

Geotechnisch rapport harde keringen kistdam Watermolen

Dijkversterking en – verlegging Arcen

Documentcode

042207736-003773

Status

Definitief

Datum

6-3-2026

Versie

1.0

Object

OBJ-0125 - Kistdam

Watermolen (OBJ-00149 -

DZA)

Werkpakket

WP-00073 - DO Arcen Zuid

- Kistdam Watermolen +

doorlaatmiddel

Gecontroleerd: [Redacted]	Gecontroleerd: [Redacted]	Gecontroleerd: [Redacted]	Geautoriseerd: [Redacted]
Projectrol: Adviseur constructies	Projectrol: Projectmanager gemaal	Projectrol: Technisch manager Civiel	Projectrol: Projectmanager
Paraaf: [Redacted]	Paraaf: [Redacted]	Paraaf: [Redacted]	Paraaf: [Redacted]
Datum: 09-03-2026 10:10 CET	Datum: 09-03-2026 10:10 CET	Datum: 09-03-2026 10:10 CET	Datum: 03-03-2026 10:10 CET

Wijzigingen

Versie	Omschrijving wijzigingen
0.1	concept versie, ter (interne) review
1.0	1 ^e definitieve versie, ter acceptatie ingediend

Distributielijst

Organisatie	Projectrol	Aantal	Analoog (ja/nee)
Waterschap Limburg	Opdrachtgever	1	Nee

Projectgegevens:

Contactgegevens Opdrachtnemer:
Combinatie Dijkzone Alliantie (Arcen)

Griekenweg 25
5342 PX Oss
Tel. 0412 455 450
dvv-arcen@duravermeer.nl

Contactgegevens Opdrachtgever:
Waterschap Limburg

Zaaknummer Waterschap Limburg 2022/Z2224
Maria Theresialaan 99
6043 CX Roermond
projectarcen@waterschaplimburg.nl



Geotechnisch berekeningsrapport harde keringen Kistdam Watermolen

Dijkversterking Arcen | Definitief Ontwerp

6423-246370-R25 1.0 | 6-3-2026

Definitief

Dijkzone Alliantie Arcen



Documentbeheer

Documentgegevens

Projectnaam	Dijkversterking Arcen
Documentnaam	Geotechnisch berekeningsrapport harde keringen Kistdam Watermolen
Fugro-projectnr.	6423-246370
Fugro-documentnr	6423-246370-R25
Versienummer	1.0
Versiestatus	Definitief
Fugro entiteit	Fugro NL Land B.V.
Adres Fugro-kantoor	Blaeulaan 60a, 3528 AD, Utrecht

Klantgegevens

Klant	Dijkzone Alliantie Arcen
Adres klant	Kruisweg 50, Arcen
Contactpersoon klant	D. Hageman
Documentnr. klant	042207736-003773

Versiebeheer

Versie	Datum	Status	Omschrijving	Opgesteld door	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
0.2	6 feb 2026	Concept	Werkversie	GVL/ABR	GVL/ABR	ABR
1.0	06 maart 2026	Definitief		GVL/ABR	GVL/ABR	ABR

Projectteam

Initialen	Naam	Rol
ABR	Anne Bäcker	Deelontwerpleider geotechniek en waterveiligheid Arcen Zuid
GVL	Gerard van Leeuwe	Adviseur Waterbouw

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel & Scope	1
1.3	Relatie met andere (ontwerp)documenten	1
1.4	Leeswijzer	1
2.	Uitgangspunten	3
2.1	Algemeen	3
2.2	Veiligheidsfilosofie en levensduur	3
2.3	Bodemopbouw	3
2.4	Geometrie	5
2.4.1	Verankerde damwand	5
2.4.2	Kistdam	6
2.4.3	Gemaal	6
2.4.4	Doorlaat	7
2.4.5	Bekleding natuursteen	8
2.5	Materiaaleigenschappen	8
2.5.1	Damwand	8
2.5.2	Ankers	9
2.5.3	Funderingspalen	9
2.6	Hoogte en waterstanden	9
2.7	Belastingen	10
2.7.1	Golfbelasting	10
2.7.2	Maaiveldbelasting, wegverkeer	11
2.7.3	Stootbelasting boomstam (calamiteit)	12
2.7.4	Ijsbelasting (calamiteit)	13
2.7.5	Aanrijding (calamiteit)	13
2.8	Belasting combinaties	14
2.9	Fasering	14
3.	Ontwerpkeuzes VO	16
4.	Ontwerp op piping	18
5.	Ontwerp op sterkte en stabiliteit	21
5.1	Doorsnede verankerde damwand	21
5.1.1	Damwand NAP +4,5 m	21
5.1.2	Damwand NAP+8,5 m	24
5.2	Doorsnede Gemaal	26
5.2.1	Verificatie veerwaarden voor SCIA berekeningen.	27
5.3	Doorsnede Kistdam	28
5.3.1	Damwand verankerd	28

5.3.2	Damwand onverankerd	30
5.4	Vervormingen en vervormingsverschillen	32
6.	Funderingsontwerp	33
6.1	Gemaal en doorlaat	33
6.1.1	Uitgangspunten	33
6.1.2	Draagvermogen op druk	34
6.1.3	Paalkopzakkingen en verticale veerstijfheid	35
6.1.4	Verticaal draagvermogen damwand	36
6.1.5	Moment in palen gemaal	37
6.1.6	Kopmoment in palen doorlaat	38
6.2	Duiker	39
6.3	L-wand terras 'de IJsvogel'	39
7.	Conclusies en aanbevelingen	41
7.1	Conclusies	41
7.1.1	Damwand ontwerp	41
7.1.2	Fundering	41
7.2	Aandachtspunten voor UO	42
7.3	Aandachtspunten voor Realisatie	42
8.	Referenties	44

Bijlagen

Appendix A	Memo Venloschol	0
A.1	Memo Aanwezigheid Venloschol Kistdam Watermolen	1
Appendix B	GODA berekening	0
Appendix C	Memo's pipingontwerp	0
C.1	Memo Schetsontwerp pipingmaatregelen Kistdam Watermolen	1
C.2	Memo Achterloopsheid Kistdam Watermolen	3
Appendix D	Plaxisberekeningen	0
D.1	Doorsnede 'Dijk'	1
D.2	Doorsnede 'Dijk, damwand tot NAP+8,5'	3
D.3	Doorsnede 'Kistdam'	5
D.4	Doorsnede 'Gemaal'	7
D.5	Doorsnede 'Kistdam onverankerd'	9
Appendix E	Zakkende grond op ankers	0
E.1	Doorsnede 'Dijk'	1
E.2	Doorsnede 'Dijk (damwand tot +8,5)'	2
E.3	Doorsnede 'Kistdam'	3
Appendix F	Zettingen duiker	0

Figuren

Figuur 1.1 Overzicht situering objecten in impressies	1
Figuur 2.1 Overzicht projectgebied	3
Figuur 2.2 Uitsnede geotechnisch profiel	4
Figuur 2.3 Locaties dwarsdoorsnedes	5
Figuur 2.4 Doorsnede verankerde damwand	6
Figuur 2.5 Doorsnede Gemaal	7
Figuur 2.6 Doorsnede doorlaat	7
Figuur 2.7 principe natuurstenen bekleding	8
Figuur 2.8 verloop freatische waterstand	10
Figuur 2.9 Grafische weergave van de optredende golfdrukken volgens het model van Goda	11
Figuur 2.10 Opgave positie en gewicht kraan bij hijsen schuiven.	12
Figuur 2.11 Schematisatie aanrijbelasting	14
Figuur 3.1 Volgelopen kamer bij hoog water	16
Figuur 4.1 Benodigde scherm lengte en positie.	18
Figuur 4.2 Kleikist aansluiting noord	19
Figuur 4.3 Kleikist aansluiting zuid + potentiële kwelweg	20
Figuur 5.1 Overzicht ontwerp damwanden	21
Figuur 5.2 Schematisatie doorsnede verankerde damwand	22
Figuur 5.3 Schematisatie doorsnede gemaal in Plaxis	26
Figuur 5.4 Berekende vervormingen Plaxis	27
Figuur 5.6 Schematisatie doorsnede kistdam in Plaxis	29
Figuur 5.7 Schematisatie onverankerde deel kistdam in Plaxis	31
Figuur 5.8 Locatie talud steiler dan 1v:3h	31
Figuur 6.1 Verloop moment in paal. Links is paal 1 (westzijde)	38
Figuur 6.2 Doorsnede duiker; maatgevende punten zettingsberekening in groen	39
Figuur 6.3 Locatie wand voor terras 'de IJsvogel'	40
Figuur 7.1 Locaties damwanden	41

Tabellen

Tabel 2.1 Bodemopbouw ter plaatse van de kistdam	4
Tabel 2.2 Eigenschappen damwand	8
Tabel 2.3 Eigenschappen anker	9
Tabel 2.4 Berekende golfbelasting	11
Tabel 2.5 Belasting per strekkende meter voor een boomstam stootbelasting voor meerdere vervormingen	13
Tabel 5.1 Eigenschappen voorste damwand (buitendijkse zijde)	21
Tabel 5.2 Eigenschappen ankerscherm damwand (binnendijkse zijde)	22

Tabel 5.3 Eigenschappen ankerstangen	22
Tabel 5.4 Eigenschappen voorste damwand (buitendijkse zijde)	24
Tabel 5.5 Eigenschappen ankerscherm damwand (binnendijkse zijde)	24
Tabel 5.6 Eigenschappen ankerstangen	24
Tabel 5.7 Ontwerp voorste damwand	26
Tabel 5.8 berekende paalbelastingen Plaxis (BGT hoogwater en verkeer situatie)	27
Tabel 5.9 Eigenschappen voorste damwand (buitendijkse zijde)	29
Tabel 5.10 Eigenschappen achterste damwand (binnendijkse zijde)	29
Tabel 5.11 Eigenschappen ankerstangen	29
Tabel 5.12 berekende maximale vervorming damwand voor een aantal bouwfases / belastingcombinaties. Een positieve waarde is richting binnendijkse zijde	32
Tabel 6.1: Paalpuntniveaus en rekenwaarden van de paal draagkracht.	34
Tabel 6.2 Karakteristieke waarde paalveerstijfheden (veerconstante paalkop).	36
Tabel 6.3 Kopmoment in de paal. Paal 1 is westkant (Maaszijde)	37
Tabel 7.1 Berekende minimale eigenschappen damwanden	41
Tabel 7.2 Berekende minimale eigenschappen verankering	41
Tabel 7.3 Berekende minimale eigenschappen fundering	42

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

De dijken binnen het Programma HWBP Noordelijke Maasvallei voldoen niet aan de wettelijke normen voor waterveiligheid en zijn derhalve afgekeurd. De achterliggende kernen genieten momenteel niet de bescherming die ze wettelijk toekomt. De doelstelling van het programma is dan ook primair “het verbeteren van de waterveiligheid in de Maasvallei” zodanig dat deze voldoet aan de nieuwe landelijke norm. Secundaire doelstelling is het sober en doelmatig verbeteren van de gebiedskwaliteiten.

Onderdeel van dit programma is Dijkversterking en verlegging Arcen (DVV Arcen) waarbij de waterkeringen rondom het dorp Arcen aangepakt worden. Een van de onderdelen van de waterkering is de kistdam watermolen (OBJ-00149) en het daarin geïntegreerde gemaal (OBJ-00160) en doorlaatmiddel Lingsforterbeek (OBJ-00101).



Figuur 1.1 Overzicht situering objecten in impressies

1.2 Doel & Scope

In dit rapport zijn de geotechnische berekeningen voor het definitief ontwerp (DO) van de kistdam en de bijbehorende constructies gerapporteerd.

1.3 Relatie met andere (ontwerp)documenten

Dit rapport vormt samen met de constructieve berekeningsrapporten van het gemaal (042207736-003771) en de doorlaat (042207736-003772) de rekenkundige onderbouwing voor het ontwerp van de waterkering ter plaatse van de watermolen. De resultaten zijn verwerkt in tekening 042207736-003775 en onderliggende tekeningen.

1.4 Leeswijzer

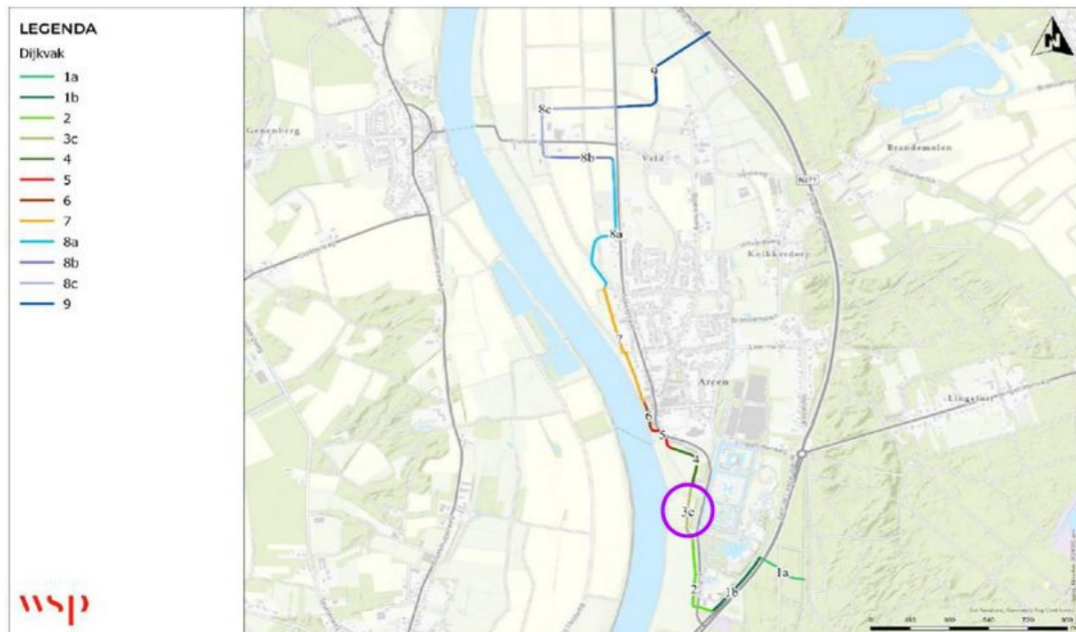
In hoofdstuk 2 worden de uitgangspunten voor de berekeningen gerapporteerd. De eerder gemaakte ontwerpkeuzes in het voortraject en in het VO worden toegelicht in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 wordt het ontwerp van de kistdam op piping onderbouwd. In hoofdstuk 5 wordt de kistdam op geotechnische stabiliteit en sterkte getoetst. In hoofdstuk 6 wordt de

funderingsanalyse voor het gemaal, doorlaat en duiker gerapporteerd. In de conclusie worden vervolgens de berekende afmetingen en aandachtspunten voor de uitvoering weergegeven.

2. Uitgangspunten

2.1 Algemeen

De kistdam Watermolen, het gemaal en de doorlaat liggen in deelgebied Arcen Zuid, dijkvak 3



Figuur 2.1 Overzicht projectgebied

De generieke uitgangspunten voor de berekeningen (levensduur, belastingen, grondparameters, etc.) zijn opgenomen in de uitgangspuntennota's [1.], [2.] en [5.]. De belangrijkste hiervan zijn in onderstaande paragrafen overgenomen.

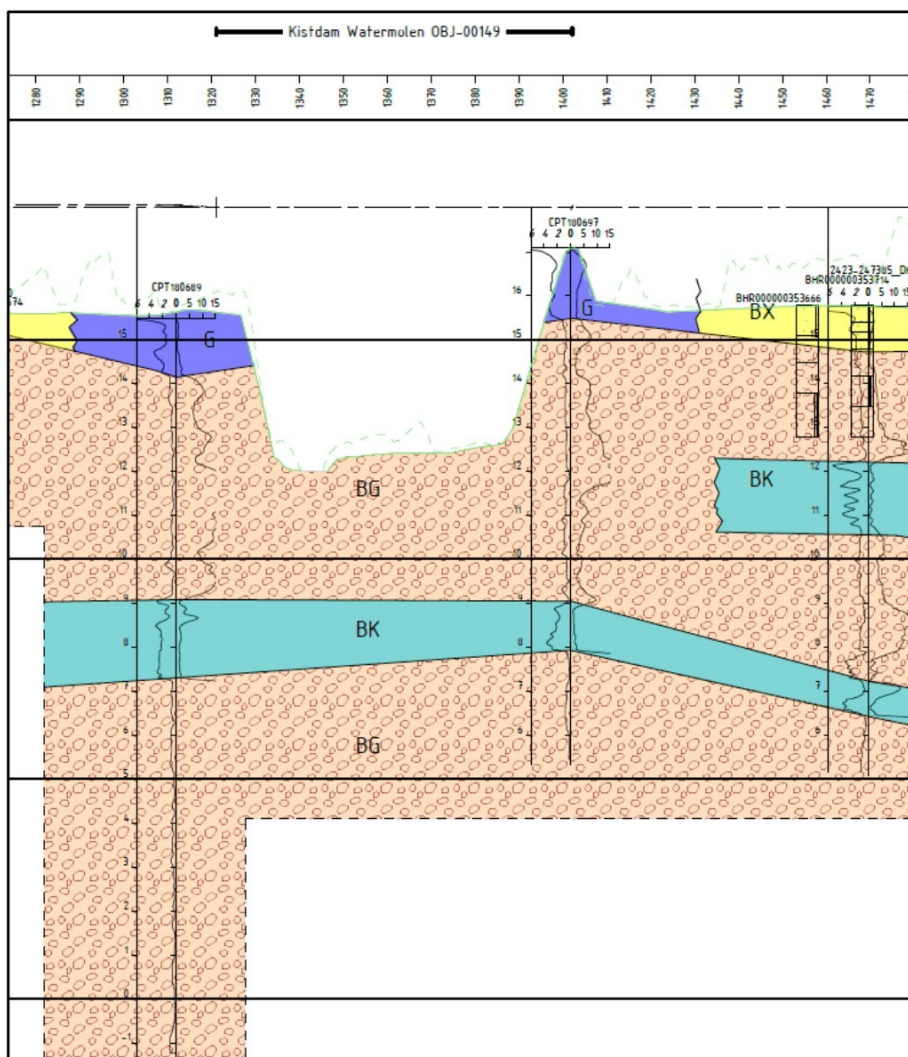
2.2 Veiligheidsfilosofie en levensduur

De beoogde levensduur van de (onderbouw van de) constructie is 100 jaar.

