	0.00	0.00	0.00
Sn16/K150	Combi15/21	**0.00**	**0.00**	12.94	0.00	0.00	0.00
Sn16/K150	Combi15/96	0.00	0.00	**6.66**	0.00	0.00	0.00
Sn16/K150	Combi20/16	0.00	0.00	**13.68**	0.00	0.00	0.00
Sn16/K150	Combi15/8	0.00	0.00	12.28	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn17/K36	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	19.75	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn17/K36	Combi16/10	0.00	0.00	**18.98**	0.00	0.00	0.00
Sn17/K36	Combi16/89	0.00	0.00	**98.99**	0.00	0.00	0.00
Sn18/K48	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	16.45	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn18/K48	Combi16/10	0.00	0.00	**15.93**	0.00	0.00	0.00
Sn18/K48	Combi16/89	0.00	0.00	**93.99**	0.00	0.00	0.00
Sn19/K60	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	15.81	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn19/K60	Combi16/66	0.00	0.00	**15.20**	0.00	0.00	0.00
Sn19/K60	Combi16/104	0.00	0.00	**98.06**	0.00	0.00	0.00
Sn20/K72	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	15.87	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn20/K72	Combi16/66	0.00	0.00	**15.16**	0.00	0.00	0.00
Sn20/K72	Combi16/104	0.00	0.00	**108.44**	0.00	0.00	0.00
Sn21/K84	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	15.91	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn21/K84	Combi15/6	0.00	0.00	**15.19**	0.00	0.00	0.00
Sn21/K84	Combi15/105	0.00	0.00	**108.42**	0.00	0.00	0.00
Sn22/K146	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	26.55	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn22/K146	Combi16/10	0.00	0.00	**25.35**	0.00	0.00	0.00
Sn22/K146	Combi16/89	0.00	0.00	**80.34**	0.00	0.00	0.00
Sn23/K147	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	35.56	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn23/K147	Combi16/10	0.00	0.00	**33.86**	0.00	0.00	0.00
Sn23/K147	Combi16/106	0.00	0.00	**56.48**	0.00	0.00	0.00
Sn24/K24	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	6.88	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn24/K24	Combi16/107	0.00	0.00	**0.87**	0.00	0.00	0.00
Sn24/K24	Combi16/89	0.00	0.00	**16.08**	0.00	0.00	0.00
Sn25/K12	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	9.11	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn25/K12	Combi16/108	0.00	0.00	**-5.02**	0.00	0.00	0.00
Sn25/K12	Combi16/66	0.00	0.00	**11.08**	0.00	0.00	0.00
Sn26/K155	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	16.71	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn26/K155	Combi15/98	0.00	0.00	**15.01**	0.00	0.00	0.00
Sn26/K155	Combi16/66	0.00	0.00	**18.73**	0.00	0.00	0.00
Sn27/K156	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	12.28	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn27/K156	Combi15/98	0.00	0.00	**6.65**	0.00	0.00	0.00
Sn27/K156	Combi20/20	0.00	0.00	**13.67**	0.00	0.00	0.00
Sn28/K96	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	15.83	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn28/K96	Combi15/6	0.00	0.00	**15.20**	0.00	0.00	0.00
Sn28/K96	Combi15/105	0.00	0.00	**97.81**	0.00	0.00	0.00
Sn29/K108	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	15.87	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn29/K108	Combi15/3	0.00	0.00	**15.41**	0.00	0.00	0.00
Sn29/K108	Combi15/109	0.00	0.00	**89.46**	0.00	0.00	0.00
Sn30/K120	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	16.73	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn30/K120	Combi20/110	0.00	0.00	**15.64**	0.00	0.00	0.00
Sn30/K120	Combi15/109	0.00	0.00	**87.05**	0.00	0.00	0.00
Sn31/K132	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	19.72	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn31/K132	Combi20/23	0.00	0.00	**18.43**	0.00	0.00	0.00

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn31/K132	Combi15/109	0.00	0.00	**66.45**	0.00	0.00	0.00
Sn32/K144	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	24.93	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn32/K144	Combi20/23	0.00	0.00	**24.06**	0.00	0.00	0.00
Sn32/K144	Combi15/109	0.00	0.00	**48.24**	0.00	0.00	0.00
Sn33/K8	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	28.49	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn33/K8	Combi16/111	0.00	0.00	**12.24**	0.00	0.00	0.00
Sn33/K8	Combi16/112	0.00	0.00	**50.23**	0.00	0.00	0.00
Sn34/K20	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	21.73	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn34/K20	Combi16/10	0.00	0.00	**10.19**	0.00	0.00	0.00
Sn34/K20	Combi16/9	0.00	0.00	**70.37**	0.00	0.00	0.00
Sn35/K32	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	17.78	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn35/K32	Combi16/10	0.00	0.00	**6.46**	0.00	0.00	0.00
Sn35/K32	Combi16/9	0.00	0.00	**87.55**	0.00	0.00	0.00
Sn36/K44	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	16.02	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn36/K44	Combi16/10	0.00	0.00	**3.79**	0.00	0.00	0.00
Sn36/K44	Combi16/9	0.00	0.00	**94.42**	0.00	0.00	0.00
Sn37/K56	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	15.49	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn37/K56	Combi16/66	0.00	0.00	**2.15**	0.00	0.00	0.00
Sn37/K56	Combi16/113	0.00	0.00	**100.74**	0.00	0.00	0.00
Sn38/K68	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	15.43	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn38/K68	Combi16/66	0.00	0.00	**1.63**	0.00	0.00	0.00
Sn38/K68	Combi16/113	0.00	0.00	**105.04**	0.00	0.00	0.00
Sn39/K80	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	15.41	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn39/K80	Combi15/6	0.00	0.00	**1.58**	0.00	0.00	0.00
Sn39/K80	Combi15/96	0.00	0.00	**104.98**	0.00	0.00	0.00
Sn40/K92	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	15.37	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn40/K92	Combi15/6	0.00	0.00	**1.92**	0.00	0.00	0.00
Sn40/K92	Combi15/96	0.00	0.00	**100.83**	0.00	0.00	0.00
Sn41/K104	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	15.66	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn41/K104	Combi15/6	0.00	0.00	**3.29**	0.00	0.00	0.00
Sn41/K104	Combi15/96	0.00	0.00	**93.47**	0.00	0.00	0.00
Sn42/K116	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	17.34	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn42/K116	Combi15/3	0.00	0.00	**5.88**	0.00	0.00	0.00
Sn42/K116	Combi15/114	0.00	0.00	**85.89**	0.00	0.00	0.00
Sn43/K128	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	22.18	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn43/K128	Combi15/3	0.00	0.00	**10.58**	0.00	0.00	0.00
Sn43/K128	Combi15/114	0.00	0.00	**69.64**	0.00	0.00	0.00
Sn44/K140	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	32.12	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn44/K140	Combi15/1	0.00	0.00	**16.33**	0.00	0.00	0.00
Sn44/K140	Combi15/115	0.00	0.00	**53.83**	0.00	0.00	0.00
Sn45/K9	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	52.13	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn45/K9	Combi16/28	0.00	0.00	**44.81**	0.00	0.00	0.00
Sn45/K9	Combi16/17	0.00	0.00	**89.63**	0.00	0.00	0.00
Sn46/K21	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	47.10	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn46/K21	Combi16/14	0.00	0.00	**44.24**	0.00	0.00	0.00
Sn46/K21	Combi16/17	0.00	0.00	**112.63**	0.00	0.00	0.00
Sn47/K33	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	43.92	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn47/K33	Combi16/14	0.00	0.00	**41.28**	0.00	0.00	0.00
Sn47/K33	Combi16/17	0.00	0.00	**127.64**	0.00	0.00	0.00
Sn48/K45	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	42.73	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn48/K45	Combi15/116	0.00	0.00	**39.75**	0.00	0.00	0.00
Sn48/K45	Combi16/17	0.00	0.00	**138.28**	0.00	0.00	0.00
Sn49/K57	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	42.55	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn49/K57	Combi15/116	0.00	0.00	**39.32**	0.00	0.00	0.00
Sn49/K57	Combi16/17	0.00	0.00	**143.60**	0.00	0.00	0.00
Sn50/K69	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	42.62	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn50/K69	Combi15/116	0.00	0.00	**39.46**	0.00	0.00	0.00
Sn50/K69	Combi16/17	0.00	0.00	**142.47**	0.00	0.00	0.00
Sn51/K81	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	42.62	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn51/K81	Combi16/14	0.00	0.00	**39.47**	0.00	0.00	0.00
Sn51/K81	Combi15/13	0.00	0.00	**142.24**	0.00	0.00	0.00
Sn52/K93	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	42.51	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn52/K93	Combi16/14	0.00	0.00	**39.40**	0.00	0.00	0.00
Sn52/K93	Combi15/13	0.00	0.00	**143.70**	0.00	0.00	0.00
Sn53/K105	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	42.65	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn53/K105	Combi16/14	0.00	0.00	**39.84**	0.00	0.00	0.00

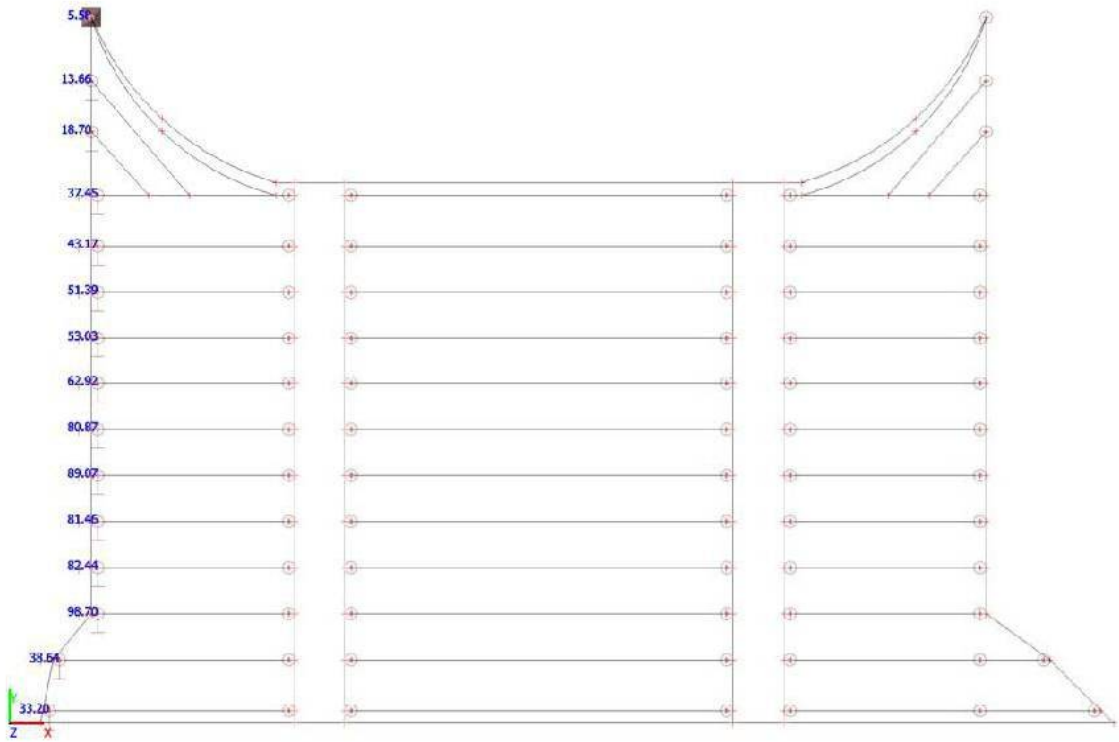
Steunpunt	BG	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn53/K105	Combi15/13	0.00	0.00	**138.67**	0.00	0.00	0.00
Sn54/K117	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	43.91	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn54/K117	Combi16/14	0.00	0.00	**41.58**	0.00	0.00	0.00
Sn54/K117	Combi15/13	0.00	0.00	**128.46**	0.00	0.00	0.00
Sn55/K129	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	47.54	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn55/K129	Combi15/116	0.00	0.00	**45.04**	0.00	0.00	0.00
Sn55/K129	Combi15/13	0.00	0.00	**114.31**	0.00	0.00	0.00
Sn56/K141	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	53.68	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn56/K141	Combi15/117	0.00	0.00	**47.13**	0.00	0.00	0.00
Sn56/K141	Combi15/13	0.00	0.00	**92.99**	0.00	0.00	0.00
Sn57/K10	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	51.61	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn57/K10	Combi16/107	0.00	0.00	**43.82**	0.00	0.00	0.00
Sn57/K10	Combi16/17	0.00	0.00	**86.75**	0.00	0.00	0.00
Sn58/K22	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	47.31	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn58/K22	Combi16/18	0.00	0.00	**44.75**	0.00	0.00	0.00
Sn58/K22	Combi16/17	0.00	0.00	**106.90**	0.00	0.00	0.00
Sn59/K34	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	44.38	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn59/K34	Combi15/118	0.00	0.00	**42.20**	0.00	0.00	0.00
Sn59/K34	Combi16/119	0.00	0.00	**123.47**	0.00	0.00	0.00
Sn60/K46	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	43.16	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn60/K46	Combi15/118	0.00	0.00	**40.49**	0.00	0.00	0.00
Sn60/K46	Combi16/17	0.00	0.00	**128.77**	0.00	0.00	0.00
Sn61/K58	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	42.85	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn61/K58	Combi15/118	0.00	0.00	**39.85**	0.00	0.00	0.00
Sn61/K58	Combi16/17	0.00	0.00	**132.94**	0.00	0.00	0.00
Sn62/K70	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	42.80	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn62/K70	Combi15/118	0.00	0.00	**39.78**	0.00	0.00	0.00
Sn62/K70	Combi16/119	0.00	0.00	**140.66**	0.00	0.00	0.00
Sn63/K82	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	42.70	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn63/K82	Combi16/18	0.00	0.00	**39.67**	0.00	0.00	0.00
Sn63/K82	Combi15/86	0.00	0.00	**140.47**	0.00	0.00	0.00
Sn64/K94	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	42.54	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn64/K94	Combi16/18	0.00	0.00	**39.48**	0.00	0.00	0.00
Sn64/K94	Combi15/13	0.00	0.00	**132.70**	0.00	0.00	0.00
Sn65/K106	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	42.66	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn65/K106	Combi16/18	0.00	0.00	**39.85**	0.00	0.00	0.00
Sn65/K106	Combi15/13	0.00	0.00	**128.64**	0.00	0.00	0.00
Sn66/K118	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	43.91	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn66/K118	Combi16/18	0.00	0.00	**41.57**	0.00	0.00	0.00
Sn66/K118	Combi15/86	0.00	0.00	**123.53**	0.00	0.00	0.00
Sn67/K130	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	47.53	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn67/K130	Combi15/118	0.00	0.00	**45.03**	0.00	0.00	0.00
Sn67/K130	Combi15/13	0.00	0.00	**108.19**	0.00	0.00	0.00
Sn68/K142	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	53.68	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn68/K142	Combi15/25	0.00	0.00	**47.12**	0.00	0.00	0.00
Sn68/K142	Combi15/13	0.00	0.00	**90.50**	0.00	0.00	0.00
Sn69/K11	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	22.13	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn69/K11	Combi16/111	0.00	0.00	**6.70**	0.00	0.00	0.00
Sn69/K11	Combi16/120	0.00	0.00	**36.07**	0.00	0.00	0.00
Sn70/K23	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	18.33	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn70/K23	Combi16/10	0.00	0.00	**7.16**	0.00	0.00	0.00
Sn70/K23	Combi16/106	0.00	0.00	**62.09**	0.00	0.00	0.00
Sn71/K35	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	16.14	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn71/K35	Combi16/10	0.00	0.00	**4.73**	0.00	0.00	0.00
Sn71/K35	Combi16/106	0.00	0.00	**83.27**	0.00	0.00	0.00
Sn72/K47	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	15.40	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn72/K47	Combi16/66	0.00	0.00	**2.88**	0.00	0.00	0.00
Sn72/K47	Combi16/108	0.00	0.00	**92.64**	0.00	0.00	0.00
Sn73/K59	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	15.38	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn73/K59	Combi16/66	0.00	0.00	**1.70**	0.00	0.00	0.00
Sn73/K59	Combi16/108	0.00	0.00	**100.29**	0.00	0.00	0.00
Sn74/K71	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	15.51	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn74/K71	Combi16/66	0.00	0.00	**1.39**	0.00	0.00	0.00
Sn74/K71	Combi16/108	0.00	0.00	**105.15**	0.00	0.00	0.00
Sn75/K83	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	15.52	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn75/K83	Combi15/6	0.00	0.00	**1.37**	0.00	0.00	0.00

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn75/K83	Combi15/98	0.00	0.00	**105.17**	0.00	0.00	0.00
Sn76/K95	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	15.45	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn76/K95	Combi15/6	0.00	0.00	**1.67**	0.00	0.00	0.00
Sn76/K95	Combi15/98	0.00	0.00	**100.97**	0.00	0.00	0.00
Sn77/K107	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	15.70	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn77/K107	Combi15/6	0.00	0.00	**3.02**	0.00	0.00	0.00
Sn77/K107	Combi15/98	0.00	0.00	**93.54**	0.00	0.00	0.00
Sn78/K119	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	17.36	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn78/K119	Combi15/3	0.00	0.00	**5.67**	0.00	0.00	0.00
Sn78/K119	Combi15/21	0.00	0.00	**85.92**	0.00	0.00	0.00
Sn79/K131	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	22.18	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn79/K131	Combi15/3	0.00	0.00	**10.65**	0.00	0.00	0.00
Sn79/K131	Combi15/21	0.00	0.00	**69.65**	0.00	0.00	0.00
Sn80/K143	Combi15/8	**0.00**	**0.00**	32.12	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Sn80/K143	Combi15/1	0.00	0.00	**17.17**	0.00	0.00	0.00
Sn80/K143	Combi15/121	0.00	0.00	**53.82**	0.00	0.00	0.00

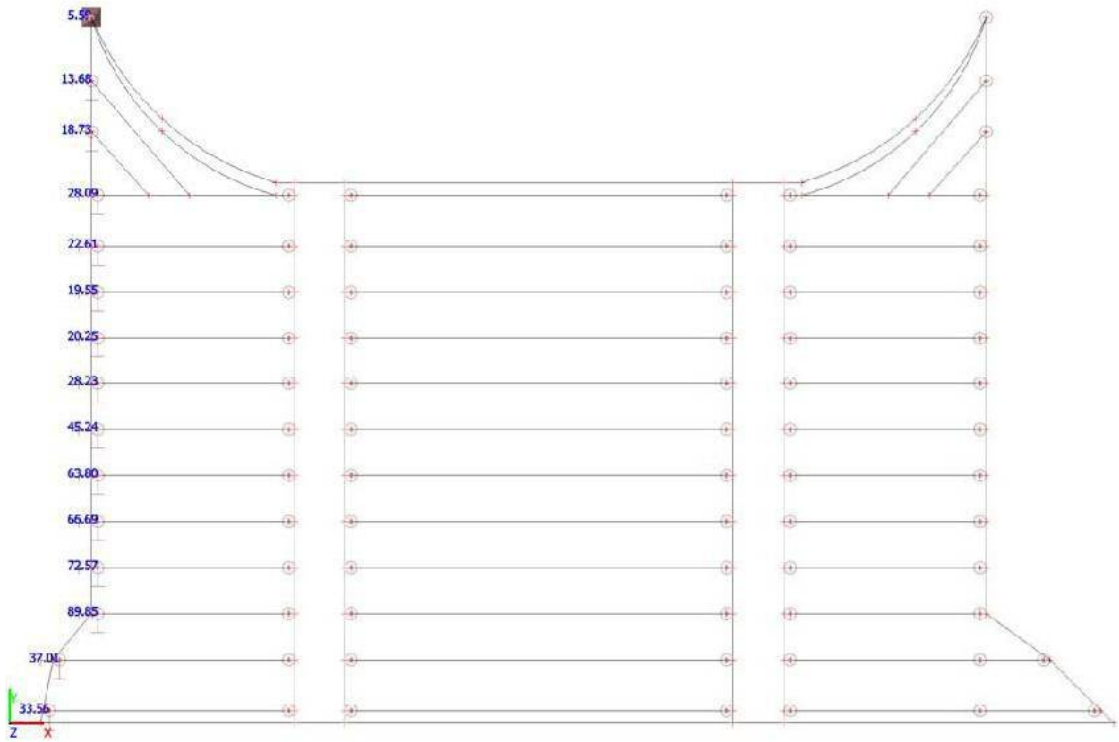
30. Reacties; Rz - Vol



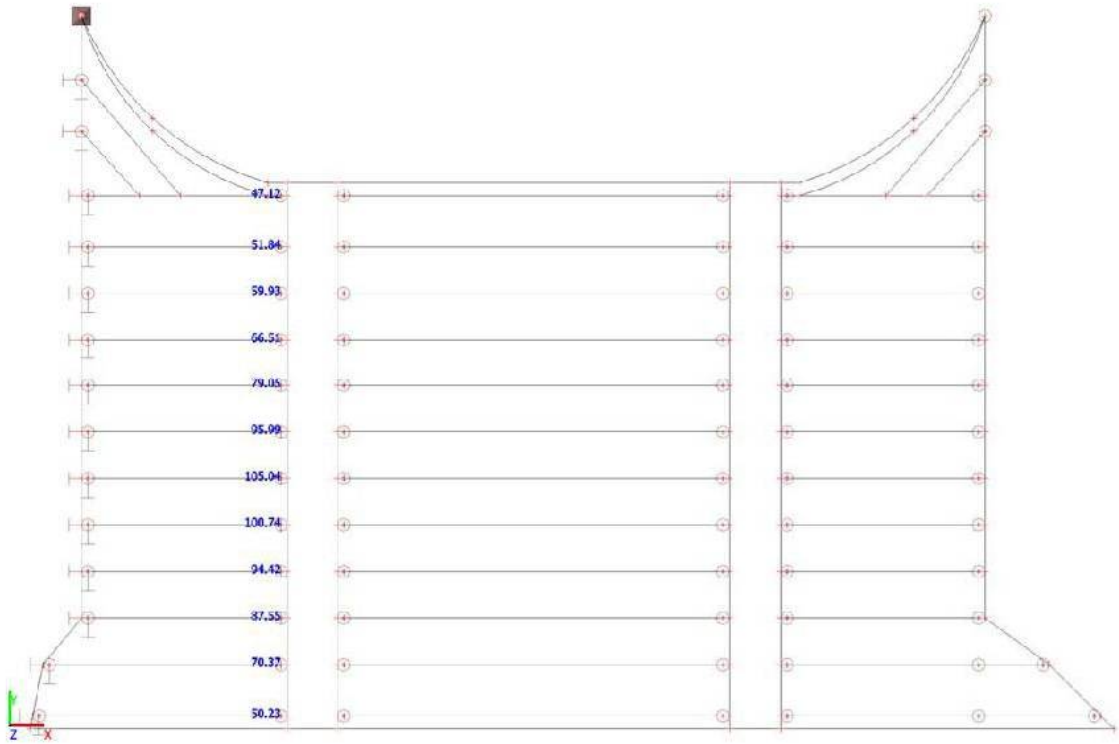
31. Reacties; Rz - 80%



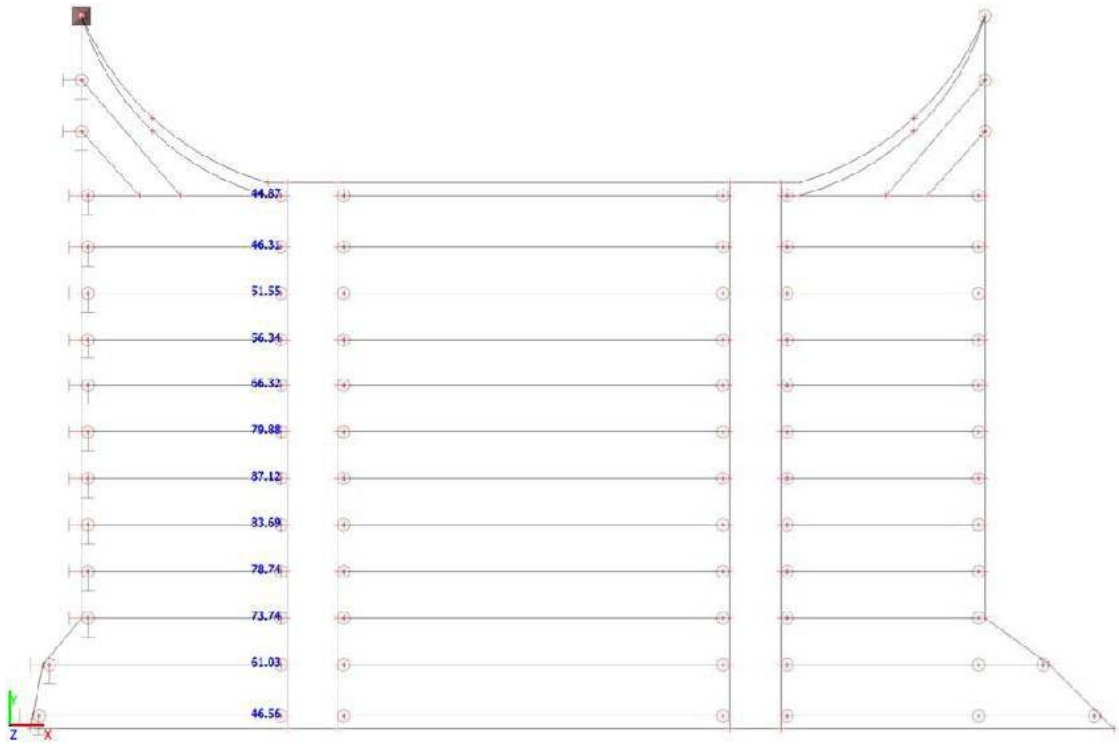
32. Reacties; Rz - Speciaal



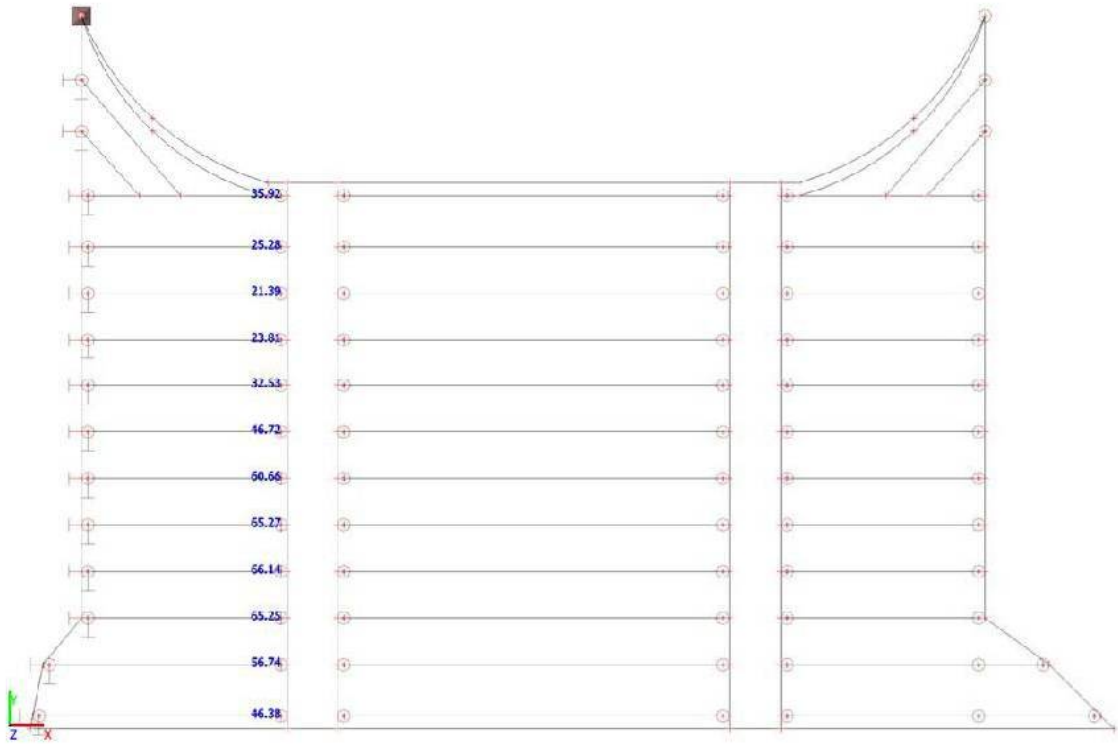
33. Reacties; Rz - Vol



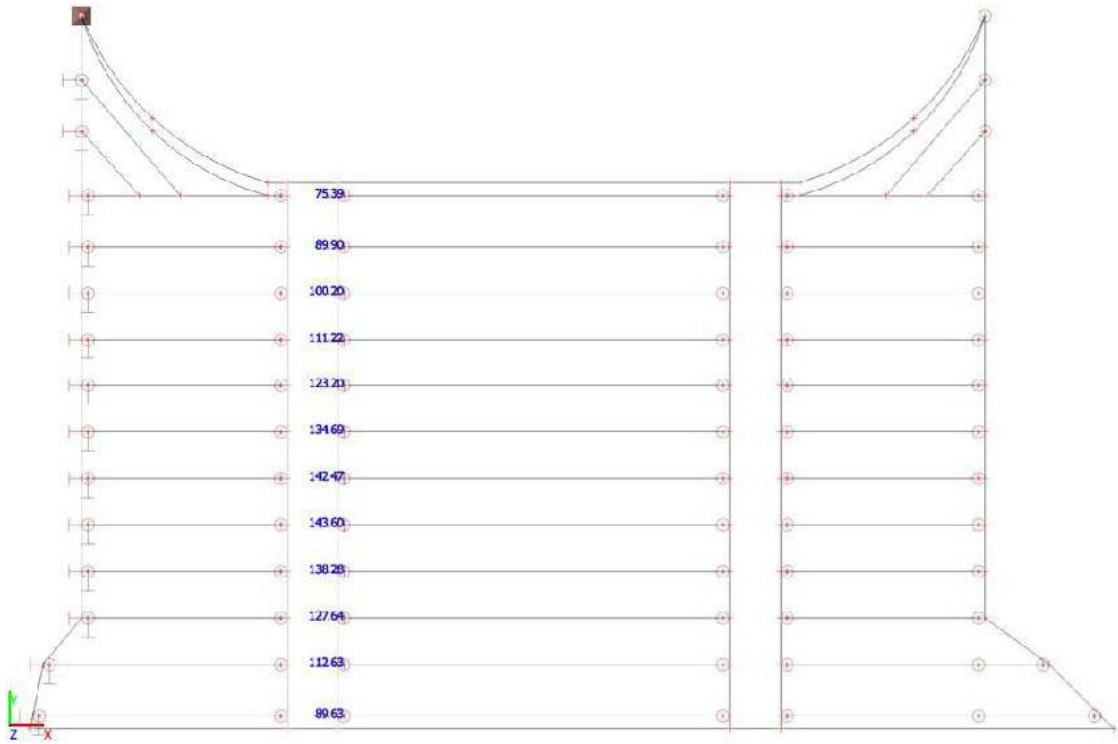
34. Reacties; Rz - 80%



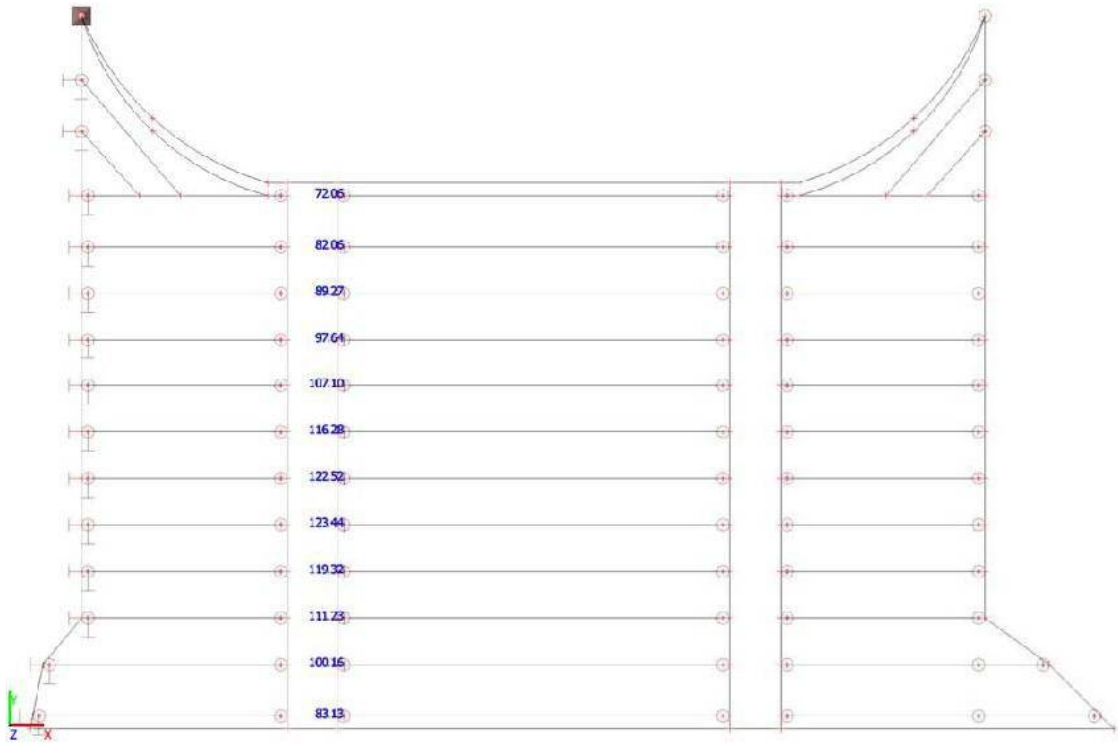
35. Reacties; Rz - Speciaal



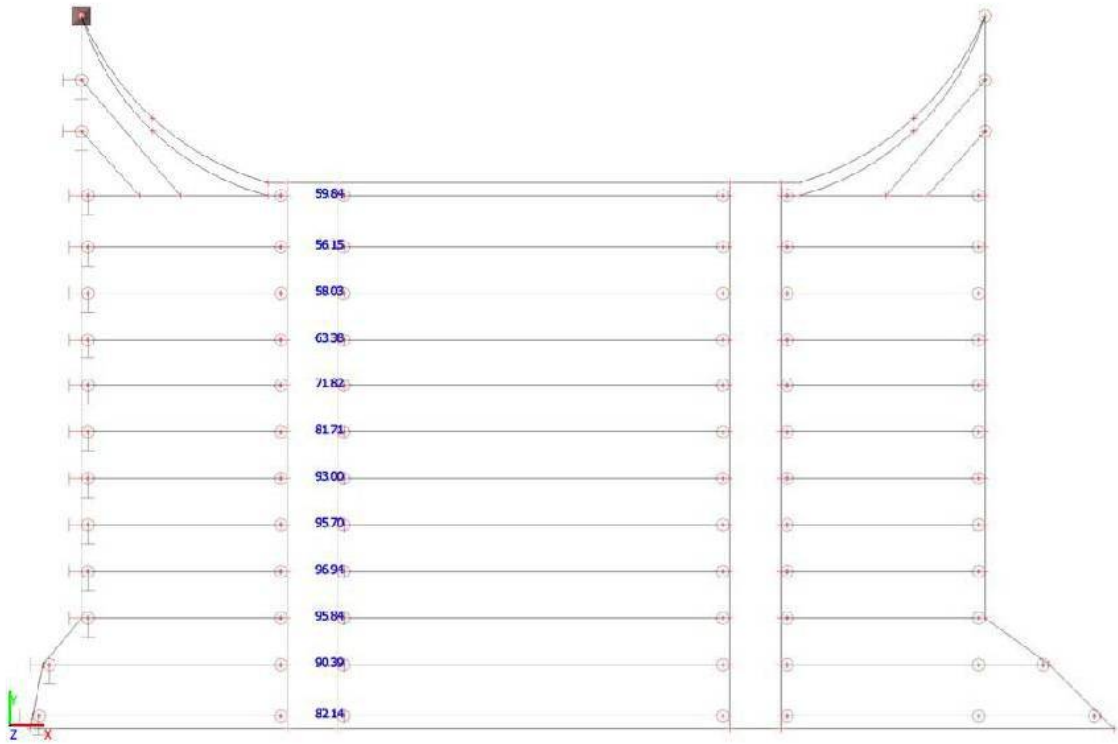
36. Reacties; Rz - Vol



37. Reacties; Rz - 80%



38. Reacties; Rz - Speciaal



39. Resultante

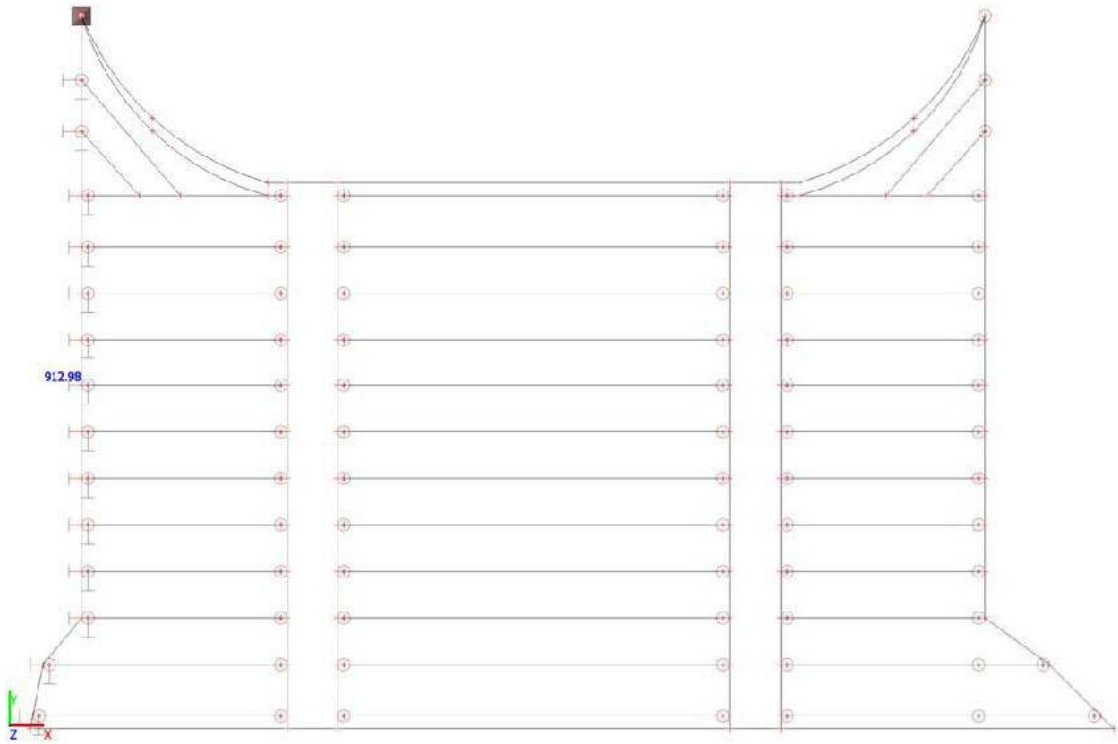
Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Klasse : Alle UGT2