De harde waterkeringen worden voor faalmechanismen met gevolgen voor de waterveiligheid ontworpen volgens de WOWK. Ten aanzien van constructief falen wordt conform eis SYS-00125 naast de waterweteis ontworpen volgens het Bouwbesluit en de daarin vigerende Eurocode voorschriften (zie Uitgangspuntennotitie Waterkeringen Algemeen ([1.])) waarbij de constructie getoetst wordt in gevolgklasse CC2 met een referentieperiode van 50 jaar en een bijbehorende betrouwbaarheidsindex van $b=3,80$.

2.3 Bodemopbouw

De ondergrond bestaat voor het grootste gedeelte uit zand (Formatie van Beegden). Tussen circa NAP +7m en NAP +9m is een kleilaag aanwezig. Onder de kleilaag is het zand zeer vast gepakt en is het overwegend grindhoudend.



Figuur 2.2 Uitsnede geotechnisch profiel

Voor meer informatie betreffende bodemopbouw en parameters wordt verwezen naar [1.].

De maatgevende bodemopbouw is weergegeven in tabel 2.1.

Tabel 2.1 Bodemopbouw ter plaatse van de kistdam

Grondlaag	Van [m NAP]	Tot [m NAP]
Beegden Zand	maaiveld	+8,5
Beegden Klei	+8,5	+7,5
Beegden Grof Zand/Grind	+7,5	-2,5

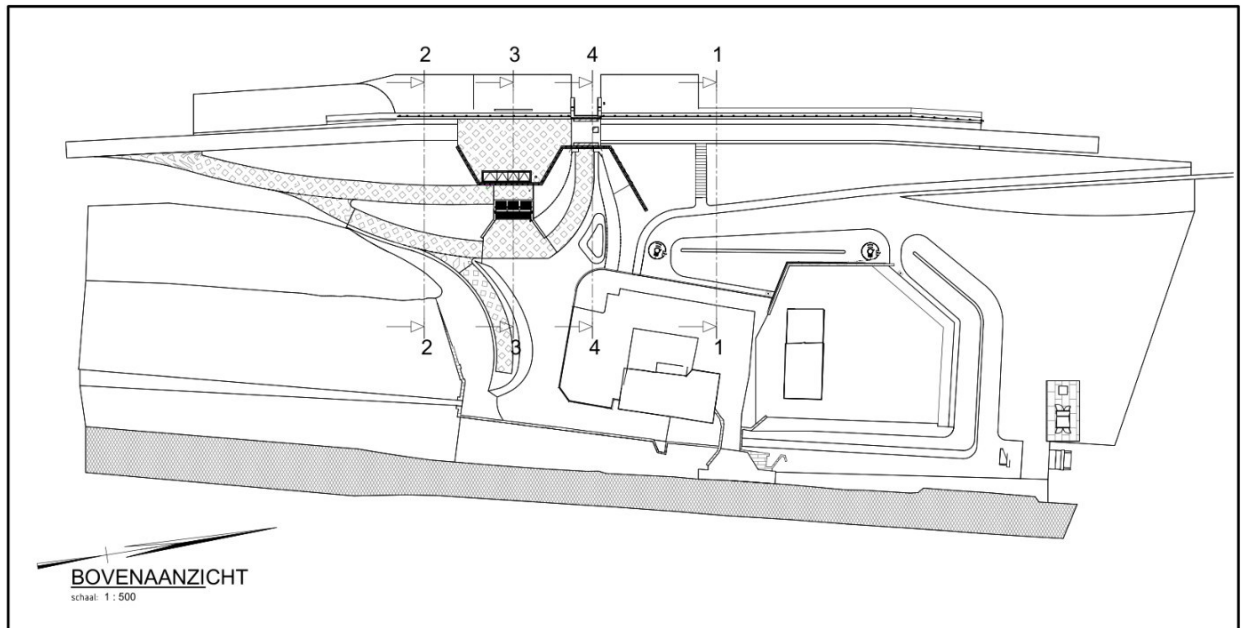
De sterkte en stijfheidsparameters (lage rek) van de bovenstaande grondlagen zijn overgenomen uit de Uitgangspuntennotitie Waterkeringen Algemeen ([1.])

Ter plaatse van de voorwand wordt voorzien dat het nodig kan zijn voor te boren om de damwand op diepte te krijgen. De stijfheden van de grondlagen binnen het invloedsgebied van het voorboren zijn daarom in berekening teruggebracht naar die van los gepakt zand.

2.4 Geometrie

De kistdam is onder te verdelen in vier kenmerkende zones:

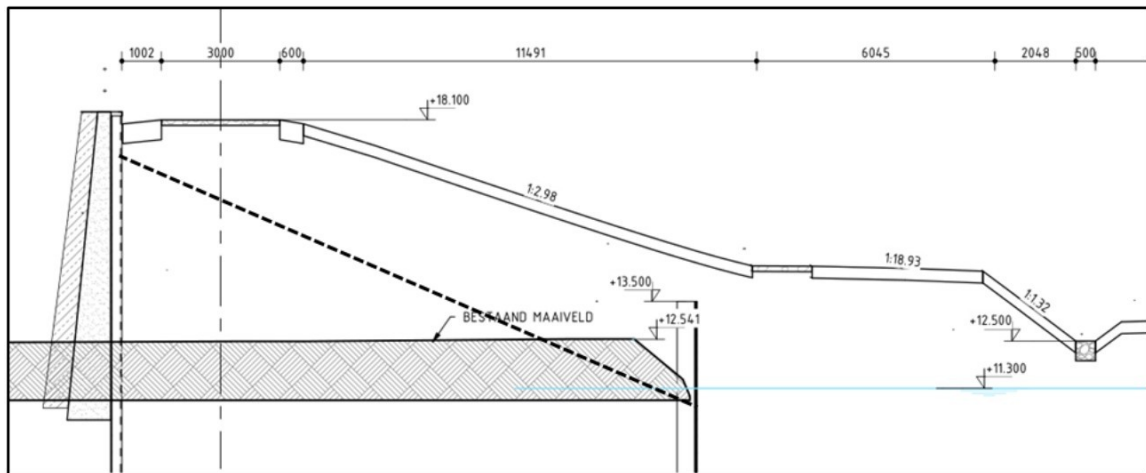
1. Verankerde damwand
2. Kistdam
3. Gemaal
4. Doorlaat



Figuur 2.3 Locaties dwarsdoorsneden

2.4.1 Verankerde damwand

Ten noorden van de doorlaat bestaat de waterkering uit een verankerde damwand. De verankering bestaat uit een ankerscherm. Dit is weergegeven in figuur 2.4. De damwand wordt aan maaszijde bekleed met natuursteen. Deze bekleding staat los van de damwand, dit wordt toegelicht in §2.4.5. Aan binnendijkse zijde wordt een grondlichaam geprofileerd met hetzelfde uiterlijk als de groene dijk.



Figuur 2.4 Doorsnede verankerde damwand

2.4.2 Kistdam

Tussen de doorlaat en het gemaal en ten zuiden van het gemaal bestaat de waterkering uit een kistdam: twee damwanden onderling gekoppeld door ankerstangen. Ook deze wordt aan Maaszijde voorzien van een losstaande natuurstenen bekleding. Aan binnendijkse zijde wordt de kistdam afgewerkt met metselwerk. Dit metselwerk wordt opgelegd op een gording aan de damwand.

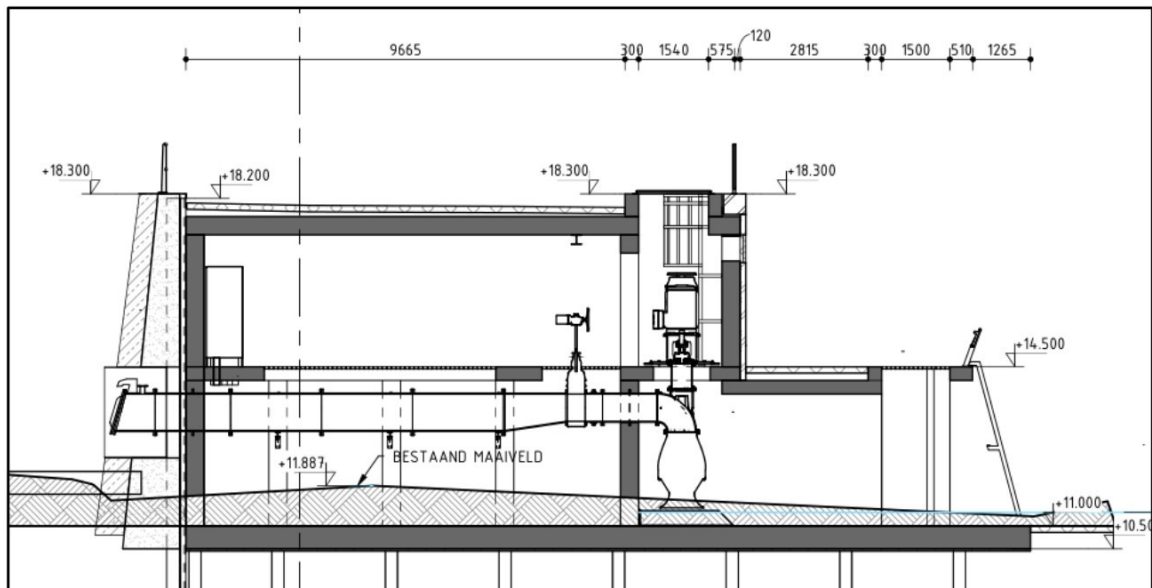
Over het meest zuidelijke deel van de kistdam ontbreekt de achterwand en wordt geen verankering toegepast. Hoogteverschillen zijn hier beperkt.

2.4.3 Gemaal

Ter plaatse van het gemaalgebouw is alleen aan maaszijde een damwand voorzien. De damwand steunt in hoogwatersituatie op de gemaalconstructie. In figuur 2.5 is de doorsnede van het gemaalgebouw weergegeven.

De betonconstructie van het gemaal wordt tegen de damwand aangestort. Er worden geen voorzieningen getroffen deuvelds / krammen / etc. om de damwand te verankeren aan het beton.

Het gemaal wordt gefundeerd op geschroefde stalen buispalen. De palen en damwand van de kistdam zullen gezamenlijk de horizontale belastingen opnemen. Hoewel de damwand een bijdrage zal leveren aan het verticaal draagvermogen, wordt conservatief aangenomen dat de palen de gehele verticale belasting moeten kunnen opnemen.

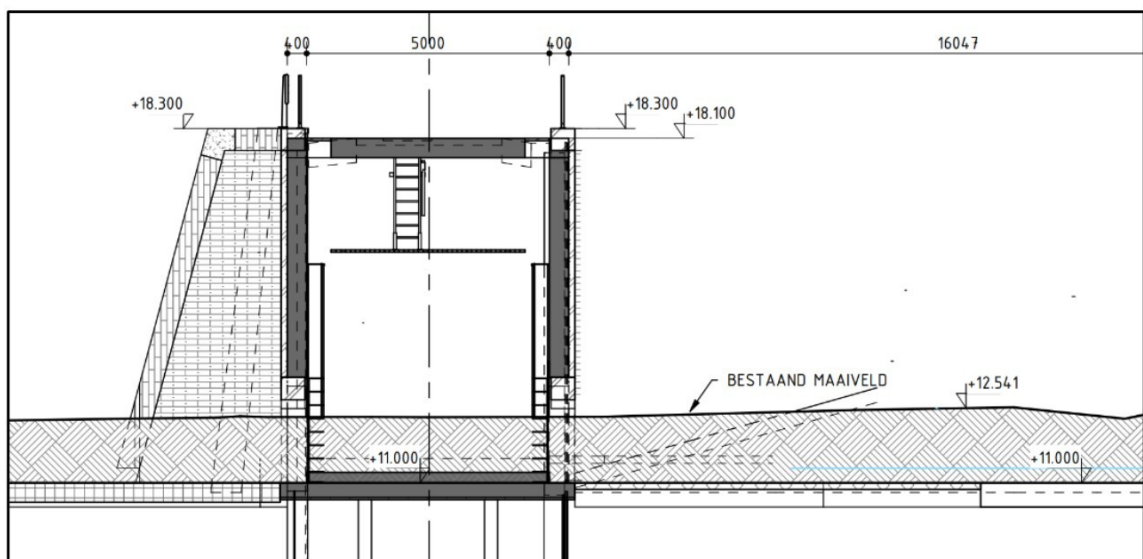


Figuur 2.5 Doorsnede Gemaal

2.4.4 Doorlaat

Ter plaatse van de doorlaat is zowel aan voor- als achterzijde een damwand voorzien. Deze worden echter niet doorgezet boven het vloerniveau van de doorlaat, en hebben daarmee feitelijk alleen een functie als pipingscherm. In figuur 2.6 is de doorsnede getoond.

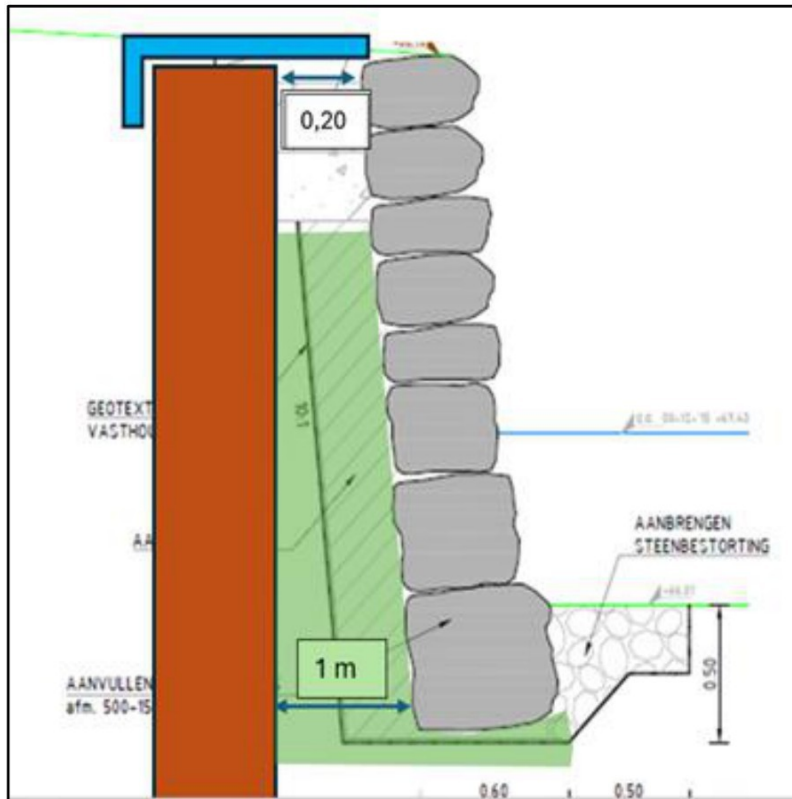
Ook de doorlaat wordt gefundeerd op geschroefde stalen buispalen. De palen en damwand van de kistdam zullen gezamenlijk de horizontale belastingen opnemen. Hoewel de damwand een bijdrage zal leveren aan het verticaal draagvermogen, wordt ook hier conservatief aangenomen dat de palen de gehele verticale belasting moeten kunnen opnemen.



Figuur 2.6 Doorsnede doorlaat

2.4.5 Bekleding natuursteen

Aan de westzijde van de kistdam (buitendijkse zijde) wordt de bekleding in de vorm van stapelstenen gemaakt (figuur 2.7). Deze bekleding is enkel cosmetisch en heeft geen kerende functie. De steenbekleding is zelfstandig gefundeerd en 'hangt' niet aan de damwand. De ruimte tussen de damwand en het natuursteen wordt opgevuld met goed doorlatend materiaal.



Figuur 2.7 principe natuurstenen bekleding

2.5 Materiaaleigenschappen

2.5.1 Damwand

Gekozen eigenschappen van de damwand zijn als volgt:

Tabel 2.2 Eigenschappen damwand

Type [m]	Staalkwaliteit [-]	Momentcapaciteit [kNm/m']	Momentcapaciteit na corrosie (boven/onder gws) [kNm/m']
AZ12-700	S355	422	204 / 303
AZ20-700	S355	690	386 / 524

Voor corrosie wordt (boven de grondwaterstand) 2,2 mm per zijde gerekend. Onder de grondwaterstand is dit 1,2 mm per zijde. De momentcapaciteit van de damwand neemt door corrosie evenredig met de dikte van de flens af.

2.5.2 Ankers

Voor de verankering van de kistdam en het ankerscherm worden legankers gebruikt. De eigenschappen van het anker zijn in tabel 2.3 weergegeven. Voor de corrosie wordt 4,4 mm op de diameter gerekend.

Tabel 2.3 Eigenschappen anker

Type [m]	Diameter	Staalkwaliteit [-]	Capaciteit [kN]	Capaciteit na corrosie [kN]
GEWI 40T	40 mm	500	503	389

2.5.3 Funderingspalen

De funderingspalen onder het gemaal en de doorlaat zijn stalen buispalen met schroefpunt met groutinjectie. De buis wordt gevuld met beton. Er is uitgegaan van een stalen buispaal met diameter 406 mm en een wanddikte van 10 mm en een groutschil van 77 mm om de buispaal heen. De gecombineerde stijfheid van deze paal is $3,91 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$.

2.6 Hoogte en waterstanden

De hoogte bij norm (HBN) is NAP +18,32 m. De waterstand bij norm (WBN) is gelijk aan NAP +17,82 m.

De maatgevende hydraulische belasting is die waarbij het verval dominant is en de golfbelasting niet-dominant. Daarbij is de berekende waterstand (terugkeertijd 2400 jaar) NAP +18,87 en de berekende golfhoogte (terugkeertijd 11 jaar) 0,58 m.

De dagelijkse waterstand wordt gemodelleerd op NAP+11,3 m.