BG	Rz [kN]
Combi15/1	3563.57
Combi16/9	**3660.62**
Combi15/8	**2091.45**
Combi19/122	2531.45
Combi16/24	3660.62
Combi15/114	3659.23
Combi16/18	2947.79

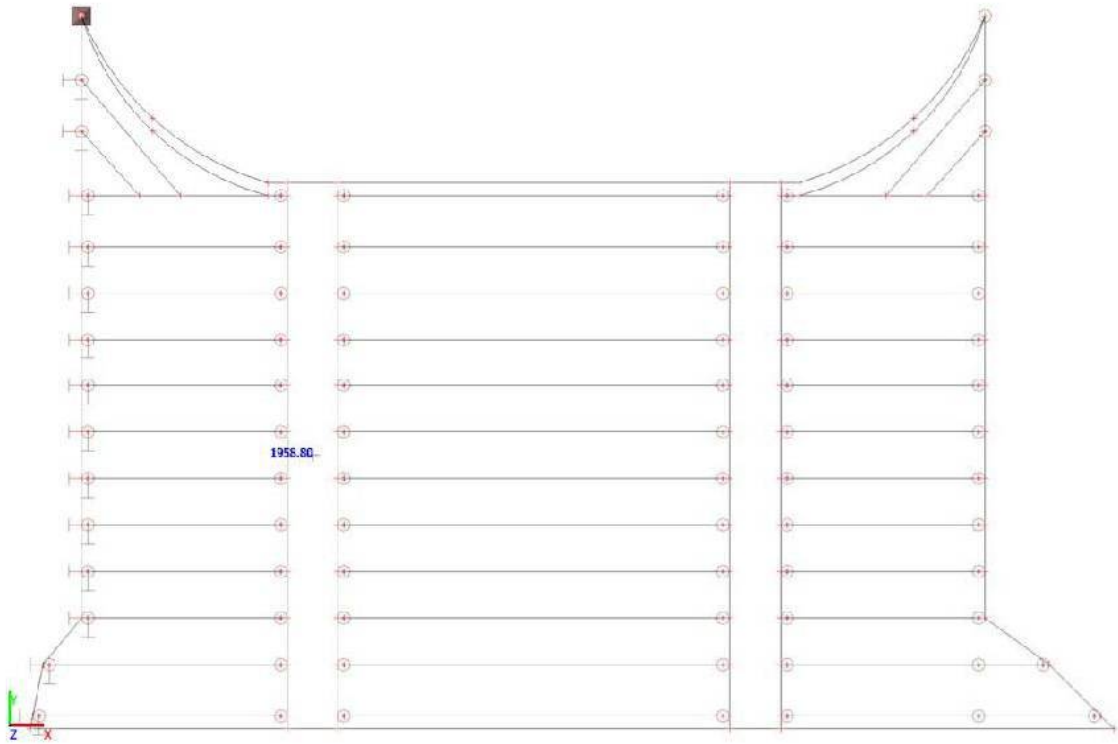
Centraalpunt:

X [m]	Y [m]	Z [m]
8.042	4.620	0.000

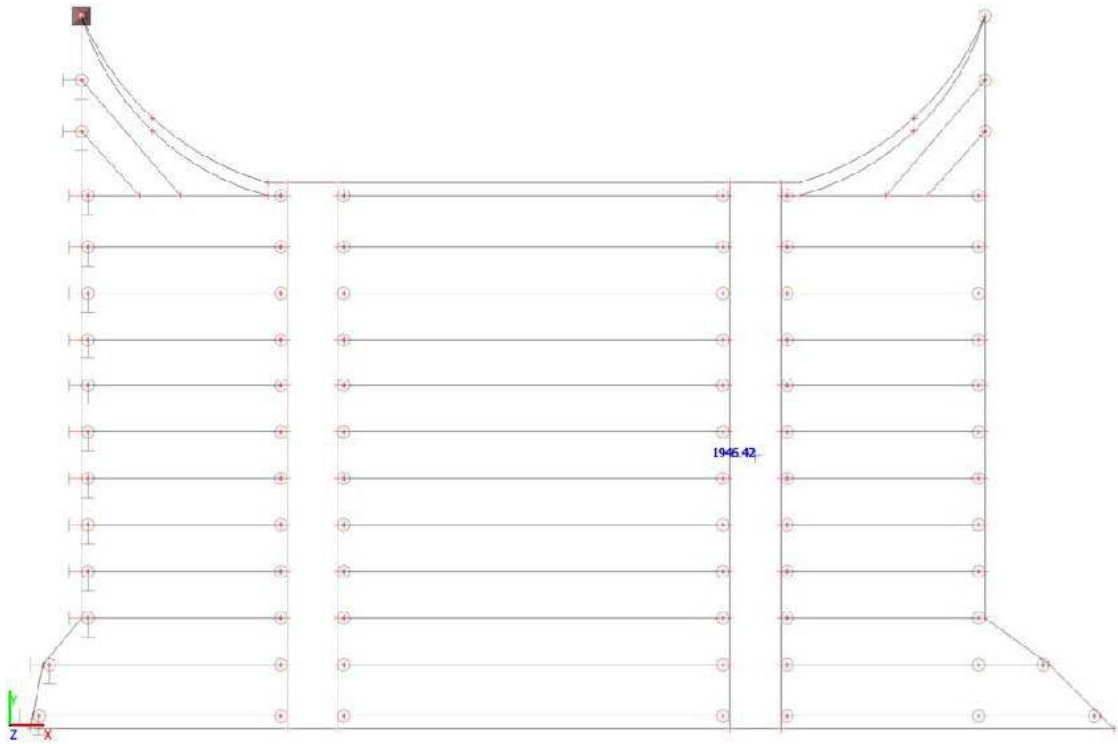
40. Resultante; Rz



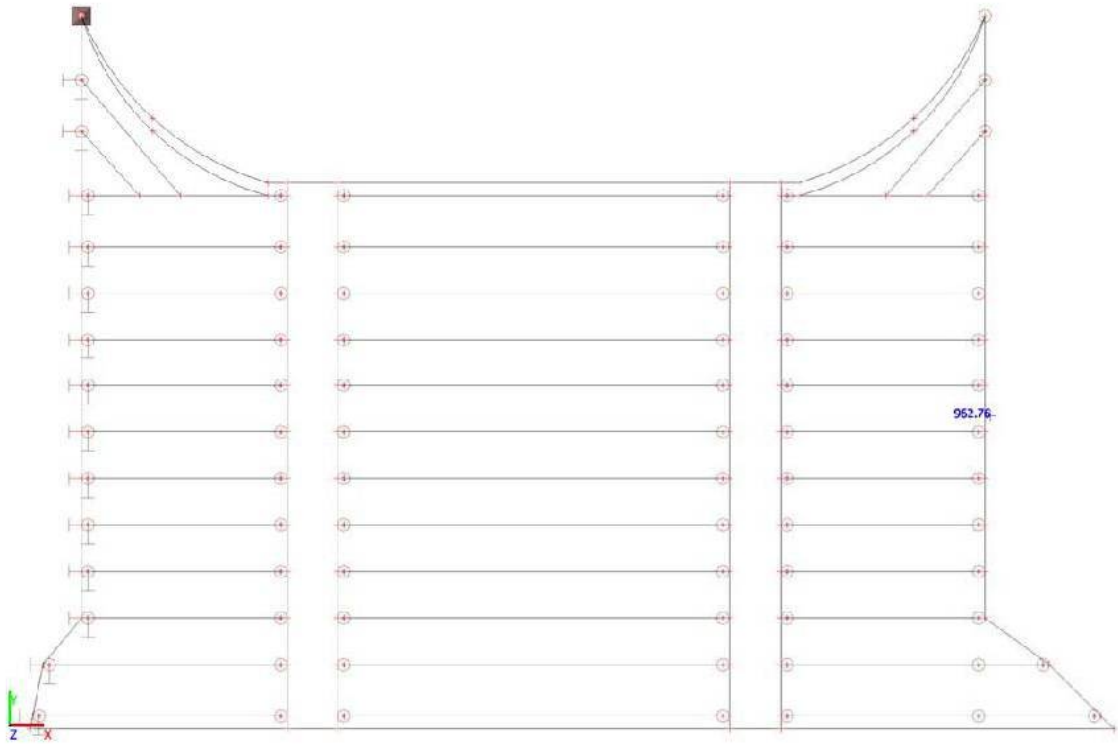
41. Resultante; Rz



42. Resultante; Rz



43. Resultante; Rz

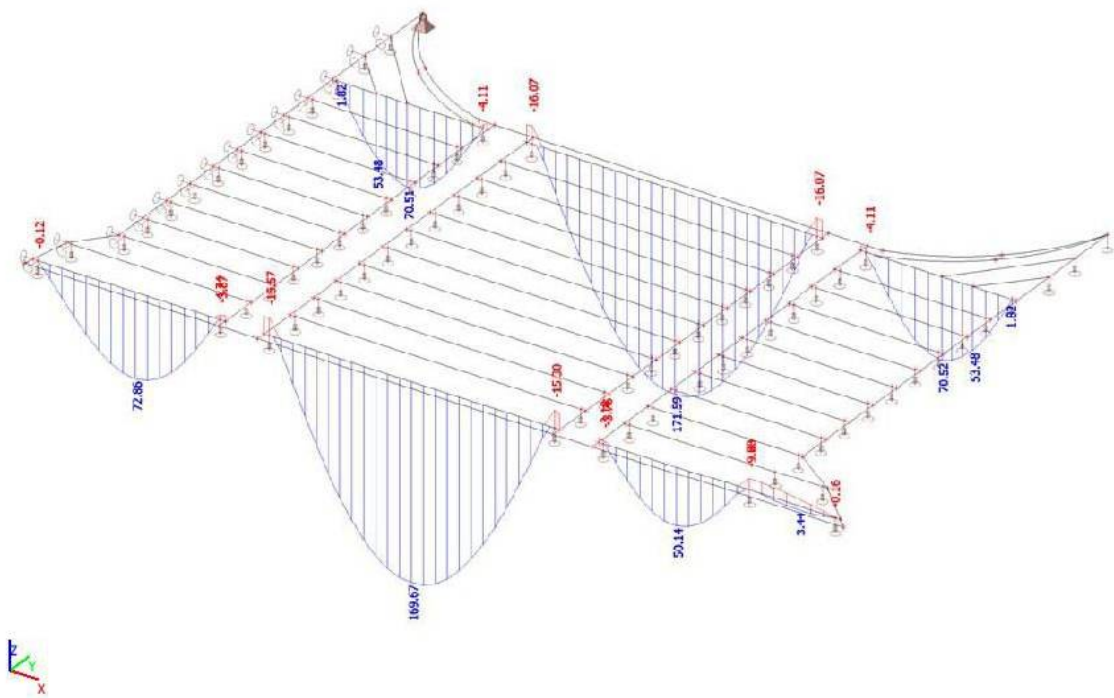


44. Interne krachten in staaf

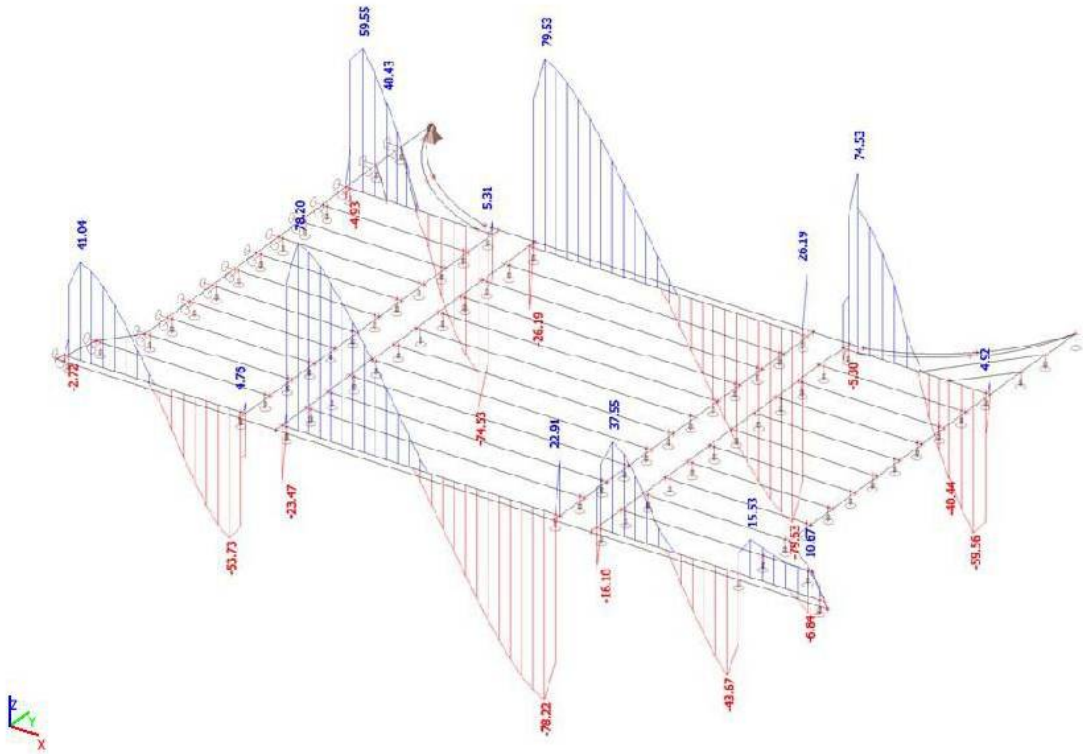
Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd, Rib / Integratiestrook
Selectie : Alle
Klasse : Alle UGT

Staaf	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
S36	CS5 - I ng	0.300	Combi9/123	**0.00**	0.00	37.32	4.69	5.67	0.00
S42	CS7 - I ng	4.209	Combi9/124	**0.01**	-0.02	-35.48	1.53	8.88	0.00
S42	CS7 - I ng	4.209	Combi9/21	0.01	**-0.02**	-36.79	2.17	8.91	0.00
S36	CS5 - I ng	0.100	Combi9/124	0.00	**0.01**	51.60	-2.84	0.52	0.00
S17	CS6 - I ng	5.754	Combi10/125	0.00	0.00	**-133.50**	1.07	10.74	0.00
S17	CS6 - I ng	0.346	Combi10/126	0.00	0.00	**133.47**	-1.08	10.74	0.00
S32	CS6 - I ng	0.592	Combi9/127	0.00	0.00	82.62	**-18.27**	22.01	0.00
S32	CS6 - I ng	5.508	Combi9/128	0.00	0.00	-82.62	**18.27**	22.01	0.00
S17	CS6 - I ng	6.000	Combi10/129	0.00	0.00	-66.80	1.37	**-31.69**	0.00
S35	CS5 - I ng	3.050	Combi9/130	0.00	0.00	1.42	-0.90	**171.59**	0.00
S36	CS5 - I ng	0.300	Combi9/131	0.00	-0.01	53.66	-4.23	11.89	**0.00**
S36	CS5 - I ng	0.300	Combi9/124	0.00	-0.01	70.34	-1.89	12.29	**0.00**

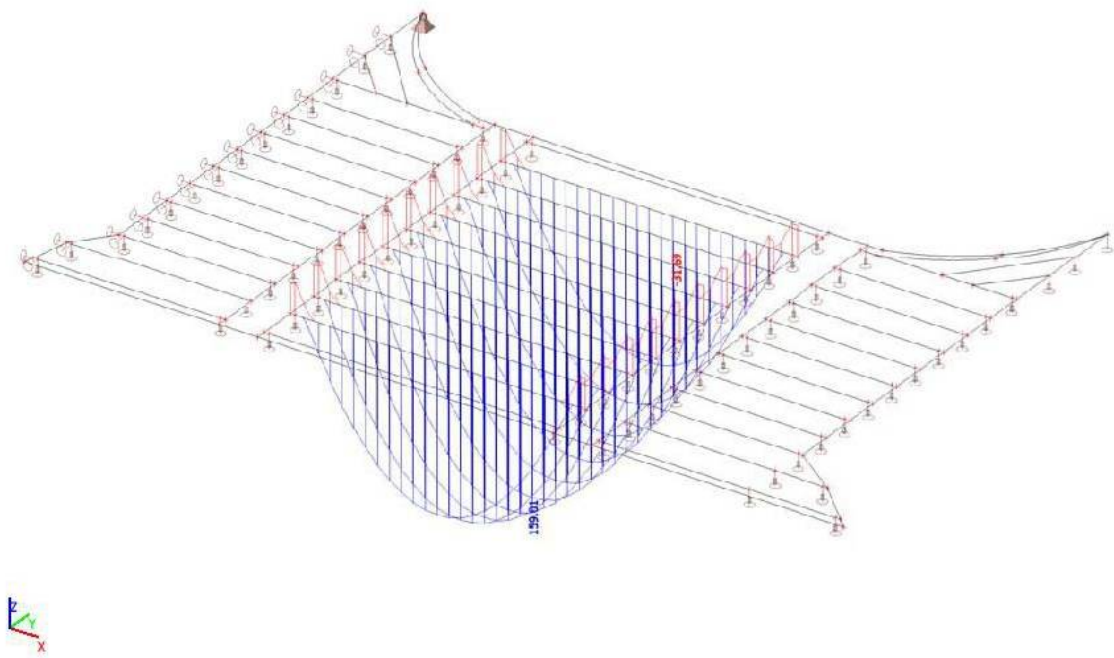
45. Interne krachten in staaf; My



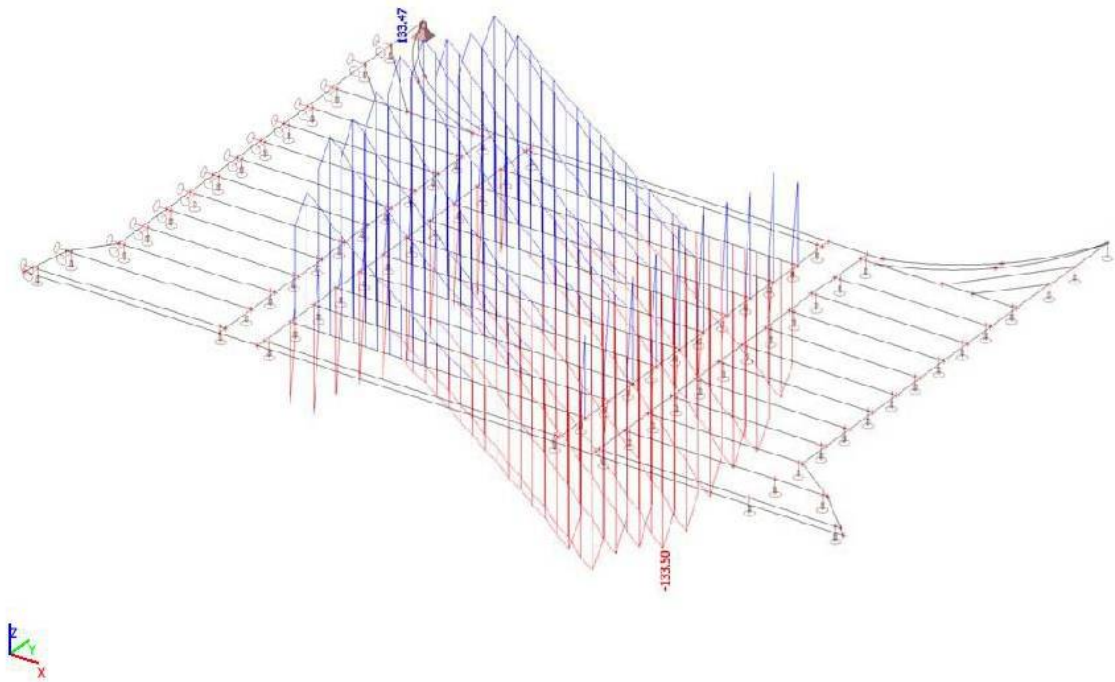
46. Interne krachten in staaf; Vz



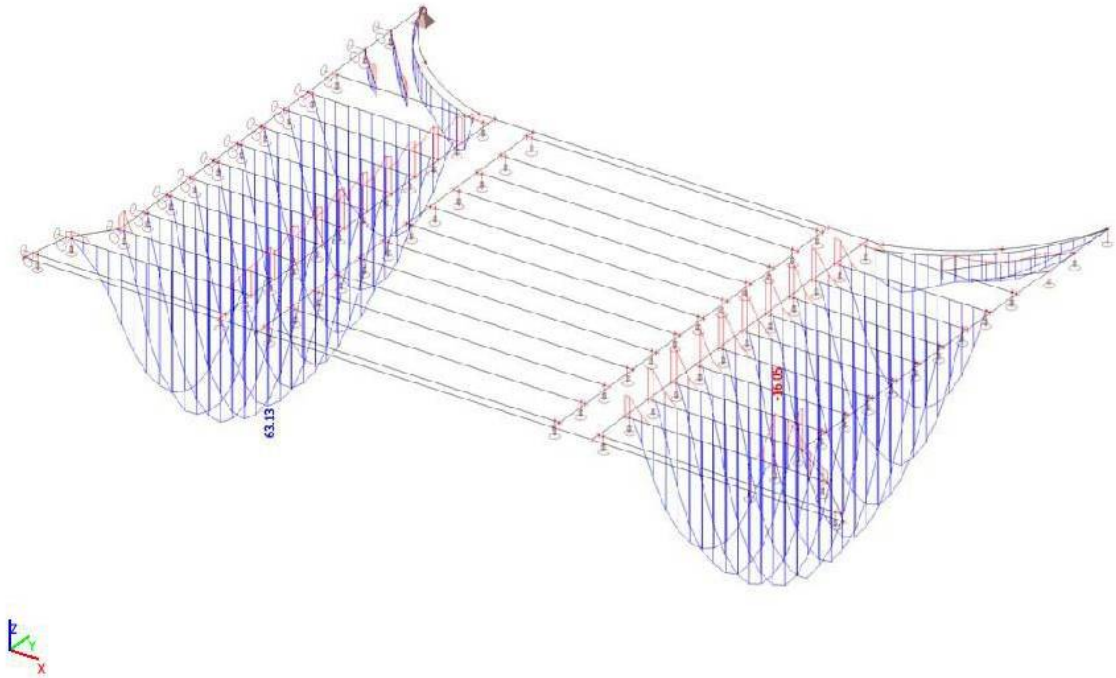
47. Interne krachten in staaf; My



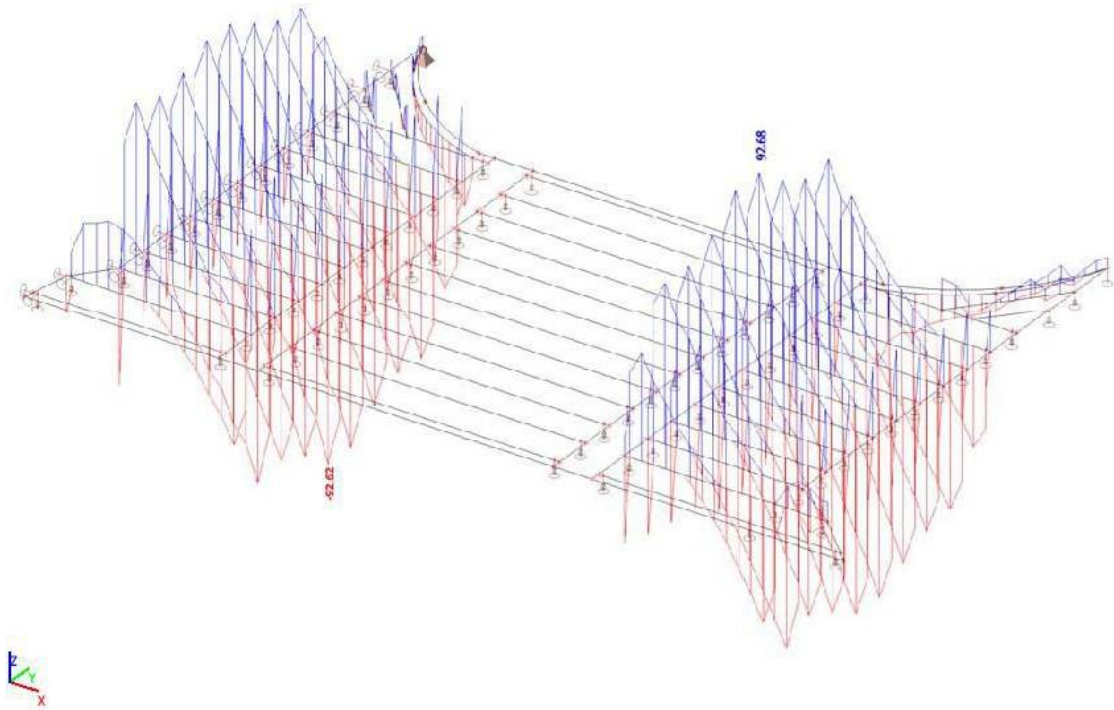
48. Interne krachten in staaf; Vz



49. Interne krachten in staaf; My



50. Interne krachten in staaf; Vz

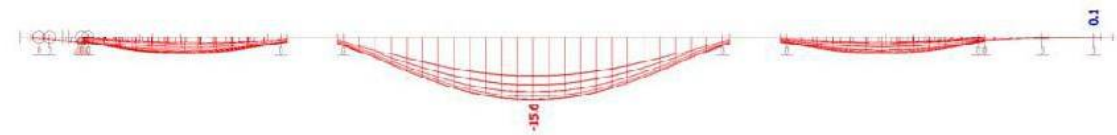


51. Vervormingen van staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd
Selectie : Alle
Klasse : Alle BGT

Staaf	dx [m]	BG	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	fix [mrad]	fiy [mrad]	fiz [mrad]	Resultante [mm]
S3	0.000	Combi2/132	**0.0**	0.0	-0.2	-0.1	0.3	0.0	0.2
S42	0.000	Combi2/133	**0.0**	0.0	0.0	0.8	0.4	0.0	0.0
S42	3.747	Combi2/134	0.0	**0.0**	-1.1	-0.8	-0.5	0.0	1.1
S42	0.000	Combi1/135	0.0	**0.0**	0.0	0.8	0.5	0.0	0.0
S17	3.050	Combi3/136	0.0	0.0	**-15.6**	0.3	-0.2	0.0	15.6
S3	5.000	Combi3/47	0.0	0.0	**0.1**	0.2	-0.4	0.0	0.1
S5	3.050	Combi3/137	0.0	0.0	-11.6	**-2.7**	-0.1	0.0	11.6
S35	3.050	Combi2/138	0.0	0.0	-9.5	**2.7**	0.0	0.0	9.5
S17	5.754	Combi3/139	0.0	0.0	-3.6	0.1	**-6.9**	0.0	3.6
S17	0.346	Combi3/140	0.0	0.0	-3.6	0.1	**6.9**	0.0	3.6
S42	2.362	Combi2/134	0.0	0.0	-1.1	-0.1	0.4	**0.0**	1.1
S42	4.209	Combi2/133	0.0	0.0	-0.8	-0.6	-0.8	**0.0**	0.8

52. Vervormingen van staaf; uz



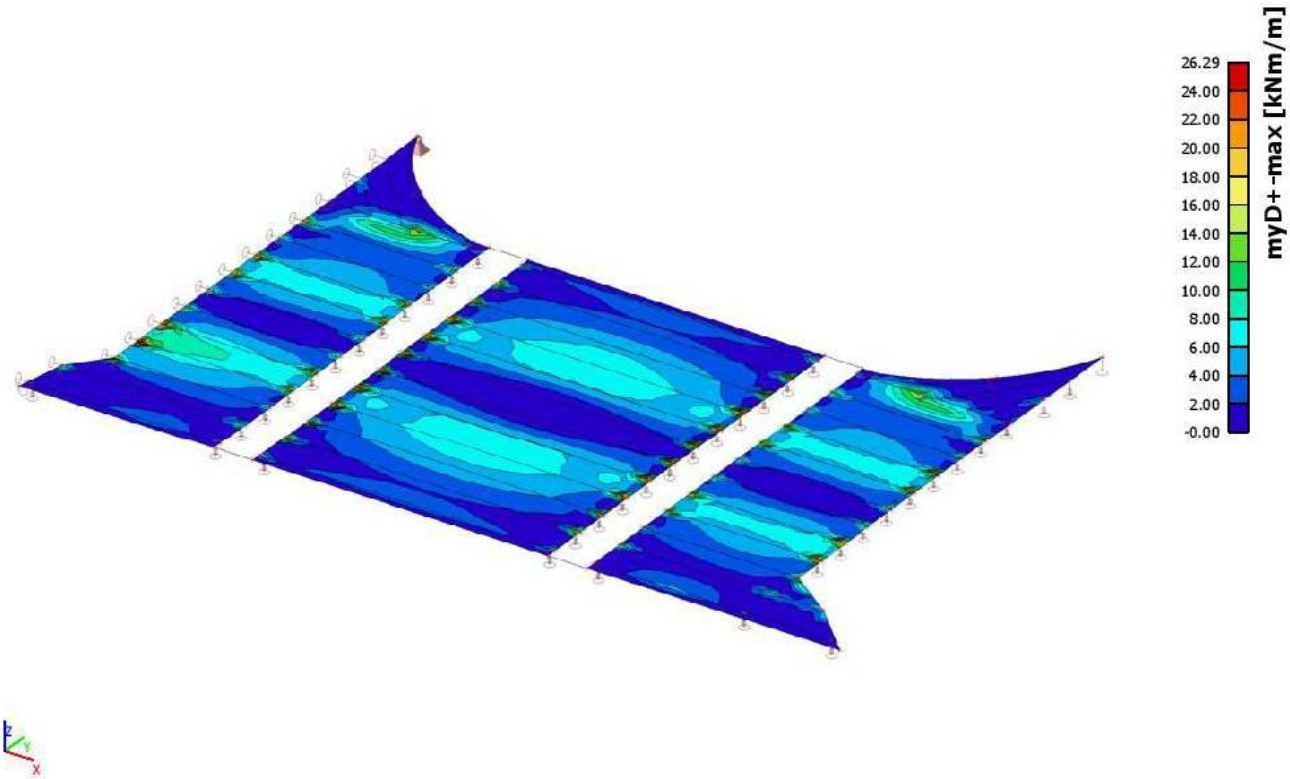


53. 2D element - Interne krachten

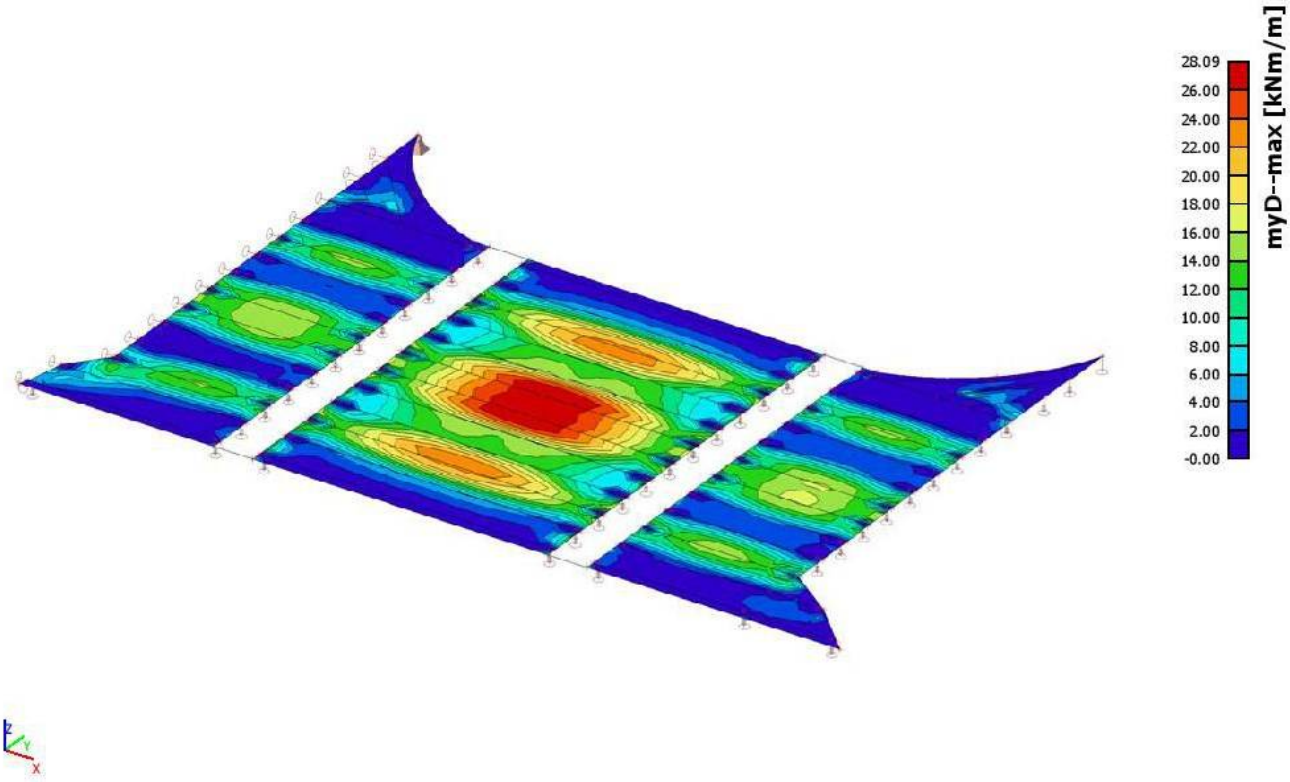
Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Rib / Integratiestrook
Selectie : Alle
Klasse : Alle UGT
Elementaire ontwerpgrootheden. In knopen, gem. op elem..