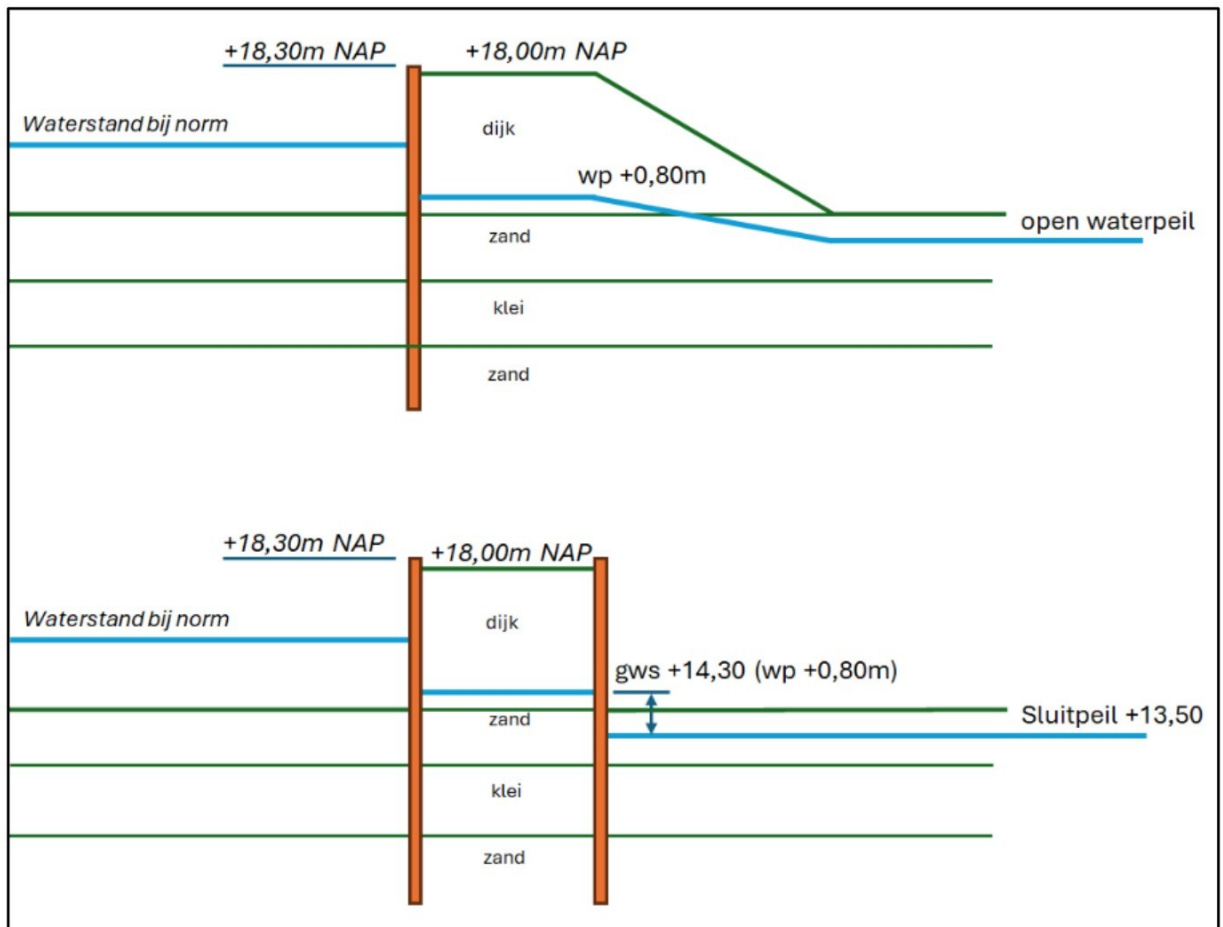
Na het sluiten van de schuiven in de doorlaat moet de waterstand binnendijks beheerst worden door het gemaal. Het inslagpeil van het gemaal is NAP +13,50 m en het uitslagpeil NAP +13,30 m.

In het watervoerendpakket onder de kleilaag op NAP +7 m is de stijghoogte berekend met D-GeoFlow. De stijghoogte is op 50 m van de voorste damwand gelijk aan WBN (NAP +17,82) en loopt af richting het achterland. Op 50 m achter de kistdam is de stijghoogte NAP +14,4 m.

De grondwaterstand rond de kistdam en het gemaal zal gedomineerd worden door het open waterpeil. De ondergrond is goed doorlatend, en richting het achterland is de kistdam slechts over korte stukken 'gesloten'. Daarbij kan in het grondlichaam van de kistdam en de verankerde damwand wel sprake zijn van enige opbolling door regenval. Het technisch rapport Waterspanningen bij Dijken suggereert hiervoor een waarde van 0,8 m. Deze waarde wordt in het ontwerp aangehouden, waarbij voor het noordelijk deel (met ankerscherm) onder de volle breedte van de kruin van 0,8 wordt aangehouden, en onder het talud een lineair verloop naar het open waterpeil. Onder het zuidelijk deel wordt over de volle breedte van de kistdam een opbolling van 0,8 meter aangehouden. De freatische lijn

in de kistdam komt daardoor bij een hoogwatersituatie of hevige regenval, op NAP +14,3 m te liggen. De freatische lijnen zijn weergegeven in figuur 2.8

Val na hoogwater is niet maatgevend boven de dagelijkse situatie.



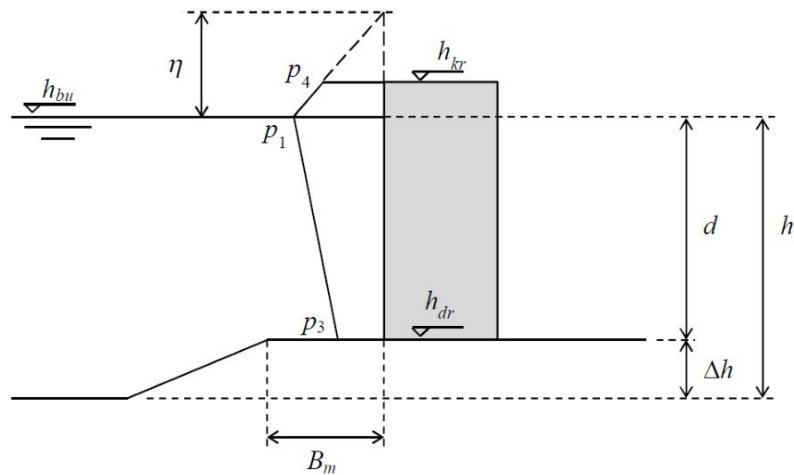
Figuur 2.8 verloop freatische waterstand

2.7 Belastingen

Er zijn meerdere belastingen die werken op de kistdam. Deze belastingen worden hieronder beschreven. In §2.8 worden de relevante belastingcombinaties beschreven.

2.7.1 Golfbelasting

De golfbelasting op de constructies en keermiddelen wordt bepaald aan de hand van het model van Goda. Ter illustratie zijn in figuur 2.9 de optredende golfdrukken volgens het model van Goda schematisch weergegeven. De golfbelastingen worden in de berekeningsrapporten bepaald.



Figuur 2.9 Grafische weergave van de optredende golfdrukken volgens het model van Goda

In de figuur zijn:

- h_{kr} : Kruinhoogte kering [m +NAP]
- h_{bu} : Buitenwaterstand [m +NAP]
- h_{dr} : Hoogte teen [m +NAP]
- B_m : Berm lengte [m]

Voor de omrekening van significante golfhoogte H_s naar de rekenwaarde H_d ($= h_{bu}$ in de figuur) is conform de WOWK en eis SYS-00014 een factor 2,2 toegepast.

In Appendix B is de berekening voor de golfbelasting weergegeven. De resultaten zijn hierbij samengevat tabel 2.4. De combinatie B, C en E uit is maatgevend voor de totale hydraulische belasting op de kistdam.

Tabel 2.4 Berekende golfbelasting

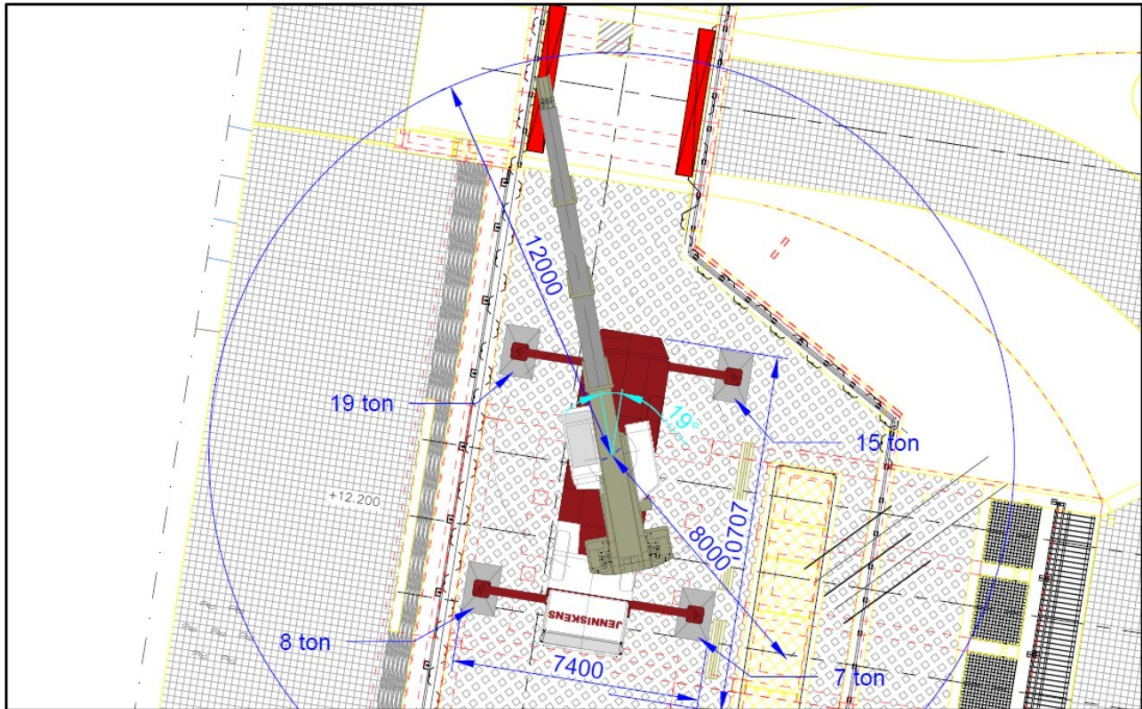
p_1	p_3	p_4
$7,4 \frac{kN}{m^2}$	$0,3 \frac{kN}{m^2}$	$6,9 \frac{kN}{m^2}$

2.7.2 Maaiveldbelasting, wegverkeer

De weg over de kistdam moet kunnen dienen als evacuatie route. In de uiterste grenstoestand (ULS) wordt daarom op de kruin een maaiveldbelasting aangehouden van $13,3 \text{ kN/m}^2$ over 2,5m breedte haaks op de lengterichting van de waterkering. De spreiding wordt door Plaxis bepaald. Wateroverspanningen als gevolg van de belasting treden alleen op in de kleilaag onder NAP+7. Dit is een te laag niveau om de krachtswerking in de damwand te beïnvloeden. De wateroverspanningen door maaiveldbelasting worden daarom verwaarloosd.

Er is rekening gehouden met een belasting van 10 kN/m^2 voor werkverkeer tijdens de uitvoering.

Tot slot is voor de kistdam rekening gehouden met opstelling van een kraan voor het in- en uithijzen van de schuiven. Rekening is gehouden met de afmetingen en gewichten weergegeven in figuur 2.10. De belasting vertaalt zich in een verdeelde belasting van 18 kN/m² over een breedte van 2,5 m; e.e.a. onder de aanname dat de belasting zich over ten minste 3 dubbele planken (4,2 m) zal verdelen.



Figuur 2.10 Opgave positie en gewicht kraan bij hijsen schuiven.

2.7.3 Stootbelasting boomstam (calamiteit)

Conform eis SYS-00129 wordt op de harde waterkeringen een belasting in rekening gebracht equivalent aan een drijvende boomstam van 40 cm diameter, een lengte van 8 m en een gewicht van 750 kg, met een stroomsnelheid van 2,7 m/s.

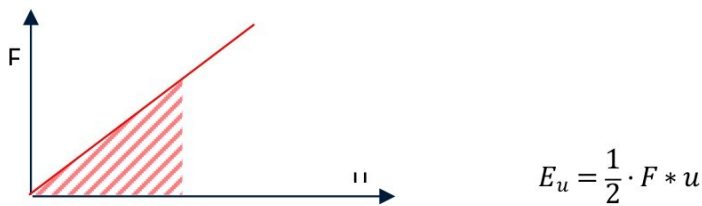
De richting van de invalshoek wordt bepaald aan de hand van de stroomrichting ten opzichte van het vlak van de constructie. De kistdam ligt parallel aan de stroomrichting dus dient te worden uitgegaan van een invalshoek gelijk aan 15 graden.

De kinetische energie van de impact wordt bepaald door de loodrechte component van de snelheid op het beschouwde constructiedeel met de formule $E = \frac{1}{2} m \cdot v_{LR}^2$. Uitgegaan wordt van een minimale hoek van impact van 15°.

$$E_{kin,min} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 750 \cdot (\sin(15) \cdot 2,7)^2 = 183 \text{ Nm}$$

De stootbelasting die als puntlast op de constructie in rekening moet worden gebracht, wordt bepaald door de vervormingsenergie van de constructie ter plaatse van het raakpunt. De grootte van de kracht kan iteratief worden gevonden door de arbeid van de kracht te

bepalen (gelijk aan de oppervlakte onder het lineair veronderstelde vervorming-kracht diagram):



Omdat de stootkracht vervolgens afhankelijk is van de vervorming van de constructie wordt deze per doorsnede geverifieerd.

Er wordt aangenomen dat deze belasting zich over minimaal 3 damwand planken zal spreiden. Dit levert een breedte van 4,2 m (3x 1,4 m) op waarover de belasting verdeeld wordt. In tabel 2.5 is weergegeven wat de stootbelasting is voor meerdere vervormingen.

Tabel 2.5 Belasting per strekkende meter voor een boomstam stootbelasting voor meerdere vervormingen

Vervorming [mm]	2	3	5	10	20	30
Belasting boomstam [kN/m']	43,6	29,0	17,4	8,7	4,4	2,9

De stootbelasting vindt plaats op de stilwaterlijn. Voor het aangrijpingspunt wordt het ongunstigste niveau gehanteerd met een maximum van WBN. Op deze hoogte is aan de buitendijkse zijde de natuursteenbekleding (§2.4.5) aanwezig. Deze zal de belasting spreiden en deels absorberen. Dit is spreiding is verwaarloosd in de belasting zoals deze in tabel 2.5 is getoond.

2.7.4 Ijsbelasting (calamiteit)

In de memo ijsbelasting [MdeK23156-NOT-004] is beschreven hoe wordt omgegaan met ijsbelasting bij harde keringen. Stootbelastingen door ijsschotsen zijn niet maatgevend boven de aanvaarbelasting door een boomstam en daardoor niet maatgevend. Belastingen door drijfjjs of kruierend ijs zijn door de oriëntatie van de kistdam ten opzichte van de Maas niet waarschijnlijk.

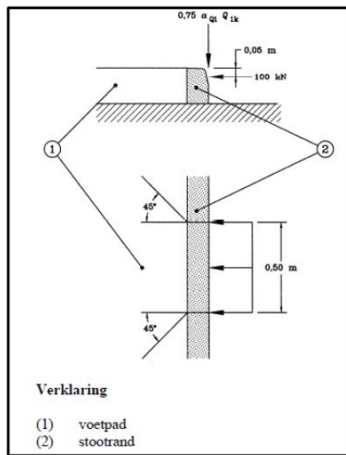
Er wordt daarom niet met een ijsbelasting op de damwand gerekend.

2.7.5 Aanrijding (calamiteit)

Het pad over de kistdam is een onderhoudspad en is niet bedoeld voor doorgaand autoverkeer. Tegen de dakrand van het gemaal en deksloof van de kistdam is daardoor niet gerekend met een aanrijbelasting uit de NEN-EN 1991-1-7 maar met een belasting tegen stootranden conform de NEN-EN 1991-2 art 4.7.3.2. Deze belasting bedraagt 100 kN.

Er wordt aangenomen dat deze belasting zich over minimaal 3 damwand planken zal verspreiden. Dit levert een breedte van 4,2 m (3x 1,4 m) op waarover de belasting verdeeld wordt. Dit levert een aanrijbelasting op van 23,8 kN/m'.

Als aangrijpingspunt wordt een hoogte van 0,05m onder bovenzijde deksloof aangehouden.



Figuur 2.11 Schematisatie aanrijbelasting

2.8 Belasting combinaties

De volgende belasting combinaties zijn beschouwd:

Voor alle doorsnedes:

1. Hoogwatersituatie + verkeersbelasting
2. Hoogwatersituatie + boomstam + verkeersbelasting (calamiteit)
3. Dagelijkse situatie + verkeersbelasting
4. Dagelijkse situatie + verkeersbelasting + aanrijbelasting (calamiteit)

Voor de kistdam:

5. Hoogwatersituatie
6. Dagelijkse situatie + kraanbelasting
7. Ontgraving tijdens uitvoering

Voor het gemaal:

8. Ontgraving tijdens uitvoering

Voor de verankerde damwand:

9. Hoogwatersituatie
10. Hevige regenval + verkeer

2.9 Fasering

De bouwfasering van de kistdam is samengevat in onderstaande stappen. Niet alle stappen zijn relevant voor alle doorsnedes.

1. Aanleg bouwplateau, terrein wordt opgehoogd tot NAP +15,0 m
2. Damwanden worden ingebracht
3. Inbrengen palen voor fundering gemaal en doorlaat

4. Ter plaatse van het gemaal en doorlaat wordt ontgraven tot NAP +10,5 m.
Daarbij wordt aan de niet-ontgraven zijde van de damwand een ontlastsleuf voorzien tot NAP+12,0 m. Gerekend is met een ontlastsleuf die aan onderzijde 1 m breed is en taluds heeft van 1:2. Ter plaatse van de verankerde damwand en ter plaatse van het onverankerde deel van de kistdam wordt niet ontgraven en blijft het werkplateau aan weerszijden van de damwand op NAP+15
5. Aanleg betonconstructie 1^e laag gemaal (tot circa NAP +15 m) en aanleg betonconstructie doorlaat
6. Aanvullen grond rondom betonconstructies tot NAP+15 m
7. Aanleg betonconstructie 2^e laag gemaal (tot circa NAP +18 m)
8. Plaatsing gordingframe en legankers
9. Aanvulling kistdam en dijklichaam tot definitieve hoogte
10. Afgraven bouwplateau (bij de verankerde damwand ten noorden van de doorlaat kan het bouwplateau al eerder ontgraven worden, namelijk direct na aanbrengen van de verankering).