Staaf	elem	BG	mxD+ [kNm/m]	myD+ [kNm/m]	mcD+ [kNm/m]	mxD- [kNm/m]	myD- [kNm/m]	mcD- [kNm/m]	nxD [kN/m]	nyD [kN/m]	ncD [kN/m]
E3	1687	Alle UGT	**-1.97**	0.00	-6.86	-0.64	0.00	-3.01	0.00	0.00	0.00
E4	2125	Alle UGT	**23.57**	3.53	-0.18	0.00	-0.50	-4.80	0.00	0.00	0.00
E3	2085	Alle UGT	-0.05	**-0.04**	-1.32	0.36	0.33	-1.32	0.00	0.00	0.00
E3	1988	Alle UGT	0.00	**11.56**	0.00	0.00	0.00	-0.98	0.00	0.00	0.00
E2	1097	Alle UGT	0.00	0.00	**-28.09**	0.00	0.00	-1.32	0.00	0.00	0.00
E1	4	Alle UGT	0.00	0.34	**0.00**	0.00	0.40	**0.00**	0.00	0.00	0.00
E4	2188	Alle UGT	4.99	0.00	-2.97	**-4.78**	-5.85	-22.49	0.00	0.00	0.00
E3	2099	Alle UGT	0.00	0.00	-1.55	**8.04**	6.88	-1.53	0.00	0.00	0.00
E5	2265	Alle UGT	4.92	0.00	-3.00	0.00	**-6.44**	-22.36	0.00	0.00	0.00
E2	1097	Alle UGT	0.00	1.32	0.00	0.00	**28.09**	0.00	0.00	0.00	0.00
E4	2167	Alle UGT	4.80	0.00	-11.90	0.00	-1.75	**-22.50**	0.00	0.00	0.00
E3	1988	Alle UGT	0.26	0.41	-2.57	0.11	0.00	-2.57	**0.00**	0.00	0.00
E3	1984	Alle UGT	1.39	4.67	-0.41	0.00	0.00	-0.75	**0.00**	**0.02**	0.00
E3	2060	Alle UGT	0.35	0.44	-2.68	0.10	0.02	-2.68	0.00	**0.00**	0.00
E3	2062	Alle UGT	0.00	0.00	-1.14	0.00	0.00	-2.33	0.00	0.00	**-0.01**
E1	4	Alle UGT	0.00	0.00	-0.40	0.00	0.00	-0.34	0.00	0.00	**0.00**

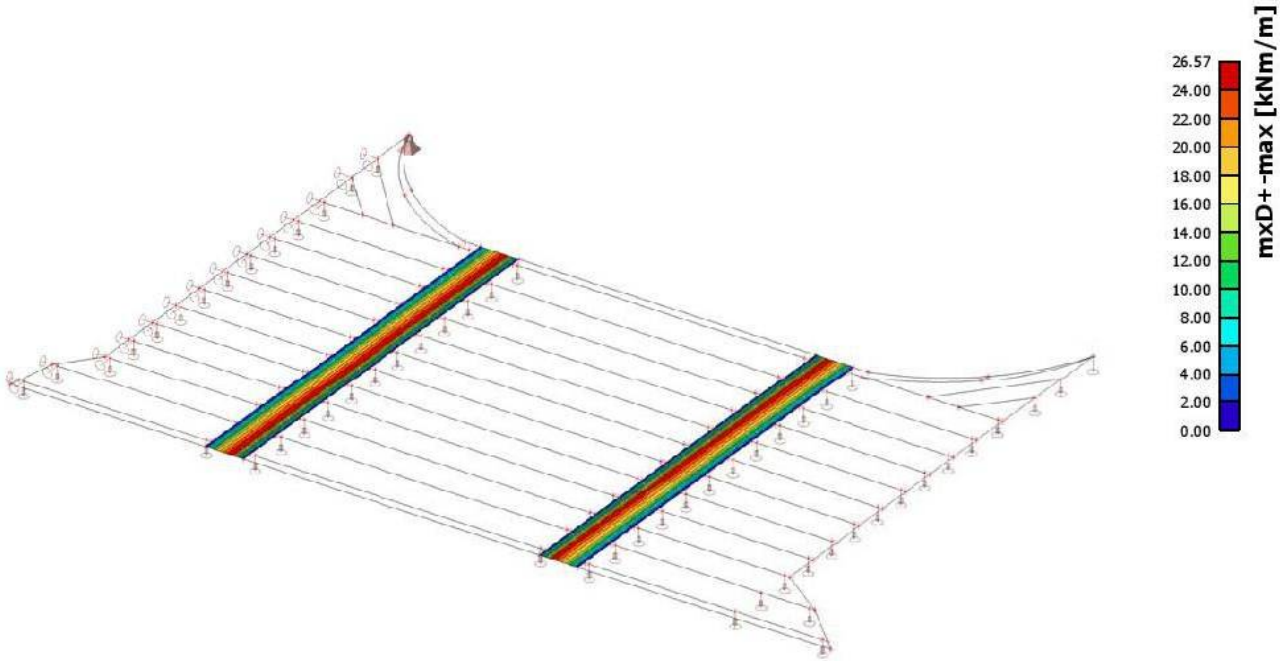
54. 2D element - Interne krachten; myD+



55. 2D element - Interne krachten; myD-



56. 2D element - Interne krachten; mxD+

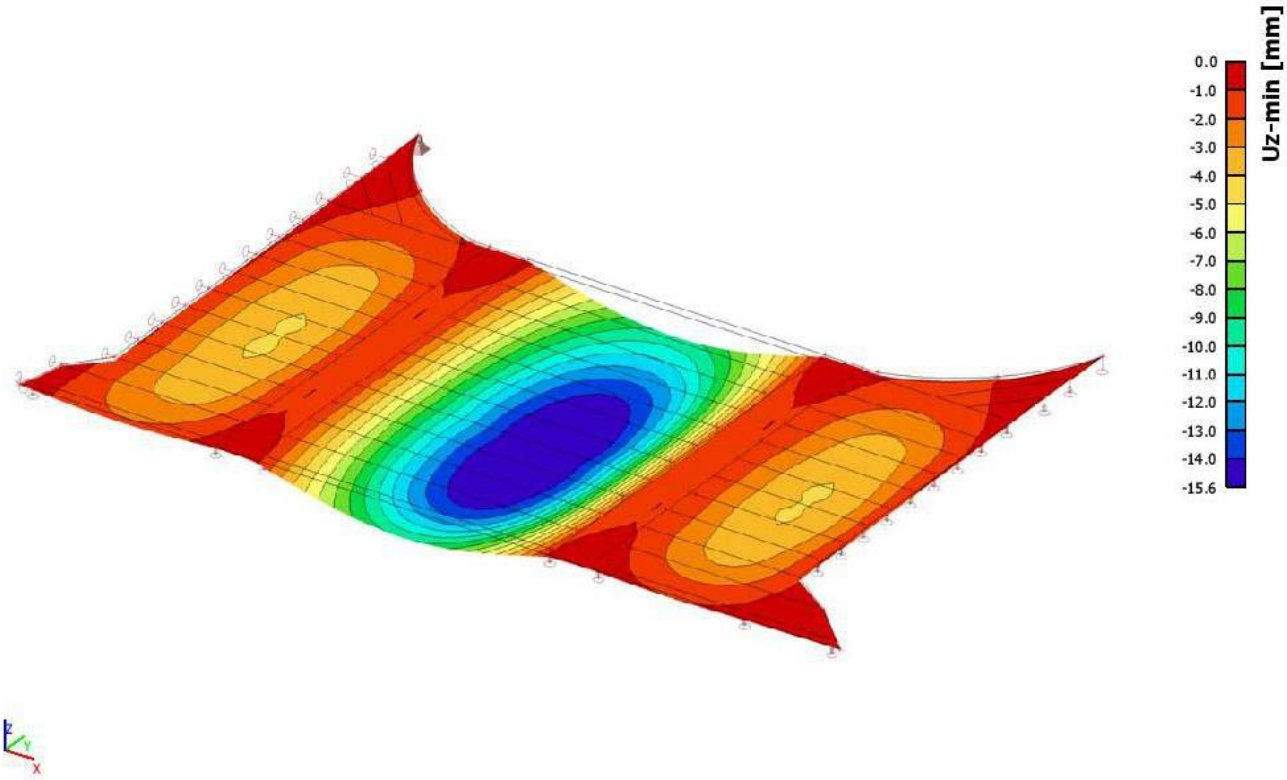


57. Verplaatsing van knopen

Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Klasse : Alle BGT

Staaf	BG	Knoop	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Fix [mrad]	Fiy [mrad]	Fiz [mrad]
E3	Alle BGT	K169	**0.0**	0.0	-0.3	-0.5	0.3	0.0
E3	Alle BGT	K157	**0.0**	0.0	0.0	0.3	-0.6	0.0
E3	Alle BGT	K157	0.0	**0.0**	0.0	0.1	-0.9	0.0
E1	Alle BGT	K162	0.0	**0.0**	-0.2	0.3	1.2	0.0
E2	Alle BGT	1171	0.0	0.0	**-15.6**	-0.8	-0.9	0.0
E3	Alle BGT	K171	0.0	0.0	**0.1**	0.4	-0.2	0.0
E2	Alle BGT	712	0.0	0.0	-11.1	**-2.8**	-0.3	0.0
E2	Alle BGT	1522	0.0	0.0	-3.9	**2.8**	0.3	0.0
E2	Alle BGT	1182	0.0	0.0	-3.6	-0.2	**-7.0**	0.0
E2	Alle BGT	1160	0.0	0.0	-0.9	0.5	**7.0**	0.0
E3	Alle BGT	2177	0.0	0.0	-1.3	-0.2	0.0	**0.0**
E3	Alle BGT	K161	0.0	0.0	-0.3	0.5	0.9	**0.0**

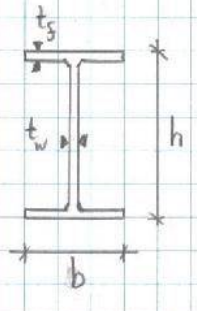
58. Verplaatsing van knopen; Uz



Bijlage C – Bepaling capaciteit onderdelen brugdek

CAPACITEIT STAALPROFIELEN

Conform NEN-EN 1993-1-1 + C2



St. 37 $\Rightarrow f_{yd} = 235\ N/mm^2$

Profiel 1:

$h = 400\ mm$ $\quad A_s = 10280\ mm^2$
$b = 140\ mm$
$t_f = 20\ mm$
$t_w = 13\ mm$

$W_{pl} = 1485 \cdot 10^3\ mm^3$

$M_{pl:Rd} = W_{pl} \cdot f_{yd} = 348\ kNm$

$A_v = A_s - 2 \cdot b \cdot t_f + t_w \cdot t_f = 4940\ mm^2$

$V_{pl:Rd} = A_v \cdot f_{yd} / \sqrt{3} = 670\ kN$

Profiel 2:

$h = 300\ mm$
$b = 150\ mm$
$t_f = 15\ mm$
$t_w = 10\ mm$

Analoog volgt $M_{pl:Rd} = 193\ kNm$

$V_{pl:Rd} = 386\ kN$

Profiel 3:

$h = 233\ mm$
$b = 88\ mm$
$t_f = 12\ mm$
$t_w = 8\ mm$

Analoog volgt $M_{pl:Rd} = 75\ kNm$

$V_{pl:Rd} = 239\ kN$

	Dossier	Blad
	9198	

Capaciteitsbepaling en toetsing betondoorsnede conform Eurocodes

Beheerder:	
Constructeur:	
Datum:	20 januari 2016
Project:	Brug 21 - Brugdek veld

Opmerkingen: ◦ *Berekeningen conform NEN-EN 1992-1-1+C2 & eventuele RBK 1.1 aanvullingen*

Uitgangspunten

Conform RBK 1.1:

Beton:

- Voor de eigenschappen van beton moet worden uitgegaan van de materiaaleigenschappen zoals die bij het oorspronkelijke ontwerp zijn aangehouden.
- Indien de betonsterkteklasse is vastgesteld aan de hand van beproevingen, kan deze betonsterkteklasse aangehouden worden. Bij de vaststelling van de rekenwaarde van de druksterkte moet de karakteristieke waarde gedeeld worden door de materiaalfactor γ_c van 1,5 (reductie van de materiaalfactor is niet toegestaan!).

Betonstaal:

- Voor de eigenschappen van betonstaal moet worden uitgegaan van de materiaaleigenschappen zoals die bij het oorspronkelijke ontwerp zijn aangehouden.
- Indien dit niet van tekening en / of berekening is af te leiden kan voor constructies met een bouwjaar van vóór 1964 een minimale waarde voor f_{yd} van 191 N/mm^2 aangehouden worden (f_{yk} = 220 N/mm^2). Voor constructies met een bouwjaar van na 1964 geldt een minimale waarde voor f_{yd} van 209 N/mm^2 (f_{yk} = 240 N/mm^2).
- Voor het vaststellen van de betonstaalsoort kan worden uitgegaan van het volgende:
  QR(n)40, QR(n)48 en/of verankering met een rechtlopend staafeinde zijn geribd;
  QR22, QR24 en/of verankering met een haakvormig staafeinde zijn glad.
- Gladstaal heeft een positief effect op de dwarskrachtcapaciteit van een doorsnede. Er is nog onderzoek gaande naar het exacte effect; deze is daarom nog niet opgenomen in de beschikbare formules.

Gegevens element

Betonkwaliteit:		K150		→	f_{ck} =	8.0	[N/mm^2]
Hoogte:	h =	260	[mm]	→	$f_{cć}$ =	5.3	[N/mm^2]
Breedte:	b =	1000	[mm]		f_{ck} =		[N/mm^2]
Effectieve overspanning:	L_{eff} =	800	[mm]		$f_{cć}$ =		[N/mm^2]

Normaalkracht in doorsnede:	$N_{Ed;X}$ =	0	[kN]
Normaalkracht in doorsnede:	$N_{Ed;Y}$ =	0	[kN]
Dwarskrachtwapening per m':	$A_{sw;X}$ / s =	0	[mm^2/m']
Dwarskrachtwapening per m':	$A_{sw;Y}$ / s =	0	[mm^2/m']

Wapening onderzijde

Gegevens wapening

Staalkwaliteit:		QR22	→	f_{yk} =	220.0	[N/mm²]
Betondekking:	c =	25 [mm]	→	f_{yd} =	191.0	[N/mm²]
Beugels aanwezig?		Nee				

Hoofdwapening in X-richting:			Ø	12	-	240 [mm]
Wapeningslaag:		2e				
Wapeningshoogte:	d =	217.0	[mm]			
Drukzonehoogte:	x_u =	22.5	[mm]			
Wapeningsoppervlak:	A_S =	471	[mm²]			
Wapeningspercentage:	ρ_1 =	0.22	[%]			

Hoofdwapening in Y-richting:			Ø	12	-	110 [mm]
Wapeningslaag:		1e				
Wapeningshoogte:	d =	229.0	[mm]			
Drukzonehoogte:	x_u =	49.1	[mm]			
Wapeningsoppervlak:	A_S =	1028	[mm²]			
Wapeningspercentage:	ρ_1 =	0.45	[%]			

Momentcapaciteit

$$M_{s,1} \quad A_s \cdot f_{yd} \cdot z - N_{Ed} \cdot a_N \quad A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \frac{7}{18} \cdot x_u) - N_{Ed} \cdot (\frac{h}{2} - \frac{7}{18} \cdot x_u)$$

NEN-EN 1992-1-1+C2 artikel 6.1

$M_{Rd;X}$ =	18.7	[kNm]	
$M_{Rd;Y}$ =	41.2	[kNm]	

Dwarskrachtcapaciteit

k_X =	1.96	[-]	
k_Y =	1.93	[-]	

$$V_{Rd,c\,min} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b \cdot d = (0{,}77 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \cdot f_{yk}^{-1/2} + 0{,}15 \cdot \frac{N_{Ed}}{b \cdot h}) \cdot b \cdot d$$

NEN-EN 1992-1-1+C2 artikel 6.2.2 (RBK aanvulling)

$V_{Rd,c\,min;X}$ =	87.4	[kN]	**Ondergrens van de dwarskrachtcapaciteit**
$V_{Rd,c\,min;Y}$ =	90.5	[kN]	

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (\rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b \cdot d = [0{,}12 \cdot k \cdot (\rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + 0{,}15 \cdot \frac{N_{Ed}}{b \cdot h}] \cdot b \cdot d$$

NEN-EN 1992-1-1+C2 artikel 6.2.2

$V_{Rd,c;X}$ =	61.3	[kN]	**Dwarskrachtcapaciteit betondeel**
$V_{Rd,c;Y}$ =	81.4	[kN]	

v =	0.58	[-]	

$$\sin\theta = \sqrt{\frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{f_{yd}}{b \cdot v \cdot f_{cd}}}$$

NEN-EN 1992-1-1+C2 artikel 6.2.3

θ_X =	21.80	[°]	**Hellingshoek (optimum)**
θ_Y =	21.80	[°]	

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot\theta = \frac{A_{sw}}{s} \cdot (d - \frac{7}{18} \cdot x_u) \cdot f_{yd} \cdot 1{,}0$$

NEN-EN 1992-1-1+C2 artikel 6.2.3

$V_{Rd,s;X}$ =	0.0	[kN]	**Dwarskrachtcapaciteit dwarskrachtwapening**
$V_{Rd,s;Y}$ =	0.0	[kN]	

Wapening bovenzijde

Gegevens wapening

Staalkwaliteit:		QR22	→	f_{yk} =	220.0	[N/mm²]
Betondekking:	c =	25 [mm]	→	f_{yd} =	191.0	[N/mm²]
Beugels aanwezig?		Nee				

Hoofdwapening in X-richting:			Ø	12	-	135 [mm]
Wapeningslaag:		2e				
Wapeningshoogte:	d =	217.0	[mm]			
Drukzonehoogte:	x_u =	40.0	[mm]			
Wapeningsoppervlak:	A_S =	837	[mm²]			
Wapeningspercentage:	ρ_1 =	0.39	[%]			

Hoofdwapening in Y-richting:			Ø	12	-	110 [mm]
Wapeningslaag:		1e				
Wapeningshoogte:	d =	229.0	[mm]			
Drukzonehoogte:	x_u =	49.1	[mm]			
Wapeningsoppervlak:	A_S =	1028	[mm²]			
Wapeningspercentage:	ρ_1 =	0.45	[%]			

Momentcapaciteit

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z = N_{Ed} \cdot a_N \quad A_s \cdot f_{yd} \cdot \left(d - \frac{7}{18} \cdot x_u\right) = N_{Ed} \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{7}{18} \cdot x_u\right)$$

NEN-EN 1992-1-1+C2 artikel 6.1

$M_{Rd;X}$ =	32.2	[kNm]	
$M_{Rd;Y}$ =	41.2	[kNm]	

Dwarskrachtcapaciteit

k_X =	1.96	[-]	
k_Y =	1.93	[-]	

$$V_{Rd,c\,min} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b \cdot d = (0{,}77 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \cdot f_{yk}^{-1/2} + 0{,}15 \cdot \frac{N_{Ed}}{b \cdot h}) \cdot b \cdot d$$

NEN-EN 1992-1-1+C2 artikel 6.2.2 (RBK aanvulling)

$V_{Rd,c\,min;X}$ =	87.4	[kN]	**Ondergrens van de dwarskrachtcapaciteit**
$V_{Rd,c\,min;Y}$ =	90.5	[kN]	

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (\rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b \cdot d = [0{,}12 \cdot k \cdot (\rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + 0{,}15 \cdot \frac{N_{Ed}}{b \cdot h}] \cdot b \cdot d$$

NEN-EN 1992-1-1+C2 artikel 6.2.2

$V_{Rd,c;X}$ =	74.3	[kN]	**Dwarskrachtcapaciteit betondeel**
$V_{Rd,c;Y}$ =	81.4	[kN]	

v =	0.60	[-]	

$$\sin\theta = \sqrt{\frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{f_{yd}}{b \cdot v \cdot f_{cd}}}$$

NEN-EN 1992-1-1+C2 artikel 6.2.3

θ_X =	21.80	[°]	**Hellingshoek (optimum)**
θ_Y =	21.80	[°]	

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot\theta = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \left(d - \frac{7}{18} \cdot x_u\right) \cdot f_{yd} \cdot 1{,}0$$

NEN-EN 1992-1-1+C2 artikel 6.2.3

$V_{Rd,s;X}$ =	0.0	[kN]	**Dwarskrachtcapaciteit dwarskrachtwapening**
$V_{Rd,s;Y}$ =	0.0	[kN]	

Capaciteitsbepaling en toetsing betondoorsnede conform Eurocodes	
Beheerder:	
Constructeur:	
Datum:	20 januari 2016
Project:	Brug 21 - Brugdek veld

Opmerkingen: ◦ *Berekeningen conform NEN-EN 1992-1-1+C2 & eventuele RBK 1.1 aanvullingen*

Onderdeel		Optredend		Capaciteit		U.C.
Moment onder in X-richting:	mxD- =	0.0	[kNm]	18.7	[kNm]	0.00
Moment onder in Y-richting:	myD- =	29.0	[kNm]	41.2	[kNm]	0.71
Moment boven in X-richting:	mxD+ =	0.0	[kNm]	32.2	[kNm]	0.00
Moment boven in Y-richting:	myD+ =	20.0	[kNm]	41.2	[kNm]	0.49
Dwarskracht (trekband onder *) in X-richting:	vx- =	0.0	[kN]	87.4	[kN]	0.00
Dwarskracht (trekband onder *) in Y-richting:	vy- =	60.0	[kN]	90.5	[kN]	0.67
Dwarskracht (trekband boven **) in X-richting:	vx+ =	0.0	[kN]	87.4	[kN]	0.00
Dwarskracht (trekband boven **) in Y-richting:	vy+ =	60.0	[kN]	90.5	[kN]	0.67

Onderdeel		U.C.	Toetsing
Moment onder in X-richting:	mxD- =	0.00	Voldoet
Moment onder in Y-richting:	myD- =	0.71	Voldoet
Moment boven in X-richting:	mxD+ =	0.00	Voldoet
Moment boven in Y-richting:	myD+ =	0.49	Voldoet
Dwarskracht (trekband onder *) in X-richting:	vx- =	0.00	Voldoet
Dwarskracht (trekband onder *) in Y-richting:	vy- =	0.67	Voldoet
Dwarskracht (trekband boven **) in X-richting:	vx+ =	0.00	Voldoet
Dwarskracht (trekband boven **) in Y-richting:	vy+ =	0.67	Voldoet

) bijvoorbeeld recht onder een geconcentreerde (wiel-)last* *) bijvoorbeeld t.p.v. een steunpunt*

Capaciteitsbepaling en toetsing betondoorsnede conform Eurocodes

Beheerder:	
Constructeur:	
Datum:	20 januari 2016
Project:	Brug 21 - Brugdek boven steunpunt

Opmerkingen: ◦ *Berekeningen conform NEN-EN 1992-1-1+C2 & eventuele RBK 1.1 aanvullingen*

Uitgangspunten

Conform RBK 1.1:

Beton:

- Voor de eigenschappen van beton moet worden uitgegaan van de materiaaleigenschappen zoals die bij het oorspronkelijke ontwerp zijn aangehouden.
- Indien de betonsterkteklasse is vastgesteld aan de hand van beproevingen, kan deze betonsterkteklasse aangehouden worden. Bij de vaststelling van de rekenwaarde van de druksterkte moet de karakteristieke waarde gedeeld worden door de materiaalfactor γ_c van 1,5 (reductie van de materiaalfactor is niet toegestaan!).

Betonstaal:

- Voor de eigenschappen van betonstaal moet worden uitgegaan van de materiaaleigenschappen zoals die bij het oorspronkelijke ontwerp zijn aangehouden.
- Indien dit niet van tekening en / of berekening is af te leiden kan voor constructies met een bouwjaar van vóór 1964 een minimale waarde voor f_{yd} van 191 N/mm^2 aangehouden worden (f_{yk} = 220 N/mm^2). Voor constructies met een bouwjaar van na 1964 geldt een minimale waarde voor f_{yd} van 209 N/mm^2 (f_{yk} = 240 N/mm^2).
- Voor het vaststellen van de betonstaalsoort kan worden uitgegaan van het volgende:
  QR(n)40, QR(n)48 en/of verankering met een rechtlopend staafeinde zijn geribd;
  QR22, QR24 en/of verankering met een haakvormig staafeinde zijn glad.
- Gladstaal heeft een positief effect op de dwarskrachtcapaciteit van een doorsnede. Er is nog onderzoek gaande naar het exacte effect; deze is daarom nog niet opgenomen in de beschikbare formules.

Gegevens element

Betonkwaliteit:		K150		→	f_{ck} =	8.0	[N/mm^2]
Hoogte:	h =	260	[mm]	→	$f_{cć}$ =	5.3	[N/mm^2]
Breedte:	b =	1000	[mm]		f_{ck} =		[N/mm^2]
Effectieve overspanning:	L_{eff} =	800	[mm]		$f_{cć}$ =		[N/mm^2]

Normaalkracht in doorsnede:	$N_{Ed;X}$ =	0	[kN]
Normaalkracht in doorsnede:	$N_{Ed;Y}$ =	0	[kN]
Dwarskrachtwapening per m':	$A_{sw;X}$ / s =	0	[mm^2/m']
Dwarskrachtwapening per m':	$A_{sw;Y}$ / s =	0	[mm^2/m']

Wapening onderzijde

Gegevens wapening

Staalkwaliteit:		QR22	→	f_{yk} =	220.0	[N/mm²]
Betondekking:	c =	25 [mm]	→	f_{yd} =	191.0	[N/mm²]
Beugels aanwezig?		Nee				

Hoofdwapening in X-richting:			Ø	12	-	240 [mm]
Wapeningslaag:		2e				
Wapeningshoogte:	d =	217.0	[mm]			
Drukzonehoogte:	x_u =	22.5	[mm]			
Wapeningsoppervlak:	A_S =	471	[mm²]			
Wapeningspercentage:	ρ_1 =	0.22	[%]			

Hoofdwapening in Y-richting:			Ø	12	-	110 [mm]
Wapeningslaag:		1e				
Wapeningshoogte:	d =	229.0	[mm]			
Drukzonehoogte:	x_u =	49.1	[mm]			
Wapeningsoppervlak:	A_S =	1028	[mm²]			
Wapeningspercentage:	ρ_1 =	0.45	[%]			

Momentcapaciteit

$$M_{s,1} \quad A_s \cdot f_{yd} \cdot z - N_{Ed} \cdot a_N \quad A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \frac{7}{18} \cdot x_u) - N_{Ed} \cdot (\frac{h}{2} - \frac{7}{18} \cdot x_u)$$

NEN-EN 1992-1-1+C2 artikel 6.1

$M_{Rd;X}$ =	18.7	[kNm]	
$M_{Rd;Y}$ =	41.2	[kNm]	

Dwarskrachtcapaciteit

k_X =	1.96	[-]	
k_Y =	1.93	[-]	

$$V_{Rd,c\,min} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b \cdot d = (0{,}77 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \cdot f_{yk}^{-1/2} + 0{,}15 \cdot \frac{N_{Ed}}{b \cdot h}) \cdot b \cdot d$$

NEN-EN 1992-1-1+C2 artikel 6.2.2 (RBK aanvulling)

$V_{Rd,c\,min;X}$ =	87.4	[kN]	**Ondergrens van de dwarskrachtcapaciteit**
$V_{Rd,c\,min;Y}$ =	90.5	[kN]	

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (\rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b \cdot d = [0{,}12 \cdot k \cdot (\rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + 0{,}15 \cdot \frac{N_{Ed}}{b \cdot h}] \cdot b \cdot d$$

NEN-EN 1992-1-1+C2 artikel 6.2.2

$V_{Rd,c;X}$ =	61.3	[kN]	**Dwarskrachtcapaciteit betondeel**
$V_{Rd,c;Y}$ =	81.4	[kN]	

v =	0.58	[-]	

$$\sin\theta = \sqrt{\frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{f_{yd}}{b \cdot v \cdot f_{cd}}}$$

NEN-EN 1992-1-1+C2 artikel 6.2.3

θ_X =	21.80	[°]	**Hellingshoek (optimum)**
θ_Y =	21.80	[°]	

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot\theta = \frac{A_{sw}}{s} \cdot (d - \frac{7}{18} \cdot x_u) \cdot f_{yd} \cdot 1{,}0$$

NEN-EN 1992-1-1+C2 artikel 6.2.3

$V_{Rd,s;X}$ =	0.0	[kN]	**Dwarskrachtcapaciteit dwarskrachtwapening**
$V_{Rd,s;Y}$ =	0.0	[kN]	

Wapening bovenzijde

Gegevens wapening

Staalkwaliteit:		QR22	→	f_{yk} =	220.0	[N/mm²]
Betondekking:	c =	25 [mm]	→	f_{yd} =	191.0	[N/mm²]
Beugels aanwezig?		Nee				

Hoofdwapening in X-richting:			Ø	12	-	135 [mm]
Wapeningslaag:		2e				
Wapeningshoogte:	d =	217.0	[mm]			
Drukzonehoogte:	x_u =	40.0	[mm]			
Wapeningsoppervlak:	A_S =	837	[mm²]			
Wapeningspercentage:	ρ_1 =	0.39	[%]			

Hoofdwapening in Y-richting:			Ø	12	-	110 [mm]
Wapeningslaag:		1e				
Wapeningshoogte:	d =	229.0	[mm]			
Drukzonehoogte:	x_u =	49.1	[mm]			
Wapeningsoppervlak:	A_S =	1028	[mm²]			
Wapeningspercentage:	ρ_1 =	0.45	[%]			

Momentcapaciteit

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z = N_{Ed} \cdot a_N \quad A_s \cdot f_{yd} \cdot \left(d - \frac{7}{18} \cdot x_u\right) = N_{Ed} \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{7}{18} \cdot x_u\right)$$

NEN-EN 1992-1-1+C2 artikel 6.1

$M_{Rd;X}$ =	32.2	[kNm]	
$M_{Rd;Y}$ =	41.2	[kNm]	

Dwarskrachtcapaciteit

k_X =	1.96	[-]	
k_Y =	1.93	[-]	

$$V_{Rd,c\,min} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b \cdot d = (0{,}77 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \cdot f_{yk}^{-1/2} + 0{,}15 \cdot \frac{N_{Ed}}{b \cdot h}) \cdot b \cdot d$$

NEN-EN 1992-1-1+C2 artikel 6.2.2 (RBK aanvulling)

$V_{Rd,c\,min;X}$ =	87.4	[kN]	**Ondergrens van de dwarskrachtcapaciteit**
$V_{Rd,c\,min;Y}$ =	90.5	[kN]	

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (\rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b \cdot d = [0{,}12 \cdot k \cdot (\rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + 0{,}15 \cdot \frac{N_{Ed}}{b \cdot h}] \cdot b \cdot d$$

NEN-EN 1992-1-1+C2 artikel 6.2.2

$V_{Rd,c;X}$ =	74.3	[kN]	**Dwarskrachtcapaciteit betondeel**
$V_{Rd,c;Y}$ =	81.4	[kN]	

v =	0.60	[-]	

$$\sin\theta = \sqrt{\frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{f_{yd}}{b \cdot v \cdot f_{cd}}}$$

NEN-EN 1992-1-1+C2 artikel 6.2.3

θ_X =	21.80	[°]	**Hellingshoek (optimum)**
θ_Y =	21.80	[°]	

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot\theta = \frac{A_{sw}}{s} \cdot \left(d - \frac{7}{18} \cdot x_u\right) \cdot f_{yd} \cdot 1{,}0$$

NEN-EN 1992-1-1+C2 artikel 6.2.3

$V_{Rd,s;X}$ =	0.0	[kN]	**Dwarskrachtcapaciteit dwarskrachtwapening**
$V_{Rd,s;Y}$ =	0.0	[kN]	

Capaciteitsbepaling en toetsing betondoorsnede conform Eurocodes	
Beheerder:	
Constructeur:	
Datum:	20 januari 2016
Project:	Brug 21 - Brugdek boven steunpunt

Opmerkingen: ◦ *Berekeningen conform NEN-EN 1992-1-1+C2 & eventuele RBK 1.1 aanvullingen*

Onderdeel		Optredend		Capaciteit		U.C.
Moment onder in X-richting:	mxD- =	0.0	[kNm]	18.7	[kNm]	0.00
Moment onder in Y-richting:	myD- =	0.0	[kNm]	41.2	[kNm]	0.00
Moment boven in X-richting:	mxD+ =	27.0	[kNm]	32.2	[kNm]	0.84
Moment boven in Y-richting:	myD+ =	0.0	[kNm]	41.2	[kNm]	0.00
Dwarskracht (trekband onder *) in X-richting:	vx- =	30.0	[kN]	87.4	[kN]	0.35
Dwarskracht (trekband onder *) in Y-richting:	vy- =	0.0	[kN]	90.5	[kN]	0.00
Dwarskracht (trekband boven **) in X-richting:	vx+ =	30.0	[kN]	87.4	[kN]	0.35
Dwarskracht (trekband boven **) in Y-richting:	vy+ =	0.0	[kN]	90.5	[kN]	0.00

Onderdeel		U.C.	Toetsing
Moment onder in X-richting:	mxD- =	0.00	Voldoet
Moment onder in Y-richting:	myD- =	0.00	Voldoet
Moment boven in X-richting:	mxD+ =	0.84	Voldoet
Moment boven in Y-richting:	myD+ =	0.00	Voldoet
Dwarskracht (trekband onder *) in X-richting:	vx- =	0.35	Voldoet
Dwarskracht (trekband onder *) in Y-richting:	vy- =	0.00	Voldoet
Dwarskracht (trekband boven **) in X-richting:	vx+ =	0.35	Voldoet
Dwarskracht (trekband boven **) in Y-richting:	vy+ =	0.00	Voldoet

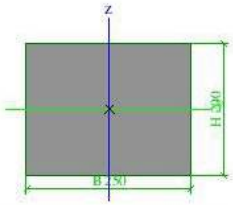
) bijvoorbeeld recht onder een geconcentreerde (wiel-)last* *) bijvoorbeeld t.p.v. een steunpunt*

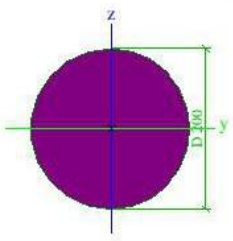
Bijlage D – [redacted] berekeningsrapportage landhoofd

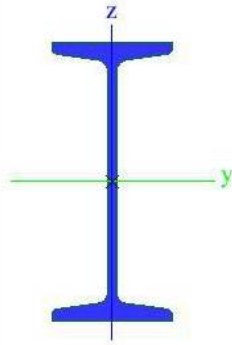
1. Inhoudsopgave

1. Inhoudsopgave 1
2. Doorsneden 2
3. Materialen 3
4. Beddingen 4
5. Rekenmodel 4
6. Rekenmodel 5
7. Rekenmodel 6
8. Belastingsgevallen 7
9. BG1 / Totale waarde 8
10. BG2 / Totale waarde 9
11. BG3 / Totale waarde 10
12. BG4 / Totale waarde 11
13. BG5 / Totale waarde 12
14. BG6 / Totale waarde 13
15. BG7 / Totale waarde 14
16. BG8 / Totale waarde 15
17. Belastinggroepen 15
18. Combinaties 15
19. Resultaatklasses 16
20. Instellingen net 17
21. 2D-elementen 17
22. Reacties 18
23. Reacties; Rz 18
24. Reacties; Rz 19
25. Reacties; Rz 20
26. Verplaatsing van knopen 20
27. Verplaatsing van knopen; Ux 21
28. Verplaatsing van knopen; Uz 22

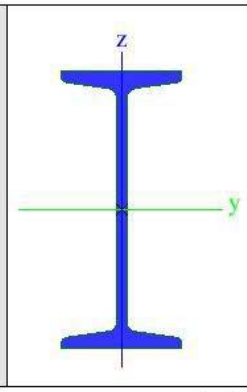
2. Doorsneden

CS1		
Type	RECT	
Uitgebreid	250; 200	
Vorm type	Dikke wanden	
Onderdeelmateriaal	C18	
Bouwwijze	hout	
Kleur		
A [m²]	5.0000e-02	
A_y [m²], A_z [m²]	4.1667e-02	4.1667e-02
A_L [m²/m], A_D [m²/m]	9.0000e-01	9.0000e-01
$c_{Y,UCS}$ [mm], $c_{Z,UCS}$ [mm]	125	100
α [deg]	0.00	
I_y [m⁴], I_z [m⁴]	1.6667e-04	2.6042e-04
i_y [mm], i_z [mm]	58	72
$W_{el,y}$ [m³], $W_{el,z}$ [m³]	1.6667e-03	2.0833e-03
$W_{pl,y}$ [m³], $W_{pl,z}$ [m³]	1.8966e-03	2.3707e-03
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	3.41e+04	3.41e+04
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	4.27e+04	4.27e+04
d_y [mm], d_z [mm]	0	0
I_t [m⁴], I_w [m⁶]	3.4290e-04	5.5619e-08
β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Afbeelding		

CS2		
Type	CIRC	
Uitgebreid	200	
Vorm type	Dikke wanden	
Onderdeelmateriaal	C18	
Bouwwijze	hout	
Kleur		
A [m²]	3.1416e-02	
A_y [m²], A_z [m²]	2.8208e-02	2.8208e-02
A_L [m²/m], A_D [m²/m]	6.2829e-01	6.2829e-01
$c_{Y,UCS}$ [mm], $c_{Z,UCS}$ [mm]	100	100
α [deg]	0.00	
I_y [m⁴], I_z [m⁴]	7.8540e-05	7.8540e-05
i_y [mm], i_z [mm]	50	50
$W_{el,y}$ [m³], $W_{el,z}$ [m³]	7.8540e-04	7.8540e-04
$W_{pl,y}$ [m³], $W_{pl,z}$ [m³]	1.3333e-03	1.3333e-03
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	1.83e+04	1.83e+04
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	1.83e+04	1.83e+04
d_y [mm], d_z [mm]	0	0
I_t [m⁴], I_w [m⁶]	1.5739e-04	3.9042e-17
β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Afbeelding		

CS3		
Type	INP260	
Vormnorm	1 - I doorsneden	
Vorm type	Dunwandig	
Onderdeelmateriaal	S 235	
Bouwwijze	gewalst	
Kleur		
Knik y-y, Knik z-z	a	b
A [m²]	5.3300e-03	
A_y [m²], A_z [m²]	3.4032e-03	2.4568e-03
A_L [m²/m], A_D [m²/m]	9.0600e-01	9.0763e-01
$c_{Y,UCS}$ [mm], $c_{Z,UCS}$ [mm]	56	130
α [deg]	0.00	
I_y [m⁴], I_z [m⁴]	5.7400e-05	2.8800e-06
i_y [mm], i_z [mm]	104	23
$W_{el,y}$ [m³], $W_{el,z}$ [m³]	4.4200e-04	5.1000e-05
$W_{pl,y}$ [m³], $W_{pl,z}$ [m³]	5.1400e-04	8.5900e-05
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	1.21e+05	1.21e+05
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	2.02e+04	2.02e+04
d_y [mm], d_z [mm]	0	0
I_t [m⁴], I_w [m⁶]	3.1800e-07	5.1258e-08
β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Afbeelding		

CS4		
Type	INP260	
Vormnorm	1 - I doorsneden	
Vorm type	Dunwandig	
Onderdeelmateriaal	S 235 - stijf	
Bouwwijze	gewalst	
Kleur		
Knik y-y, Knik z-z	a	b
A [m²]	5.3300e-03	
A_y [m²], A_z [m²]	3.4032e-03	2.4568e-03
A_L [m²/m], A_D [m²/m]	9.0600e-01	9.0763e-01
$c_{Y,UCS}$ [mm], $c_{Z,UCS}$ [mm]	56	130
α [deg]	0.00	
I_y [m⁴], I_z [m⁴]	5.7400e-05	2.8800e-06
i_y [mm], i_z [mm]	104	23
$W_{el,y}$ [m³], $W_{el,z}$ [m³]	4.4200e-04	5.1000e-05
$W_{pl,y}$ [m³], $W_{pl,z}$ [m³]	5.1400e-04	8.5900e-05
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	1.21e+05	1.21e+05
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	2.02e+04	2.02e+04
d_y [mm], d_z [mm]	0	0
I_t [m⁴], I_w [m⁶]	3.1800e-07	5.1258e-08
β_y [mm], β_z [mm]	0	0

Afbeelding	

Verklaring van symbolen	
A	Gebied
A_y	Afschuifoppervlak in hoofd y-richting - Berekend door 2D EEM analyse
A_z	Afschuifoppervlak in hoofd z-richting - Berekend door 2D EEM analyse
A_L	Omtrek per eenheidslengte
A_D	Uithardingsoppervlakte per eenheidslengte
$c_{Y,UCS}$	Zwaartepunt coordinaten in Y-richting van het invoer assen systeem
$c_{Z,UCS}$	Zwaartepunt coordinaten in Z-richting van het invoer assen systeem
$I_{Y,LCS}$	Tweede moment van het gebied rond de YLCS as
$I_{Z,LCS}$	Tweede moment van het gebied rond de ZLCS as
$I_{YZ,LCS}$	Product moment van het gebied in het LCS systeem
α	Rotatiehoek van het hoofd assen systeem
I_y	Tweede moment van het gebied rond de hoofd y-as
I_z	Tweede moment van het gebied rond de hoofd z-as
i_y	Traagheidsstraal rond de hoofd y-as
i_z	Traagheidsstraal rond de hoofd z-as

Verklaring van symbolen	
$W_{el,y}$	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
$W_{el,z}$	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
$W_{pl,y}$	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
$W_{pl,z}$	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
$M_{pl,y,+}$	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een positief My moment
$M_{pl,y,-}$	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een negatief My moment
$M_{pl,z,+}$	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een positief Mz moment
$M_{pl,z,-}$	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een negatief Mz moment
d_y	Afschuif middencoordinaat in hoofd y-richting gemeten vanaf het zwaartepunt - Berekend door 2D EEM analyse
d_z	Afschuif middencoordinaat in hoofd z-richting gemeten vanaf het zwaartepunt - Berekend door 2D EEM analyse
I_t	Torsie constante - Berekend door 2D EEM analyse
I_w	Welvings constante - Berekend door 2D EEM analyse
β_y	Mono-symmetrische constante rond de hoofd y-as
β_z	Mono-symmetrische constante rond de hoofd z-as

3. Materialen

Staal EC3

Naam	ρ [kg/m³]	E_{mod} [MPa]	μ	Onderlimiet [mm]	Bovenlimiet [mm]	F_y [MPa]	F_u [MPa]	Kleur
		G_{mod} [MPa]	α [m/mK]					
S 235	7850.0	2.1000e+05	0.3	0	40	235.0	360.0	
		8.0769e+04	0.00	40	80	215.0	360.0	
S 235 - stijf	7850.0	4.2000e+05	0.3	0	40	235.0	360.0	
		1.6154e+05	0.00	40	80	215.0	360.0	

Hout EC5

Naam	Houtsoort	μ	E_{mod} [MPa]	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{t,90,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{c,90,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	Kleur
	ρ [kg/m³]	α [m/mK]	G_{mod} [MPa]							
C18	Vast	0	9.0000e+03	18.0	11.0	0.4	18.0	2.2	3.4	
	1.0	0.00	5.6000e+02							
C18 - stijf	Vast	0	1.0000e+10	18.0	11.0	0.4	18.0	2.2	3.4	
	1.0	0.00	5.6000e+02							

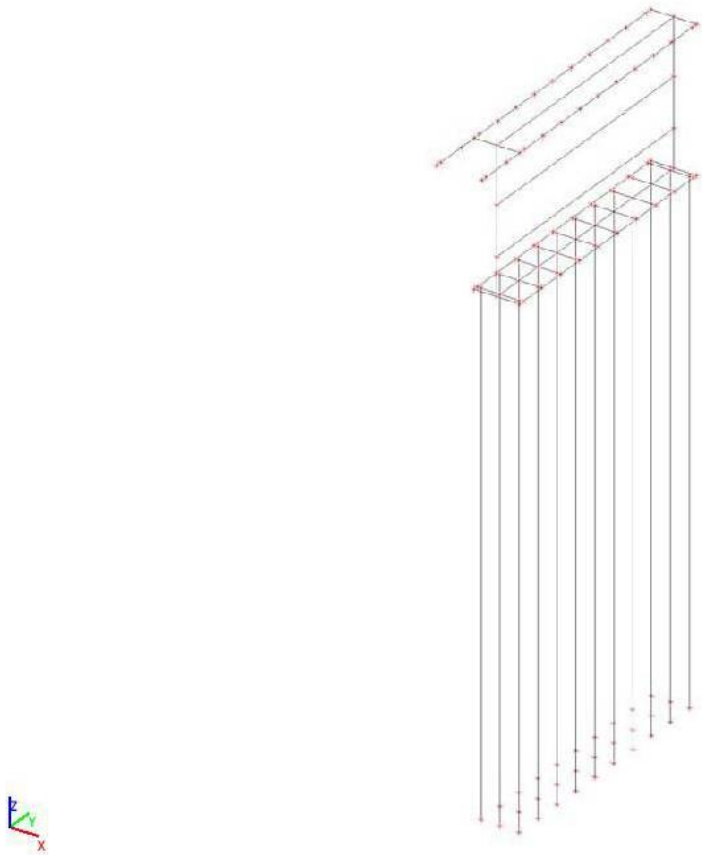
Metselwerk

Naam	Type	ρ [kg/m³]	E_{mod} [MPa]	μ	G_{mod} [MPa]	α [m/mK]	f_k [MPa]	Kleur
Masonry - droog	Metselwerk	2000.0	3.1000e+03	0.25	1.2400e+03	0.00	3.1	
Masonry - nat	Metselwerk	1482.0	3.1000e+03	0.25	1.2400e+03	0.00	3.1	

4. Beddingen

Naam	C1x [MN/m³]	C1z	C1y [MN/m³]	Stijfheid [MN/m³]	C2x [MN/m]	C2y [MN/m]
Klei en veen 1	1.0000e-03	Verend	2.5000e-01	7.4000e-01	1.0000e-03	1.0000e-03
Wadafz.	1.0000e-03	Verend	4.9000e-01	1.4800e+00	1.0000e-03	1.0000e-03
Zandh. klei	1.0000e-03	Verend	7.4000e-01	2.2200e+00	1.0000e-03	1.0000e-03
Klei en veen 2	1.0000e-03	Verend	2.0000e-01	6.0000e-01	1.0000e-03	1.0000e-03
1e zandlaag	1.0000e-03	Verend	4.4500e+00	1.3340e+01	1.0000e-03	1.0000e-03

5. Rekenmodel

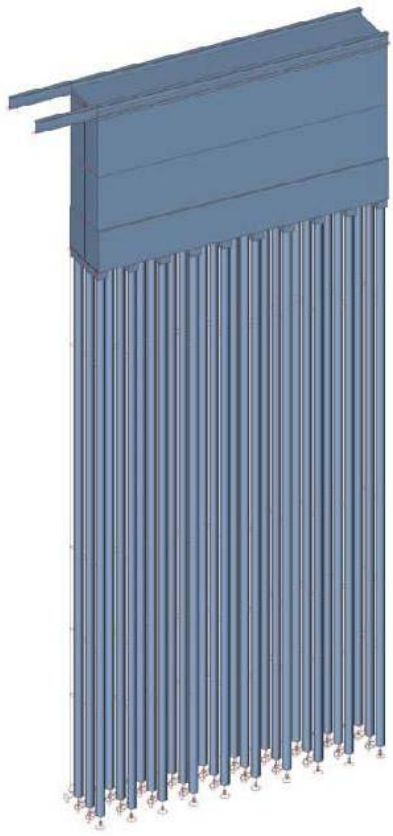


6. Rekenmodel





7. Rekenmodel

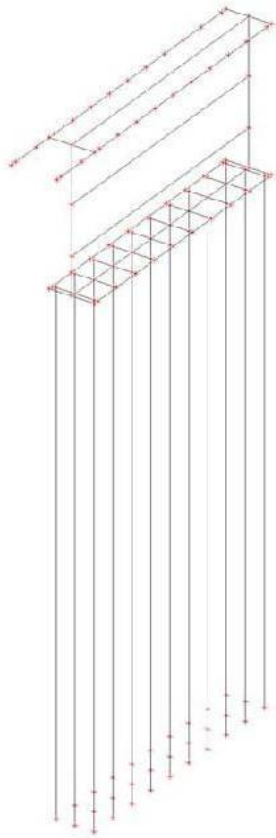




8. Belastingsgevallen

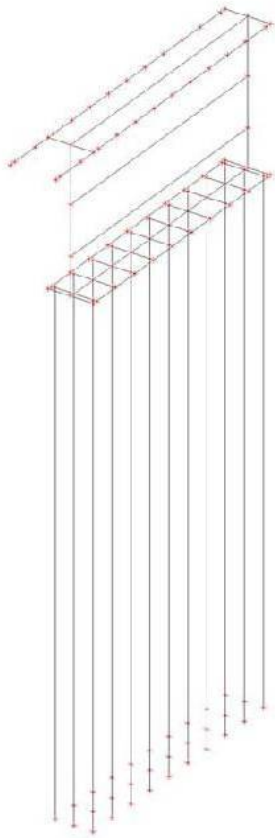
Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Richting	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype				
BG1	Eigen gewicht constructie	Permanent	LG1	-Z		
		Eigen gewicht				
BG2	Gronddrukken (horizontaal)	Permanent	LG1			
		Standaard				
BG3	Belastingen uit brugdek (verticaal) - LM1 vol	Variabel	LG2		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				
BG4	Belastingen uit brugdek (verticaal) - LM1 80%	Variabel	LG2		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				
BG5	Belastingen uit brugdek (verticaal) - LM0	Variabel	LG2		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				
BG6	Rembelasting uit brugdek (horizontaal) - LM1 vol	Variabel	LG2		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				
BG7	Rembelasting uit brugdek (horizontaal) - LM1 80%	Variabel	LG2		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				
BG8	Rembelasting uit brugdek (horizontaal) - LM0	Variabel	LG2		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				

9. BG1 / Totale waarde

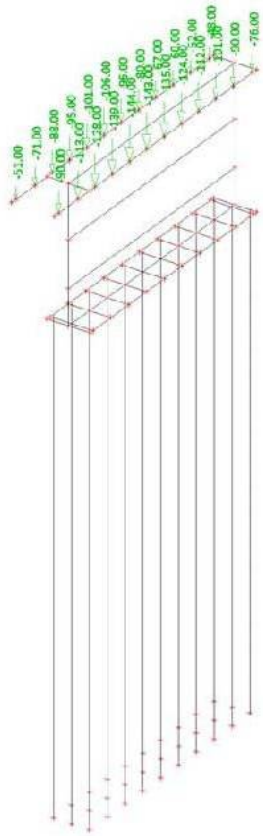




10. BG2 / Totale waarde

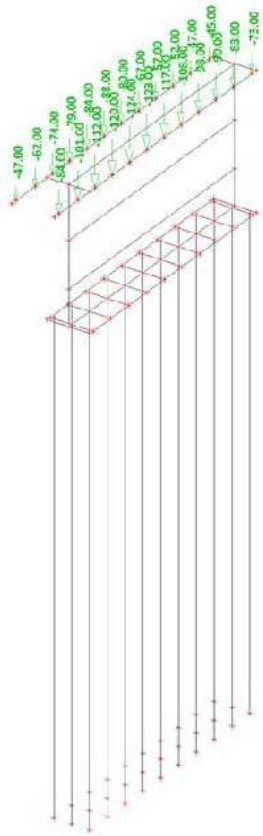


11. BG3 / Totale waarde



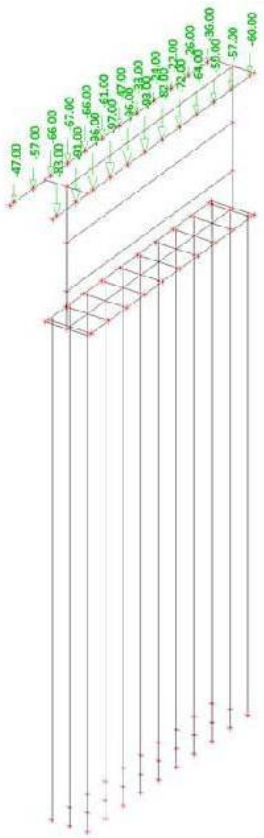


12. BG4 / Totale waarde



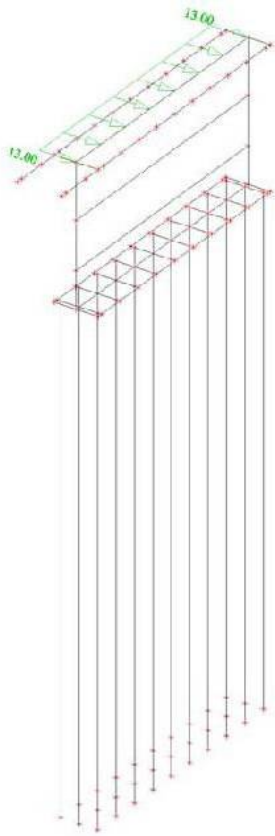


13. BG5 / Totale waarde



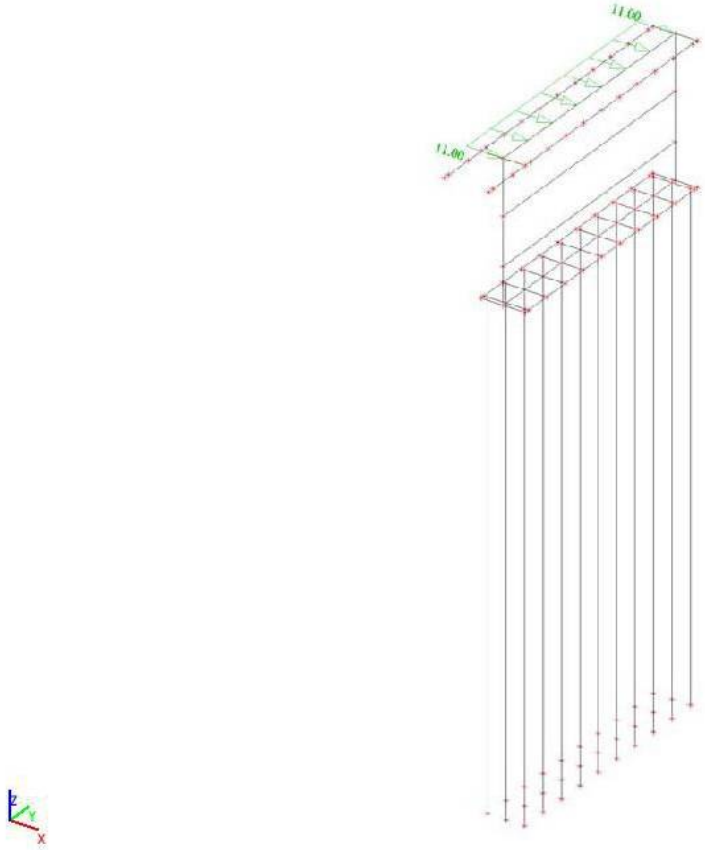


14. BG6 / Totale waarde

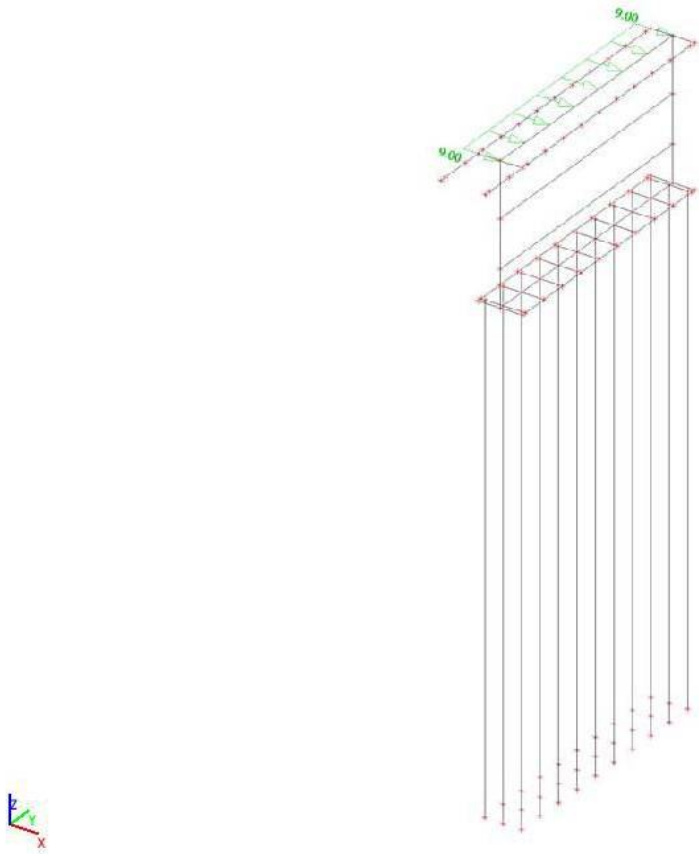




15. BG7 / Totale waarde



16. BG8 / Totale waarde



17. Belastinggroepen

Naam	Last	Relatie	Type
LG1	Permanent		
LG2	Variabel	Standaard	Cat A: Woning

18. Combinaties

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
Combi1	UGT - LM1 vol	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigen gewicht constructie	1.10
			BG2 - Gronddrukken (horizontaal)	1.10
			BG3 - Belastingen uit brugdek (verticaal) - LM1 vol	0.85
			BG6 - Rembelasting uit brugdek (horizontaal) - LM1 vol	0.88
Combi2	UGT - LM1 80%	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigen gewicht constructie	1.10
			BG2 - Gronddrukken (horizontaal)	1.10
			BG4 - Belastingen uit brugdek (verticaal) - LM1 80%	0.86
			BG7 - Rembelasting uit	0.88

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
			brugdek (horizontaal) - LM1 80%	
Combi3	UGT - LM0	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigen gewicht constructie	1.10
			BG2 - Gronddrukken (horizontaal)	1.10
			BG5 - Belastingen uit brugdek (verticaal) - LM0	0.89
			BG8 - Rembelasting uit brugdek (horizontaal) - LM0	0.88

19. Resultaatklasses

Naam	Lijst
Alle UGT	Combi1 - Omhullende - uiterst Combi2 - Omhullende - uiterst Combi3 - Omhullende - uiterst

20. Instellingen net

Naam	MeshSetup 1
Minimum afstand tussen twee punten [m]	0.001
Gemiddeld aantal tussenpunten op 1D element	1
Gemiddelde grootte van 2D element/gekromd element [m]	0.250
Definitie van netelementen afmetingen voor panelen	Handmatig
Gemiddelde afmeting van paneelelement [m]	1.000
Elastisch net	✗
Minimum lengte van staafelement [m]	0.100
Maximum lengte van staafelement [m]	1000.000
Gemiddelde grootte van kabels, staven op elastische bedding, niet-lineaire grondveer [m]	1.000
Generatie van knopen op staven	✓
Generatie van knopen bij puntlasten op staven	✓
Generatie van excentrische elementen op staven met variabele hoogte	✗
Verdeling op consoles en variabele staven	5
Verdeling voor 2D-1D upgrade	50
Netverfijning volgens het liggertype	Geen
Genereren vooraf gedefinieerd net	✓
Maximale hoek uit het vlak van vierhoekig element [mrad]	30.0
Verh. voorgedefinieerd net	1.5
Zwevende knopen voor voorspanning	✓

21. 2D-elementen

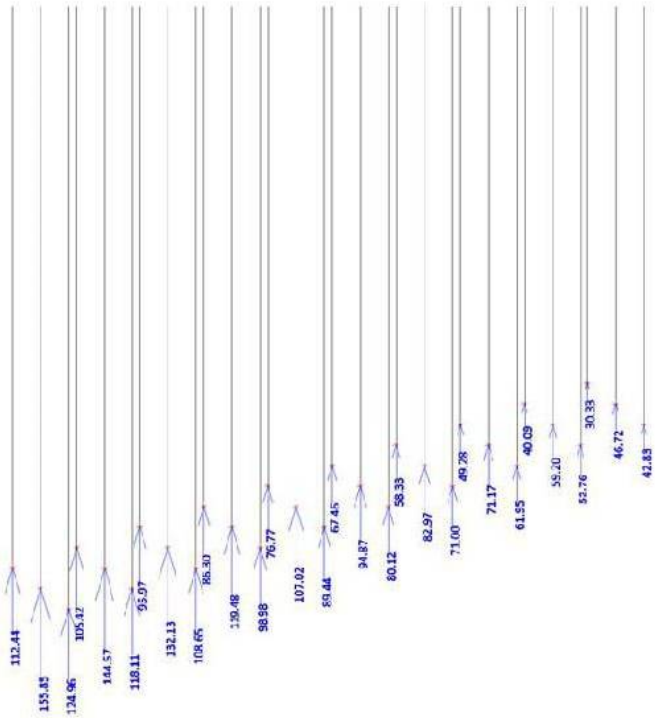
Naam	Laag	Type	Rekenmodel	Materiaal	Dikte type	D. [mm]	
E1	Laag1	vloer (90)	Standaard	C18 - stijf	constant	20	
E2	Laag1	wand (80)	Standaard	Masonry - nat	constant	1300	
E3	Laag1	wand (80)	Standaard	Masonry - nat	constant	1200	
E4	Laag1	wand (80)	Standaard	Masonry - droog	constant	1200	
E5	Laag1	vloer (90)	Standaard	C18 - stijf	constant	200	

22. Reacties

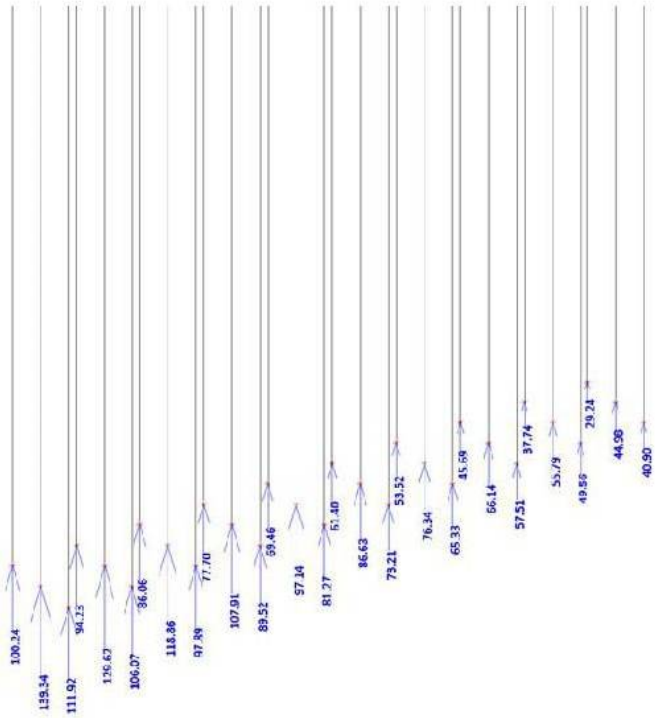
Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Combinaties : Combi1

Steunpunt	BG	dx [m]	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sle1/E4	Combi1/2	6.750	**-4.34**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Slb430/S109	Combi1/1	0.800	**0.41**	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Slb564/S145	Combi1/2	3.233	0.16	**-0.01**	0.00	0.00	0.00	0.00
Slb570/S146	Combi1/1	0.000	0.20	**0.03**	0.00	0.00	0.00	0.00
Sle1/E4	Combi1/4	0.000	0.00	0.00	**0.00**	0.00	0.00	0.00
Sn161/K244	Combi1/1		0.00	0.00	**155.85**	0.00	0.00	0.00
Sn161/K244	Combi1/4		0.00	0.00	23.75	**0.00**	0.00	0.00
Sn161/K244	Combi1/3		0.00	0.00	23.75	0.00	**0.00**	0.00
Sn188/K316	Combi1/3		0.00	0.00	23.43	0.00	0.00	**0.00**
Slb529/S135	Combi1/1	3.233	0.16	-0.01	0.00	0.00	0.00	**0.00**

23. Reacties; Rz

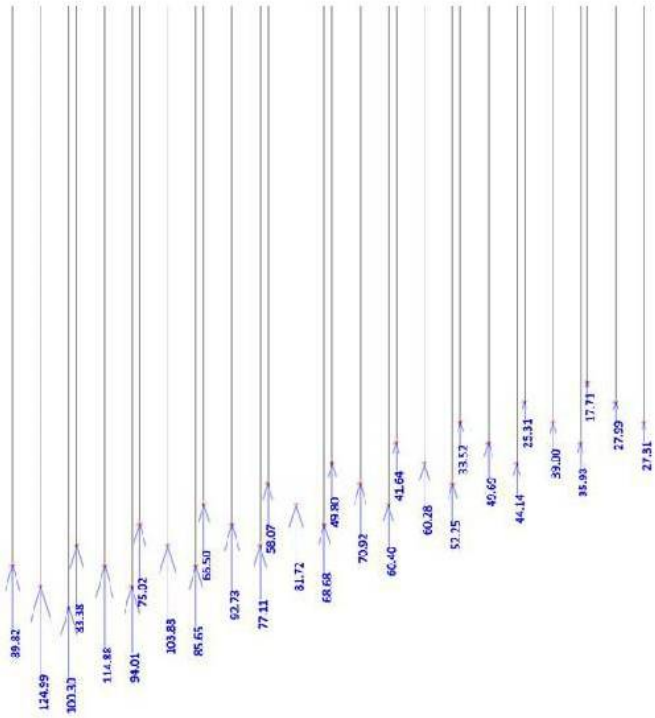


24. Reacties; Rz





25. Reacties; Rz



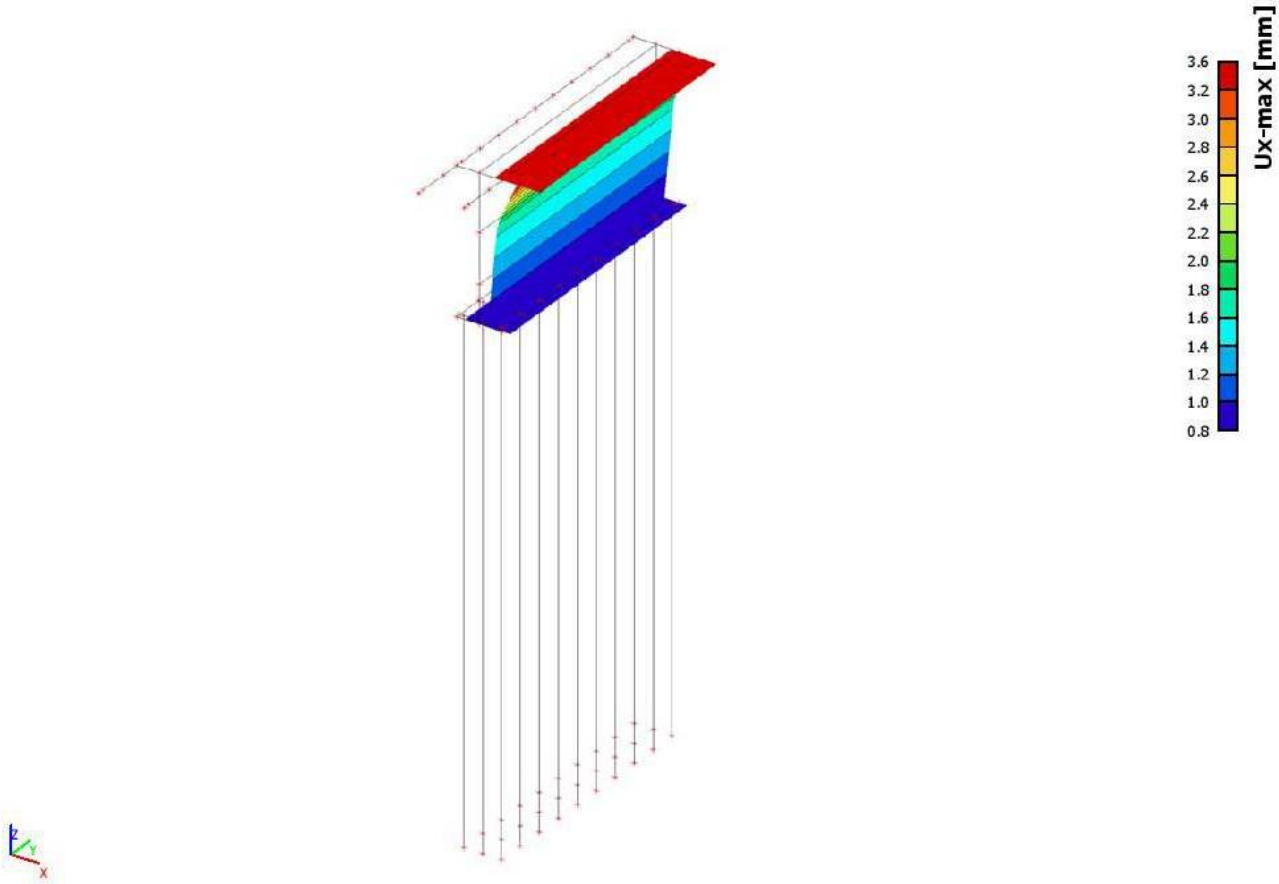


26. Verplaatsing van knopen

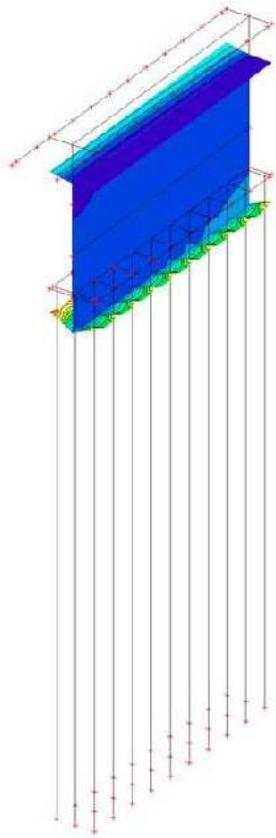
Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Combinaties : Combi1

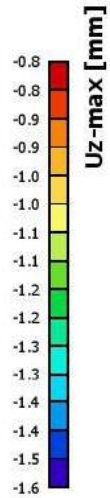
Staaf	BG	Knoop	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Fix [mrad]	Fiy [mrad]	Fiz [mrad]
E1	Combi1	K324	**-2.3**	-0.8	-6.9	0.0	0.0	0.0
E5	Combi1	K336	**3.6**	0.0	-1.3	2.1	**2.4**	0.0
E5	Combi1	K336	0.0	**-5.0**	-24.4	0.0	0.0	0.0
E2	Combi1	293	0.9	**0.0**	-1.4	0.7	1.2	0.0
E5	Combi1	K337	0.0	-5.0	**-27.8**	0.0	0.0	0.0
E1	Combi1	K318	0.8	0.0	**-0.9**	0.6	1.2	0.0
E4	Combi1	589	0.0	-4.4	-11.0	**-2.8**	0.0	0.0
E5	Combi1	K339	3.6	0.0	-1.3	**2.1**	2.3	0.0
E1	Combi1	K325	-2.3	-0.8	-7.8	0.0	**0.0**	0.0
E4	Combi1	615	0.0	-4.6	-3.4	0.0	0.0	**-0.2**
E4	Combi1	588	3.1	0.0	-1.5	0.0	1.7	**0.2**

27. Verplaatsing van knopen; Ux



28. Verplaatsing van knopen; Uz





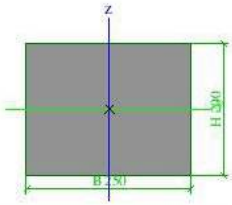


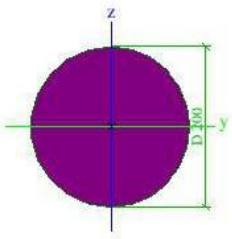
Bijlage E – [redacted] berekeningsrapportage tussenpijler

1. Inhoudsopgave

1. Inhoudsopgave 1
2. Doorsneden 2
3. Materialen 3
4. Beddingen 3
5. Rekenmodel 4
6. Rekenmodel 5
7. Rekenmodel 6
8. Belastingsgevallen 7
9. BG1 / Totale waarde 8
10. BG2 / Totale waarde 9
11. BG3 / Totale waarde 10
12. BG4 / Totale waarde 11
13. BG5 / Totale waarde 12
14. BG6 / Totale waarde 13
15. BG7 / Totale waarde 14
16. BG8 / Totale waarde 15
17. Belastinggroepen 15
18. Combinaties 15
19. Resultaatklasses 16
20. Instellingen net 17
21. 2D-elementen 17
22. Reacties 18
23. Reacties; Rz 18
24. Reacties; Rz 19
25. Reacties; Rz 20
26. Verplaatsing van knopen 20
27. Verplaatsing van knopen; Ux 21
28. Verplaatsing van knopen; Uz 22

2. Doorsneden

CS1		
Type	RECT	
Uitgebreid	250; 200	
Vorm type	Dikke wanden	
Onderdeelmateriaal	C18	
Bouwwijze	hout	
Kleur		
A [m²]	5.0000e-02	
A_y [m²], A_z [m²]	4.1667e-02	4.1667e-02
A_L [m²/m], A_D [m²/m]	9.0000e-01	9.0000e-01
$c_{Y,UCS}$ [mm], $c_{Z,UCS}$ [mm]	125	100
α [deg]	0.00	
I_y [m⁴], I_z [m⁴]	1.6667e-04	2.6042e-04
i_y [mm], i_z [mm]	58	72
$W_{el,y}$ [m³], $W_{el,z}$ [m³]	1.6667e-03	2.0833e-03
$W_{pl,y}$ [m³], $W_{pl,z}$ [m³]	1.8966e-03	2.3707e-03
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	3.41e+04	3.41e+04
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	4.27e+04	4.27e+04
d_y [mm], d_z [mm]	0	0
I_t [m⁴], I_w [m⁶]	3.4290e-04	5.5619e-08
β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Afbeelding		

CS2		
Type	CIRC	
Uitgebreid	200	
Vorm type	Dikke wanden	
Onderdeelmateriaal	C18	
Bouwwijze	hout	
Kleur		
A [m²]	3.1416e-02	
A_y [m²], A_z [m²]	2.8208e-02	2.8208e-02
A_L [m²/m], A_D [m²/m]	6.2829e-01	6.2829e-01
$c_{Y,UCS}$ [mm], $c_{Z,UCS}$ [mm]	100	100
α [deg]	0.00	
I_y [m⁴], I_z [m⁴]	7.8540e-05	7.8540e-05
i_y [mm], i_z [mm]	50	50
$W_{el,y}$ [m³], $W_{el,z}$ [m³]	7.8540e-04	7.8540e-04
$W_{pl,y}$ [m³], $W_{pl,z}$ [m³]	1.3333e-03	1.3333e-03
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	1.83e+04	1.83e+04
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	1.83e+04	1.83e+04
d_y [mm], d_z [mm]	0	0
I_t [m⁴], I_w [m⁶]	1.5739e-04	3.9042e-17
β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Afbeelding		