3. Ontwerpkeuzes VO

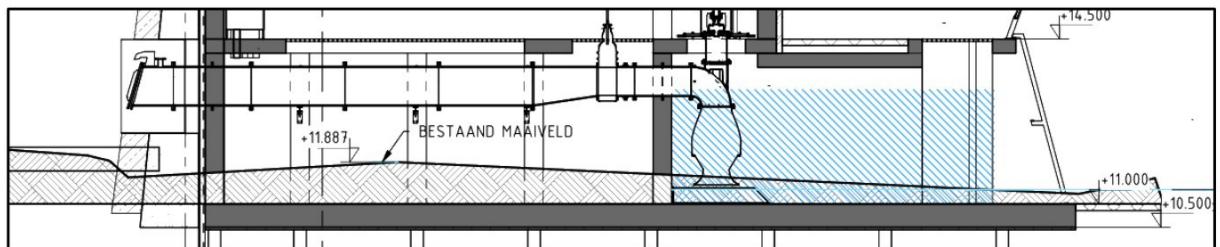
In het VO zijn meerdere analyses uitgevoerd, en heeft een iteratieslag plaatsgevonden met de constructieve berekeningen. De resultaten hiervan zijn meegenomen in de analyses die zijn uitgevoerd voor het DO.

■ Eigenschappen gemaalgebouw

Het gemaalgebouw is als volume-element gemodelleerd in Plaxis. De eigenschappen ervan zijn gekijkt op de constructieve berekeningen.

Het gewicht van het gemaal gebouw is gebaseerd op het SCIA model. Het totale gewicht is circa 10.000 kN. Hierbij is het betonwerk en installaties meegerekend. Het oppervlak van het gemaal in de dwarsdoorsnede is 116 m² en de breedte van het gemaal is circa 9 m. Hiermee is het volumiek gewicht voor het gemaal 10kN/m³.

Bij een hoogwatersituatie loopt de kamer achter de inlaat vol met water tot een niveau van NAP +13,5 m. Dit is weergegeven in figuur 3.1. Het gewicht van dit water is niet verdisconteerd in het gebouwgewicht maar gemodelleerd als lijnlast op de vloer van de kamer.



Figuur 3.1 Volgelopen kamer bij hoog water

De invloed van de stijfheid op de vervormingen van de palen en damwand is onderzocht. Op basis hiervan is een stijfheid van 100Gpa aangehouden. Dit is een overschatting van de stijfheid van het beton maar zo is de krachtoverdracht en vervorming in lijn met de vervormingen van het gemaal die in SCIA worden berekend.

Een lagere stijfheid heeft een verwaarloosbare invloed op de belasting van de damwand.

Het gemaalgebouw zal tegen de damwand aangestort worden. Hiermee komt een verbinding tussen het gebouw en de damwand tot stand. Daarom wordt tussen de damwand en het gemaal niet met een interface gerekend.

■ Contact vloer en ondergrond

De vloer van het gemaal zal direct op de zandondergrond gestort worden. Hierdoor kan in de praktijk draagkracht aan de grond onder het gemaal ontleend worden. Voor het ontwerp is er uitgegaan dat de palen het volledige gemaalgebouw dragen. Er wordt geen draagkracht aan de ondergrond ontleend.

In Plaxis ontstond bij direct contact tussen ondergrond en gebouwconstructie een onrealistisch hoge zweldruk op de vloer in de hoogwatersituatie, wat op zijn beurt weer leidde tot trekkrachten in de palen. Om dit te ondervangen is in Plaxis een kleine ruimte gemodelleerd tussen de ondergrond en de onderkant van de vloer.

■ **Stijfheid Beegden zand grindig**

In de eerste berekeningen werden zakkingen berekend die groter waren dan op basis van de funderingsberekening worden verwacht. Om de plaxissom op de funderingsberekeningen te ijken is de ontlast / herbelast stijfheid (E_{ur}) verhoogd van 45 MPa naar 240 MPa. Hiermee zijn de vervormingen die met Plaxis worden berekend meer in lijn met de zakking die op basis van de fundering worden berekend.

■ **Stappenplan damwandberekening (UGT stap 6.3 en 6.4)**

In het VO zijn meerdere UGT-fases doorerekend. Stap 6.1 en 6.2 (hoge grondwaterstand aan passieve zijde) uit de verificaties blijken daarbij nergens maatgevend. Daarnaast is gekeken of een hoge of lage stijfheid van de ondergrond maatgevend is voor de belasting op de damwand. Uit deze analyse kwam dat zowel de karakteristiek hoge als lage stijfheid maatgevend kan zijn voor de belasting op de damwand. Voor de DO toetsing zal daarom zowel verificatiestap 6.3 als 6.4 doorerekend worden.

■ **Ankerniveau kistdam**

Op basis van gevoeligheidsanalyses in het VO is een niveau van NAP+16,8 m voor de verankering gekozen.

■ **Inbrengbaarheid**

Omdat het voor piping benodigd is de voorwand van de kistdam een aantal meters in de zeer vaste grindige zandlaag in te brengen wordt met het oog op inbrengbaarheid van de planken gekozen voor een AZ20-700 (conform opgave werkvoorbereiding). Alleen waar planken boven deze laag blijven wordt een lichter alternatief beschouwd.

Ter plaatse van alle damwanden wordt gerekend met een stijfheid niet hoger dan die van los gepakt zand, om zo de mogelijkheid open te laten om waar nodig voor te boren.

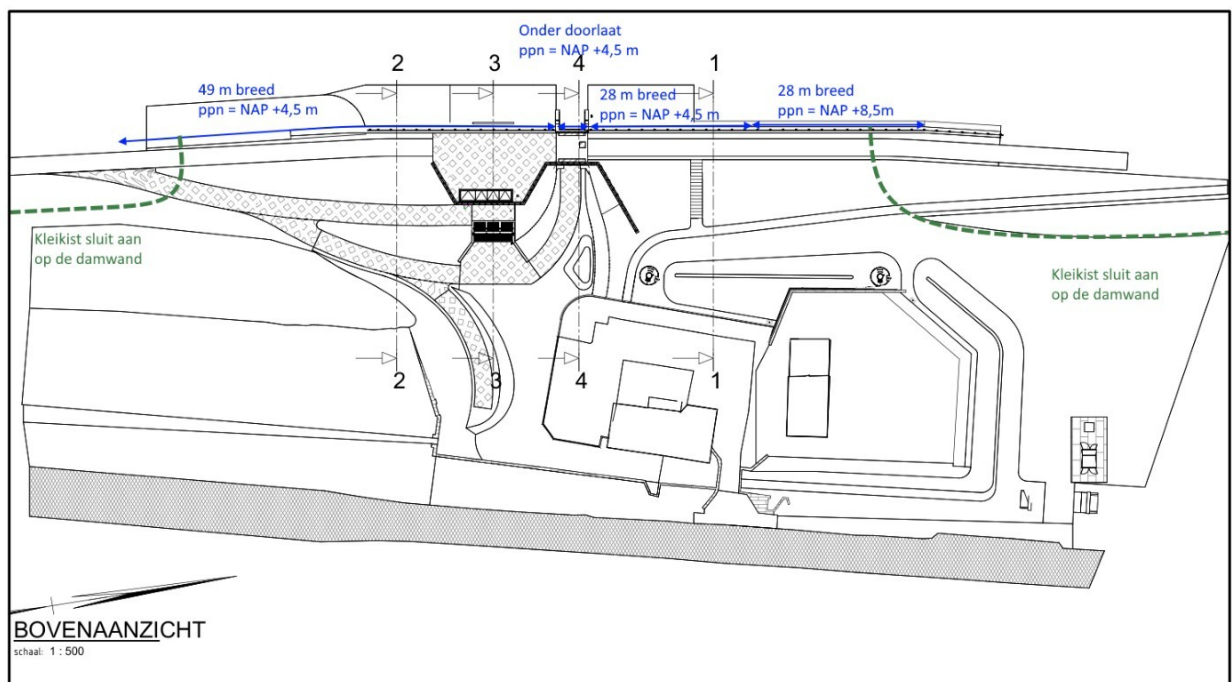
4. Ontwerp op piping

Er is voor gekozen om de voorwand van de kistdam (de damwand aan Maaszijde) te benutten om de veiligheid m.b.t. piping te waarborgen. Deze wand vormt een continue geheel. De rol van het ankerscherm wordt in de pipingsberekeningen verwaarloosd.

In memo 6423-246370-M12 (Appendix C C.1) en memo 6423-246370-M129 (Appendix C C.2) is bepaald welke maatregelen moeten worden genomen om piping onder- en rondom het kunstwerk te voorkomen.

Daarbij is zowel heave / piping vanuit de oppervlakkige zandlaag, als ook piping vanuit de diepere zandlagen (onder NAP+7m) beschouwd. De berekende afmetingen zijn weergegeven in figuur 4.1.

Deze afmetingen zijn daarmee ook randvoorwaarde voor de sterkteberekeningen van de kistdam.



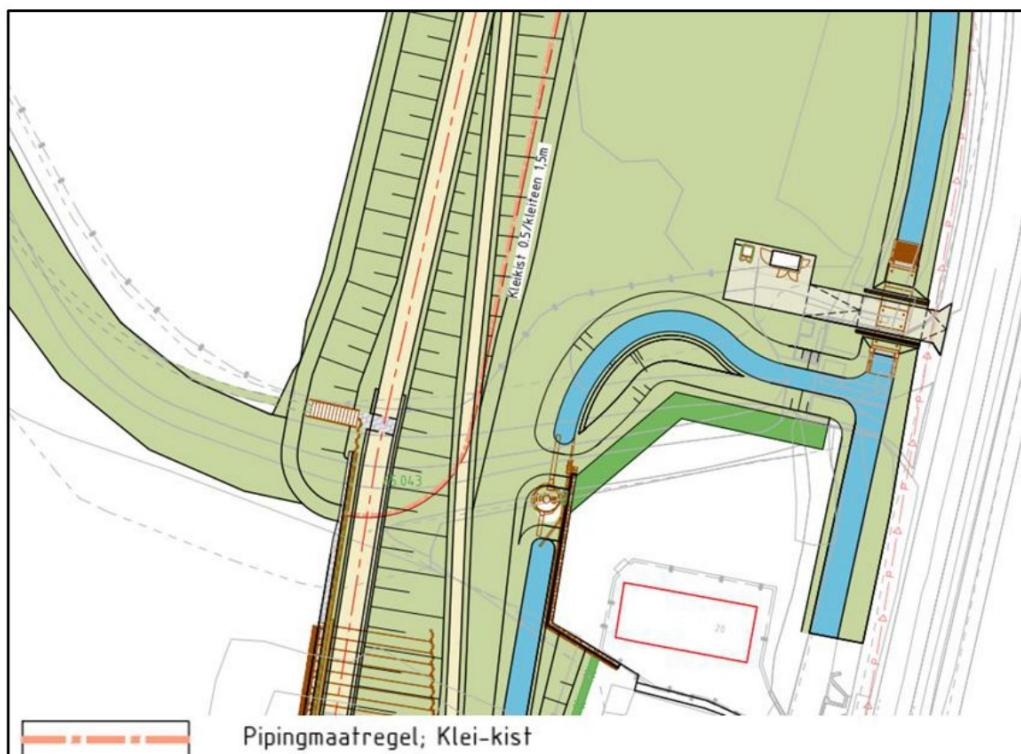
Figuur 4.1 Benodigde scherm lengte en positie.

Met de benodigde diepte van NAP+4,5 reiken de damwanden tot in de (nominale) Venloschol. In memo 6423-246370-M14 is onderbouwd dat de fysieke Venloschol op deze locatie dieper zit en de damwand hier dus boven blijft. Dit memo is opgenomen in Appendix A.

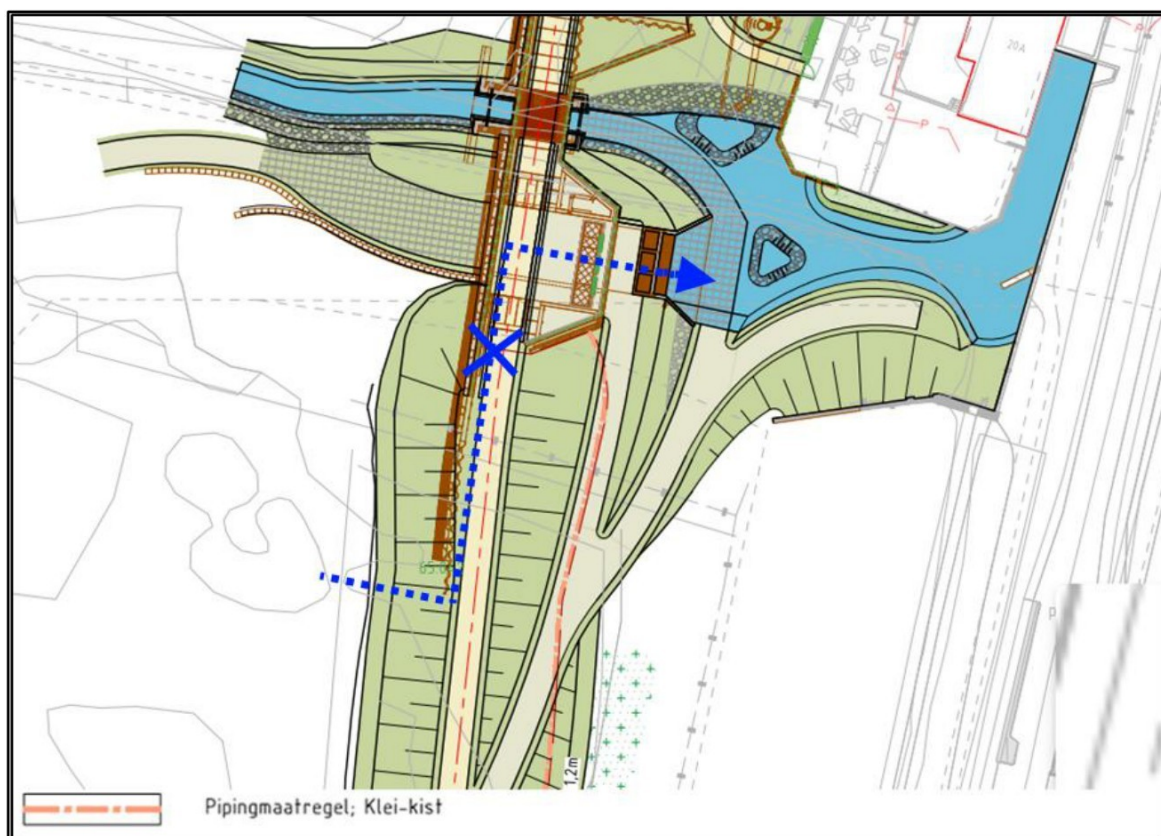
In figuur 4.2 en figuur 4.3 is weergegeven hoe de kleikisten aansluiten op de kistdam. Aan de zuidkant loopt de kleikist evenwijdig aan de voorste damwand en sluit dan aan op de achterste damwand. Deze achterste damwand staat met de voet in de kleilaag op NAP +8,5 m.

Doordat de kleikist niet meer aansluit op de voorste damwand zoals in memo 6423-246370-M129 (Appendix C C.2) is voorgeschreven ontstaat er een nieuwe potentiële kwelweg. Deze heeft de maalkom als uittredepunt en het voorland als intredepunt. De pipe kan onder het gemaal gebouw groeien en zal daar de oversteek naar de kleibekleding van de groene dijk niet kunnen maken. De onderkant van de kleibekleding ligt op circa NAP +17,0 m. De grondwaterstand zal lager liggen aangezien het waterpeil in de maalkom op NAP +13,5 m ligt. Hierdoor is een pipe vanaf de groene dijk onder het gemaalgebouw door niet mogelijk.

Door de kleikist hierop aan te laten sluiten wordt piping onder de groene dijk door uitgesloten.



Figuur 4.2 Kleikist aansluiting noord

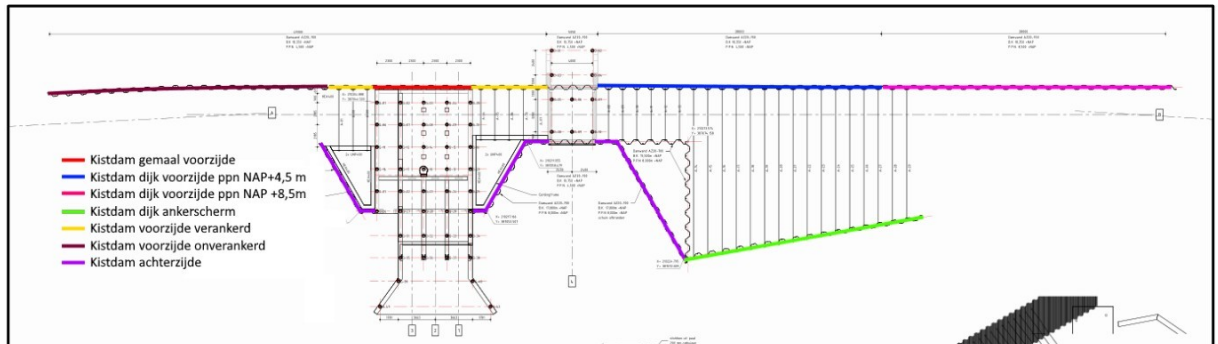


Figuur 4.3 Kleikist aansluiting zuid + potentiële kwelweg

5. Ontwerp op sterkte en stabiliteit

Voor het ontwerp van de damwanden van de kistdam zijn meerdere doorsneden doorgerekend. De damwanden zijn weergegeven in figuur 5.1.

In §5.2 wordt het ontwerp voor de damwand aan de voorzijde gemaal beschreven. In §5.1 wordt de damwand dijk voorzijde en het ankerscherm besproken en in §5.3 worden de damwanden kistdam voorzijde en achterzijde ontworpen.



Figuur 5.1 Overzicht ontwerp damwanden

5.1 Doorsnede verankerde damwand

De verankerde damwand bestaat uit 3 delen. In het zuiden moet de damwand tot minimaal NAP +4,5 m worden doorgezet om onderloopsheid te voorkomen. Dit moet tot 28 m ten noorden van de doorlaat worden gedaan. Het ontwerp hiervan wordt in §5.1.1 behandeld. Noordelijk van deze 28 m kan de damwand tot minimaal NAP +8,5 m worden doorgezet. De noordzijde van de kistdam sluit aan op de groene dijk. Hierbij loopt de maaiveldhoogte in het voorland de laatste meters snel omhoog. Het ontwerp van dit deel van de damwand is in §5.1.2 beschouwd.

5.1.1 Damwand NAP +4,5 m

Maatgevend voor dit gedeelte is de snede waar het hoogteverschil met het achterland het grootst is, relatief dicht bij de doorlaat. De afstand tussen damwand en ankerwand is hier eveneens het grootst.

In tabel 5.1, tabel 5.2 en tabel 5.3 is het ontwerp voor deze damwand beschreven. In figuur 5.2 is getoond hoe de damwand in PLAXIS is geschematiseerd.

Tabel 5.1 Eigenschappen voorste damwand (buitendijkse zijde)

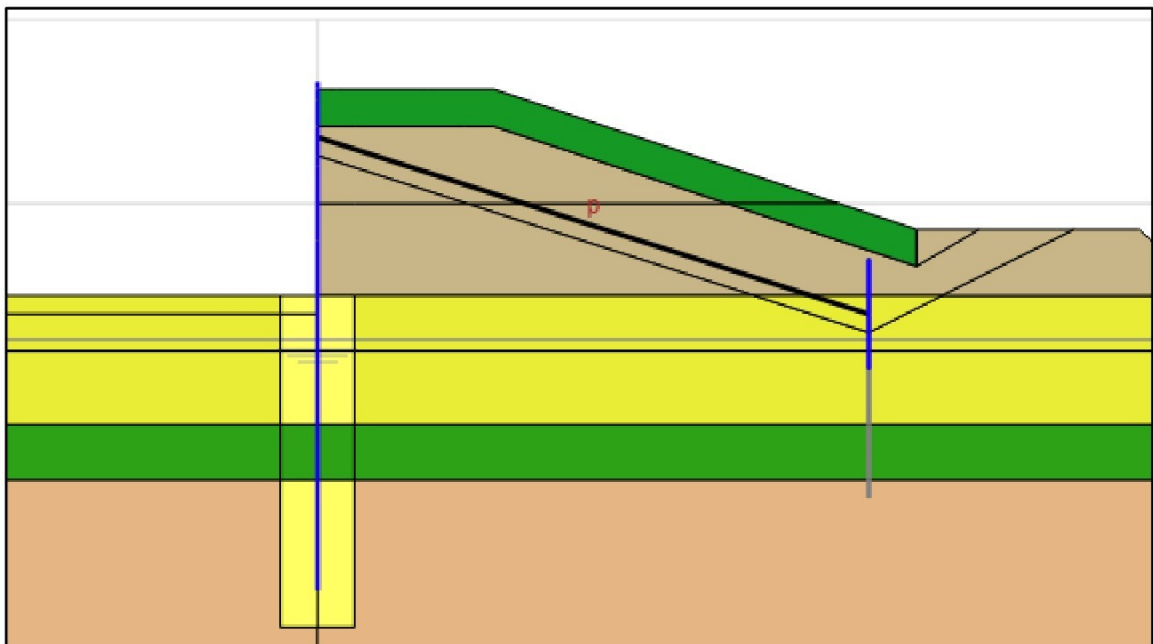
Damwand type	AZ20-700
Staalkwaliteit	S355
Bovenkant damwand [m NAP]	+18,3
Onderkant damwand [m NAP]	+4,5
Maximaal moment (excl corrosie / incl. corrosie) [kNm]	690 / 421

Tabel 5.2 Eigenschappen ankerscherm damwand (binnendijkse zijde)

Damwand type	AZ212-700 of beter
Staalkwaliteit	S355
Bovenkant damwand [m NAP]	+13,5
Onderkant damwand [m NAP]	+10,5
Maximaal moment (excl corrosie / incl. corrosie) [kNm]	422 / 204

Tabel 5.3 Eigenschappen ankerstangen

Anker type	GEWI 40T
Staalkwaliteit	550
Bevestiging voorste damwand [m NAP]	16,8
Bevestiging achterste damwand [m NAP]	12,0
Hart op hart [m]	1,4
Maximale normaalkracht (excl corrosie / incl. corrosie) [kN]	503 / 398



Figuur 5.2 Schematisatie doorsnede verankerde damwand

De sterkte en stabiliteit van de kistdam is gecontroleerd met behulp van Plaxis. Er zijn meerdere situaties doorgerekend. Hieronder staan de berekende momenten.

- Het berekende moment bij een hoogwater is gelijk aan:
 - Voorste damwand: 32 kNm
 - Ankerscherm: 9 kNm
- Het berekende moment bij een hoogwater (inclusief boomstam) is gelijk aan:
 - Voorste damwand: 49 kNm

- Ankerschermer: 4 kNm

De berekende horizontale vervorming bij een hoogwater in combinatie met de stootbelasting door de boomstam is 5 mm. Voor het bepalen van de belasting is uitgegaan van 3 mm. De belasting is groter aangenomen dan de daadwerkelijke belasting.

- Het berekende moment bij een dagelijkse situatie is gelijk aan:
 - Voorste damwand: 115 kNm
 - Ankerschermer: 32 kNm
- Het berekende moment bij een situatie met hevige regenval is gelijk aan:
 - Voorste damwand: 163 kNm
 - Ankerschermer: 42
- Het berekende moment bij een situatie met hevige regenval, inclusief aanrijbelasting is gelijk aan:
 - Voorste damwand: 108 kNm
 - Ankerschermer: 43 kNm

Het maximale moment in de voorste damwand treedt op bij een situatie met hevige regenval (163 kNm). Het opneembaar moment van een AZ20-700 is 420 kNm (na corrosie) en is daarmee voldoende voor de voorwand.

Het maximale moment in het ankerschermer treedt op bij een situatie met hevige regenval, inclusief aanrijbelasting (43 kNm). Het opneembaar moment van een AZ12-700 is 204 kNm (na corrosie) en is daarmee voldoende.

5.1.1.1 Verankering

Conform CUR166 is een berekening gemaakt van de kracht die ontstaat door zakkende grond op ankerstangen. Deze berekening is opgenomen in Appendix E E.1. Deze kracht is gelijk aan 9 kN (rekenwaarde 13 kN). Deze kracht is opgeteld bij de reeds aanwezige kracht aan het einde van de bouwfasen, en is ingevoerd als voorspankracht voor het vervolg van de fasering in Plaxis.

De maximale ankerkracht wordt vervolgens gevonden bij een situatie met hevige regenval, inclusief aanrijbelasting en bedraagt 150 kN (UGT). Deze ankerkracht moet vermenigvuldigd worden met een veiligheidsfactor van 1,25. De rekenwaarde van de belasting op het anker komt daarmee op 188 kNm.

Omdat dit een permanente verankering betreft moet rekening gehouden worden met ankeruitval. Conservatieve aanname daarbij is dat bij het wegvallen van een ankerstang, de kracht in deze stang wordt opgenomen door de ankerstangen aan weerszijden, waardoor de totale ankerkracht in deze stangen 50% groter wordt. Dit mag op basis van de BGT ankerkracht ($119 \text{ kN} \times 1,5 = 179 \text{ kN}$). Omdat hier geen veiligheidsfactor meer over gerekend hoeft te worden is ankeruitval niet maatgevend.

De capaciteit van een anker van 40 mm is na corrosie 398 kN en is daarmee voldoende.

5.1.2 Damwand NAP+8,5 m

Vanaf 28 m ten noorden van de doorlaat is het niet meer nodig om de damwand tot een diepte van NAP +4,5 m te plaatsen om onderloopsheid te voorkomen. Vanaf hier moet de damwand tot minimaal NAP +8,5 m doorgezet worden. Deze situatie is doorgerekend om te verifiëren dat wordt voldaan aan de sterkte en stabiliteitseisen.

In tabel 5.4, tabel 5.5 en tabel 5.6 is het ontwerp voor deze damwand beschreven. De schematisatie van de damwand is gelijk aan die getoond in figuur 5.2 behalve dat de damwand ondieper is.

Tabel 5.4 Eigenschappen voorste damwand (buitendijkse zijde)

Damwand type	AZ20-700
Staalkwaliteit	S355
Bovenkant damwand [m NAP]	+18,3
Onderkant damwand [m NAP]	+8,5
Maximaal moment (excl corrosie / incl. corrosie) [kNm]	690 / 421

Tabel 5.5 Eigenschappen ankerscherm damwand (binnendijkse zijde)

Damwand type	AZ212-700 of beter
Staalkwaliteit	S355
Bovenkant damwand [m NAP]	+13,5
Onderkant damwand [m NAP]	+10,5
Maximaal moment (excl corrosie / incl. corrosie) [kNm]	422 / 204

Tabel 5.6 Eigenschappen ankerstangen

Anker type	GEWI 40T
Staalkwaliteit	550
Bevestiging voorste damwand [m NAP]	16,8
Bevestiging achterste damwand [m NAP]	12,0
Hart op hart [m]	1,4
Maximale normaalkracht (excl corrosie / incl. corrosie) [kN]	503 / 398

De sterkte en stabiliteit van de kistdam is gecontroleerd met behulp van Plaxis. Er zijn meerdere situaties doorgerekend. Hieronder staan de berekende momenten.

- Het berekende moment bij een hoogwater is gelijk aan:
 - Voorste damwand: 47 kNm
 - Ankerscherm: 5 kNm
- Het berekende moment bij een hoogwater (inclusief boomstam) is gelijk aan:
 - Voorste damwand: 59 kNm
 - Ankerscherm: 4 kNm

De berekende horizontale vervorming bij een hoogwater in combinatie met de stootbelasting door de boomstam is 4 mm. Voor het bepalen van de belasting is

uitgegaan van 3 mm. De belasting is groter aangenomen dan de daadwerkelijke belasting.

- Het berekende moment bij een dagelijkse situatie is gelijk aan:
 - Voorste damwand: 137 kNm
 - Ankerscherm: 35 kNm
- Het berekende moment bij een situatie met hevige regenval is gelijk aan:
 - Voorste damwand: 188 kNm
 - Ankerscherm: 56 kNm
- Het berekende moment bij een situatie met hevige regenval, inclusief aanrijbelasting is gelijk aan:
 - Voorste damwand: 112 kNm
 - Ankerscherm: 42 kNm

Het maximale moment in de voorste damwand treedt op bij een situatie met hevige regenval (188kNm). Het opneembaar moment van een AZ20-700 is 420 kNm (na corrosie) en is daarmee voldoende voor de voorwand.

Het maximale moment in het ankerscherm treedt op bij een situatie met hevige regenval (56 kNm). Het opneembaar moment van een AZ12-700 is 204 kNm (na corrosie) en is daarmee voldoende.

5.1.2.1 Verankering

Conform CUR166 is een berekening gemaakt van de kracht die ontstaat door zakkende grond op ankerstangen. Deze berekening is opgenomen in Appendix E E.2. Deze kracht is gelijk aan 9 kN (rekenwaarde 13 kN). Deze kracht is opgeteld bij de reeds aanwezige kracht aan het einde van de bouwfasen, en is ingevoerd als voorspankracht voor het vervolg van de fasering in Plaxis.

De maximale ankerkracht wordt vervolgens gevonden bij situatie met hevige regenval en bedraagt 159 kN (UGT). Deze ankerkracht moet vermenigvuldigd worden met een veiligheidsfactor van 1,25. De rekenwaarde van de belasting op het anker komt daarmee op 199 kNm.

Omdat dit een permanente verankering betreft moet rekening gehouden worden met ankeruitval. Conservatieve aanname daarbij is dat bij het wegvallen van een ankerstang, de kracht in deze stang wordt opgenomen door de ankerstangen aan weerszijden, waardoor de totale ankerkracht in deze stangen 50% groter wordt. Dit mag op basis van de BGT ankerkracht ($115 \text{ kN} \times 1,5 = 173 \text{ kN}$). Omdat hier geen veiligheidsfactor meer over gerekend hoeft te worden is ankeruitval niet maatgevend.

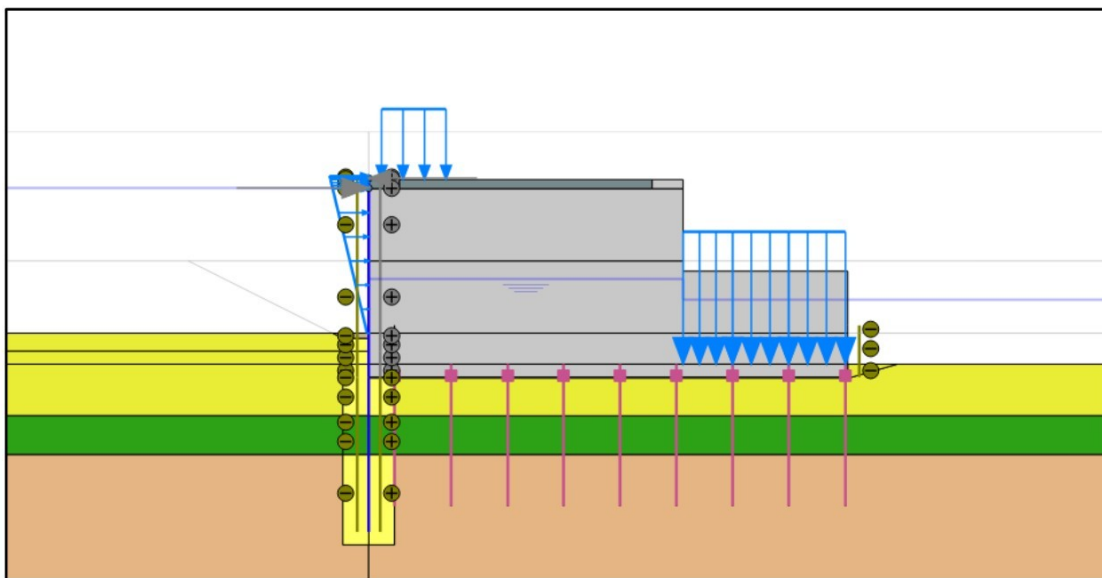
De capaciteit van een anker van 40 mm is na corrosie 398 kN en is daarmee voldoende.

5.2 Doorsnede Gemaal

Het gemaalgebouw wordt tegen de voorste damwand aangestort. Deze damwand verzorgt de kerende hoogte. Doordat het gemaalgebouw tegen de damwand aanstaat wordt het grootste deel van de belasting op de damwand overgedragen aan het gemaalgebouw.

Tabel 5.7 Ontwerp voorste damwand

Damwand type	AZ20-700
Staalkwaliteit	S355
Bovenkant damwand [m NAP]	+18,3
Onderkant damwand [m NAP]	+4,5
Maximaal moment (excl corrosie / incl. corrosie) [kNm]	690 / 421



Figuur 5.3 Schematisatie doorsnede gemaal in Plaxis

De sterkte en stabiliteit van de kistdam is gecontroleerd met behulp van Plaxis. Er zijn meerdere situaties doorgerekend. Hieronder staan de berekende momenten.

- Het berekende moment bij ontgraving gedurende bouwphase:
 - 32kNm
- Het berekende moment bij een hoogwater is gelijk aan:
 - 40 kNm
- Het berekende moment bij een hoogwater (inclusief boomstam) is gelijk aan:
 - 47 kNm

De berekende horizontale vervorming bij een hoogwater in combinatie met de stootbelasting door de boomstam is 3 mm. Voor het bepalen van de belasting is uitgegaan van 3 mm. De belasting is gelijk aan de aangenomen belasting.

- Het berekende moment bij een dagelijkse situatie is gelijk aan:
 - 31 kNm
- Het berekende moment bij een dagelijkse situatie, inclusief aanrijbelasting is gelijk aan:

- 27 kNm

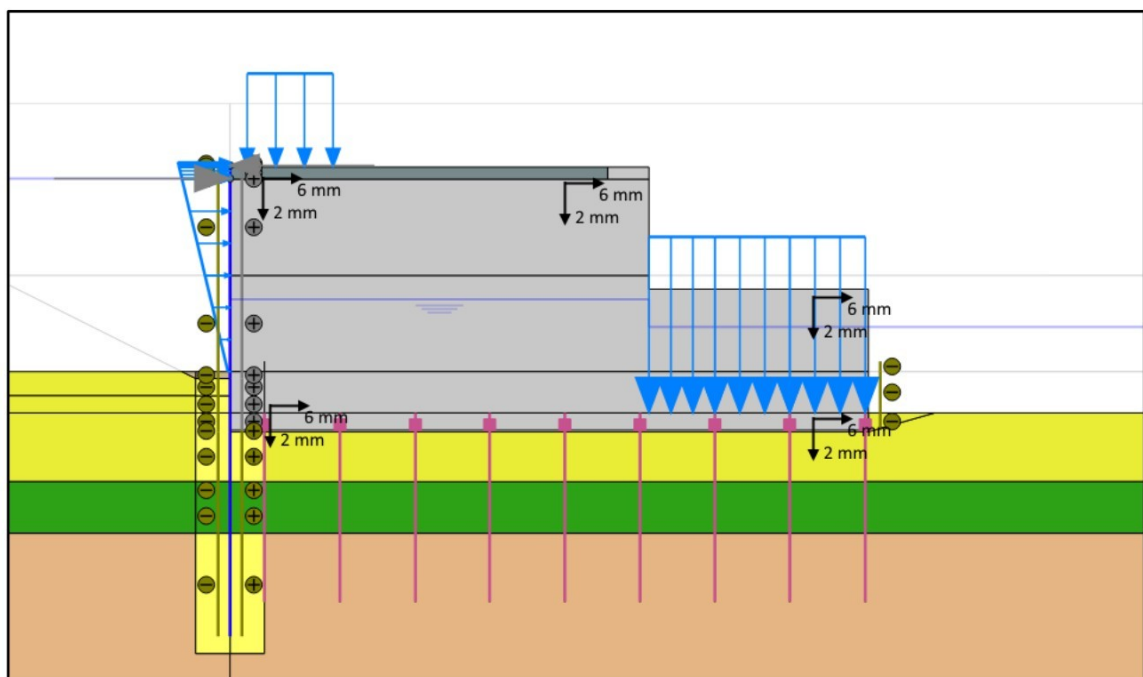
Het moment dat optreedt door de verschillende belastingen wordt grotendeels opgenomen door het gemaalgebouw. Hierdoor is het optredend moment in de damwand relatief klein.

Het maximale moment in de damwand treedt op bij een hoogwater in combinatie met een stootbelasting (47kNm). Het opneembaar moment van een AZ20-700 is 420 kNm (na corrosie) en is daarmee voldoende voor de voorwand.

5.2.1 Verificatie veerwaarden voor SCIA berekeningen.

Om de veerwaarden in SCIA te ijken zijn de vervormingen en paalbelastingen van het gemaal van de twee modellen vergeleken. Daartoe is in beide modellen dezelfde belastingcombinatie beschouwd (BGT, hoogwater, inclusief verkeersbelasting, exclusief boomstambelasting).