Verklaring van symbolen	
A	Gebied
A_y	Afschuifoppervlak in hoofd y-richting -

Verklaring van symbolen	
	Berekend door 2D EEM analyse
A_z	Afschuifoppervlak in hoofd z-richting -

Verklaring van symbolen	
	Berekend door 2D EEM analyse
A_L	Omtrek per eenheidslengte
A_O	Uithardingsoppervlakte per eenheidslengte
$c_{Y.UCS}$	Zwaartepunt coordinaten in Y-richting van het invoer assen systeem
$c_{Z.UCS}$	Zwaartepunt coordinaten in Z-richting van het invoer assen systeem
$I_{Y.LCS}$	Tweede moment van het gebied rond de YLCS as
$I_{Z.LCS}$	Tweede moment van het gebied rond de ZLCS as
$I_{YZ.LCS}$	Product moment van het gebied in het LCS systeem
α	Rotatiehoek van het hoofd assen systeem
I_y	Tweede moment van het gebied rond de hoofd y-as
I_z	Tweede moment van het gebied rond de hoofd z-as
i_y	Traagheidsstraal rond de hoofd y-as
i_z	Traagheidsstraal rond de hoofd z-as
$W_{el.y}$	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as

Verklaring van symbolen	
$W_{el.z}$	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
$W_{pl.y}$	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
$W_{pl.z}$	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
$M_{pl.y.+}$	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een positief My moment
$M_{pl.y.-}$	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een negatief My moment
$M_{pl.z.+}$	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een positief Mz moment
$M_{pl.z.-}$	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een negatief Mz moment
d_y	Afschuif middencoordinaat in hoofd y-richting gemeten vanaf het zwaartepunt - Berekend door 2D EEM analyse
d_z	Afschuif middencoordinaat in hoofd z-richting gemeten vanaf het zwaartepunt - Berekend door 2D EEM analyse
I_t	Torsie constante - Berekend door 2D EEM analyse
I_w	Welvings constante - Berekend door 2D EEM analyse
β_y	Mono-symmetrische constante rond de hoofd y-as
β_z	Mono-symmetrische constante rond de hoofd z-as

3. Materialen

Staal EC3

Naam	ρ [kg/m³]	E_{mod} [MPa]	μ	Onderlimiet [mm]	Bovenlimiet [mm]	F_y [MPa]	F_u [MPa]	Kleur
		G_{mod} [MPa]	α [m/mK]					
S 235	7850.0	2.1000e+05	0.3	0	40	235.0	360.0	
		8.0769e+04	0.00	40	80	215.0	360.0	
S 235 - stijf	7850.0	4.2000e+05	0.3	0	40	235.0	360.0	
		1.6154e+05	0.00	40	80	215.0	360.0	

Hout EC5

Naam	Houtsoort	μ	E_{mod} [MPa]	$f_{m.k}$ [MPa]	$f_{t.0.k}$ [MPa]	$f_{t.90.k}$ [MPa]	$f_{c.0.k}$ [MPa]	$f_{c.90.k}$ [MPa]	$f_{v.k}$ [MPa]	Kleur
	ρ [kg/m³]	α [m/mK]	G_{mod} [MPa]							
C18	Vast	0	9.0000e+03	18.0	11.0	0.4	18.0	2.2	3.4	
	1.0	0.00	5.6000e+02							
C18 - stijf	Vast	0	1.0000e+10	18.0	11.0	0.4	18.0	2.2	3.4	
	1.0	0.00	5.6000e+02							

Metselwerk

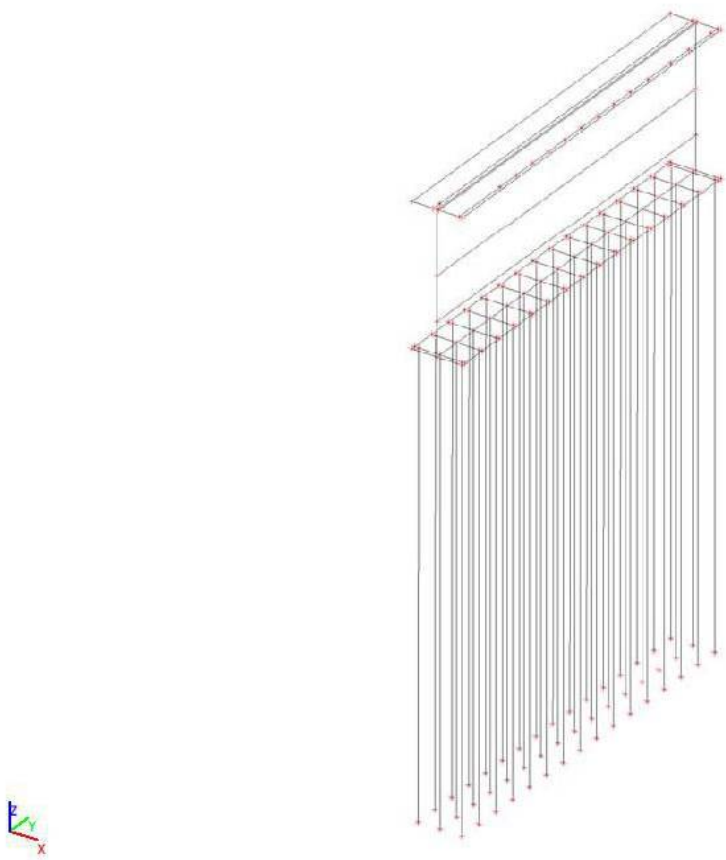
Naam	Type	ρ [kg/m³]	E_{mod} [MPa]	μ	G_{mod} [MPa]	α [m/mK]	f_k [MPa]	Kleur
Masonry - droog	Metselwerk	2000.0	3.1000e+03	0.25	1.2400e+03	0.00	3.1	
Masonry - nat	Metselwerk	1482.0	3.1000e+03	0.25	1.2400e+03	0.00	3.1	

4. Beddingen

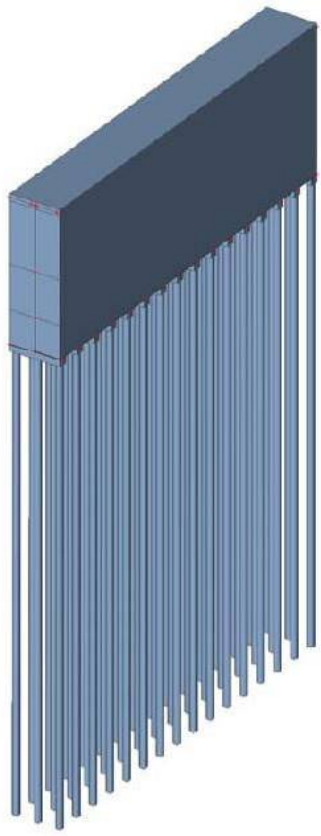
Naam	C1x [MN/m³]	C1z	C1y [MN/m³]	Stijfheid [MN/m³]	C2x [MN/m]	C2y [MN/m]
Klei en veen 1	1.0000e-03	Verend	2.5000e-01	7.4000e-01	1.0000e-03	1.0000e-03
Wadafz.	1.0000e-03	Verend	4.9000e-01	1.4800e+00	1.0000e-03	1.0000e-03
Zandh. klei	1.0000e-03	Verend	7.4000e-01	2.2200e+00	1.0000e-03	1.0000e-03

Naam	C1x [MN/m³]	C1z	C1y [MN/m³]	Stijfheid [MN/m³]	C2x [MN/m]	C2y [MN/m]
Klei en veen 2	1.0000e-03	Verend	2.0000e-01	6.0000e-01	1.0000e-03	1.0000e-03
1e zandlaag	1.0000e-03	Verend	4.4500e+00	1.3340e+01	1.0000e-03	1.0000e-03

5. Rekenmodel

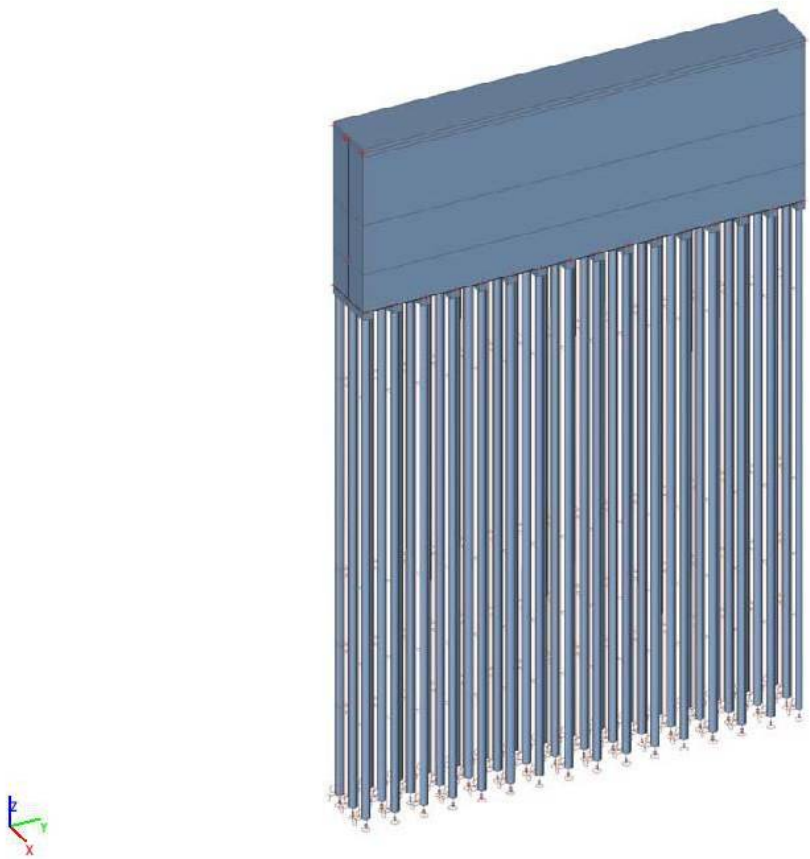


6. Rekenmodel





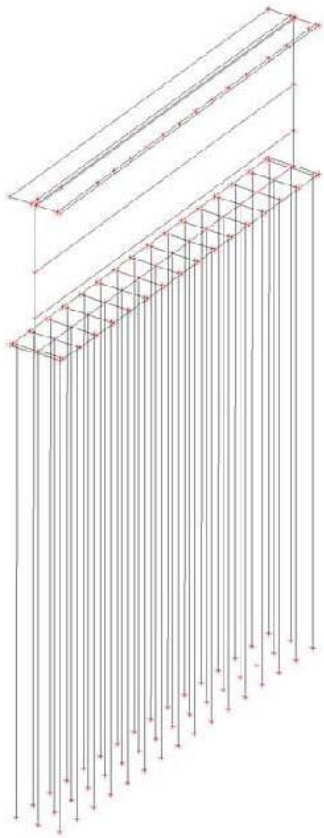
7. Rekenmodel



8. Belastingsgevallen

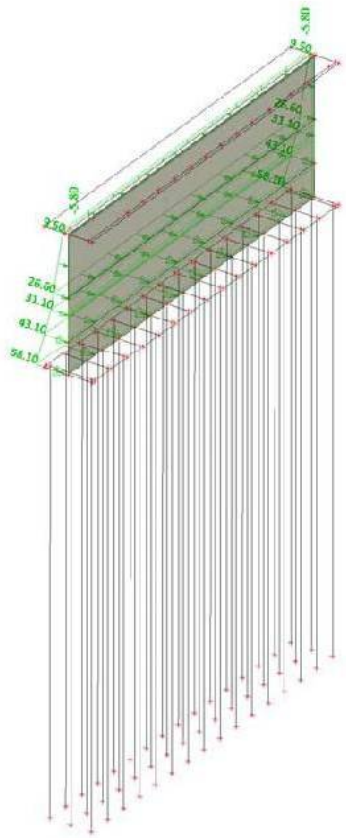
Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Richting	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype				
BG1	Eigen gewicht constructie	Permanent	LG1	-Z		
		Eigen gewicht				
BG2	Gronddrukken (horizontaal)	Permanent	LG1			
		Standaard				
BG3	Belastingen uit brugdek (verticaal) - LM1 vol	Variabel	LG2		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				
BG4	Belastingen uit brugdek (verticaal) - LM1 80%	Variabel	LG2		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				
BG5	Belastingen uit brugdek (verticaal) - LM0	Variabel	LG2		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				
BG6	Rembelasting uit brugdek (horizontaal) - LM1 vol	Variabel	LG2		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				
BG7	Rembelasting uit brugdek (horizontaal) - LM1 80%	Variabel	LG2		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				
BG8	Rembelasting uit brugdek (horizontaal) - LM0	Variabel	LG2		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				

9. BG1 / Totale waarde



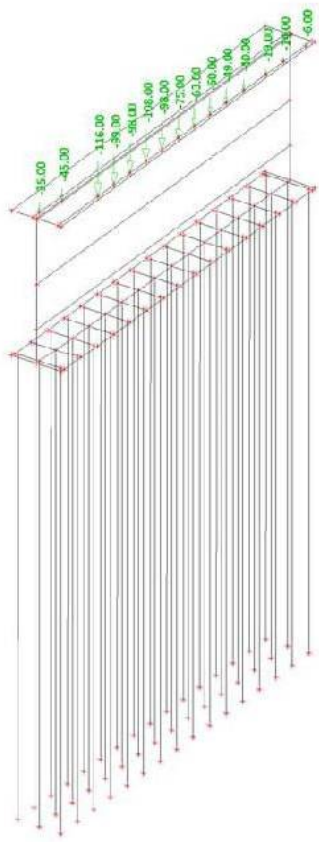


10. BG2 / Totale waarde



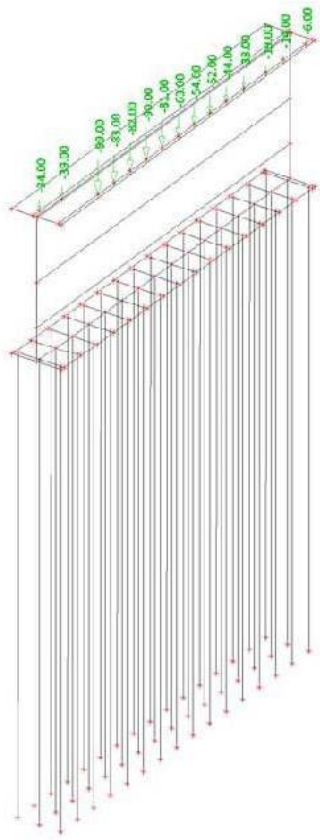


11. BG3 / Totale waarde



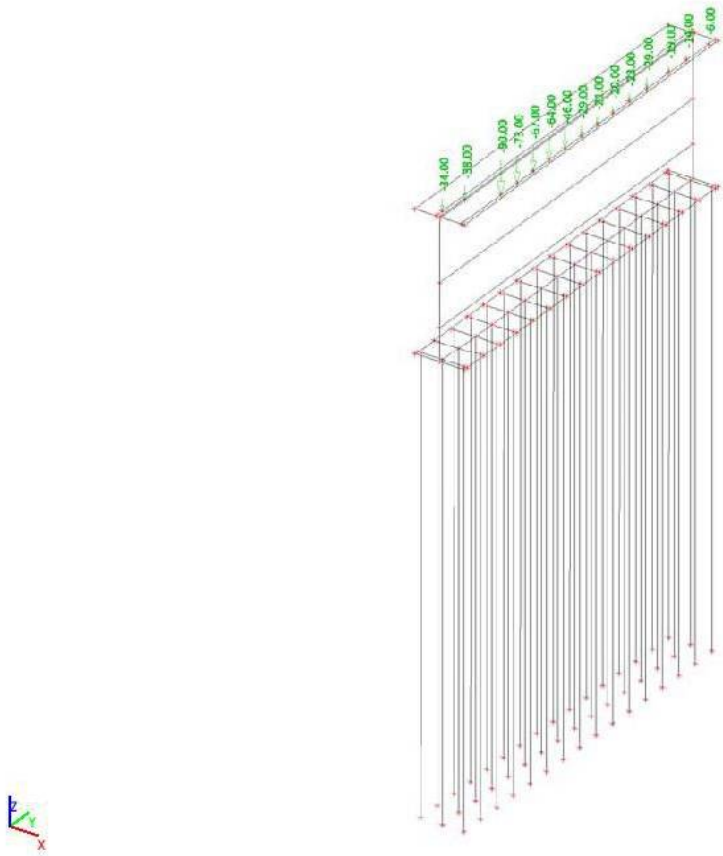


12. BG4 / Totale waarde

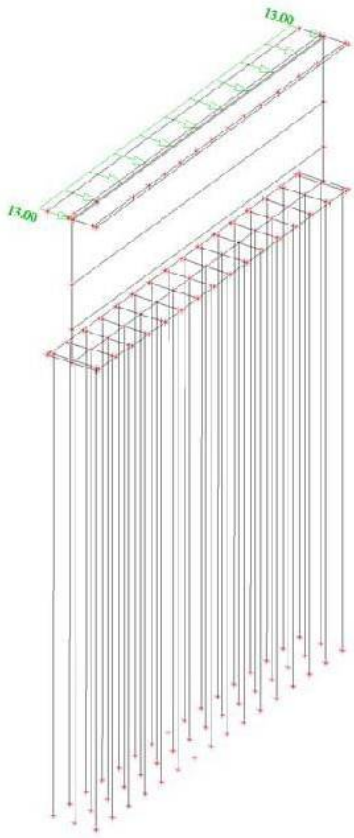




13. BG5 / Totale waarde

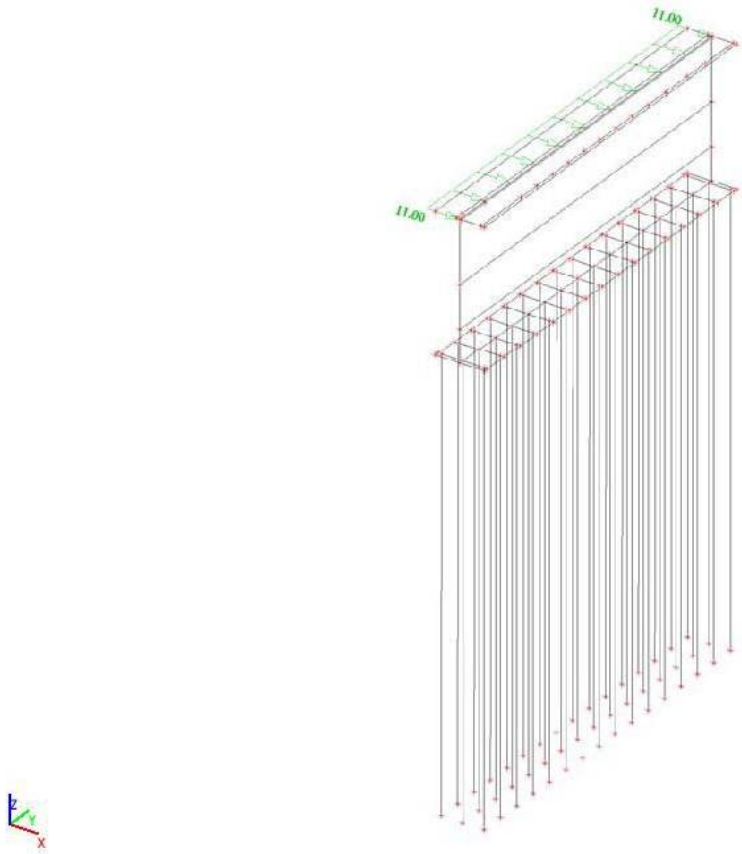


14. BG6 / Totale waarde

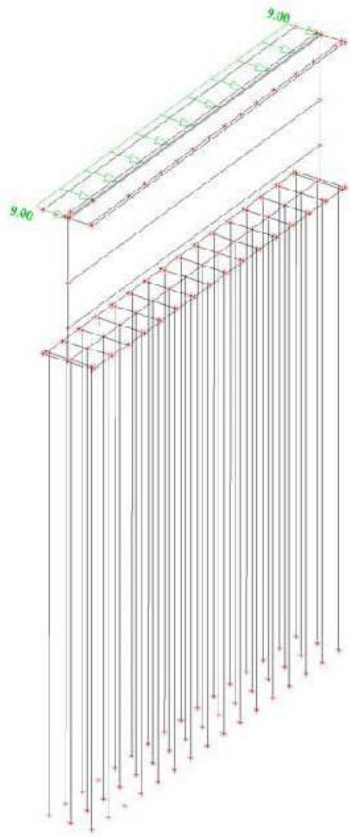




15. BG7 / Totale waarde



16. BG8 / Totale waarde





17. Belastinggroepen

Naam	Last	Relatie	Type
LG1	Permanent		
LG2	Variabel	Standaard	Cat A: Woning

18. Combinaties

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
Combi1	UGT - LM1 vol	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigen gewicht constructie	1.10
			BG2 - Gronddrukken (horizontaal)	1.10
			BG3 - Belastingen uit brugdek (verticaal) - LM1 vol	0.99
			BG6 - Rembelasting uit brugdek (horizontaal) - LM1 vol	0.88
Combi2	UGT - LM1 80%	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigen gewicht constructie	1.10
			BG2 - Gronddrukken (horizontaal)	1.10
			BG4 - Belastingen uit brugdek (verticaal) - LM1 80%	0.99
			BG7 - Rembelasting uit	0.88

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
			brugdek (horizontaal) - LM1 80%	
Combi3	UGT - LM0	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigen gewicht constructie	1.10
			BG2 - Gronddrukken (horizontaal)	1.10
			BG5 - Belastingen uit brugdek (verticaal) - LM0	0.98
			BG8 - Rembelasting uit brugdek (horizontaal) - LM0	0.88

19. Resultaatklasses

Naam	Lijst
Alle UGT	Combi1 - Omhullende - uiterst Combi2 - Omhullende - uiterst Combi3 - Omhullende - uiterst

20. Instellingen net

Naam	MeshSetup 1
Minimum afstand tussen twee punten [m]	0.001
Gemiddeld aantal tussenpunten op 1D element	1
Gemiddelde grootte van 2D element/gekromd element [m]	0.250
Definitie van netelementen afmetingen voor panelen	Handmatig
Gemiddelde afmeting van paneelelement [m]	1.000
Elastisch net	✗
Minimum lengte van staafelement [m]	0.100
Maximum lengte van staafelement [m]	1000.000
Gemiddelde grootte van kabels, staven op elastische bedding, niet-lineaire grondveer [m]	1.000
Generatie van knopen op staven	✓
Generatie van knopen bij puntlasten op staven	✓
Generatie van excentrische elementen op staven met variabele hoogte	✗
Verdeling op consoles en variabele staven	5
Verdeling voor 2D-1D upgrade	50
Netverfijning volgens het liggertype	Geen
Genereren vooraf gedefinieerd net	✓
Maximale hoek uit het vlak van vierhoekig element [mrad]	30.0
Verh. voorgedefinieerd net	1.5
Zwevende knopen voor voorspanning	✓

21. 2D-elementen

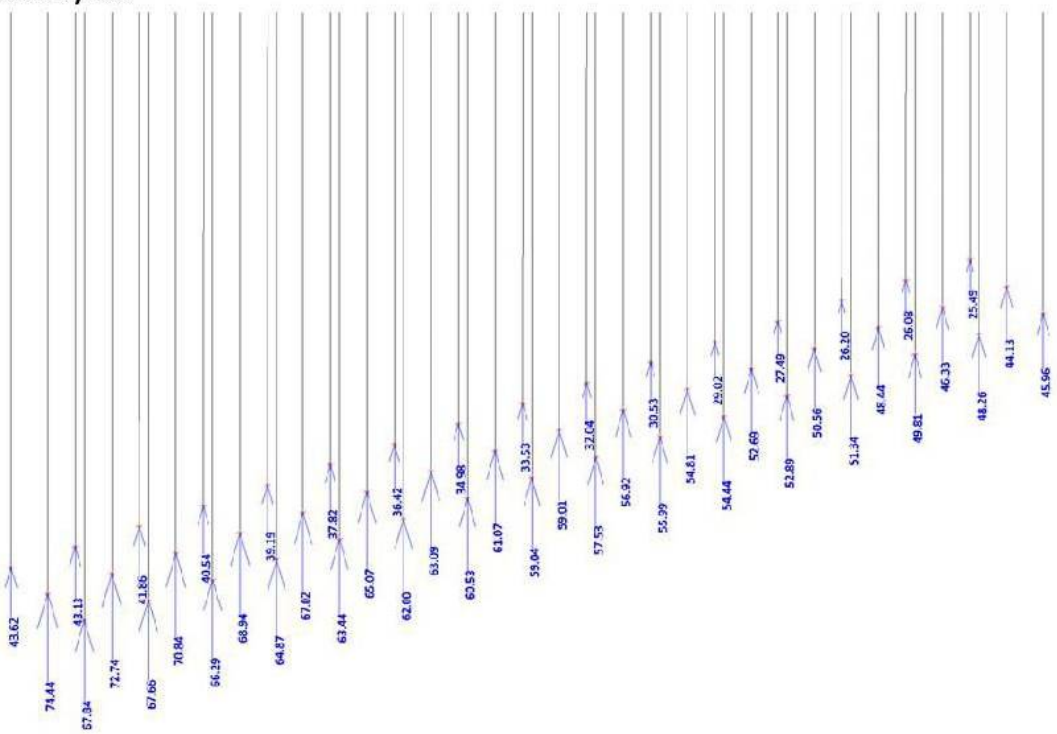
Naam	Laag	Type	Rekenmodel	Materiaal	Dikte type	D. [mm]	
E1	Laag1	vloer (90)	Standaard	C18 - stijf	constant	20	
E2	Laag1	wand (80)	Standaard	Masonry - nat	constant	1500	
E3	Laag1	wand (80)	Standaard	Masonry - nat	constant	1500	
E4	Laag1	wand (80)	Standaard	Masonry - droog	constant	1500	
E5	Laag1	vloer (90)	Standaard	C18 - stijf	constant	200	

22. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Combinaties : Combi1

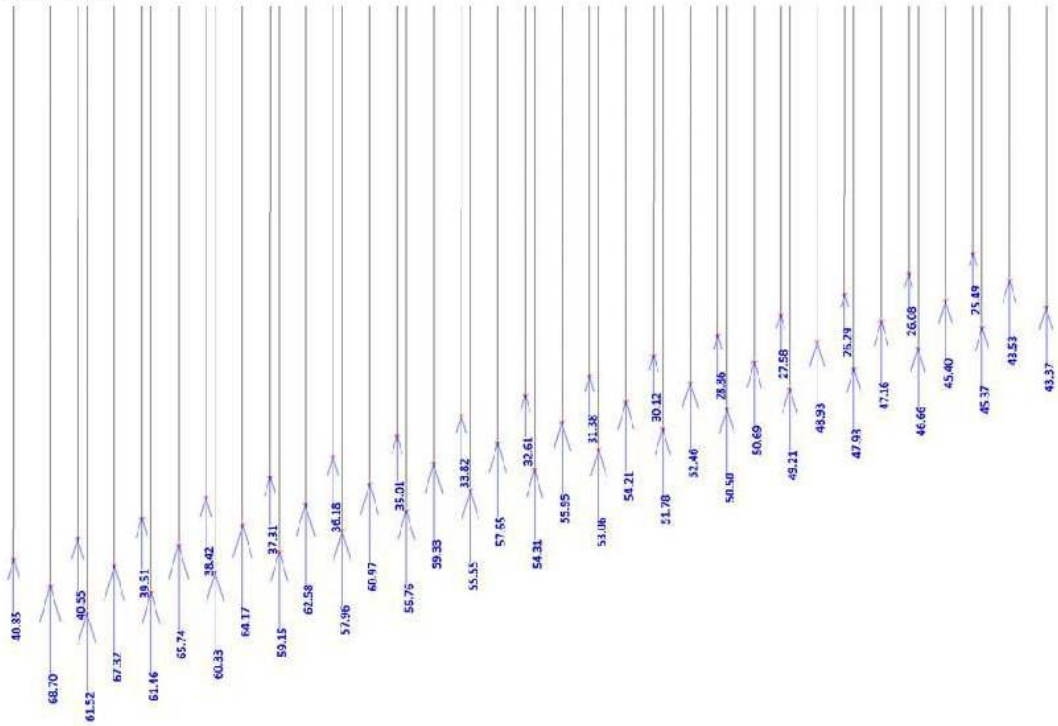
Steunpunt	BG	dx [m]	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sle1/E4	Combi1/4	11.250	**-20.89**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Slb514/S131	Combi1/2	5.733	**0.51**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Slb429/S109	Combi1/1	3.233	-1.43	**0.00**	0.00	0.00	0.00	0.00
Slb540/S138	Combi1/4	0.000	-3.65	**0.01**	0.00	0.00	0.00	0.00
Slb654/S168	Combi1/2	5.733	0.50	0.00	**0.00**	0.00	0.00	0.00
Sn161/K244	Combi1/1		0.01	0.00	**74.44**	0.00	0.00	0.00
Sn162/K250	Combi1/3		0.04	0.00	25.51	**0.00**	0.00	0.00
Sn207/K411	Combi1/1		0.03	0.00	22.41	**0.00**	0.00	0.00
Sn161/K244	Combi1/2		0.01	0.00	36.14	0.00	**0.00**	0.00
Slb424/S105	Combi1/3	3.233	-1.62	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.00**
Slb649/S167	Combi1/1	3.233	-1.44	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.00**

23. Reacties; Rz

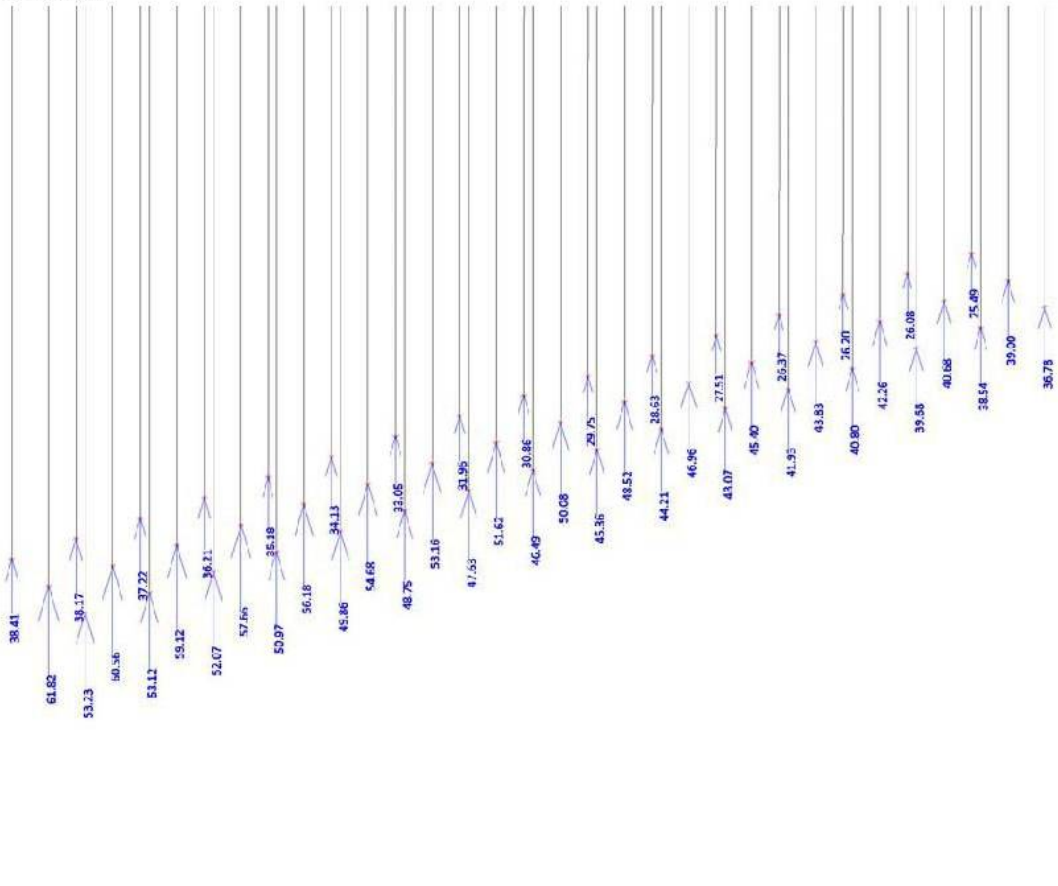




24. Reacties; Rz



25. Reacties; Rz

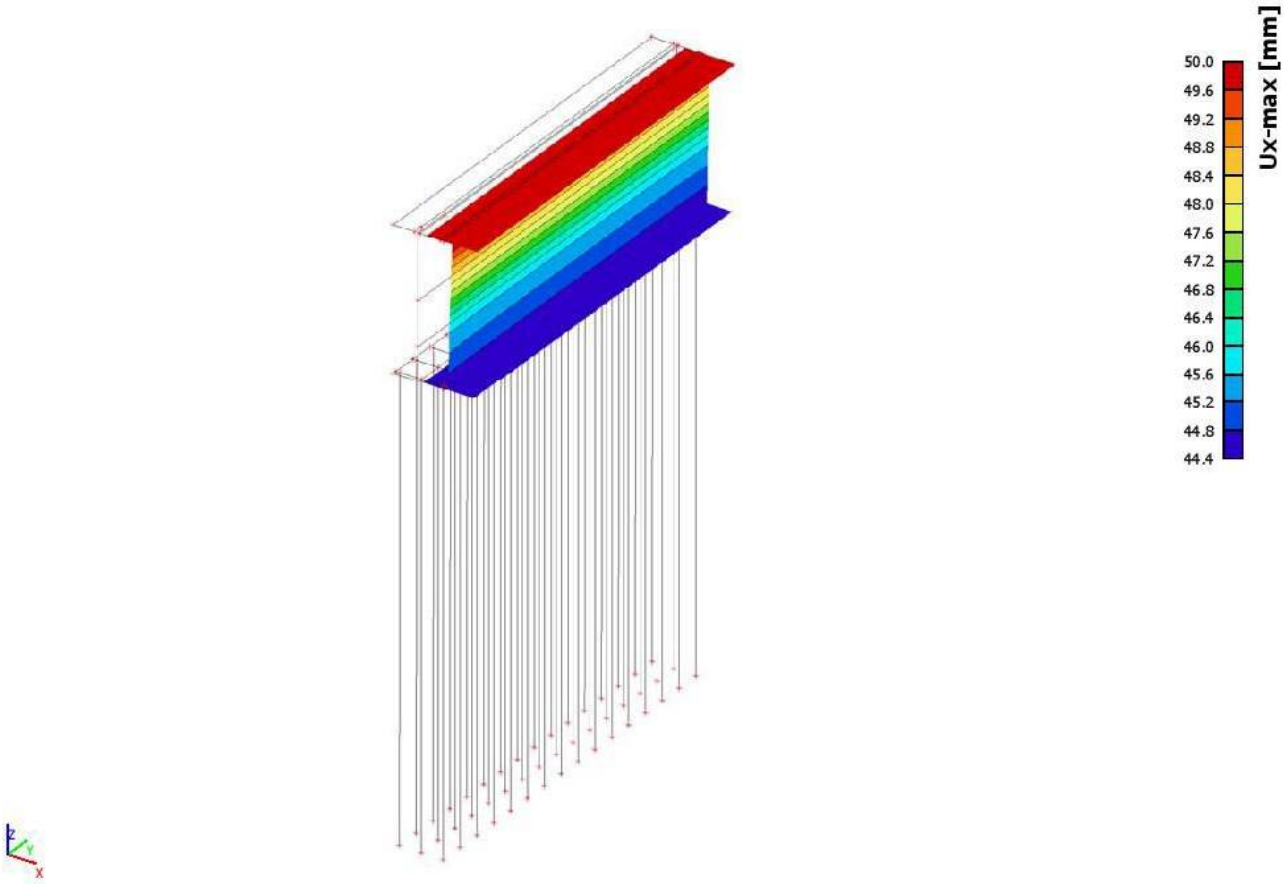


26. Verplaatsing van knopen

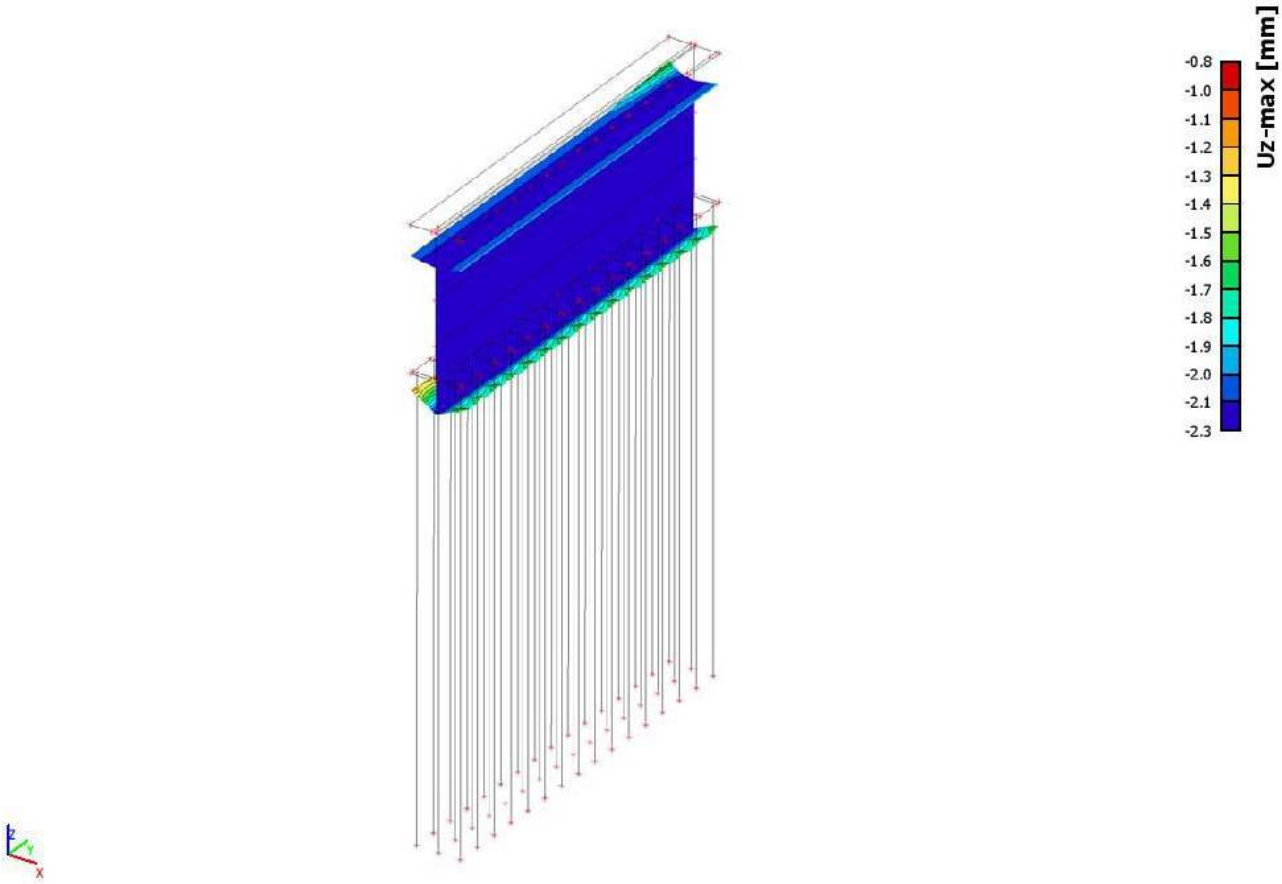
Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Combinaties : Combi1