In figuur 5.4 zijn op een aantal locaties de in Plaxis berekende vervormingen van het gemaal weergegeven. In tabel 5.5 zijn de in Plaxis berekende paalbelastingen weergegeven.



Figuur 5.4 Berekende vervormingen Plaxis

Tabel 5.8 berekende paalbelastingen Plaxis (BGT hoogwater en verkeer situatie)

Paal	Axiale belasting
damwand	37 kN/m'
1	175 kN/paal
2	118 kN/paal
3	178 kN/paal
4	162 kN/paal

Paal	Axiale belasting
5	184 kN/paal
6	197 kN/paal
7	210 kN/paal
8	228 kN/paal
9	260 kN/paal

De afleiding van de veerconstante voor de damwand is opgenomen in rapport "Constructieberekening gemaal"[7.].

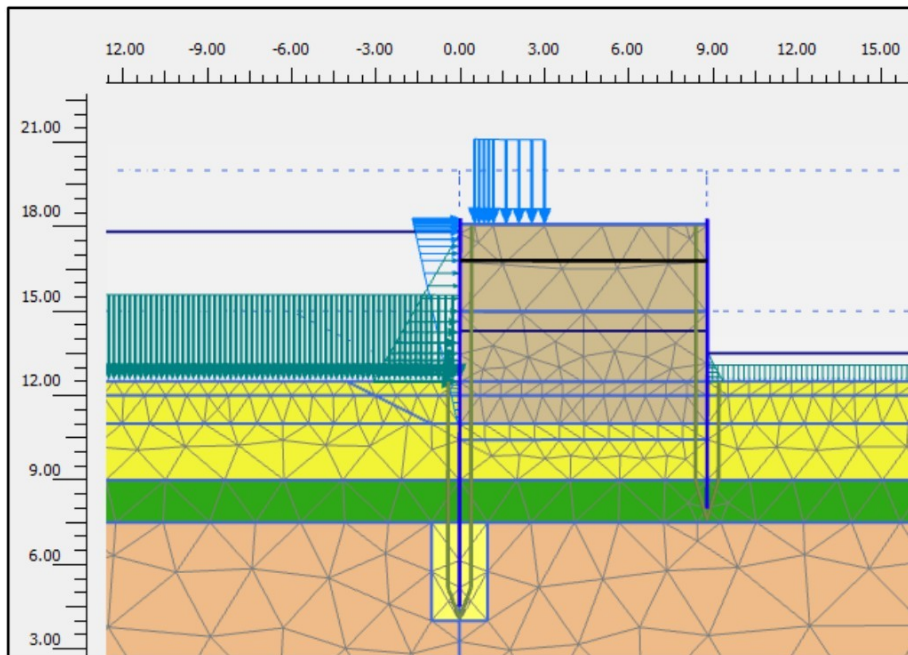
Het vervormingsgedrag van het gebouw komt voldoende overeen tussen de twee modellen. De krachtsverdeling over de palen en damwand is hiermee geverifieerd. Er is geen aanleiding om de stijfheidsparameters van het gemaal aan te passen.

5.3 Doorsnede Kistdam

De voorste damwand van de kistdam heeft een kerende functie en een functie als pipingmaatregelen. De zuidelijkste 15 m neemt de kerende hoogte steeds verder af totdat de damwand overgaat in de groene dijk. Hier heeft de damwand alleen een functie als pipingmaatregel. Hier is geen verankering meer nodig. Daarom is het ontwerp voor de verankerde damwand in §5.3.1 beschreven en is in §5.3.2 bepaald bij welke kerende hoogte geen verankering meer nodig is.

5.3.1 Damwand verankerd

Voor de kistdam is de maatgevende doorsnede de snede waar de kistdam het smalst is, direct naast de doorlaat. Dit zou echter onnodig conservatief zijn. Gerekend is daarom met een snede die een gemiddelde breedte heeft.



Figuur 5.5 Schematisatie doorsnede kistdam in Plaxis

Tabel 5.9 Eigenschappen voorste damwand (buitendijkse zijde)

Damwand type	AZ20-700
Staalkwaliteit	S355
Bovenkant damwand [m NAP]	+18,3
Onderkant damwand [m NAP]	+4,5
Maximaal moment (excl corrosie / incl. corrosie) [kNm]	690 / 421

Tabel 5.10 Eigenschappen achterste damwand (binnendijkse zijde)

Damwand type	AZ220-700
Staalkwaliteit	S355
Bovenkant damwand [m NAP]	+18,3
Onderkant damwand [m NAP]	+8,5
Maximaal moment (excl corrosie / incl. corrosie) [kNm]	690 / 421

Tabel 5.11 Eigenschappen ankerstangen

Anker type	GEWI 40T
Staalkwaliteit	500
Bevestiging voorste damwand [m NAP]	16,8
Bevestiging achterste damwand [m NAP]	16,8
Hart op hart [m]	1,4
Maximale normaalkracht (excl corrosie / incl. corrosie) [kN]	503 / 398

- Het berekende moment (UGT) bij een hoogwater is gelijk aan:
 - Voorste damwand: 304 kNm (exclusief verkeersbelasting)

- Achterste damwand: 215 kNm (inclusief verkeersbelasting)
Dit is ook het maatgevende moment.
- De berekende horizontale vervorming bij een hoogwater in combinatie met de stootbelasting door de boomstam is 44 mm. Zonder boomstam is dit 33 mm. Voor het bepalen van de belasting is uitgegaan van een verschilvervorming van 5 mm. De belasting is daarmee groter aangenomen dan de daadwerkelijke belasting.
- Het moment (UGT) bij de kraanbelasting bij het inhijzen van de schuiven is gelijk aan:
 - Voorste damwand: 185 kNm
 - Achterste damwand: 187 kNm
- Het berekende moment (BGT) bij een aanrijbelasting/schampkracht is gelijk aan:
 - Voorste damwand: 110 kNm
 - Achterste damwand: 145 kNm

Het maximale moment in de voorste damwand is gelijk aan 304 kNm. Het opneembaar moment van een AZ20-700 is 420 kNm (na corrosie) en is daarmee voldoende voor de voorwand.

Het maximale moment in de achterste damwand is gelijk aan 215 kNm. Het opneembaar moment van een AZ20-700 is daarmee ook voldoende voor de achterwand.

5.3.1.1 Verankering

Conform CUR166 is een berekening gemaakt van de kracht die ontstaat door zakkende grond op ankerstangen. Deze berekening is opgenomen in Appendix E3. Deze kracht is gelijk aan 22 kN (rekenwaarde 31 kN). Deze kracht is opgeteld bij de reeds aanwezige kracht aan het einde van de bouwfasen, en is ingevoerd als voorspankracht voor het vervolg van de fasering in Plaxis.

De maximale ankerkracht wordt vervolgens gevonden bij een kraanbelasting voor het in- of uithijzen van de schotten en bedraagt 160 kN (UGT). Deze ankerkracht moet vermenigvuldigd worden met een veiligheidsfactor van 1,25. De rekenwaarde van de belasting op het anker komt daarmee op 200 kNm.

Omdat dit een permanente verankering betreft moet rekening gehouden worden met ankeruitval. Conservatieve aanname daarbij is dat bij het wegvallen van een ankerstang, de kracht in deze stang wordt opgenomen door de ankerstangen aan weerszijden, waardoor de totale ankerkracht in deze stangen 50% groter wordt. Dit mag op basis van de BGT ankerkracht ($147 \text{ kN} \times 1,5 = 220 \text{ kN}$). Hier hoeft geen veiligheidsfactor meer over gerekend te worden. Ankeruitval is maatgevend voor de belasting op het anker.

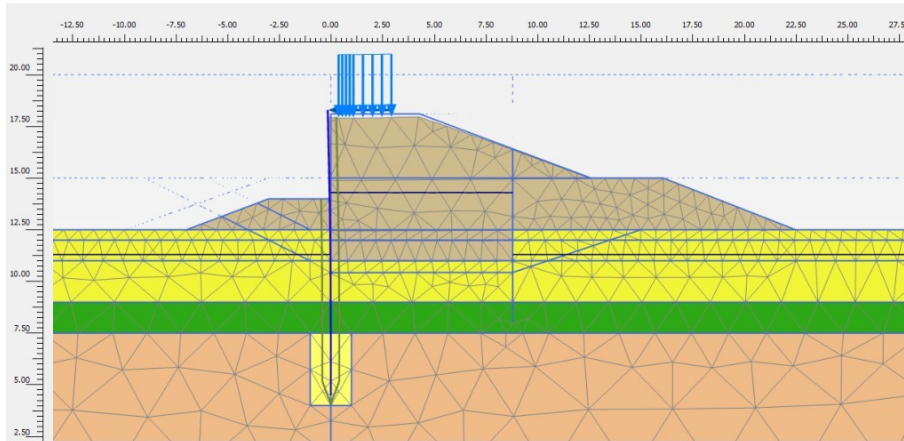
De capaciteit van een anker van 40 mm is na corrosie 398 kN en is daarmee voldoende.

5.3.2 Damwand onverankerd

Over het meest zuidelijke deel van de kistdam is geen achterwand aanwezig. De hoogteverschillen zijn hier echter ook kleiner. Een aanvullende berekening is gemaakt om het omslagpunt te vinden waar een onverankerde damwand voldoende sterkte en stabiliteit

heeft. Wanneer aan voorzijde van de damwand een berm aanwezig is tot NAP+14,5 m (minimaal 3 meter breed aan bovenzijde en taluds niet steiler dan 1v:2h), dan is een verankering niet langer benodigd.

- Het maatgevende moment (UGT) in dit geval treedt op bij een aanrijding en is gelijk aan 306kNm. Ook dit kan opgenomen worden door een AZ20-700 (opneembaar moment na corrosie 420 kNm).

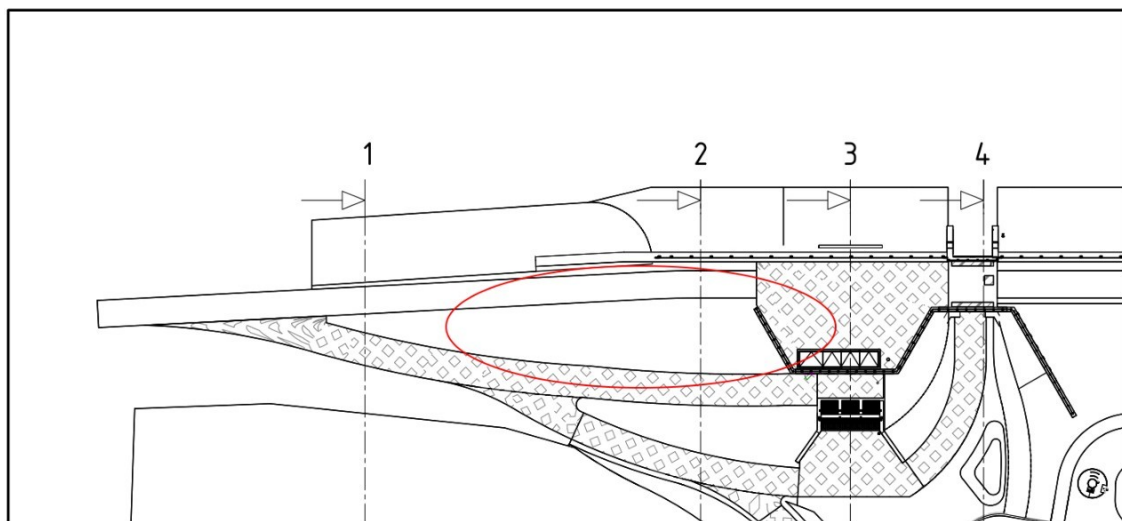


Figuur 5.6 Schematisatie onverankerde deel kistdam in Plaxis

5.3.2.1 Taludstabiliteit

Tussen de weg over de kruin en het onderhoudspad naar het krooshek is de talud helling lokaal steiler dan 1v:3h. De locatie hiervan is weergegeven in figuur 5.7. Het grootste hoogteverschil ligt bij doorsnede 2. Hier is het talud circa 1v:2h. Dit talud is in Plaxis gemodelleerd en hieruit volgt dat dit talud stabiel is.

Voor de waterveiligheid is de stabiliteit van dit talud niet van belang. De damwand verzorgt de kerende hoogte en de stabiliteit wordt niet significant lager wanneer het talud afschuift.



Figuur 5.7 Locatie talud steiler dan 1v:3h

5.4 Vervormingen en vervormingsverschillen

De voorwand van de kistdam vormt een doorlopend geheel. Door de verschillen in opbouw en fasering van de kistdam ontstaan gedurende de uitvoering en bij belasting in de gebruiksfase vervormingsverschillen. Deze verschillen zijn weergegeven in onderstaande tabel. Een damwandslot heeft gebruikelijk een speling van $\pm 2,5^\circ$. Gemeten over de lengte van een dubbele plank is dat gelijk aan circa 60 mm verplaatsing. De verwachting is daarom dat de vervormingsverschillen binnen 1 plank afstand vereffend kunnen worden.

Aandachtspunt is dat het metselwerk voldoende bestand is tegen de vervormingsverschillen.

Tabel 5.12 berekende maximale vervorming damwand voor een aantal bouwfasen / belastingcombinaties. Een positieve waarde is richting binnendijkse zijde

Vervorming [mm]	Verankerde damwand (kort)	Verankerde damwand (lang)	Doorlaat*	Gemaal	Kistdam	Onverankerde wand
Ontgraving	n.v.t.	nihil	n.v.t.	19 mm	19 mm	18 mm
Bouw / aanvulling tot NAP+15	n.v.t.	-9 mm		18 mm	-2 mm	-3 mm
Bouw gereed	-14	-10 mm		17 mm	-11 mm	-75 mm
Hoogwater	-4	3 mm		25 mm	34 mm	-57 mm

* Uit constructieve berekening

6. Funderingsontwerp

6.1 Gemaal en doorlaat

Gezien de aangetroffen bodemgesteldheid en de aard van de bebouwing komt voor het gemaal een fundering op palen in aanmerking.

Op verzoek van de opdrachtgever is uitgegaan van de toepassing van stalen buispalen met schroefpunt met groutinjectie. Deze funderingsoplossing is in de volgende paragrafen van dit hoofdstuk nader uitgewerkt. Voor twee mogelijke diameters is een toetsing uitgevoerd van de uiterste grenstoestand (UGT) type B op sterkte. Voor de meeste paaltypen, zoals grondverdringende palen en avegaarpalen met relatief kleine diameter, is deze grenstoestand veelal maatgevend, zodat hiermee ook de andere grenstostanden worden ondervangen.

Het funderingsadvies voor dit project is opgesteld conform de norm geotechniek NEN 9997-1 (2025). Conform 1.5.2.128 van NEN 9997-1 dient de minimale paallengte ten minste $5 \times D_{eq}$ te bedragen. Het mede op basis van dit advies gemaakte funderingsontwerp dient achteraf te worden getoetst aan de geldende geotechnische normen.

6.1.1 Uitgangspunten

Voor de uitwerking van het funderingsadvies voor dit project zijn de volgende door de opdrachtgever en constructeur verstrekte uitgangspunten gehanteerd:

- De rekenwaarden (UGT) voor de paalbelastingen (druk) vanuit de constructie (F_{cd}) variëren van 780 kN tot 885 kN.
- De representatieve waarden (BGT) voor de paalbelastingen (druk) vanuit de constructie (F_{ck}) variëren van 620 kN tot 700 kN.
- Voor de palen is uitgegaan van stalen buispalen met schroefpunt met groutinjectie ($\varnothing$ 355/450 mm en $\varnothing$ 406/560 mm)
- Palen worden niet belast op trek. De sterkte-toets van de paal (kopmoment e.d.) vindt plaats door de constructeur.

Voor de funderingsberekening zijn de volgende sonderingen gebruikt: 2423-247385-DKM113 t/m DKM115 en CPT000000180689.

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 9997-1:2025 zijn voorts de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Gerekend is met een niet-stijve bovenbouw. Conform tabel A.10a van NEN 9997-1 is voor de factoren ξ_3 en ξ_4 een waarde van 1,39 gehanteerd.
- In verband met de uitvoering van ontgravingen tot een niveau niet dieper dan NAP +10,0 m zijn de gemeten conusweerstandens gereduceerd conform 7.6.2.3(k) van NEN 9997-1. Hierbij is er vanuit gegaan dat de het oorspronkelijke maaiveld op ca. NAP

+12,0 m is gelegen. Het ontgraven van het dijklichaam waar de sonderingen DKM113, DKM114 en CPT000000180689 is derhalve niet verdisconteerd.

- Bij de draagkrachtberekeningen zijn de volgende paalfactoren aangehouden:

	Stalen buispaal met schroefpunt met groutinjectie
α_p	0,30
α_s	0,011
β	1,0
s	1,0

- Toetsing volgens de UGT type B houdt in dat voldaan moet worden aan: $F_{c;d} \leq (R_{c;d} - F_{nk;d})$. De vervormingsgrenstoestanden worden in de SCIA- en plaxisberekeningen beschouwd.

6.1.2 Draagvermogen op druk

Voor het funderingsadvies voor op druk belaste palen is voor diverse schachtafmetingen van stalen buispalen met schroefpunt met groutinjectie op gekozen paalpuntniveaus de rekenwaarde van de draagkracht van de palen bepaald. De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in tabel 6.1. Op basis hiervan wordt geadviseerd buispalen met diameter 406/560 mm tot NAP+5,5 toe te passen.

Tabel 6.1: Paalpuntniveaus en rekenwaarden van de paal draagkracht.

Sondering nr.	Maaiveldhoogte in m t.o.v. NAP	Paalpuntniveau in m t.o.v. NAP	$R_{c;net;d}$ in kN Stalen buispalen met schroefpunt met groutinjectie	
			Ø 355/450 mm*	Ø 406/560 mm*
DKM113	+15,47	+6,0	490	705
		+5,5	630	910
DKM114	15,65	+6,0	490	705
		+5,5	630	910
DKM115	+12,25	+6,0	490	705
		+5,5	630	910
CPT000000180689	+15,49	+6,0	510	750
		+5,5	630	915
$R_{c;net;d}$ = rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal				
* = In de berekeningen is er vanuit gegaan dat de schachtdiameter in zandlagen gelijk is aan de punt diameter				

6.1.3 Paalkopzakkingen en verticale veerstijfheid

De paalkopzakking s_d van een paalfundering is opgebouwd uit:

$$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$$

waarbij

$s_{1;d}$ = rekenwaarde van de zakking van de bovenzijde van de paal, opgebouwd uit de zakking van de paalpunt ($s_{b;d}$) en de elastische verkorting van de paal ($s_{el;d}$)

$s_{2;d}$ = de zakking door samendrukking van de onder het paalpuntniveau gelegen lagen. Indien de hart-op-hart paalafstand meer dan 10 x de kleinste dwarsafmeting van de paalvoetdoorsnede bedraagt mag $s_{2;d} = 0$ gesteld worden

De onnauwkeurigheid in de zakkingsberekeningen is ca. 35 %. Conform 7.6.4.2(d) van NEN 9997-1 dient voor het zakkingsverschil tussen afzonderlijke palen of paalgroepen uitgegaan te worden van ten minste één derde deel van de totaal te verwachten zakking.

De karakteristieke waarde van de veerstijfheid (k_k) wordt bepaald voor de bruikbaarheids-grenstoestand (BGT):

$$k_k = \frac{f_{c;rep}}{s_1}$$

waarbij

$f_{c;rep}$ = representatieve waarde van de axiale drukkracht op een paal of paalgroep

s_1 = waarde van de zakking van de bovenzijde van de paal, opgebouwd uit de zakking van de paalpunt (s_b) en de elastische verkorting van de paal (s_{el})

De rekenwaarde van de veerstijfheid (k_d) kan uit de karakteristieke waarde worden berekend door een partiële factor van 1,3 aan te houden:

$$k_d = \frac{k_k}{1,3}$$

Voor de veerstijfheid van de palen wordt conform het SBR-handboek Funderingen en Cement 1998-1 onderscheid gemaakt in 3 situaties:

- statische belasting;
- kortdurende belasting;
- cyclische belasting.

Bij de maximale paalbelasting is de statische belasting dominant; de daarbij behorende statische veerstijfheid is berekend.

De veerstijfheid bij statische belasting k_{stat} heeft betrekking op het eigen gewicht en het permanent aanwezige deel van de nuttige belasting. De bijdrage aan de vervorming bestaat uit het aandeel s_1 en voor paalgroepen tevens een aandeel s_2 .

Het last-zakkingsgedrag van de palen voor de BGT is bepaald met de rekenregels gegeven in 7.6.4 van NEN 9997-1. De zakking van de paalpunt ($s_{b;d}$) en de elastische verkorting van de paal ($s_{el;d}$) zijn bepaald met de daarin gegeven last-zakkings-diagrammen en formules.

Het aandeel van s_2 op de paalveerstijfheid is afhankelijk van het beschouwde gebouw of gebouwonderdeel. Er dient rekening te worden gehouden met een algehele zakking van de funderingsconstructie, deze is niet in onderstaande beschouwing opgenomen, maar uit Plaxis af te leiden.

Voor de sonderingen DKM115 en CPT000000180689 zijn veerstijfheden bepaald, waarbij is uitgegaan van toepassing van stalen buispaal met schroefpunt met grout injectie met een paaldiameter van $\varnothing$ 560 mm en een installatieniveau van NAP +5,5 m. De in de berekeningen gehanteerde uitgangspunten en berekeningsresultaten zijn weergegeven in tabel 6.2.

Voor beide sonderingen is uitgegaan van de BGT belasting zoals opgegeven door de constructeur.

Tabel 6.2 Karakteristieke waarde paalveerstijfheden (veerconstante paalkop).

Sondering	Paaldiameter [mm]	PPN [m NAP]	$R_{b;cal;max}$ [kN]	$R_{s;cal;max}$ [kN]	F_k [kN]	$F_{nk;rep}$ [kN]	$F_{tot;k}$ [kN]	s_1 [mm]	k_{stat} [MN/m]
DKM115	$\varnothing$ 560	+5,5	1053	464	700	0	700	8	83
CPT000000180689	$\varnothing$ 560	+5,5	1108	418	700	0	700	9	80

6.1.4 Verticaal draagvermogen damwand

Bij de doorsnede van het gemaal is het draagvermogen van de damwand verwaarloosd, zowel omdat geen voorzieningen zijn opgenomen om de damwand constructief te verbinden met het gemaal, als ook omdat de bijdrage van de damwand relatief klein is.

Bij de doorlaat is dit anders: de constructie wordt hier op de damwanden geplaatst, en gezien het kleinere aantal palen kunnen de damwanden hier een significante bijdrage leveren aan het draagvermogen. De belasting op de damwand is door de constructeur berekend op maximaal 145 kN per strekkende meter damwand (UGT). De damwanden wordt niet belast op trek. De damwanden zijn van het type AZ20-700 en hebben een inbrengniveau van NAP+4,5 m.

Voor een funderingsberekening is sondering 2423-247385- DKM115 maatgevend. De volgende paalfactoren zijn aangehouden:

	Stalen damwand AZ20-700
α_p	n.v.t.
α_s	0,004
β	n.v.t.

	Stalen damwand AZ20-700
s	n.v.t.

Ontgraving, factoren ξ_3 en ξ_4 , en overige uitgangspunten zijn gelijk aan de berekening van de funderingspalen.

Voor het funderingsadvies is een berekening is gemaakt van de rekenwaarde van het draagvermogen per strekkende meter wand. Het puntdraagvermogen is in deze berekening verwaarloosd. Het berekende draagvermogen is gelijk aan $R_{c;net;d} = 230 \text{ kN/m'}$ damwand en daarmee voldoende om de belasting van 145 kN/m' op te nemen.

6.1.5 Moment in palen gemaal

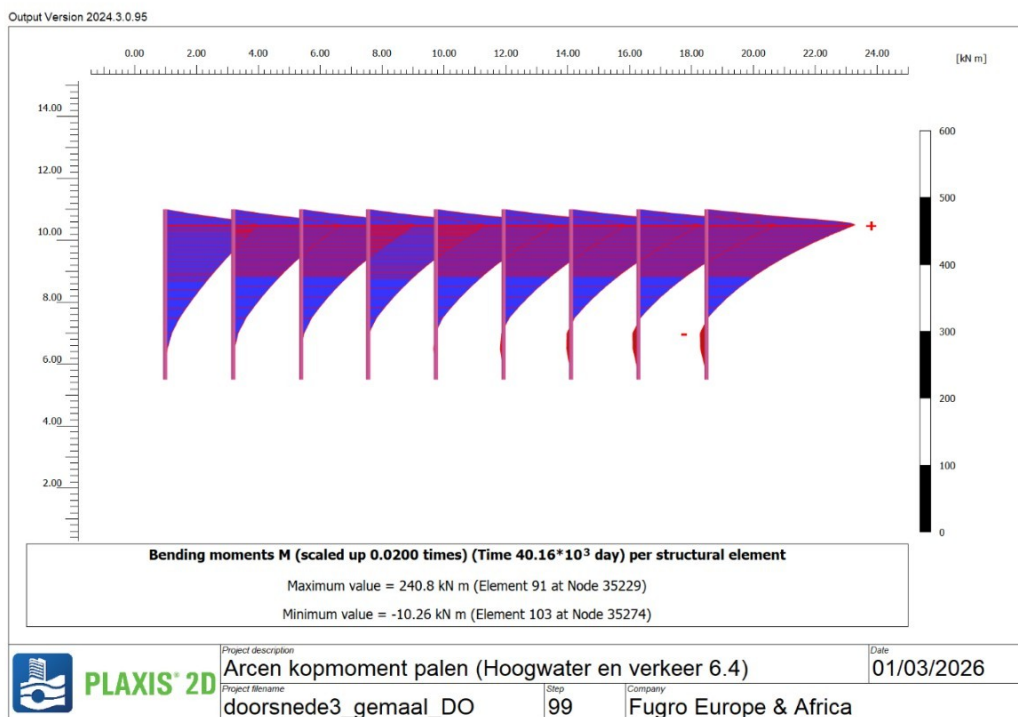
Het kopmoment in de palen is uitgelezen uit de Plaxis analyse van het gemaal. In tabel 6.3 zijn de kopmomenten per paal weergegeven. In figuur 6.1 is het verloop van het moment in de palen weergegeven.

De kopmomenten in de paal zijn voor dezelfde belastinggevallen berekend als dat voor de damwand voor het gemaal in §5.2 is gedaan. Per paal is voor de maatgevende BGT- en UGT-fase het kopmoment bepaald.

Voor de doorlaat is geen analyse in Plaxis uitgevoerd. De kopmomenten hiervoor zijn daarom niet uitgelezen.

Tabel 6.3 Kopmoment in de paal. Paal 1 is westkant (Maaszijde)

Paal	Kopmoment BGT-fase (Hoogwater + verkeer) [kNm]	Kopmoment bij calamiteit (Hoogwater + verkeer + boomstam) [kNm]	Kopmoment bij UGT (Hoogwater + verkeer) [kNm]
1	109	119	149
2	123	135	173
3	129	142	184
4	132	145	189
5	134	148	194
6	135	149	198
7	143	158	210
8	151	167	223
9	161	179	241



Figuur 6.1 Verloop moment in paal. Links is paal 1 (westzijde)

6.1.6 Kopmoment in palen doorlaat

Voor de doorlaat is geen Plaxis analyse uitgevoerd omdat er geen damwand met constructieve functie in deze doorsnede aanwezig is. Daarom kunnen de kopmomenten in de palen onder de doorlaat niet uitgelezen worden. De kopmomenten in de palen worden veroorzaakt door een horizontale vervorming van de paal en de vloer. De vervorming van de vloer van de doorlaat zal vergelijkbaar zijn met de vervorming van de kistdam op het niveau van de vloer van de doorlaat.

In tabel 6.4 zijn voor meerdere fases de vervorming op NAP +10,5 m weergegeven. In 042207736-003772 [6.] is beschreven hoe het kopmoment, op basis hiervan en de berekende kopmomenten voor de palen onder het gemaal, is bepaald.

Tabel 6.4 Vervorming per fase op NAP +10,5 m

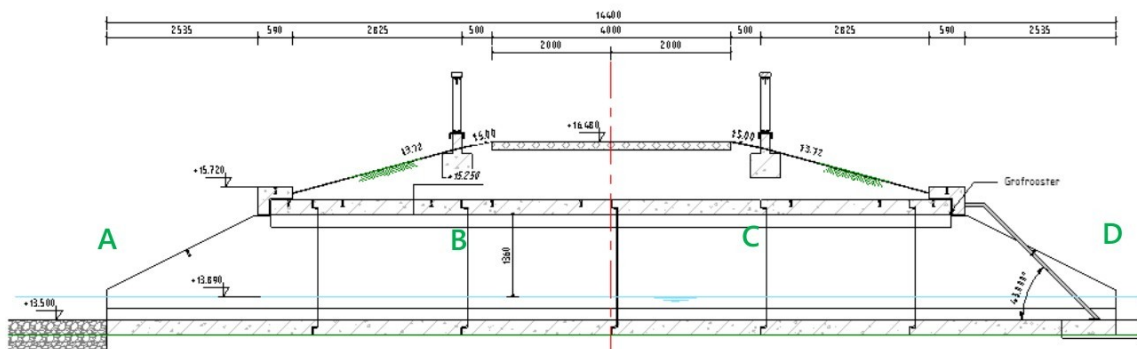
Doorsnede	Fase							
	Inbrengen damwand	Ontgraven voor fundering gemaal	Bouwen gemaal	Aanvulling dijk (verwijderen bouwplateau)	Lange termijn	Dagelijkse situatie BGT	Hoogwater +verkeer	Regen + verkeer
Kistdam buitendijks 10.5 m NAP	0	5		-8	-8	-	3	-
Kistdam binnendijks 10.5 m NAP	0	-31	-	6	6	-	16	-
Gemaal 10.5 m NAP	0	6	5	5	5	5	12	-
Dijk 10.5 m NAP	0	-	-	-6	-7	-8	1	-13

6.2 Duiker

Ten noorden van de watermolen wordt een duiker aangelegd, ten behoeve van het onderhoudspad naar de trafo en de vispassage. In breedterichting geldt dat de korrelspanningen aan weerszijden groter zijn dan die ter plaatse van de duiker, waardoor het geotechnisch draagvermogen van de duiker per definitie voldoende is. In lengterichting worden de dukerelementen gekoppeld, waardoor geotechnisch bezwijken in deze richting ook is uitgesloten.

De duiker ligt deels op de plaats waar nu een grondplateau en gemaal aanwezig is, deels in de aansluitende watergang. Dit kan leiden tot zettingsverschillen over de lengte van de duiker. Op de punten A, B, C en D in onderstaande figuur is daarom de zetting uitgerekend, als input voor het constructief ontwerp. De berekening is uitgevoerd met D Settlement en toegevoegd als appendix. Berekende zettingen zijn:

- Punt A: <1 mm
- Punt B: 2 mm
- Punt C: 5 mm
- Punt D: 1 mm



Figuur 6.2 Doorsnede duiker; maatgevende punten zettingsberekening in groen

Opgemerkt moet worden dat het dichtstbijzijnde grondonderzoekspunt zich op enige afstand bevindt. Wanneer direct onder funderingsniveau lokaal klei wordt aangetroffen, moet deze kleilaag / kleilens afgegraven worden en vervangen door zand.

6.3 L-wand terras 'de IJsvogel'

Aan de zuidwestkant van het terras van 'de IJsvogel' is een hoogteverschil van circa 3 m. De locatie hiervan is weergegeven in figuur 6.3. Om dit hoogteverschil te overbruggen wordt een damwand of L wand in het ontwerp opgenomen. In een later stadium wordt dit nader uitgewerkt.



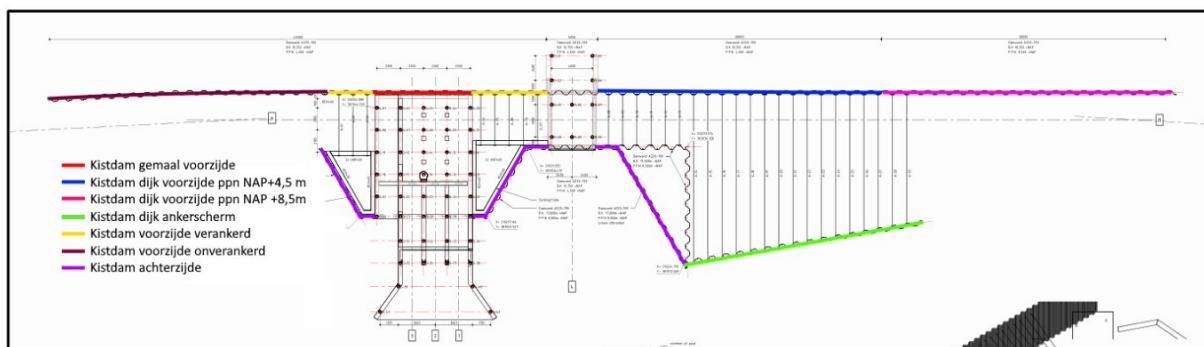
Figuur 6.3 Locatie wand voor terras 'de IJsvogel'

7. Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

7.1.1 Damwand ontwerp

De berekende minimale damwandeigenschappen zijn samengevat in onderstaande tabel 7.1. Tussen de twee damwanden van de kistdam wordt verankering toegepast. De minimale eigenschappen voor de verankering zijn weergegeven in tabel 7.2. In onderstaande figuur 7.1 is weergegeven waar welke damwand in het ontwerp is opgenomen.



Figuur 7.1 Locaties damwanden

Tabel 7.1 Berekende minimale eigenschappen damwanden

Onderdeel	Bovenkant [m NAP]	Inbrengdiepte [m NAP]	Lengte [m]	Type [-]
Kistdam gemaal voorzijde	+18,3	+4,5	13,8	AZ20-700
Kistdam dijk voorzijde	+18,3	+4,5	13,8	AZ20-700
Kistdam dijk voorzijde	+18,3	+8,5	9,8	AZ20-700
Kistdam dijk ankerscherm	+13,5	+10,5	3,0	AZ12-700
Kistdam voorzijde verankerd	+18,3	+4,5	13,8	AZ20-700
Kistdam voorzijde onverankerd	+18,3	+8,5	10,3	AZ20-700
Kistdam achterzijde	+18,3	+8,5	10,3	AZ20-700

Tabel 7.2 Berekende minimale eigenschappen verankering

Doorsnede	Ankertype	h.o.h. [m]	Bovenkant anker [m NAP]	Onderkant anker [m NAP]
Kistdam dijk voorzijde	GEWI 40T	1,4	16,8	12,0
Kistdam	GEWI 40T	1,4	16,8	16,8

7.1.2 Fundering

Er zijn meerdere objecten waarvoor een funderingsontwerp is gemaakt. In tabel 7.3 zijn deze ontwerpen samengevat.

Voor de L wand bij het terras van 'De IJsvogel' wordt in het UO uitgewerkt of er een damwand of L wand wordt gebruikt om de kerende hoogte te overbruggen.

Tabel 7.3 Berekende minimale eigenschappen fundering

Onderdeel	Type	Funderingsniveau [m NAP]	Opmerkingen [m]
Gemaalgebouw	Geschroefde stalen buispaal met groutinjectie Ø 406/560	+5,5	Verticale veerstijfheid 80-83 MN/m
Doorlaat	Geschroefde stalen buispaal met groutinjectie Ø 406/560	+5,5	Verticale veerstijfheid 80-83 MN/m
Vislift			
Duiker	Op staal	+13,25	Zettingen 0-5 mm
L-wand terras	n.t.b.	n.t.b.	Wordt uitgewerkt in UO

In §6.1.5 is het maatgevende kopmoment per paal afgeleid. Dit is gedaan voor het wapeningsontwerp van de doorlaat en gemaal. Voor de doorlaat is geen Plaxis analyse uitgevoerd omdat de damwand hier geen constructieve functie heeft.

7.2 Aandachtspunten voor UO

Voor het uitvoeringsontwerp zijn onderstaande aandachtspunten.

- De damwanden van de kistdam reiken tot NAP+4,5 en steken daarmee een halve meter in de (nominale) Venloschol. Vooroverleg met bevoegd gezag hierover heeft reeds plaatsgevonden. Hiervoor moet nog een ontheffing worden verkregen.
- Stempelraam en verankering moet verder gedetailleerd worden
- De kopmomenten voor de doorlaat moeten berekend worden
- Beschouwing of aanvullende maatregelen nodig zijn om de kleilaag voldoende waterremmend te houden wanneer voorgeboord is.
- Beschouwing tot waar verankering voor de noordelijke voorste damwand nodig is. Dit is nu gebaseerd op de maximale kerende hoogte voor de zuidelijke onverankerde damwand (§5.3.2).