Staaf	BG	Knoop	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Fix [mrad]	Fiy [mrad]	Fiz [mrad]
E1	Combi1	K324	**40.2**	-0.1	-2.6	0.0	0.0	0.0
E4	Combi1	K426	**50.0**	0.0	-2.3	0.2	1.8	0.0
E5	Combi1	K364	41.2	**-0.9**	-4.0	0.0	-0.4	0.0
E3	Combi1	757	45.8	**0.0**	-2.3	0.1	1.8	0.0
E5	Combi1	1470	41.2	-0.8	**-6.8**	0.0	-0.4	0.0
E1	Combi1	K421	44.4	0.0	**-0.8**	0.1	1.9	0.0
E2	Combi1	566	40.9	-0.2	-2.7	**0.0**	-0.1	0.0
E2	Combi1	616	44.8	0.0	-2.2	**0.2**	2.0	0.0
E4	Combi1	1136	41.3	-0.8	-4.6	0.0	**-0.4**	0.0
E1	Combi1	K324	44.4	0.0	-1.1	0.1	**2.0**	0.0
E3	Combi1	757	42.1	-0.4	-2.7	0.0	-0.2	**0.0**
E3	Combi1	712	45.7	0.0	-2.3	0.2	1.9	**0.0**

27. Verplaatsing van knopen; Ux



28. Verplaatsing van knopen; Uz

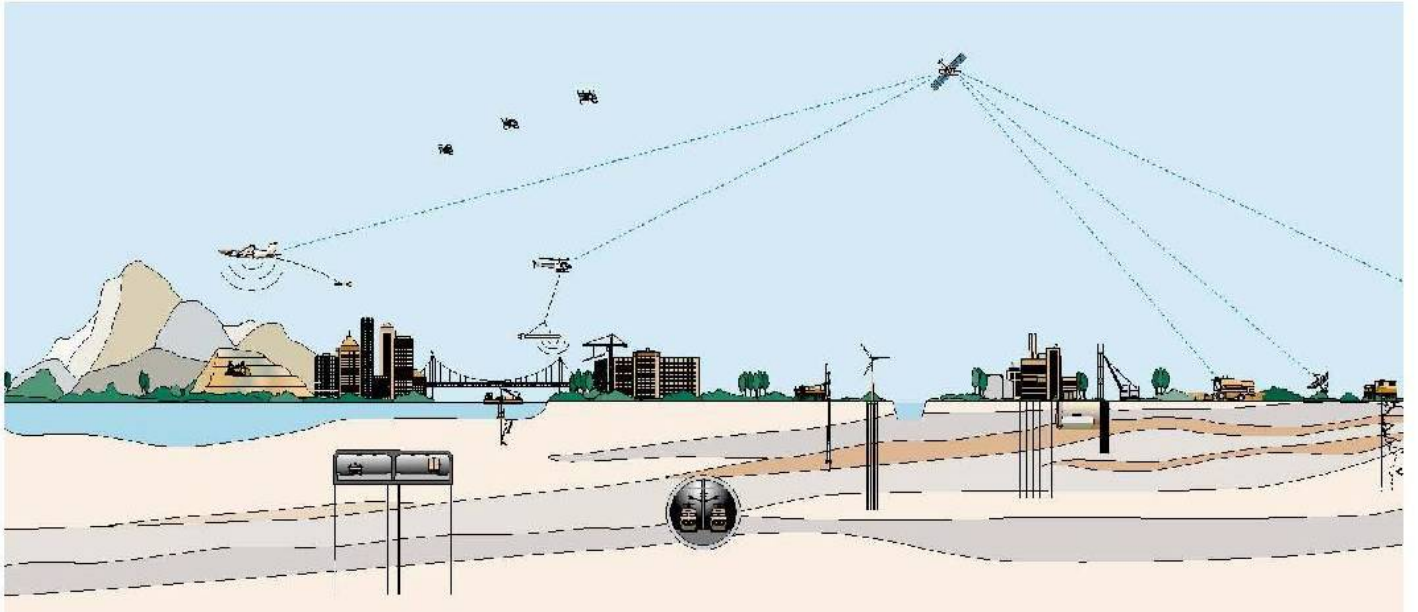


Bijlage 3 - Geotechnisch onderzoek [redacted], rapport 1015-0304-004 versie 2 d.d. 21 maart 2016

GEOTECHNISCH ONDERZOEK EN
FUNDERINGSADVIES
betreffende

BRUG 21 LELIEGRACHT EN BRUG 20 EN KADE HERENGRACHT AMSTERDAM

Opdrachtnummer: 1015-0304-004



GEOTECHNISCH ONDERZOEK EN
FUNDERINGSADVIES
betreffende

BRUG 21 LELIEGRACHT EN BRUG 20 EN KADE HERENGRACHT AMSTERDAM

Opdrachtnummer: 1015-0304-004

Opdrachtgever	:	Gemeente Amsterdam Stadsdeel Centrum Postbus 202 1000 AE Amsterdam
Datum grondonderzoek	:	december 2015 en januari 2016
Projectleider	:	[redacted]
Opgesteld door	:	[redacted]

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	18 februari 2016		
2	21 maart 2016	DKM1 en DKM4 toegevoegd	

FILE: 1015-0304-004_31.R01 (versie 2)

[redacted]

INHOUDSOPGAVE Blz.

1. INLEIDING 1

2. PROJECTOMSCHRIJVING 2
   2.1. Projectlocatie 2
   2.2. Brug 20 Herengracht 2
   2.3. Brug 21 Leliegracht 3
   2.4. Normen en richtlijnen 4

3. GEOTECHNISCH ONDERZOEK EN BODEMGESTELDHEID 5
   3.1. Algemeen 5
   3.2. Globale bodemgesteldheid 5
   3.3. Grondwaterstanden en stijghoogten 5

4. FUNDERINGSANALYSE 6
   4.1. Algemeen 6
   4.2. Uitgangspunten 6
   4.3. Berekeningsresultaten 7

BIJLAGEN Nr.

Geotechnisch onderzoek
- Rapportage Geotechnisch Veldwerk 1015-0304-004_21.KR01v02

Funderingsadvies
- Berekening en toetsing rekenwaarde netto draagkracht A2

1. INLEIDING

Op 21 december 2015 ontving [redacted] te Amsterdam van Gemeente Amsterdam de opdracht voor het uitvoeren van een geotechnisch onderzoek alsmede het uitvoeren van controle berekeningen voor de funderingsopalen onder de bruggen 20 en 21 over respectievelijk de Herengracht en de Leliegracht de Amsterdam. Dit voor het dit voor het bepalen van de constructieve veiligheid van genoemde 3 bruggen in de Vijzelstraat.

Voorliggend rapport betreft een aanvulling op het oorspronkelijke rapport (1015-0304-004_31.R01, d.d. 18 februari 2016) met de sonderingen DKM1 en DKM4.

Door [redacted] zijn funderingsinspecties uitgevoerd waarvan de resultaten door de opdrachtgever ter beschikking zijn gesteld. Uit de resultaten van het houtonderzoek is gebleken dat er sprake is van bacteriële aantasting van de houten palen van de funderingen. Om het effect van deze aantasting op de constructieve veiligheid (unity check) inzichtelijk te krijgen is inzicht nodig in de resterende sterkte en geotechnisch paaldraagvermogen van de onderzochte houten palen.

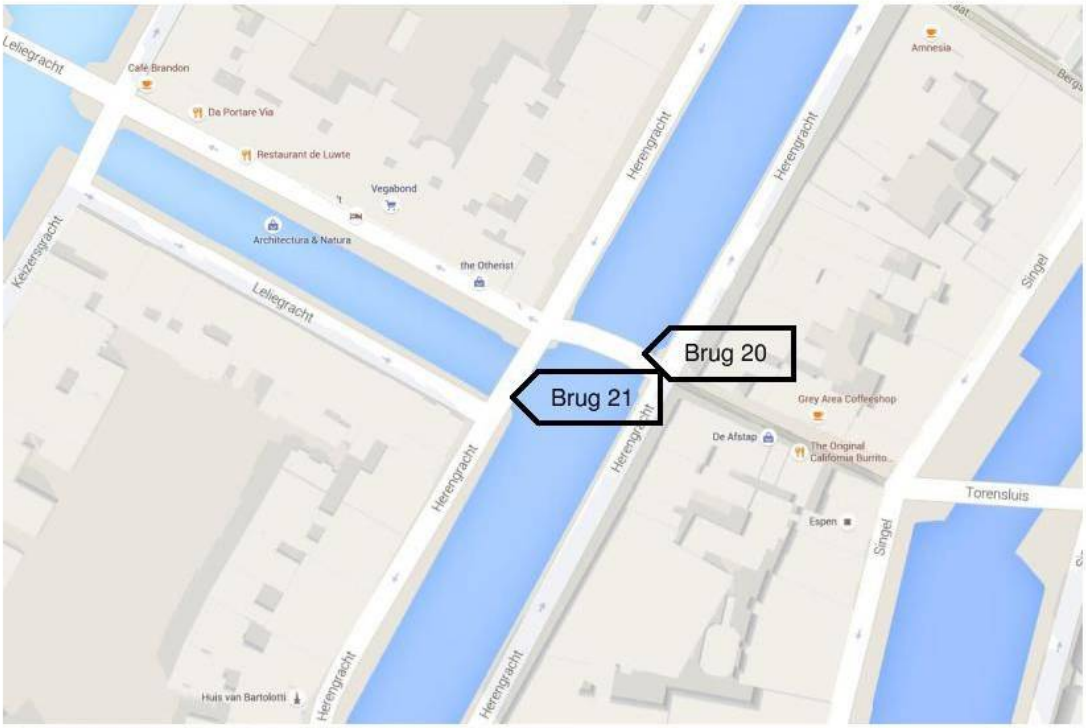
Dit rapport bevat:
- een korte projectomschrijving (hoofdstuk 2);
- een beschrijving van het uitgevoerde geotechnisch onderzoek en de bodemgesteldheid (hoofdstuk 3);
- een funderingsanalyse, bestaande uit een berekening van het geotechnisch paaldraagvermogen (hoofdstuk 4).

De resultaten van dit onderzoek zijn gebaseerd op de opdracht en de in het rapport beschreven uitgangspunten. [redacted] neemt geen verantwoordelijkheid voor de juistheid van andere dan door ons gerapporteerde conclusies en interpretaties. De gerapporteerde resultaten van het onderzoek mogen slechts worden gehanteerd voor het doel zoals in de opdracht is beschreven. [redacted] staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van de door derden verstrekte informatie en gegevens.

2. PROJECTOMSCHRIJVING

2.1. Projectlocatie

Bruggen 20 en 21 over respectievelijk de Herengracht en de Leliegracht de Amsterdam.



Figuur 2-1: Locaties bruggen 20 en 21 (bron: Google Maps)

Meer informatie over de bruggen in te vinden in onderstaande paragrafen. Voor nadere gegevens omtrent de constructie verwijzen wij u naar de berekeningen en tekeningen van de gemeente.

2.2. Brug 20 Herengracht

Volgens opgave is brug 20 oorspronkelijk gebouwd in 1886. Brug is opgebouwd uit twee landhoofden en drie tussenpijlers. In figuur 2-2 is een langsdoorsnede uit de aangeleverde constructietekeningen van de volledige brug weergegeven

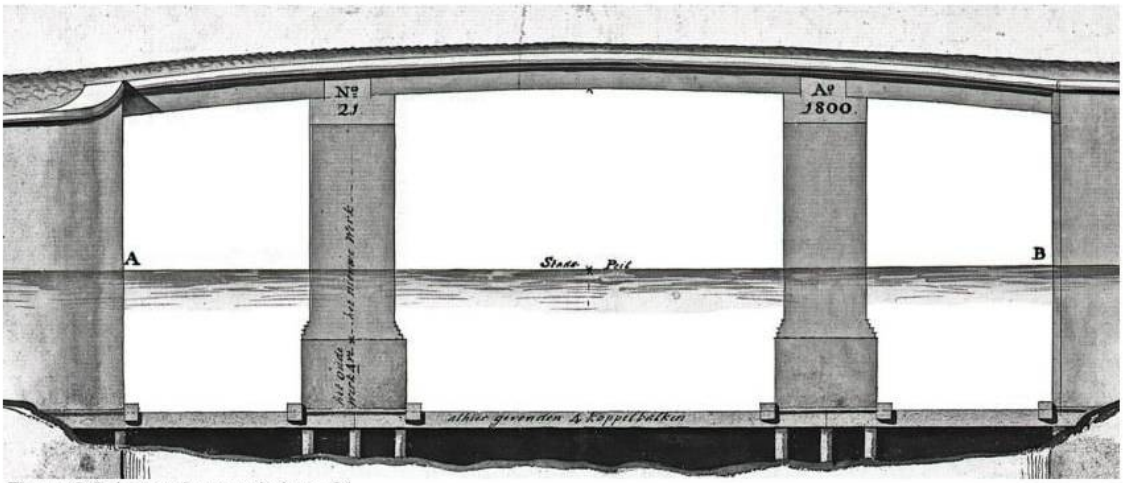


Figuur 2-2: Langsdoorsnede brug 20

Volgens het door [redacted] uitgevoerde fundringsonderzoek is het landhoofd van brug 20 opgebouwd uit een houten vloer, planken met eendikte van 10 cm op kespen 22 x 25 cm (h x b) op houten palen Ø 16-21 cm. Onder de kespen zijn koppelbalken aanwezig die tussen de landhoofden en de pijlers lopen. De bovenzijde van de houten vloer bevindt zich op 160 cm onder de waterlijn. De palen hebben een hart-op-hartafstand van circa 40 cm in de vaarrichting.

2.3. Brug 21 Leliegracht

Volgens opgave is brug 21 in 1800 gebouwd en is opgebouwd uit twee landhoofden en twee tussenpijlers. In figuur 2-3 is een langsdoorsnede uit de aangeleverde constructietekeningen van de volledige brug weergegeven.



Figuur 2-3: Langsdoorsnede brug 21

2.4. Normen en richtlijnen

Voor het uitvoeren van de funderingsanalyse zijn de volgende normen, richtlijnen en publicaties toegepast:

- Bouwbesluit 2012;
- NEN 9997-1 Geotechnisch ontwerp van constructies;
- Richtlijn onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen onder gebouwen, F3O/SBRCURNET, 2012;
- Maatwerk, lokale verordening van Stadsdeel Centrum over onderzoek naar de technische staat van panden in het kader van behoud en herstel, 2009
- De houten paalfundering doorgezaagd, rekenen aan sterk verouderde houten paalfundering, [redacted], gemeente Amsterdam, 2007;

3. GEOTECHNISCH ONDERZOEK EN BODEMGESTELDHEID

3.1. Algemeen

Het relevante geotechnisch grondonderzoek ten behoeve van de bruggen 20 en 21 heeft bestaan uit 12 diepsonderingen met meting van de plaatselijke wrijvingsweerstand (code DKM) tot ca. 25 m diepte. Zes sonderingen zijn vanaf het water uitgevoerd (zie figuur 3-1a en b), de overige vanaf het land.





Figuren 3-1a en b: Uitvoering sonderingen vanaf het water

De resultaten hiervan, eventuele afwijkingen van de opdracht en opmerkingen zijn gepresenteerd in de bijlagen "Rapportage Geotechnisch Veldwerk".

3.2. Globale bodemgesteldheid

De maaiveldniveaus ter plaatse van de sondeerlocaties varieerden ten tijde van het onderzoek van NAP +2,29 m tot NAP -2,3 m (waterbodemniveau).

De globale bodemgesteldheid is naast de sondeergrafieken weergegeven.

3.3. Grondwaterstanden en stijghoogten

Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek is de grondwaterstand gepeild op NAP -0,4 m. Deze waterstand is een éénmalige opname en bedoeld als een oriënterend gegeven. De (grond)waterstand kan in de tijd (sterk) fluctueren onder invloed van weersgesteldheid en de seizoenen.

4. FUNDERINGSANALYSE

4.1. Algemeen

Op verzoek van de opdrachtgever zijn controle berekeningen gedaan voor de bestaande houten funderingspalen onder de bruggen. De uitgangspunten en berekeningsresultaten zijn in respectievelijk paragraaf 4.2 en 4.3 gepresenteerd.

4.2. Uitgangspunten

Voor de uitwerking van het draagkrachtberekeningen voor dit project zijn, aan de hand van de resultaten van de door de opdrachtgever verstrekte funderingsinspecties, de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Bij de draagkrachtberekening is uitgegaan van verticaal, centrisch en op druk belaste palen. Momenten, trekbelastingen en horizontale belastingen zijn niet beschouwd.
- De funderingsanalyses voor dit project zijn opgesteld conform het Bouwbesluit, de norm geotechniek NEN 9997-1 en de lokale verordening "Maatwerk". Laatst genoemde verordening geeft aan dat in het algemeen geen rekening hoeft te worden gehouden met negatieve kleefbelasting. Dit is zeker van toepassing voor de palen onder de middenpijlers, aangezien hier geen sprake is van een (zand)ophoging en dus langdurige zakking door negatieve kleef. Bij de palen onder de landhoofden is wel sprake van een ophoging. Naar verwachting is deze ophoging reeds lange tijd aanwezig en is er niet of nauwelijks sprake van zettingen en dus negatieve kleef. Dit dient door aanvullende (hoogte)metingen te worden bevestigd (zie ook hoofdstuk 5). Indien er sprake is van onzekerheid kan als alternatief de negatieve kleef op de muren van het landhoofd als belasting worden meegenomen. In de draagkrachtberekeningen is hier geen rekening mee gehouden.
- de paalpuntdiameter is afgeleid uit de paalkopdiameter verminderd met de tapsheid van de palen. Wij zijn van mening dat eventuele bacteriële aantasting aan de paalpunt de geotechnische draagkracht van houten palen niet (negatief) beïnvloedt. Er zijn inmiddels op diverse locaties in Amsterdam houten palen getrokken (b.v. Czaar Peterstraat, Meerhuizenplein, Rijnstraat en bij het Centraal Station). Bij het trekken van de palen is nooit uitwendige schade opgemerkt, die verband zou kunnen houden met afgenomen sterkte van de buitenste schil van de palen. Dus geen afgeschoven buitenste schil of iets dergelijks. Dit beeld wordt bevestigd door [Sas, 2007]. Aangezien de krachten tijdens het trekken van palen zeer fors zijn, is het ook niet aannemelijk dat er afschuiven binnen het hout optreedt onder de normale drukbelasting vanuit een gebouw. Als bacteriële aantasting de geotechnische draagkracht van houten palen zou verlagen, dan zouden veel meer gebouwen in Amsterdam een toename in zakkingssnelheid moeten vertonen dan nu het geval is. Dat zou dan goed te constateren moeten zijn bij funderingen met een betonnen funderingsconstructie. Deze vertonen echter over het algemeen een lineair doorgaand zakkingsgedrag als gevolg van overbelasting door negatieve kleef, geen toename van zakkingssnelheid. In Zaanstad zou een afname van geotechnische draagkracht als gevolg van bacteriële aantasting heel duidelijk merkbaar moeten zijn. Hier hebben de palen over het algemeen een diameter van Ø120 mm aan de kop en de lengte van de palen bedraagt ca. 7 m. De puntdiameter bedraagt dan Ø65 à Ø70 mm. Stel dat er een schil van 10 mm dik aan de punt zou afschuiven, dan zou de puntdiameter en de draagkracht van de palen afnemen met ca. 50 %. Dat zou toch een forse toename in het zakkingsgedrag moeten veroorzaken, maar dat is nooit geconstateerd. Ook in Zaanstad zijn trouwens palen zonder uitwendige schade getrokken.

- voor de tapsheid is volgens “Maatwerk” een waarde van 8 mm/m aangehouden, min of meer vergelijkbaar met de waarde zoals genoemd in de F3O-richtlijn, namelijk 7,5 mm/m.
- het paalkopniveau bedraagt volgens opgave ca. NAP -1,3 m;
- het paalpuntniveau is afhankelijk van de diepte van de eerste zandlaag, die per sondering varieert. Volgens de uitgevoerde sonderingen begint de eerste zandlaag op zo’n NAP -12,5 a -13 m en wordt in eerste instantie een paalpuntniveau van ca. NAP -13,5 a -14 m verwacht. Echter de 1ste zandlaag is ter plaatse van de bruggen 20 en 21 dusdanig slecht ontwikkeld, wat mede gezien de dunne palen tot onrealistisch lage paaldraagvermogens leidt. Gezien de bewezen sterkte van de fundering is het aannemelijk dat de palen dieper zijn geïnstalleerd, tot ca. NAP -15,5 a -17,0 m.

Tabel 4-1: Te verwachten paalpuntniveaus

Sondering	Maaiveldniveau [m t.o.v. NAP]	Bovenzijde Wadzandlaag [m t.o.v. NAP]	Bovenzijde 1e zandlaag [m t.o.v. NAP]	Te verwachten paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]
Brug 20				
DKM4	-1,95*	-6,0	-12,25	-16,5
DKM6	+0,82	-5,75	-12,5	-16,0
DKM201	+1,66	-5,75	-12,5	-16,0
DKM202	+1,98	-6,0	-12,5	-16,0
DKM204	+2,29	-6,0	-13,0	-16,0
Brug 21				
DKM1	-2,32*	-5,75	-13,75	-17,25
DKM211	-1,3*	-6,0	-13,5	-17,0
DKM212A	+2,04	-5,75	-12,75	-15,5
DKM204	+2,29	-6,0	-13,0	-16,0

*waterbodemniveau

4.3. Berekeningsresultaten

Op basis van de in paragraaf 4.2 genoemde uitgangspunten is per sondering voor centrisch en verticaal op druk belaste palen voor diverse paalschachtmetingen en een te verwachten paalpuntniveau de rekenwaarde van het paaldraagvermogen ($R_{c;net;d}$). De resultaten van de berekeningen zijn gepresenteerd in tabellen 4-2a en b. Dit op basis van de door Nebest ingemeten kopdiameter ter plaatse van de genomen grondmonsters van diverse palen per brug (zie figuur 4-1).

*Tabel 4-2a: Rekenwaarde paaldraagvermogen **brug 20***

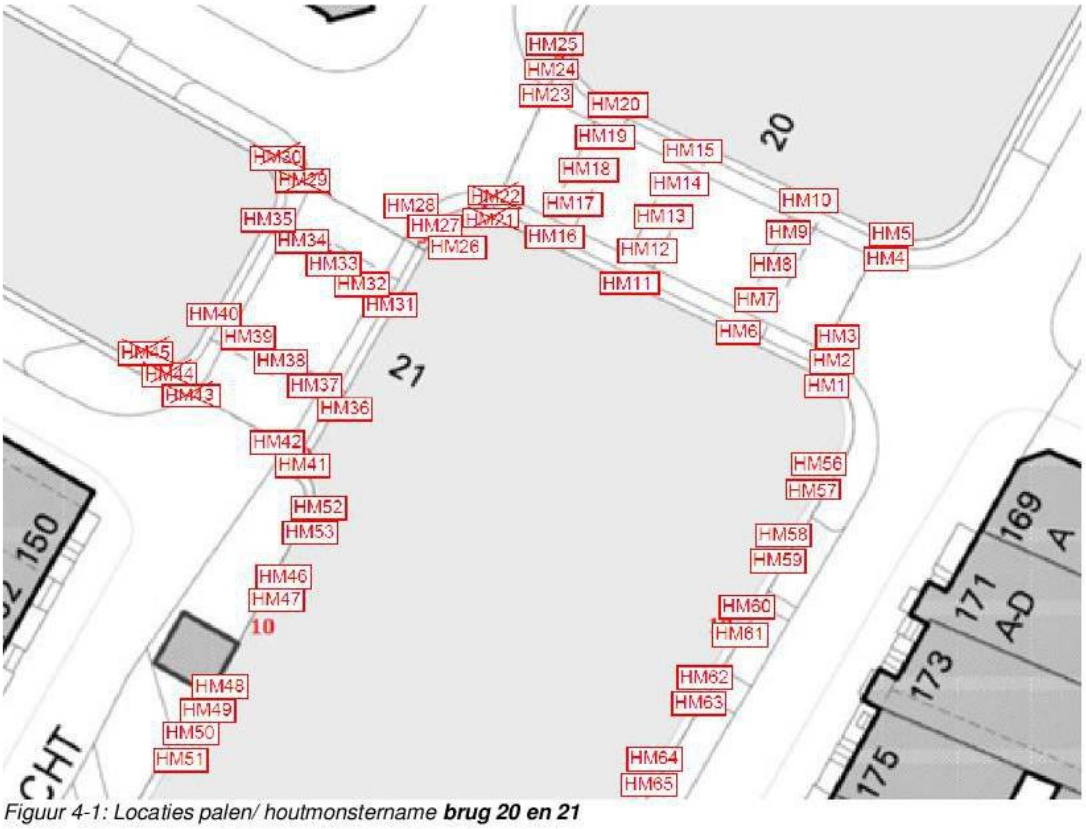
Sondering	Paal	Paalkopdiameter [mm]	Paalpuntniveau [m NAP]	Paalpuntdiameter [mm]	$R_{c;net;d}$ *) [kN]
DKM201	HM4	160	-16,0	42	45
	HM5, 9	190	-16,0	72	70
	HM10	180	-16,0	62	65
DKM202	HM14	230	-16,0	112	105
	HM15, 20, 23	200	-16,0	82	80
	HM19	180	-16,0	62	65
	HM24	210	-16,0	92	85
	HM25	190	-16,0	72	70
DKM204	HM11, 12, 17	200	-16,0	82	60
	HM13	210	-16,0	92	65
	HM16	220	-16,0	102	70
	HM18	180	-16,0	62	45
DKM4	HM1, 8	190	-16,5	68	55
	HM2	170	-16,5	48	40
	HM3	180	-16,5	58	50
	HM6, 7	210	-16,5	88	75

*) exclusief bijdrage negatieve kleef

*Tabel 4-2b: Rekenwaarde paaldraagvermogen **brug 21***

Sondering	Paal	Paalkopdiameter [mm]	Paalpuntniveau [m NAP]	Paalpuntdiameter [mm]	$R_{c;net;d}$ *) [kN]
DKM204	HM26	200	-15,0	90	65
	HM27	180	-16,0	62	45
	HM28	160	-16,0	42	35
	HM31	200	-16,0	82	60
	HM32, 33	170	-16,0	52	40
DKM211	HM34	170	-17,0	44	40
	HM35	150	-17,0	24	25
DKM212	HM39	160	-15,5	46	40
	HM40	230	-15,5	116	100
DKM1	HM36	160	-17,25	32	35
	HM37	200	-17,25	72	65
	HM38	180	-17,25	52	50
	HM41, 42	230	-17,25	102	90

*) exclusief bijdrage negatieve kleef



Figuur 4-1: Locaties palen/ houtmonstername ***brug 20 en 21***

Een voorbeeldberekening van de rekenwaarde van de netto draagkracht van een paal en de toetsing van UGT type B is gegeven in de bijlage.

Voor de berekening van de rekenwaarde van de maximale draagkracht en de toetsing van de UGT type B volgens 7.6.2.3 van NEN 9997-1 zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Conform de lokale verordening "Maatwerk" en tabel A.6 uit de NEN9997-1 is uitgegaan van een partiële materiaalfactor/ weerstandsfactor van 1,15, uitgaande van palen die (gedurende lange tijd) zijn proefbelast.
- Conform "Maatwerk" en tabel A10b uit de NEN9997-1 is uitgegaan van een correlatiefactor ξ3 van 1,2, uitgaande van een stijf bouwwerk en 2 sonderingen.
- Bij de draagkrachtberekeningen is geen rekening gehouden met het optreden van negatieve kleef langs de paalschacht.
- Bij de berekeningen is voor de bepaling van de puntdraagkracht en de positieve schachtwrijving in de eerste zandlaag uitgegaan van de volgende paalfactoren:

  α_p = 1,0
  α_s = 0,012
  β = 1,0
  s = 1,0

RAPPORTAGE GEOTECHNISCH VELDWERK

Project	Grondonderzoek en funderingsanalyse brug 20 en 21 en kademuren Herengracht Amsterdam.	Opdrachtnummer	1015-0304-004
Opdrachtgever	Gemeente Amsterdam Verkeer en Openbare Ruimte Verkeer en Openbare Ruimte Postbus 95089 1090 HB Amsterdam	Datum rapportage	11 februari 2016
		Uitvoeringsperiode	14 december 2015 tot en met 5 januari 2016,12 februari 2016
Opgesteld door			
Gecontroleerd door			
Projectleider			
Documentnaam	1015-0304-004_21.KR01v02.doc		

Deze rapportage bevat de resultaten van het geotechnisch veldwerk dat ten behoeve van bovengenoemd project door is uitgevoerd. De gerapporteerde resultaten van dit onderzoek mogen slechts worden gehanteerd voor het doel zoals in de opdracht is beschreven.

Tot deze rapportage behoren de volgende bijlagen:
- Situatietekening
- Sonderingen
- Continu Elektrisch Sonderen
- Legenda Terreinproeven en Grondsoorten

1. GEOTECHNISCH VELDWERK
Het geotechnisch veldwerk voor dit project heeft bestaan uit 12 sonderingen met meting van de plaatselijke wrijvingsweerstand.

Voor een verklaring van de op de situatietekening gebruikte tekens en symbolen wordt verwezen naar de bijlage "Legenda Terreinproeven en Grondsoorten".

2. COORDINATEN EN HOOGTE VAN ONDERZOEKSPUNTEN
De hoogte en de coördinaten van de onderzoekslocatie DKM212A is bepaald in NAP en RD. De maximale afwijking van de meting van de coördinaten bedraagt 10 cm, de maximale afwijking van de meting van de hoogte bedraagt 5 cm.

Het uitzetten en inmeten van de overige onderzoekslocaties is uitgevoerd ten opzichte van NAP waarbij gebruik is gemaakt van een waterpasinstrument en een meetband. De maximale afwijking van de meting van de coördinaten bedraagt 25 cm, de maximale afwijking van de meting van de hoogte bedraagt 5 cm.

De bijgevoegde situatietekening is gebruikt voor het aangeven van de onderzoekslocaties.

De hoogtebepaling van de onderzoekslocaties is uitgevoerd met als doel de bodemopbouw te refereren aan een vaste referentiehoogte. Deze gegevens zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan dit onderzoek.

3. SONDEREN

Het sonderen is uitgevoerd conform de vigerende richtlijnen en de NEN-EN-ISO 22476-1. Een beschrijving van de gevolgde meet- en registratiemethode is gegeven in de bijlage "Continu Elektrisch Sonderen".

Wanneer de sonderingen gebruikt worden voor de toetsing van geotechnische constructies dient de aard en omvang van het grondonderzoek te voldoen aan 3.2.3 van NEN 9997-1.

In verband met de mogelijke aanwezigheid van kabels en leidingen is ter plaatse van de sondeerlocaties DKM6, DKM201, DKM202, DKM204, DKM212A voorgeboord.

Bijzonderheden tijdens uitvoering

DKM1	Ankers uit de muur
DKM4	Gestopt i.v.m. maximale hellinghoek
DKM212	Ankers uit de muur

4. (GROND)WATERSTAND

Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek zijn de volgende grondwaterstanden aangetroffen:

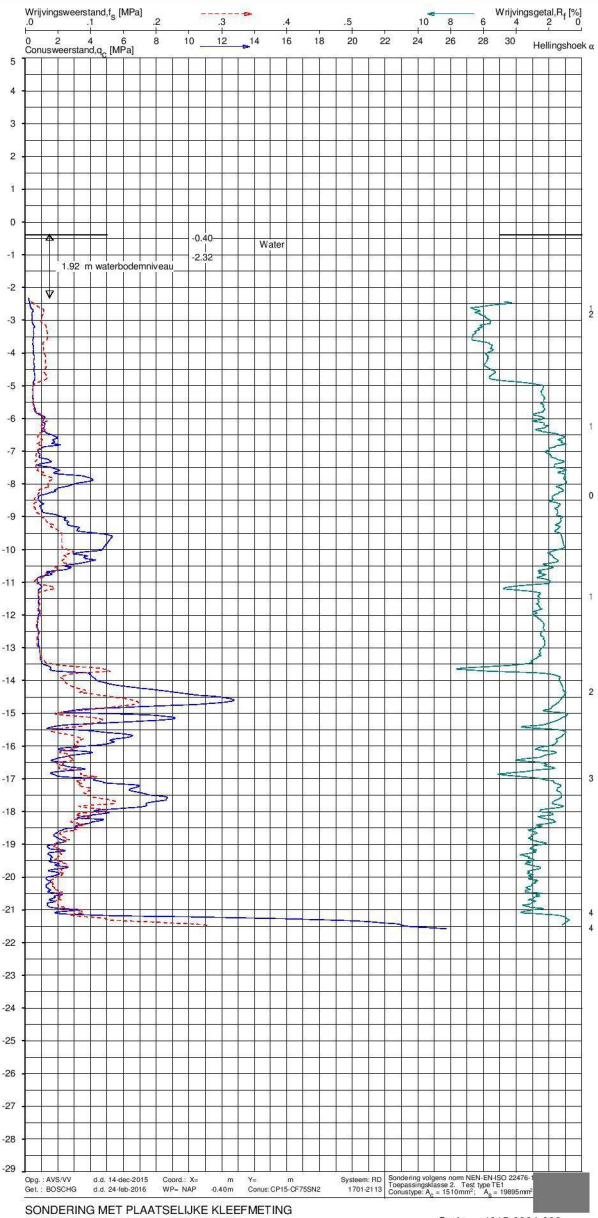
DKM6	> MV -2,0 m	
DKM201	> MV -2,0 m	
DKM202	> MV -2,0 m	
DKM204	> MV -2,0 m	
DKM212	> MV -2,0 m	

5. KWALITEITSBORGING

Alle werkzaamheden zijn verricht in overeenstemming met het managementsysteem van [redacted] dat voldoet aan de NEN-ISO 9001:2008 en VCA ** 2008/05.

DKM202
DKM204
DKM201
DKM211
DKM212
DKM213
DKM203
DKM4
DKM1
DKM5
DKM6
DKM2
DKM3
DKM636
DKM632
DKM635
DKM633
DKM631
DKM638
DKM634
DKM637
DKM1064
DKM1062
DKM1061
DKM1063
DKM1065
DKM224
DKM225
DKM222
DKM221
DKM223
DKM226
DKM227
DKM083
DKM092
DKM096
DKM095
DKM094
DKM091
DKM097
DKM093
Put 1 = NAP + 1,73 m
Hart brug 1 = NAP + 2,66 m
Hart brug 2 = NAP + 2,43 m
Put 2 = NAP + 1,88 m
kerk
school
museum
WESTERMARKT
RAADHUISSTRAAT
DRIEKONINGENSTRAAT
GASTHUISMOLENSTEEG
HARTENSTRAAT
REESTRAAT
PALEISSTRAAT
SPUISTRAAT
TORENSLUIS
OUDE LELIESTRAAT
(NUMMERING HERENGRACHT)
SINGEL
PRINSENGRACHT
KEIZERSGRACHT
HERENGRACHT
LELIEGRACHT
BLOEMGRACHT
ROZENGRACHT
RAADHUISSTRAAT

Wijziging A	09-02-2016	DKM3 toegevoegd	GBO
			Revisie
			Schaal 1 : 500
SITUATIE			0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 m
FUNDERINGSONDERZOEK 6 BRUGGEN RAADHUISTRAAT AMSTERDAM			Formaat A0 1189x841
Coördinaat	Datum 14-01-2016	Status DEFINITIEF	Projectnummer 1015-0304-002
			Bijlage 1A



Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

- VEEN, organisch materiaal
- VEEN
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig

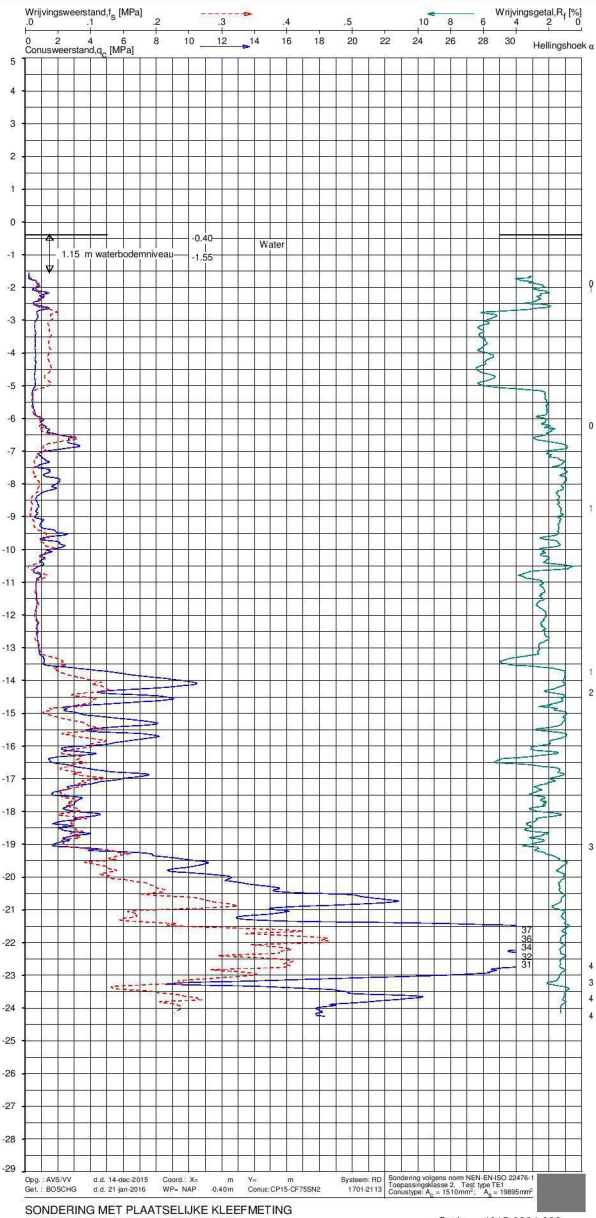
Opg. : AVS/VV d.d. 14-dec-2015 Coord.: X= m Y= m Systeem: RD
Get. : BOSCHG d.d. 24-feb-2016 WP= NAP -0.40m Conus:CP15-CF75SN2 1701-2113

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-
Toepassingsklasse 2, Test type TET
Conustype: A_c = 1510mm², A_m = 19895mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
GRONDONDERZOEK EN FUNDERINGSANALYZE
BRUG 20 EN 21 EN KADEMUREN HERENGRACHT AMSTERDAM

Opdr. 1015-0304-002
Sond. DKM1

UNA.OT 66.30.1M / CPeWORM™ Versie 5.0 / 2016.02.26 10.56.38



Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

KLEI, siltig / LEEM
KLEI, siltig / LEEM
VEEN
KLEI, siltig / LEEM
KLEI, siltig / LEEM
KLEI, siltig / LEEM
ZAND, siltig tot LEEM
ZAND, siltig tot LEEM
KLEI, siltig / LEEM
ZAND, siltig tot LEEM
ZAND, siltig tot LEEM
KLEI, siltig / LEEM
KLEI, zwak siltig tot siltig
ZAND, zwak siltig tot siltig
ZAND, zwak siltig tot siltig
ZAND, zwak siltig tot siltig
ZAND, zwak siltig tot siltig
KLEI, siltig / LEEM
KLEI, siltig / LEEM
KLEI, siltig / LEEM
KLEI, siltig / LEEM
ZAND, zwak siltig tot siltig
ZAND, zwak siltig tot siltig
ZAND, zwak siltig tot siltig

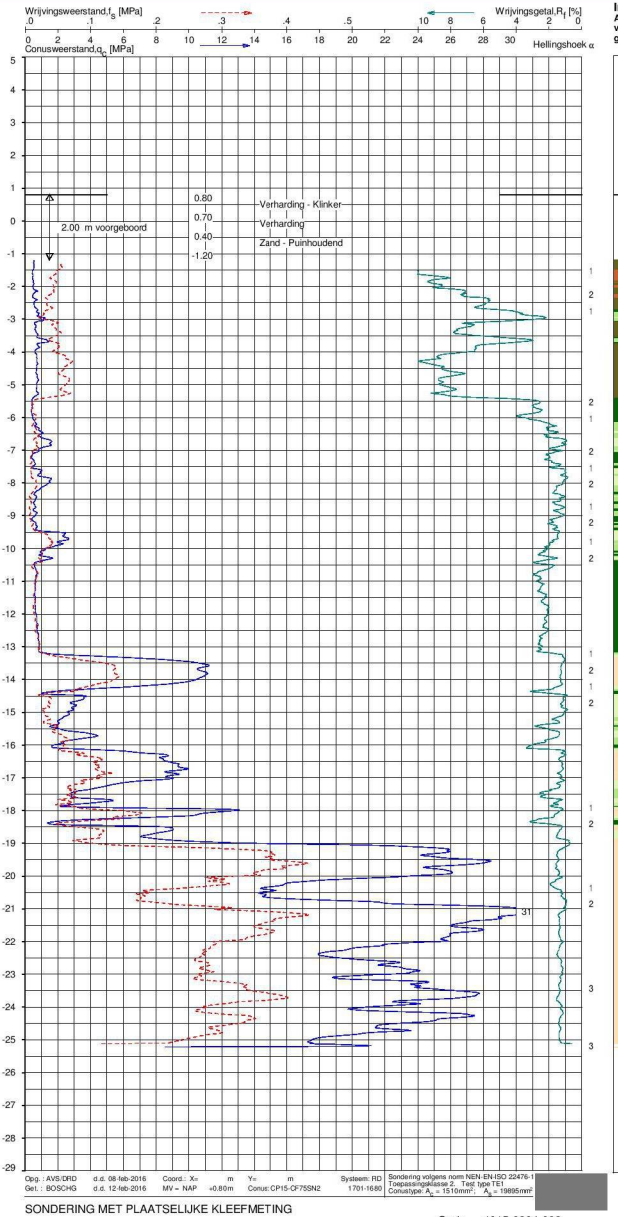
Opg. : AVS/VV d.d. 14-dec-2015 Coord.: X= m Y= m Systeem: RD
Get. : BOSCHG d.d. 21-jan-2016 WP= NAP -0.40m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2113

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2, Test type TET
Conustype: A_c = 1510mm², A_m = 19895mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
GRONDONDERZOEK EN FUNDERINGSANALYZE
BRUG 20 EN 21 EN KADEMUREN HERENGRACHT AMSTERDAM

Opdr. 1015-0304-002
Sond. DKM2

UNLOT: 66.306 / M / DAFMOMM_UNLOT / 2016-01-21 11:41:49



Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

- VEEN
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN
- VEEN
- VEEN
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig

Opg. : AVS/DRD d.d. 08-feb-2016 Coord.: X= m Y= m Systeem: RD
Get. : BOSCHG d.d. 12-feb-2016 MV = NAP +0.80m Conus:CP15-CF75SN2 1701-1680

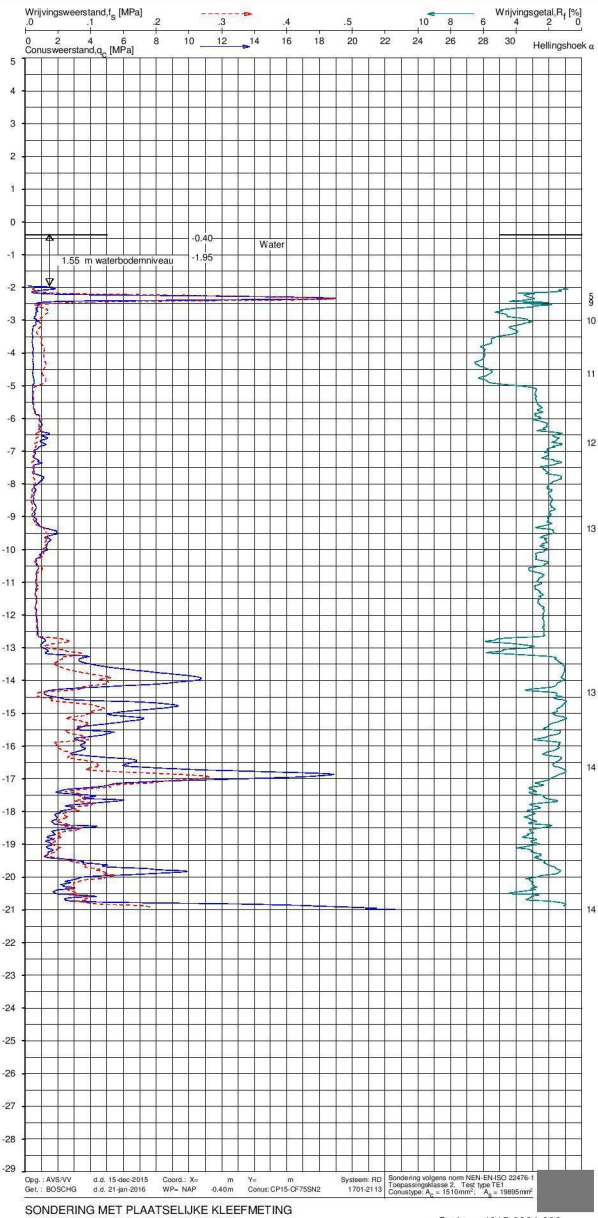
Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2, Test type TET
Conustype: A_c = 1510mm², A_m = 19895mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

FUNDERINGSONDERZOEK 6 BRUGGEN RAADHUISSTRAAT AMSTERDAM

Opdr. 1015-0304-002
Sond. DKM3

UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM / DRD / CPT-PROBE file:///C:/Users/Bas/Desktop/1015-0304-002/DKM3.sif 20/4/16 12:08:56



Indicatieve bodembeschrijving

Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN, organisch materiaal
- VEEN
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig

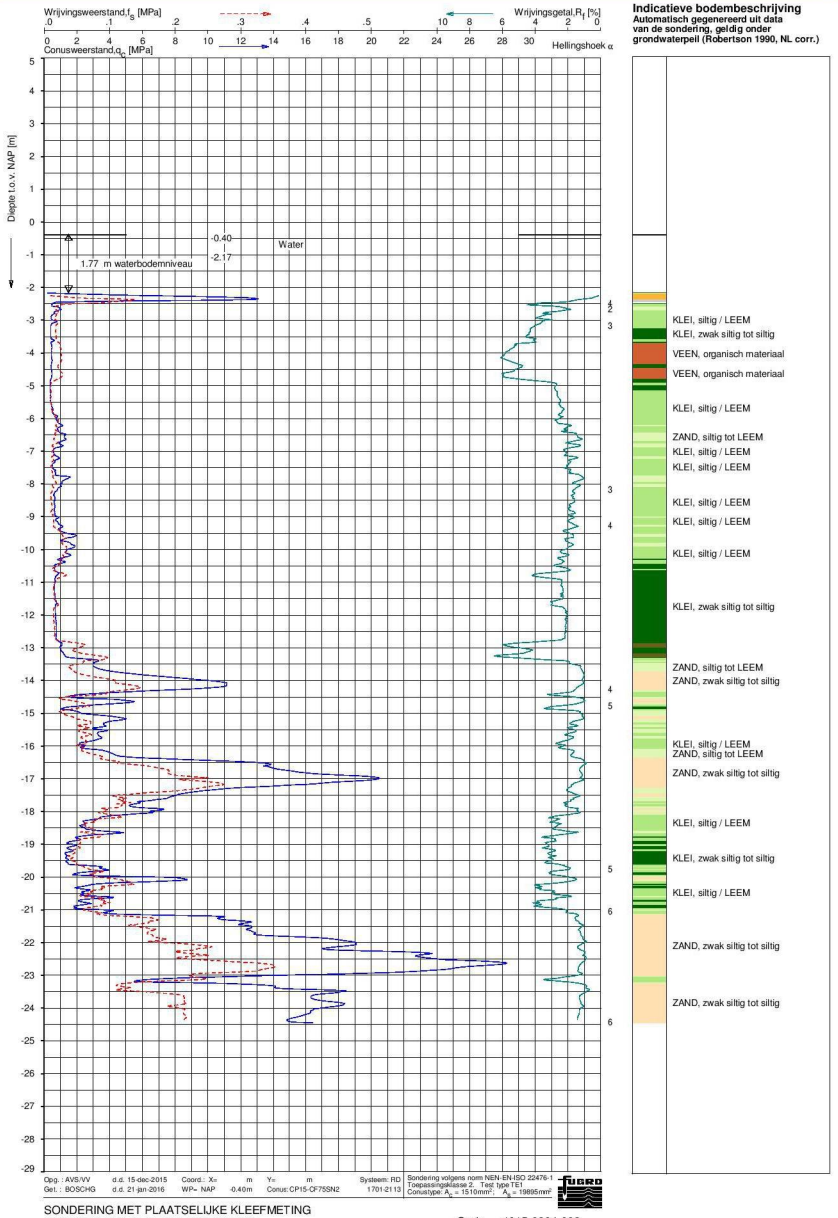
Opg.: AVS/VV d.d. 15-dec-2015 Coord.: X= m Y= m Systeem: RD
Get.: BOSCHG d.d. 21-jan-2016 WP= NAP -0.40m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2113

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2, Test type TET
Conustype: A_c = 1510mm², A_m = 19895mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
GRONDONDERZOEK EN FUNDERINGSANALYZE
BRUG 20 EN 21 EN KADEMUREN HERENGRACHT AMSTERDAM

Opdr. 1015-0304-002
Sond. DKM4

UNLOCKED: 66.30.94 / CPT-SCHAAF_™ / 2016-01-21 14:41:51



Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

Opg. : AVS/VV d.d. 15-dec-2015 Coord.: X= m Y= m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get. : BOSCHG d.d. 21-jan-2016 WP= NAP -0.40m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2113 Toepassingsklasse 2, Test type TET
Conustype: A_p = 1510mm², A_s = 19895mm²

GEFICS™ / CPT-PROCESSING / 2018-01-21 11:41:54

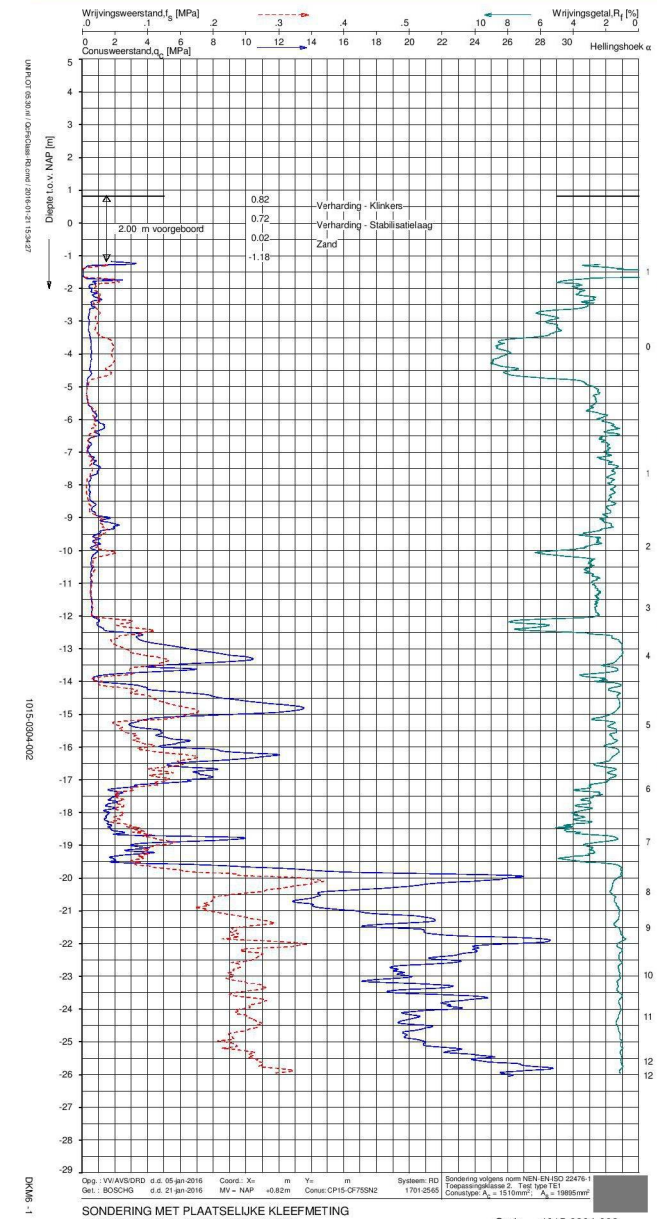
UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM

1015-0304-002

DKM5 - 1

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
GRONDONDERZOEK EN FUNDERINGSANALYZE
BRUG 20 EN 21 EN KADEMUREN HERENGRACHT AMSTERDAM

Opdr. 1015-0304-002
Sond. DKM5



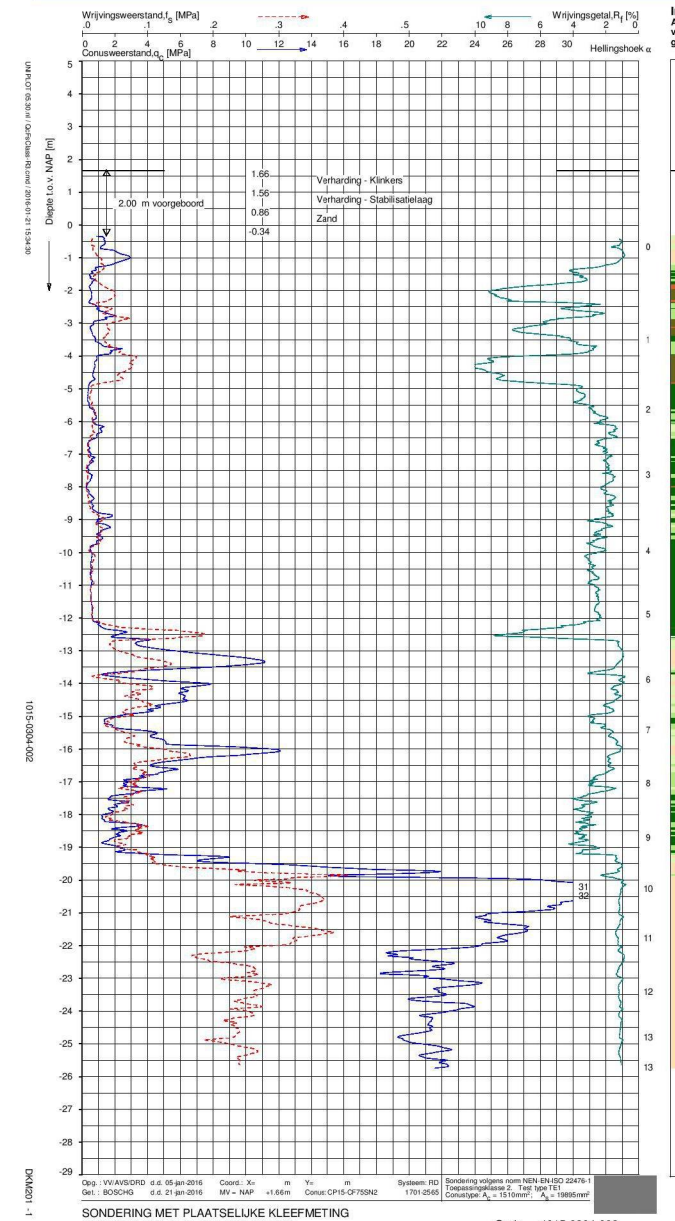
Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

Opg. : VV/AVS/DRD d.d. 05-jan-2016
Get. : BOSCHG d.d. 21-jan-2016
Coord.: X= m Y= m
MV = NAP +0.82m
Conus:CP15-CF75SN2
Systeem: RD 1701-2565
Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2, Test type TET
Conustype: A_c = 1510mm², A_m = 19895mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
GRONDONDERZOEK EN FUNDERINGSANALYZE
BRUG 20 EN 21 EN KADEMUREN HERENGRACHT AMSTERDAM

Opdr. 1015-0304-002
Sond. DKM6

UNA.GT 05.306 / 1.01 / CPT / RIGHT / Built-in / 2016-01-21 15:24:37



Indicatieve bodembeschrijving

Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- VEEN
- KLEI, siltig / LEEM
- VEEN
- VEEN
- KLEI, siltig / LEEM
- VEEN
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig

Opg.: VV/AVS/DRD d.d. 05-jan-2016 Coord.: X= m Y= m Systeem: RD
Get.: BOSCHG d.d. 21-jan-2016 MV = NAP +1.66m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2565

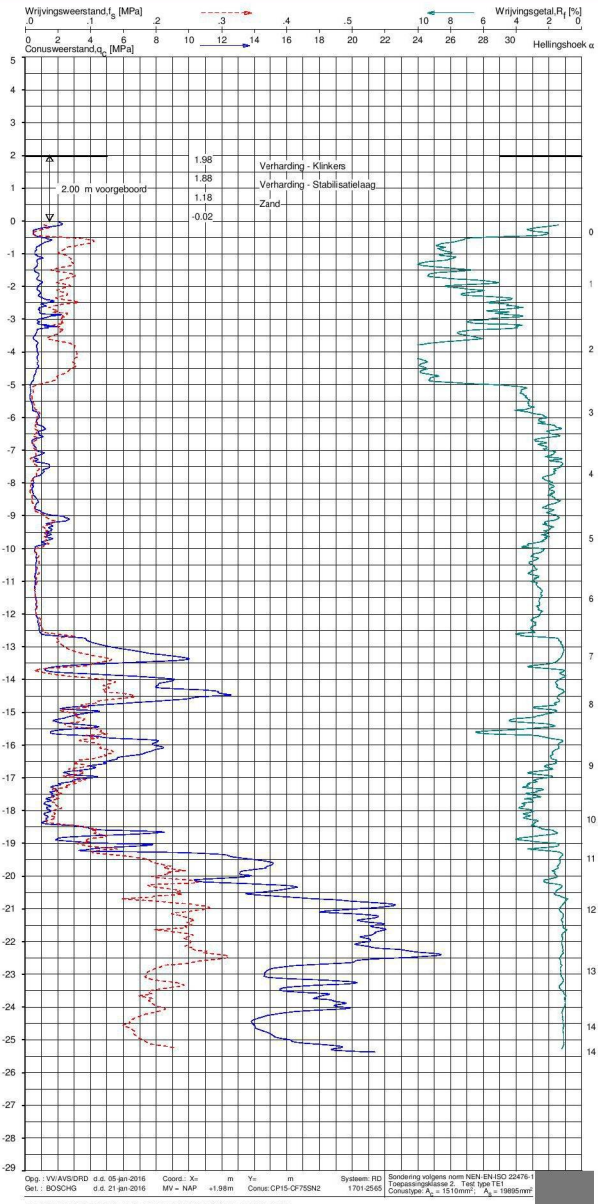
Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2, Test type TET
Conustype: A_c = 1510mm², A_m = 19895mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

GRONDONDERZOEK EN FUNDERINGSANALYZE
BRUG 20 EN 21 EN KADEMUREN HERENGRACHT AMSTERDAM

Opdr. 1015-0304-002
Sond. DKM201

UNTRUE.OT 06:36 / 21-12-15 / P:\PROJECTEN\1015-0304-002 / Bruno Rietbergen



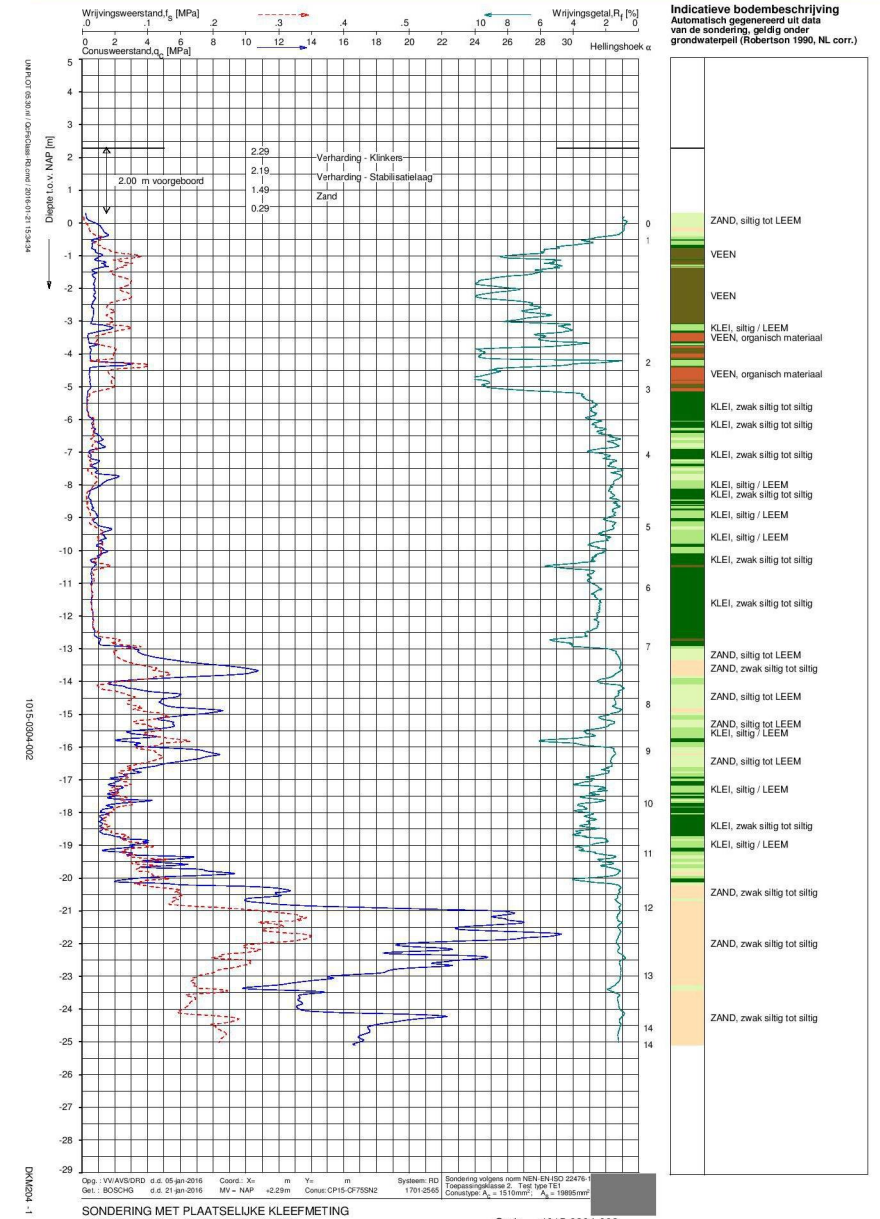
Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

Opg. : VV/AVS/DRD d.d. 05-jan-2016 Coord.: X= m Y= m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get. : BOSCHG d.d. 21-jan-2016 MV = NAP +1.98m Conus:CP15-CF75SN2 1701-2565 Toepassingsklasse 2, Test type TET
Conustype: A_c = 1510mm², A_m = 19895mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
GRONDONDERZOEK EN FUNDERINGSANALYZE
BRUG 20 EN 21 EN KADEMUREN HERENGRACHT AMSTERDAM

Opdr. 1015-0304-002
Sond. DKM202

UNA.01.06.306 / M:\CPO\Rijp Rijp\Data\ / 2016-01-21 15:24:32
1015-0304-002
DKM202 - 1



Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

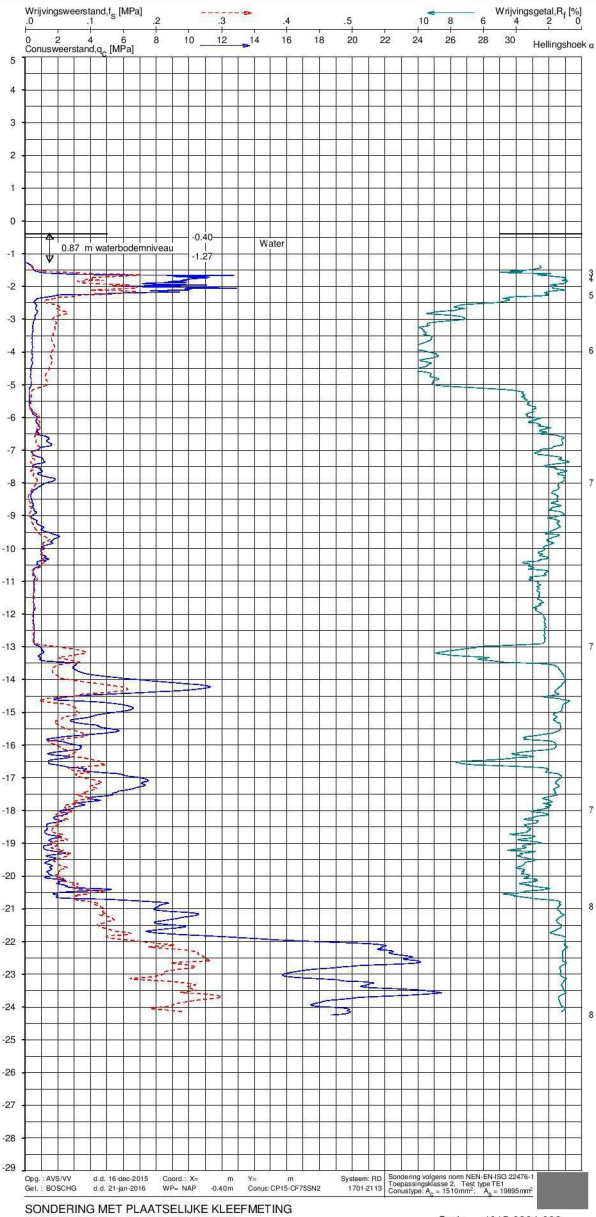
Opg. : VV/AVS/DRD d.d. 05-jan-2016 Coord.: X= m Y= m Systeem: RD
Get. : BOSCHG d.d. 21-jan-2016 MV = NAP +2.29m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2565

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2, Test type TET
Conustype: A_c = 1510mm², A_m = 19895mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
GRONDONDERZOEK EN FUNDERINGSANALYZE
BRUG 20 EN 21 EN KADEMUREN HERENGRACHT AMSTERDAM

Opdr. 1015-0304-002
Sond. DKM204

UNA NO OT 36.36 / CPeRGM / Rig: RIGMIL / Bestand: 29/1/6 12:15:24.44



Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

- KLEI, siltig / LEEM
- VEEN
- VEEN, organisch materiaal
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- VEEN
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig

Opg. : AVS/VV d.d. 16-dec-2015 Coord.: X= m Y= m Systeem: RD
Get. : BOSCHG d.d. 21-jan-2016 WP= NAP -0.40m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2113

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2, Test type TET
Conustype: A_c = 1510mm², A_m = 19895mm²

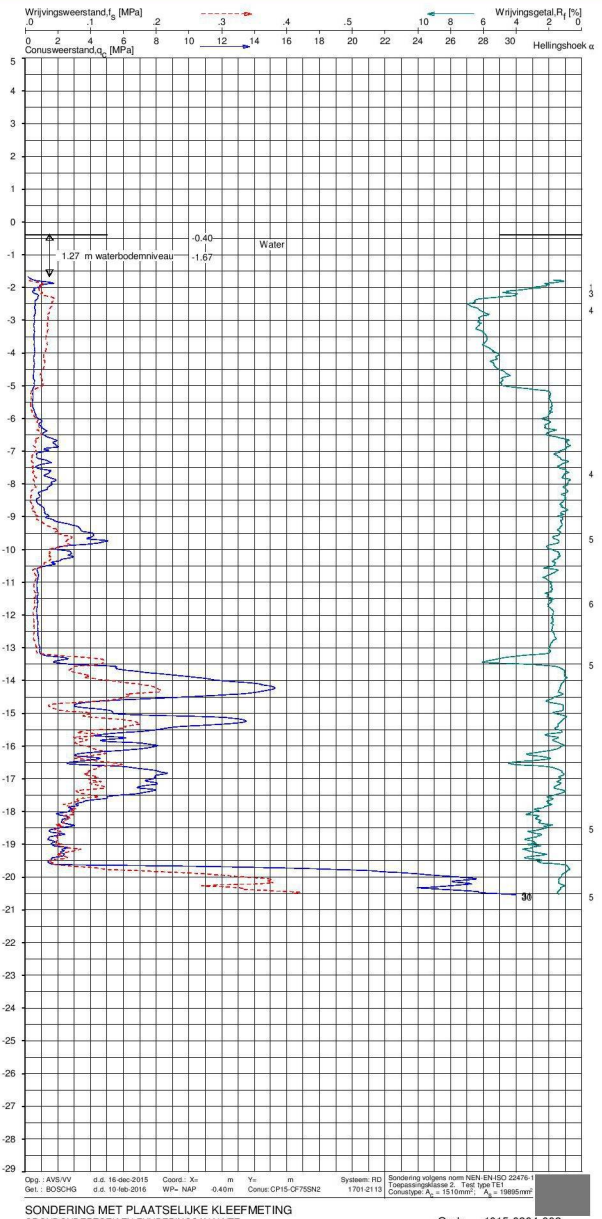
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
GRONDONDERZOEK EN FUNDERINGSANALYZE
BRUG 20 EN 21 EN KADEMUREN HERENGRACHT AMSTERDAM

Opdr. 1015-0304-002
Sond. DKM211

DKM211 - 1

1015-0304-002

UNAUTORISIERTE KOPIE, 88.30.31.94 / GEF-Work™ / 2018-01-21 14:11:56



Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

- VEEN
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, siltig tot LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- ZAND, siltig tot LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- KLEI, siltig / LEEM
- ZAND, zwak siltig tot siltig

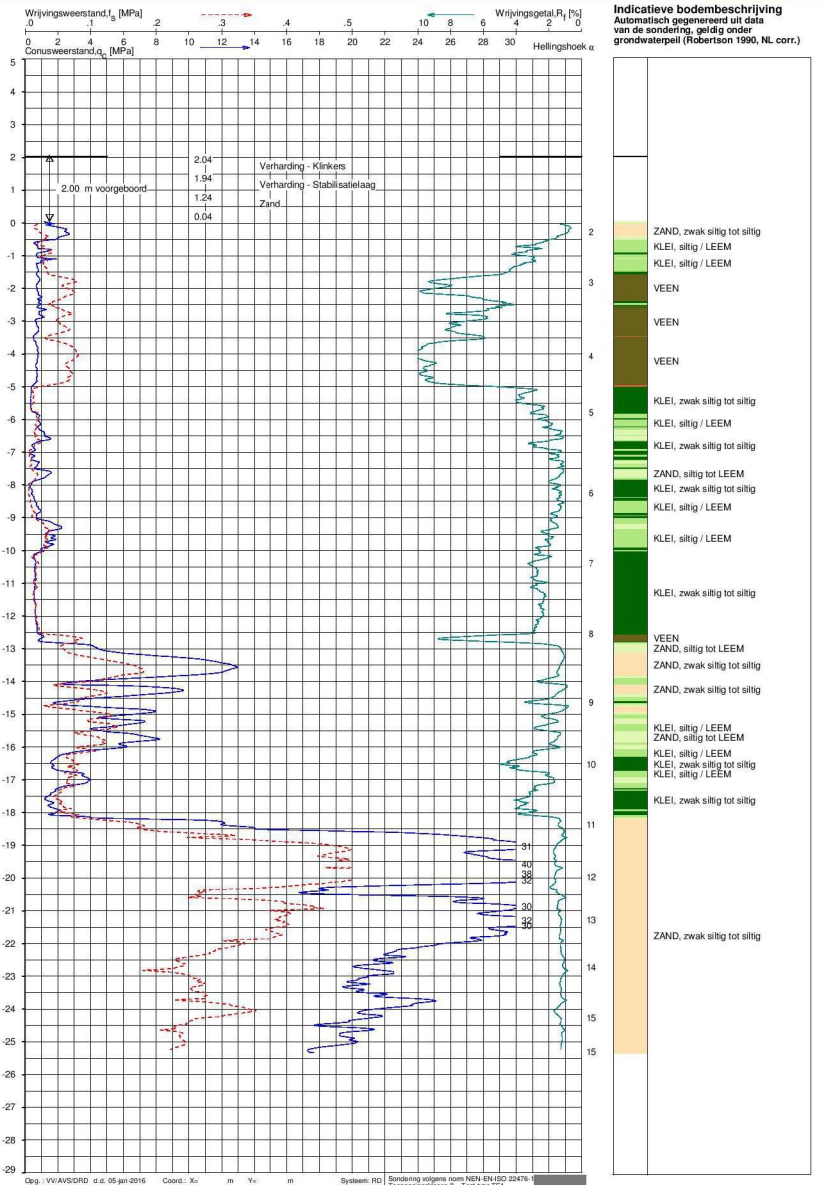
Opg. : AVS/VV d.d. 16-dec-2015 Coord.: X= m Y= m Systeem: RD
Get. : BOSCHG d.d. 10-feb-2016 WP= NAP -0.40m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2113

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2, Test type TET
Conustype: A_c = 1510mm², A_m = 19895mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
GRONDONDERZOEK EN FUNDERINGSANALYZE
BRUG 20 EN 21 EN KADEMUREN HERENGRACHT AMSTERDAM

Opdr. 1015-0304-002
Sond. DKM212

Uitsluitend voor intern gebruik. Geen rechten ontleend aan de inhoud. Copyright Fugro N.V.



Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

Opg. : VV/AVS/DRD d.d. 05-jan-2016 Coord.: X= m Y= m Systeem: RD
Get. : BOSCHG d.d. 21-jan-2016 MV = NAP +2.04m Conus:CP15-CF75SN2 1701-2565

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse 2, Test type TET
Conustype: A_c = 1510mm², A_m = 19895mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
GRONDONDERZOEK EN FUNDERINGSANALYZE
BRUG 20 EN 21 EN KADEMUREN HERENGRACHT AMSTERDAM

Opdr. 1015-0304-002
Sond. DKM212A

UNA.GT 05.306 / 1.0 / CPT / RWS-CPT-Rap / Barcmap / 2016-01-21 15:34:37

Meettechniek
De standaard bij [redacted] toegepaste conus is de "elektrische kleefmantelconus", waarmee de conusweerstand, de plaatselijke wrijvingsweerstand en de helling gelijktijdig worden gemeten. Sinds februari 2013 is de nieuwe norm *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013 Geotechnisch onderzoek en beproeving - Veldproeven - Deel 1: Elektrische sondering met en zonder waterspanningsmeting* van toepassing als vervanging van NEN 5140, die is terug getrokken. In NEN 9997-1 wordt echter nog wel verwezen naar NEN 5140.

Bij het uitvoeren van een sondering conform *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013* wordt de puntweerstand gemeten, die moet worden overwonnen om een conus met een tophoek van 60^0 en een basisoppervlak van 1000 mm^2 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^2 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 digitaal gemeten. Volgens *NEN-EN-ISO 22476-1* mag het basisoppervlak van de conus tussen 500 en 2000 mm^2 variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten moeten worden toegepast. [redacted] sonderingen worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm^2 en een manteloppervlak van 20000 mm^2.

Veelal wordt gebruik gemaakt van een conus met een korter cilindrisch deel boven de conuspunt dan in NEN-EN-ISO 22476-1 vermelde 400 mm voor een standaard conus. Het cilindrische deel vanaf de conuspunt van de standaard door [redacted] gebruikte conussen een lengte heeft van 230 mm in plaats van de genormeerde lengte. Onderzoek[1)] heeft aangetoond, dat de invloed van de lengte van deze conus op het sondeerresultaat verwaarloosbaar is, terwijl met een kortere conus met minder risico een grotere sondeerdiepte kan worden bereikt.

De meetsignalen worden digitaal naar een elektrische meeteenheid gestuurd en samen met de diepte en de tijd opgeslagen. Definitieve verwerking vindt daarna op kantoor plaats, waarbij de gemeten parameters tegen de diepte in grafiekvorm worden uitgewerkt. Door continue registratie van de gemeten conus- en wrijvingsweerstand wordt een nauwkeurig beeld van de gelaagdheid en de vastheid van de bodem verkregen.
Afwijking van de conus met de verticaal worden continu geregistreerd, waarmee bij de uitwerking de diepte wordt gecorrigeerd en zo een onjuiste diepteaanduiding als gevolg van "scheef sonderen" wordt voorkomen.

Interpretatie van de sonderingen met plaatselijke wrijvingsweerstand
Meting van zowel de conusweerstand q_c als de plaatselijke wrijvingsweerstand f_s maakt het mogelijk het wrijvingsgetal R_f te berekenen. Het wrijvingsgetal wordt gedefinieerd als het quotiënt van de plaatselijke wrijving en de op gelijke diepte gemeten conusweerstand in procenten. Hierbij wordt rekening gehouden met laagscheidingen ter hoogte van de mantel.

Het wrijvingsgetal R_f geeft samen met de conusweerstand q_c een goed beeld van de bodemopbouw *beneden* de grondwaterspiegel. In de onderstaande tabel zijn enige kenmerkende waarden van het wrijvingsgetal aangegeven. *Met nadruk dient te worden gesteld dat deze waarden slechts indicatief zijn en getoetst dienen te worden aan boringen of lokale ervaring en uitsluitend gelden voor de cilindrische elektrische conus.*

grondsoort	wrijvingsgetal in %	grondsoort	Wrijvingsgetal in %
Grind, grof zand	0,2 – 0,6	Klei	3,0 – 5,0
Zand	0,6 – 1,2	Potklei	5,0 – 7,0
Silt, leem, löss	1,2 – 4,0	Veen	5,0 – 10,0

In geroerde grond en in grond boven de grondwaterspiegel kunnen grote afwijkingen ten opzichte van de genoemde waarden voorkomen en gelden deze waarden niet.

[1)] [redacted]

Presentatie sondeergegevens

Sonderingen kunnen worden uitgewerkt met interpretatie van het wrijvingsgetal voor identificatie van de bodemlagen. De identificatie van de bodemlagen is dan uitgevoerd volgens [redacted] [1990][2], die door Fugro is aangepast aan de Nederlandse omstandigheden. Bij deze interpretatie wordt uitgegaan van de genormaliseerde waarden van de conusweerstand nQ_c en wrijvingsgetal nR_f als ingangsparameters.

De genormaliseerde waarden van de conusweerstand nQ_c en wrijvingsgetal nR_f worden berekend, uit de gemeten wrijvingsweerstand f_s en conusweerstand q_c, indien mogelijk gecorrigeerd voor de waterspanning en de verticale effectieve - en totale grondspanning volgens de onderstaande formules.

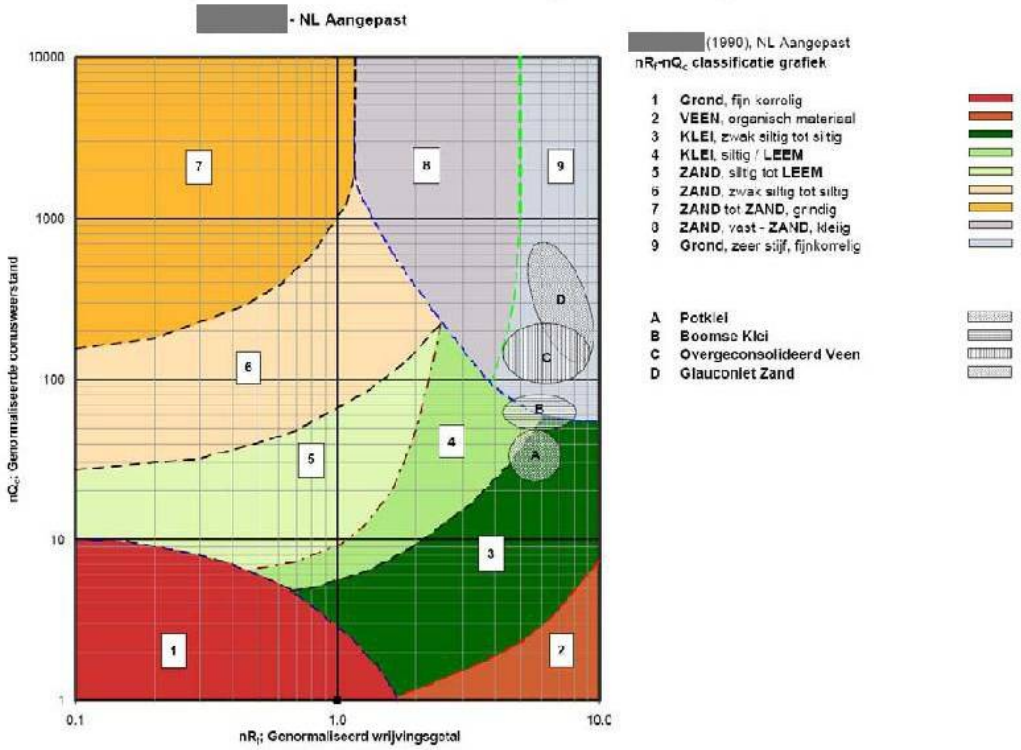
Genormaliseerde conusweerstand: $$nQ_c = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

Genormaliseerd wrijvingsgetal: $$nR_f = \frac{100 \cdot f_s}{q_t - \sigma_{vo}}$$

In geval er geen waterspanning is gemeten, wordt voor q_t de waarde van q_c gebruikt.

Voor de grondsoorten, die specifiek zijn voor de Nederlandse ondergrond condities, zijn in de Bodem Classificatiegrafiek van [redacted] [1990] twee aanpassingen gedaan om de Nederlandse situatie beter te beschrijven:

- Gebieden 4 en 5 zijn anders ingedeeld, zodat losgepakte zanden en ondiepe kleilagen beter worden geïnterpreteerd. Deze aanpassingen zijn in onderstaande figuur weergegeven.
- Bovendien is een extra voorwaarde ingebracht om Holocene veenlagen goed te kunnen classificeren. Voor q_c < 1,5 MPa en R_f > 5 % wordt de grond als veen geclassificeerd.



Voor een aantal specifieke grondtypen, zoals bijvoorbeeld Potklei, Boomse klei, overgeconsolideerd veen en glauconiethoudend zand is tevens het classificatie gebied aangegeven. Deze stemmen niet direct overeen met de benamingen van gebieden 1 tot en met 9.

[2] [redacted] [1990] "Soil Classification using the cone penetration test" [redacted] 27(1), 151-8[2]

De identificatie is indicatief en alleen geldig voor lagen onder de grondwaterstand. De resultaten dienen te worden geverifieerd met boringen of geologische informatie. Uitgedroogde cohesieve toplagen geven een te hoge waarde worden voor het wrijvingsgetal, waardoor bijvoorbeeld uitgedroogde kleilagen mogelijk onterecht worden geïnterpreteerd als veenlagen. Ook is de correlatie voor de toplagen minder betrouwbaar vanwege het lage effectieve spanningsniveau in deze lagen.

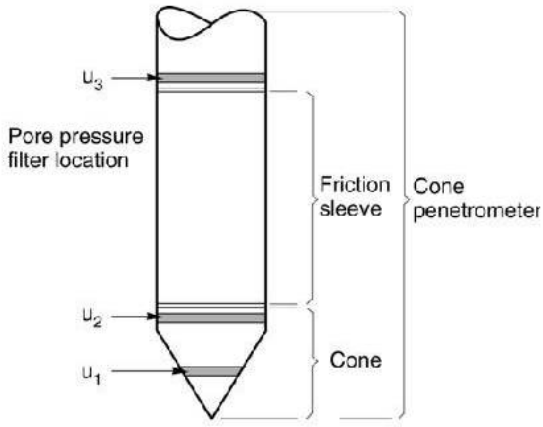
Andere conustypen

Naast de meting van conusweerstand en plaatselijke wrijving is het mogelijk extra (combinaties van) metingen uit te voeren. In onderstaand schema zijn enkele mogelijkheden aangegeven. Indien gewenst kan nadere informatie over metingen en toepassingsmogelijkheden worden verschaft.

type meting	Meetresultaten	toepassingsmogelijkheden
waterspanning	waterspanning ter plaatse van de punt	registreren waterremmende lagen indicatie stijghoogte grondwater classificatie / gelaagdheid bodem
magnetometer	Magnetische veldsterkte in 3 orthogonale richtingen (X,Y,Z)	Blindganger onderzoek, onderzoek ligging obstakels (stalen leidingen, grondankers), onderzoek paalpunt niveau / schoorstand funderingspalen, onderzoek ligging onderzijde stalen damwanden
geleidbaarheid	elektrische geleiding grond en grondwater	indicatie waterkwaliteit / zoet - zout water grens onderzoek verspreiding verontreiniging
temperatuur	temperatuurmeting op verschillende diepten	warmteoverdracht in de bodem bepaling temperatuurgradiënt
schuifgolfsnelheid (seismisch)	dynamische bodemparameters op verschillende diepten	machinefunderingen, windturbinefunderingen
versnelling	versnellingen op verschillende diepten	heitrillingen / verkeerstrillingen
MIP (membrane interface probe)	verticale verspreiding van vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen	bestudering zak/drijflagen en/of verontreinigingen met vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen
ROST (rapid optical screening tool)	verticale verspreiding van (aromatische) koolwaterstoffen	bestudering zak/drijflagen en/of verontreinigingen met (aromatische) koolwaterstoffen

Waterspanningssonderingen

Naast registratie van conusweerstand en plaatselijke wrijvingsweerstand wordt bij een groot deel van de sonderingen waterspanning geregistreerd. Een waterspanningsconus (*piëzo-conus)* is voorzien van een ingebouwde druksensor, waarmee de waterdruk tijdens het sonderen wordt gemeten. Een filter voorkomt het contact van grond met de druksensor. De waterdruk kan op drie locaties in de conus worden gemeten waarbij de posities u_1 en u_2 veelvuldig voorkomen (zie figuur 1). Positie u_3 wordt zelden toegepast. Slechts een kleine hoeveelheid water (0,2 mm^3) is nodig om een nauwkeurige waterdruk te meten. Het meetbereik kan worden gekozen afhankelijk van de te verwachten wateroverspanning. In stijve kleien kan deze oplopen tot meer dan 3 MPa.



Figuur 1 Principe piëzo-conus

Uitvoeringswijze

Om een juiste meting van de waterspanning te verkrijgen, dient het gehele meetsysteem volledig ontlucht en gevuld te zijn met een weinig samendrukbare vloeistof. Om te voorkomen dat de vloeistof tijdens het sonderen in de onverzadigde lagen boven de grondwaterstand wegvloeit zijn een juiste keuze van vloeistof, het gebruik van een rubber membraam, een goede uitvoering en de poriëngrootte van het filter belangrijk.

Indien het grondwater relatief ondiep aanwezig is, wordt bij voorkeur voorgeboord tot het niveau van de grondwaterspiegel teneinde luchttoetreding te voorkomen. Hiermee wordt ook de kans op beschadiging en in de grond achterblijven van het rubber membraan verkleind.

Interpretatie
De resultaten van de piëzo-sonderingen bestaan uit de gemeten conusweerstand (q_c), de plaatselijke wrijvingsweerstand (f_s), het wrijvingsgetal (R_f), de gemeten waterspanning (u_1 of u_2 respectievelijk in de punt en achter de punt) en de wateroverspanningindex B_q.

De resultaten van de waterspanningsmeting tijdens het sonderen vormen uit grondmechanisch en geohydrologisch oogpunt een belangrijke extra informatiebron voor de interpretatie van de bodemopbouw. Door combinatie van de meting van de conusweerstand en de waterspanning, bij voorkeur samen met de plaatselijke wrijvingsweerstand, wordt optimaal gebruik gemaakt van de sondeertechniek en kan het benodigde aanvullend grondonderzoek efficiënter worden gepland.

Bij de interpretatie speelt met name de wateroverspanning een rol, dat wil zeggen de verhoging van de waterspanning die door het indrukken van de conus ontstaan is. Dunne cohesieve laagjes in een zandpakket en dunne zandlaagjes in een kleipakket, die in de conusweerstand en de plaatselijke wrijvingsweerstand door uitmiddeling niet of slecht zichtbaar zijn, kunnen goed worden gedetecteerd aan de hand van de water(over)spanningen, die door het sonderen ontstaan. Deze laagjes kunnen van groot belang zijn voor het zettingsgedrag van funderingen en voor de verticale (on)doorlatendheid van de grond.

Verder kunnen met de piëzo-conus, met name via de u_1-meting, sterk gelaagde structuren van zand en klei onderscheiden worden van homogene lagen hetgeen op basis van conusweerstand en plaatselijke wrijving in de meeste gevallen niet lukt. Aangetoond is dat het detectievermogen van de u_1-meting veel hoger is dan van de u_2-meting.

Wateroverspanningindex B_q
Met de wateroverspanningindex B_q kan een meer nauwkeurige classificatie van de grondsoort worden verkregen. Deze index is de verhouding van de wateroverspanning en de netto conusweerstand q_{net}, zijnde de gemeten conusweerstand q_c gecorrigeerd voor de waterspanning op het netto oppervlak van de sondeerconus, rekeninghoudend met de heersende effectieve verticale spanning op het betreffende niveau. De wateroverspanningindex B_q wordt als volgt berekend:

$$B_q = \beta \cdot (u_1 - u_0) / q_{net} \quad \text{of} \quad B_q = (u_2 - u_0) / q_{net}$$

waarin:

β	=	factor voor de verschillende grondsoorten voor omrekening van u_1 naar u_2; standaard wordt hiervoor aangehouden 0,8, zijnde normaal geconsolideerde kleien (zie hierna volgende tabel);
q_{net}	=	$q_t - \sigma_{v0}$ = netto conusweerstand;
q_t	=	$q_c + (1-a)\cdot\{\beta\cdot(u_1 - u_0) + u_0\}$ voor een filter in de conuspunt;
	=	$q_c + (1-a)\cdot u_2$ voor een filter direct achter de conuspunt;
σ_{v0}	=	de verticale grondspanning; standaard wordt hierbij uitgegaan van een gemiddeld volumiek gewicht van de bodemlagen van 14 kN/m^3 en een grondwaterstand op 1 m beneden maaiveld;
a	=	netto oppervlakteverhoudingscoëfficiënt van de conus i.v.m. de spleet achter de conuspunt;
u_1	=	de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing *in* de punt;
u_2	=	de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing *achter* de punt;
u_0	=	de hydrostatische stijghoogte; standaard wordt hiervoor in de berekening een niveau uitgegaan van 1 m beneden maaiveld.

Voor andere grondsoorten zijn de β-factoren in onderstaande tabel gegeven.

Grond gedrag	β-factor
Normaal geconsolideerde klei	0,6 - 0,8
Licht overgeconsolideerde klei	0,5 - 0,7
Sterk overgeconsolideerde klei	0[1)] - 0,3
Leem samendrukbaar	0,5 - 0,6
Leem, vast en dillatant gedrag	0[1)] - 0,2
Zand siltig, los gepakt	0,2 - 0,4

[1)] Bij meting van de waterspanning achter de conuspunt worden in bepaalde gevallen negatieve waterspanningen gemeten. Deze waarden geven nauwelijks een indicatie van de doorlatendheid, doch alleen over het materiaalgedrag.

Dissipatietest
Het is ook mogelijk het sondeerproces op een bepaalde diepte tijdelijk te stoppen en de afname van de wateroverspanning (dissipatie) als functie van de tijd te registreren. Daarna kan het sondeerproces worden voortgezet.

In doorlatende gronden geeft de dissipatietest een goed beeld van de heersende hydrostatische waterspanning en daarmee van de stijghoogte. Het betreft slechts een indicatie aangezien de meetnauwkeurigheid beperkt is. Door het uitvoeren van meerdere metingen in een grondlaag en de gemiddelde waarde van de stijghoogte te bepalen kan een beduidend hogere nauwkeurigheid worden behaald. Ervaring leert dat de onnauwkeurigheid circa 0,5 m bedraagt. Voor een meer nauwkeurige bepaling en de optredende fluctuaties zijn peilbuismetingen over een langere waarnemingsperiode nodig, afhankelijk van het doel.

In slecht doorlatende, cohesieve lagen kan met behulp van de dissipatietest een indicatie van de consolidatiecoëfficiënt en daarmee van de verticale (on)doorlatendheid worden verkregen. Hierbij dient de dissipatietest te worden voortgezet totdat de wateroverspanning tenminste met 50 % is afgenomen. In de praktijk komt dat in zand overeen met circa 1/2 uur à 3/4 uur.Uit berekeningen en kwalitatieve vergelijking van de metingen wordt inzicht verkregen in het consolidatiegedrag van de grond. Voor het vaststellen van de heersende hydrostatische waterspanning in kleilagen is de dissipatietest in de meeste gevallen weinig geschikt, vanwege de benodigde lange aanpassingstijd en de onnauwkeurigheid.

Klassenindeling EN-ISO 22476-1
Voorafgaand aan de uitvoering diende een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse met bijbehorende toelaatbare meetonzekerheid het werk minimaal uitgevoerd moet worden. De klassenindeling heeft voornamelijk betrekking op de nauwkeurigheid van de gemeten parameters.

Door invoering van de Eurocode is op Europees niveau de internationale sondeernorm EN-ISO 22476-1 “Electrical cone and piezocone testing” ontwikkeld, welke de oorspronkelijke NEN 5140 heeft vervangen. De nieuwe elektrische sondeernorm **EN-ISO 22476-1** is in opzet vergelijkbaar met de oude Nederlandse norm NEN 5140 voor elektrische sonderingen. Een verschil tussen norm **EN-ISO 22476-1** met NEN 5140 is dat in de nieuwe norm de nauwkeurigheid van de meetresultaten wordt gekoppeld aan het toepassingsgebied met bijbehorend bodemkenmerken / geschiktheid voor interpretatie en afleiding van bodemparameters. Verder is de meting van de waterspanning genormeerd.

In de Europese tabel van sondeerklassen worden de sondeerklassen ingedeeld naar de toepassing van de sondering, zie onderstaande tabel.

Toepassing Klasse	Test type	Gemeten parameter	Toegestane minimum nauwkeurigheid [a]	Maximum lengte tussen metingen	Gebruik	
					Grondsoort [b]	Interpretatie [c]
1	TE 2	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning Helling Sondeerlengte	35 kPa of 5 % 5 kPa of 10 % 10kPa of 2 % 2° 0,1 m of 1%	20 mm	A	G, H
2	TE1 TE2	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning Helling Sondeerlengte	100 kPa of 5 % 15 kPa of 15 % 25 kPa of 3 % 2° 0,1 m of 1 %	20 mm	A B C D	G, H* G, H G, H G, H
3	TE1 TE2	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning [d] Helling Sondeerlengte	200 kPa of 5 % 25 kPa of 15 % 50 kPa of 5 % 5° 0,2 m of 2 %	50 mm	A B C D	G G, H* G, H G, H
4	TE1	Conus weerstand Mantel wrijving Sondeerlengte	500 kPa of 5 % 50 kPa of 20 % 0,2 m of 1 %	50 mm	A B C D	G* G* G* G*

NOOT 1 Richtlijnen voor gebruik van Tabel 2 zijn gegeven in bijlage F.
NOOT 2 Voor uiterst slappe gronden maken soms nog hogere nauwkeurigheden noodzakelijk.

[a] De toegestane minimum nauwkeurigheid van de gemeten parameters is de grootste van de twee genoemde. De relatieve nauwkeurigheid geldt voor de gemeten waarde en niet voor het meetbereik.

[b] Volgens ISO 14688-2:
- A Homogene gronden bestaande uit zeer slappe tot stijve kleien (en silt) (q_c < 3 MPa)
- B Gemengde bodemprofielen met slappe tot stijve kleien ($q_c \leq 3$ MPa) en matig vaste tot vaste zanden (conusweerstand 5 MPa $\leq q_c$ < 10 MPa)
- C Gemengde bodemprofielen met stijve kleien (conusweerstand 1,5 MPa $\leq q_c$ < 3 MPa) en zeer dichte zanden (q_c > 20 MPa)
- D Zeer stijve tot harde kleien ($q_c \geq 3$ MPa) en zeer vaste grove gronden ($q_c \geq 20$ MPa)

[c]
- G vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een laag niveau van onzekerheid
- G* indicatieve vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een hoog niveau van onzekerheid
- H interpretatie met betrekking tot ontwerp met een laag niveau van onzekerheid
- H* interpretatie met betrekking tot ontwerp met een hoog niveau van onzekerheid

[d] Waterspanning kan alleen worden gemeten als TE2 wordt toegepast.

Voor projecten, waarbij parameters op basis van Tabel 2.b NEN 9997-1 worden afgeleid, is een hoge nauwkeurigheidsklasse gewenst. Het is echter in een bodemgesteldheid met zowel zeer slappe grondlagen als zeer vaste zandlagen met hoge conusweerstanden onmogelijk om aan de eisen van toepassing klasse 1 voldoen zoals ook blijkt uit de bovenstaande tabel. Het bij [redacted] gehanteerde meetsysteem voor sonderen is bijzonder nauwkeurig door toepassing van digitale conussen, strikte kwaliteitscontroles en calibraties. In de praktijk is gebleken dat standaard [redacted] sonderingen in de nieuwe norm voor het overgrote deel (>95%) in toepassingsklasse 2 vallen. Sonderingen volgens toepassingsklasse 3 in de nieuwe norm zijn vergelijkbaar met sonderingen volgens klasse 2 van de oude NEN 5140.

Toepassingklasse 1 sonderingen kunnen alleen met speciale gevoelige conussen met een beperkt meetbereik en een kleibodemprofiel met q_c < 3 MPa worden bereikt. In bodemprofielen waarin zowel zeer slappe lagen als zeer vaste lagen voorkomen kan de hoogste meetnauwkeurigheid van klasse 1 enigszins worden benaderd door aanvullende maatregelen en procedures. Toepassingklasse 2 sonderingen kunnen in bodemprofielen, waarin zowel zeer slappe lagen als zeer vaste lagen voorkomen, alleen worden verkregen door toepassing van digitale conussen met regelmatige calibraties, aanvullende uitvoeringsmaatregelen en kwaliteitscontroles. Toepassingsklasse 1 is in deze bodem niet haalbaar. De enige praktische indicatie over de bereikte sondeerklasse is controle van calibraties en 0-puntsverlopen tussen het begin en eind van de sondering.

In de praktijk komt het af en toe voor dat sonderingen worden uitgevoerd, waarbij door de opdrachtgever is aangegeven dat de maaiveldhoogte niet ten opzichte van een vast referentiepeil (NAP) behoeft te worden vastgelegd. Deze sonderingen voldoen derhalve op dit punt niet aan **EN-ISO 22476-1**.

Klassenindeling NEN 5140

De norm NEN 5140 ging uit van vier kwaliteitsklassen. Voorafgaand aan de uitvoering diende een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse met bijbehorende toelaatbare meetonzekerheid het werk minimaal uitgevoerd moet worden. De klassenindeling heeft voornamelijk betrekking op de nauwkeurigheid van de gemeten conusweerstand, plaatselijke wrijvingsweerstand en diepte, zoals blijkt uit de onderstaande tabel.

klasse	Meetgrootheid	toelaatbare meetonzekerheid	meetinterval
1	Conusweerstand	0,05 MPa of 3%	20 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,01 MPa of 10%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 1 %	
2	Conusweerstand	0,25 MPa of 5%	50 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 15%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
3	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Helling	5°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
4	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Sondeerlengte	0,1 m of 1%	
Opmerking: De toelaatbare meetonzekerheid is de grotere waarde van de absolute meetonzekerheid en de relatieve meetonzekerheid. De relatieve meetonzekerheid geldt voor de meetwaarde en niet voor het meetbereik.			

Vergelijking van de gespecificeerde nauwkeurigheden van de NEN 5140 en NEN-EN-ISO 22476-1 laat zien dat de nauwkeurigheid van de meest in NL gehanteerde sondeerklasse 2 volgens NEN 5140 iets hoger ligt dan die van de toepassingklasse 3 volgens de ISO norm.

LEGENDA TERREINPROEVEN EN GRONDSOORTEN

Boringen / Peilbuizen

- Handboring nog niet uitgevoerd
- Handboring uitgevoerd
- Handboring uitgevoerd met 1 peilbuis
- Handboring uitgevoerd met 2 peilbuizen
- Mechanische boring nog niet uitgevoerd
- Mechanische boring uitgevoerd
- Mechanische boring uitgevoerd met 1 peilbuis
- Mechanische boring uitgevoerd met 2 peilbuizen
- Mechanische boring uitgevoerd met 3 peilbuizen
- Boring uitgevoerd door derden
- Boring uitgevoerd met peilbuis door derden
- Gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF) nog niet uitgevoerd
- Gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF) uitgevoerd

Overige symbolen

- Meetpunt
- Hoogtemaat

Sonderingen

- Sondering met plaatselijke kleefmeting nog niet uitgevoerd
- Sondering met plaatselijke kleefmeting uitgevoerd
- Sondering zonder plaatselijke kleefmeting nog niet uitgevoerd
- Sondering zonder plaatselijke kleefmeting uitgevoerd
- Slagsondering uitgevoerd
- Handsondering uitgevoerd
- Multigrondwatersondering nog niet uitgevoerd
- Multigrondwatersondering uitgevoerd
- Sondering met bolconus nog niet uitgevoerd
- Sondering met bolconus uitgevoerd
- Waterspanningsmeter nog niet uitgevoerd
- Waterspanningsmeter uitgevoerd
- Sondering uitgevoerd door derden
- Sondering met plaatselijke kleefmeting uitgevoerd door derden
- Hellingmeterbuis nog niet uitgevoerd
- Hellingmeterbuis uitgevoerd

Type sonderingen

D	Diepsondering
HS	Handsondering
S	Slagsondering

Toegevoegde metingen

KM	Meting van de plaatselijke kleef
P	Meting van de waterspanning
M	Meting van de magnetische veldsterkte
G	Meting van de geleidbaarheid
S	Meting van de schuifgolfsnelheid (seismische meting)
T	Meting van de temperatuur

Legenda / Terminologie

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

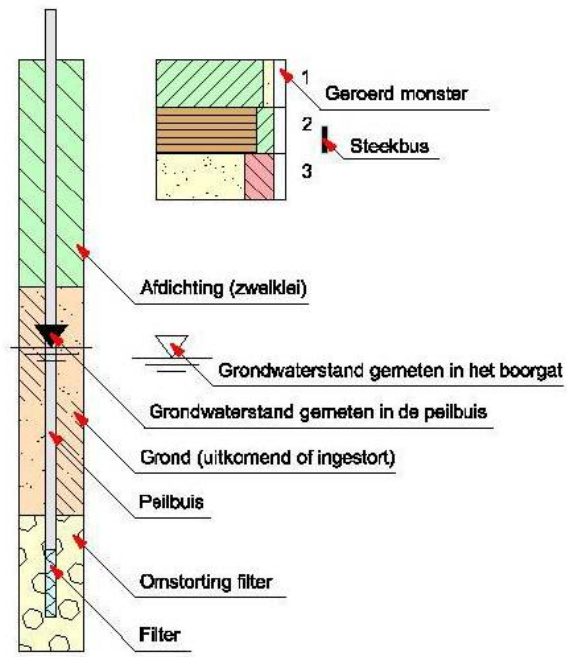
Leem

- Leem, zwak zandig
- Leem, sterk zandig

Overige toevoegingen

- Zwak humeus
- Matig humeus
- Sterk humeus
- Zwak grindig
- Matig grindig
- Sterk grindig
- Puin

Peilbuis



Revisie datum : 05-12-2013 (JNI)

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : DKM202 (HM14)
- paaltype : Houten paal - taps
- paalpuntniveau : NAP -16,00 m
- paalkopdiameter : Ø 230 mm
- paalpuntdiameter : Ø 112 mm

Maximale draagkracht van de paalpunt

De *maximale puntweerstand* volgens 7.6.2.3(e) van NEN 9997-1 bedraagt:

$q_{b;max}$ = $\frac{1}{2} \cdot \alpha_p \cdot \beta \cdot s \cdot ((q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem})/2 + q_{c;III;gem})$
= 4,6 MPa. (≤15 MPa, limietwaarde conform NEN 9997-1)

waarin:			in dit geval:	
$q_{c;I;gem}$	=	de gemiddelde waarde van de conusweerstanden over traject I (0,7 à 4 x D_{eq} onder de punt)	7,2	MPa
$q_{c;II;gem}$	=	de minimale waarde van de conusweerstanden over traject II (0,7 à 4 x D_{eq} onder de punt)	5,6	MPa
$q_{c;III;gem}$	=	de gemiddelde minimale waarde van de conusweerstanden over traject III (8 x D_{eq} boven de punt)	2,8	MPa
α_p	=	paalklassefactor (tabel 7.c, NEN 9997-1)	1,0	-
β	=	factor voor de paalvoetvorm	1,0	-
s	=	factor voor de vorm van de dwarsdoorsnede van de paalvoet	1,0	-

De *maximale draagkracht* van de paalpunt volgens 7.6.2.3(c) van NEN 9997-1 bedraagt:

$R_{b;cal;max;i}$ = $A_{punt} \cdot q_{b;max;i}$
= 45 kN

waarin:			in dit geval:	
A_{punt}	=	oppervlak van de paalvoet	0,0099	m²

Maximale paalschachtwrijving

De *maximale paalschachtwrijving* volgens 7.6.2.3(c) van NEN 9997-1 bedraagt:

$q_{s;max}$ = $\alpha_s \cdot q_{c;z;a}$
= 0,074 MPa

waarin:			in dit geval:
α_s	=	factor voor de invloed van de uitvoering en het paaltype (tabel 7.c, NEN 9997-1)	0,012 -
$q_{c;z;a}$	=	de gemiddelde waarde van de conusweerstanden over het traject waarover schachtwrijving wordt berekend	6,2 MPa

De *maximale schachtwrijvingskracht* volgens 7.6.2.3(c) van NEN 9997-1 bedraagt:

$R_{s;cal;max;i}$ = $O_{s;\Delta L;gem} \cdot \Delta L \cdot q_{s;max}$
= 102 kN

waarin:			in dit geval:
$O_{s;\Delta L;gem}$	=	gemiddelde omtrek van de paalschacht	0,3519 m
ΔL	=	traject voor berekening schachtwrijving	3,50 m

Maximale draagkracht

De *maximale draagkracht* van de paal volgens 7.6.2.3(c) van NEN 9997-1 bedraagt:

$R_{c;cal}$ = $R_{b;cal;max;i} + R_{s;cal;max;i}$
= 148 kN

De *karakteristieke waarde* van de maximale draagkracht van de paal volgens 7.6.2.3(5) van NEN 9997-1 bedraagt:

$$R_{c;k} = \text{Min}\left\{\frac{\left(R_{c;cal}\right)_{gem}}{\xi_3} ; \frac{\left(R_{c;cal}\right)_{min}}{\xi_4}\right\}$$
= 123 kN

waarin:			in dit geval:
ξ_3	=	correlatiefactor volgens tabel A.10b van NEN 9997-1	1,2 -
ξ_4	=	correlatiefactor volgens tabel A.10b van NEN 9997-1	1,2 -

Voor de *rekenwaarde* van de maximale draagkracht van de paal kan volgens 7.6.2.3(3) en (4) van NEN 9997-1 worden aangehouden:

$R_{c;d}$ = $R_{c;k} / \gamma_R$
= 107 kN

waarin:			in dit geval:
γ_R	=	$\gamma_b = \gamma_s$	
	=	partiële factor volgens tabel A.6 t/m A.8 van NEN 9997-1	1,15 -

Voor de UGT geldt volgens 7.6.2.1(1) van NEN 9997-1:

$F_{c;d} < R_{c;d}$

Voor de UGT type B kan het zakkingscriterium dat in 2.4.9(b) van NEN 9997-1 is gegeven, worden vervangen door:

$F_{c;d} + F_{nk;d} < R_{c;d}$

waarin:			in dit geval:	
$F_{c;d}$	=	rekenwaarde van de belasting in kN		
$F_{nk;d}$	=	rekenwaarde van de negatieve kleefbelasting	nihil	
$R_{c;d}$	=	rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal	107	kN

Bovenstaande formule kan worden bewerkt tot de volgende voorwaarde:

$F_{c;d} < R_{c;net;d}$

waarin:			in dit geval:	
$R_{c;net;d}$	=	$R_{c;d} - F_{nk;d}$		
	=	de rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal	107	kN

Indien aan de bovenstaande voorwaarde wordt voldaan, dan bezwijkt de grond rondom de paal niet. De vervormingen van de paalkop zullen hierbij ook beperkt zijn.