7.3 Aandachtspunten voor Realisatie

Voor de realisatie zijn onderstaande aandachtspunten van belang.

- De krachtswerking en berekende vervorming van de damwand zijn gebaseerd op de fasering zoals vermeld in hoofdstuk 5 en de bijbehorende ontgraving- en bemalingsniveaus.
- In het ontwerp is er rekening mee gehouden dat ter plaatse van de damwanden voorgeboord kan worden. Dit geldt niet voor de palen.
- Bij voorboren moet zo min mogelijk grond verwijderend gebeuren, in verband met het intact houden van de kleilaag.
- Bij de L-wand van het terras van de IJsvogel en bij de duiker ten noorden van de watermolen is een fundering op staal voorzien. Op basis van de sonderingen bij de

kistdam is het niet de verwachting dat hier klei aanwezig is rond funderingsniveau. Mochten toch lokaal kleilagen worden aangetroffen tijdens uitvoering, dan moeten deze worden verwijderd en vervangen door zand.

8. Referenties

- [1.] Dijkzone Alliantie Arcen. (2025). *Uitgangspuntennota Waterkeringen Algemeen* (042207736-003013).
- [2.] Dijkzone Alliantie Arcen. (2025). *Uitgangspuntennota Harde Waterkeringen* (042207736-003014).
- [3.] Dijkzone Alliantie Arcen. (2025). *Inventarisatie en eenvoudige toets NWO's* (042207736-003376).
- [4.] Dijkzone Alliantie Arcen. (2025). *DO waterveiligheid Arcen Zuid* (042207736-003268).
- [5.] Dijkzone Alliantie Arcen. (2025). *Uitgangspuntennota gemaal Watermolen, Kistdam en Doorlaat* (042207736-003400).
- [6.] Dijkzone Alliantie Arcen (2026) *Constructieberekening doorlaat* (042207736-003772)
- [7.] Dijkzone Alliantie Arcen (2026) *Constructieberekening gemaal* (042207736-003771)

Appendix A

Memo Venloschol

A.1 Memo Aanwezigheid Venloschol Kistdam Watermolen

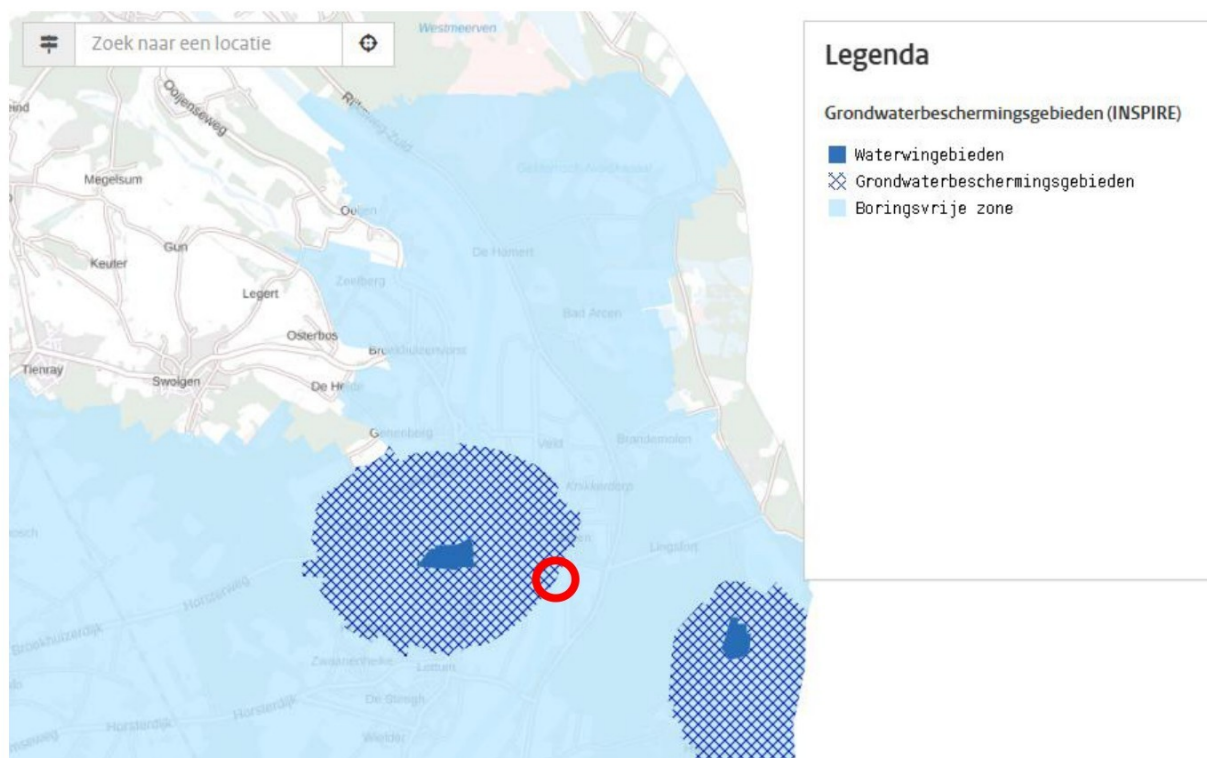
Technische notitie

Projectnaam	DVV Arcen		
Onderwerp	Aanwezigheid Venloschol t.p.v. OBJ-00149 Kistdam Watermolen		
Opdrachtgever	Dijkzone Alliantie Arcen	Contactpersoon	
Projectnummer	6423-246370	Documentnummer	6423-246370-M14
Datum	26-06-2025	Opgesteld door	
Gecontroleerd door	A.D. Pool	Vrijgegeven door	

Aanleiding en doel

Het project 'Dijkversterking en – verlegging Arcen' (DVV Arcen) bevindt zich in het gebied van de boringvrije zone Venloschol van de provincie Limburg (zie figuur 1).

De Venloschol is het Nederlandse gebied ten oosten van de lijn Tegelen-Venray tot aan de Duitse grens. Een gedeelte van deze Venloschol is aangewezen als boringsvrije zone. In de boringsvrije zone ligt een min of meer dikke kleilaag op het winpakket van de grondwaterwinningen, de eerste kleilaag van de Kiezeloöliet-formatie (voorheen Venloklei). De boringsvrije zone is ingesteld om te voorkomen dat de kleilaag door menselijk handelen wordt doorboord of op een andere manier wordt verstoord, om zo (drinkwater)winningen te beschermen.



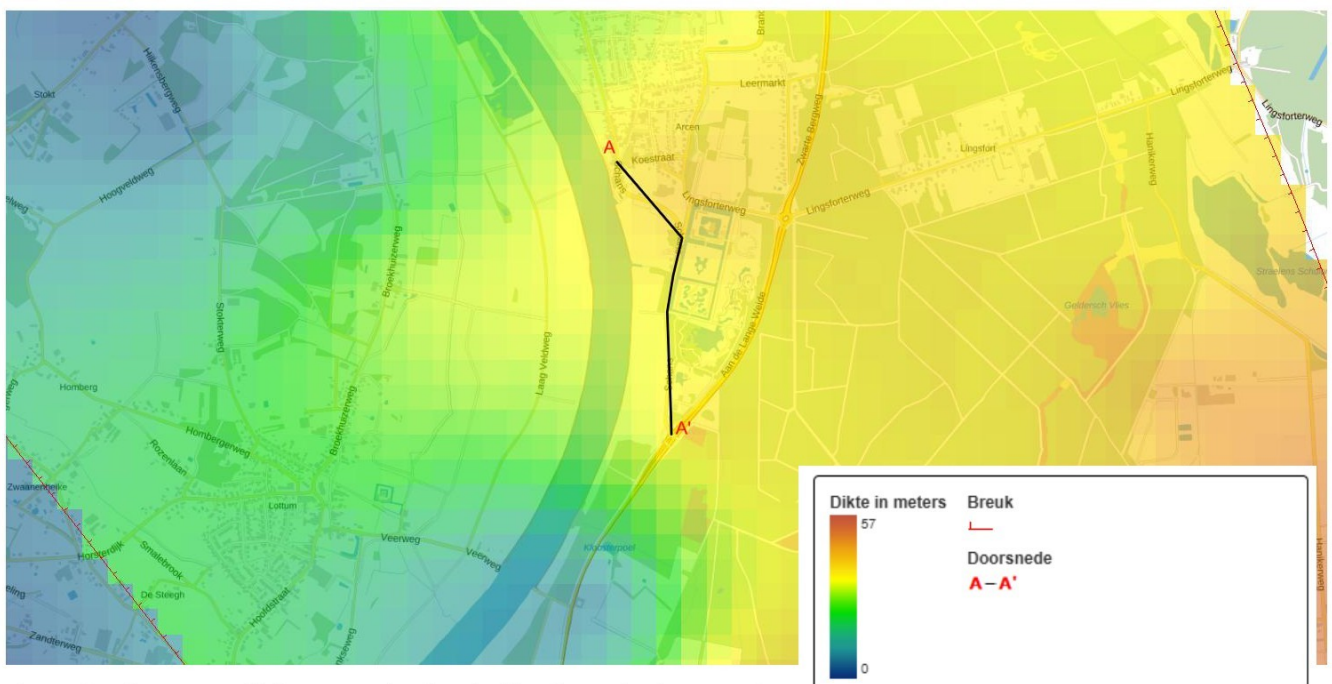
Figuur 1: Boringsvrije zone Venloschol (bron: provincie Limburg); locatie Watermolen rood omcirkeld

Voor het project DVV Arcen is nabij de Wijmarsche watermolen een kistdam met daarin een doorlaat en een gemaal voorzien. Voor het ontwerp is gecontroleerd of de damwand en de funderingspalen dieper moeten worden aangebracht dan NAP +5 m, de bovengrens van de boringsvrije zone. Op basis van het voorontwerp is er vertrouwen dat de paalfundering dusdanig ontworpen kan worden dat de palen boven NAP+5 m blijven. Voor de damwand geldt echter dat een inbrengniveau dieper dan NAP+5 m noodzakelijk kan zijn om aan de waterveiligheidseisen te voldoen.

In deze notitie wordt aangetoond dat de eerste kleilaag van de Kiezeloöliet-formatie (Venloklei) op de locatie 'Kistdam Watermolen' niet aangetroffen is.

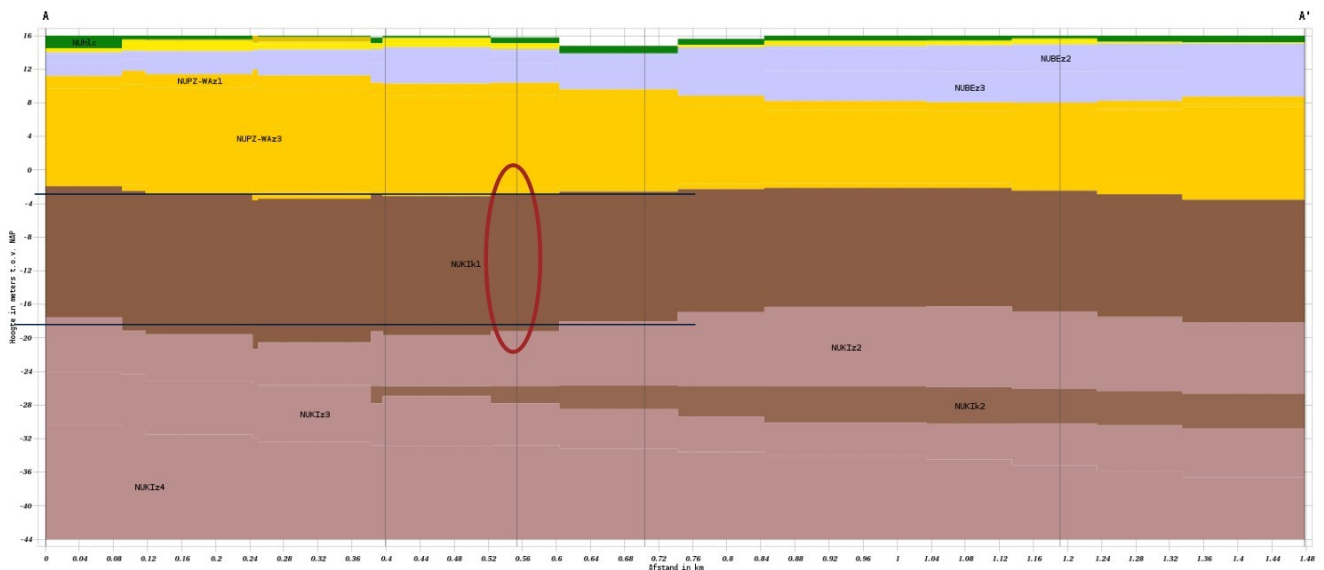
Hoogteligging en dikte kleilaag Venloschol

De kleilaag waarvoor de boringsvrije zone is ingesteld, is niet volledig aaneensluitend en op plekken vrij dun. Ook de hoogteligging varieert. De bovenzijde van de kleilaag ligt overwegend beneden NAP +5 m, maar in enkele gebieden ook al ondieper. De dikte van de kleilaag zoals volgt uit het model REGIS II (Basis Registratie Ondergrond) is weergegeven in figuur 2.



Figuur 2: Dikte eerste kleilaag van de Kiezeloöliet-formatie (bron: BRO REGIS II v2.2)

De kleilaag is nabij Arcen volgens REGIS II overwegend meer dan 10 m dik (zie figuur 2). Langs de rand van de boringsvrije zone is de kleilaag overwegend minder dan 5 m dik. Hier is de kleilaag ook op plekken volledig afwezig. Bij de watermolen wordt – op basis van REGIS II verwacht dat de kleilaag 16 m dik zal zijn en aanwezig is tussen NAP -3 m en NAP -19 m, zie figuur 3.



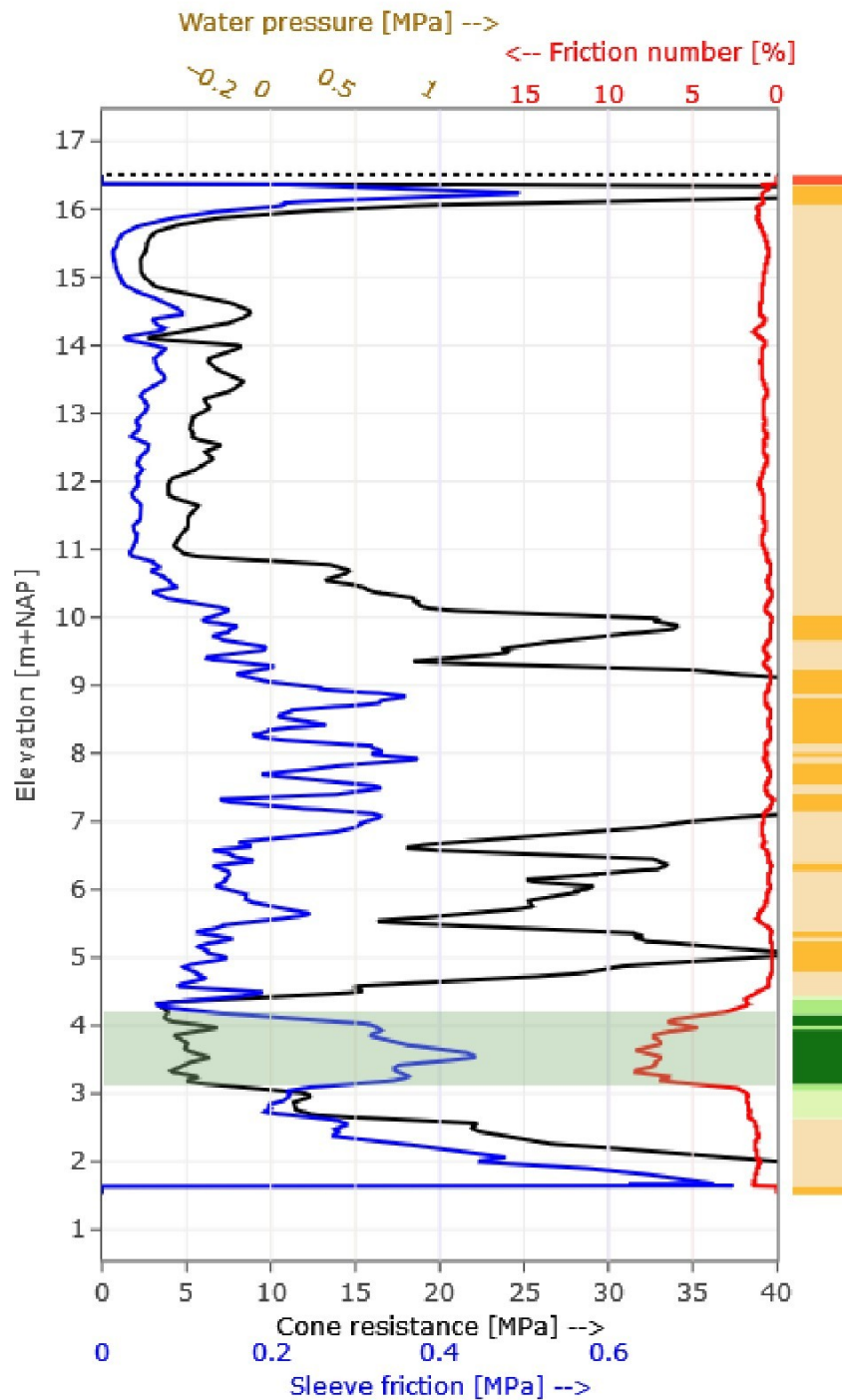
Figuur 3: Doorsnede projectlocatie met in donkerbruin de kleilaag van de Kiezeloöliet-formatie (bron: BRO REGIS II v2.2)

Venloklei (Laag van Venlo)

Volgens de Stratigrafische Nomenclator (DINOloket) is de lithologische beschrijving van de Laag van Venlo (Venloschol) als volgt: *Stijve, bruingrijze tot bruine, plaatselijk licht- of groengrijze klei, zwak zandig tot siltig. Bruinkoollagen of -lenzen aan de top.*

Binnen het project DVV Arcen wordt de Laag van Venlo teruggevonden in het noorden van het projectgebied (ten noorden van de kern van Arcen). Een voorbeeld van een sondering waarin de Laag van Venlo duidelijk herkenbaar is, is te vinden in figuur 4 (locatie: nabij Maasstraat 126). De laag wordt lokaal gekenmerkt door een conusweerstand van 4 à 5 MPa en een wrijvingsgetal van 7% à 8%. Dit kan eerder worden geclassificeerd als bruinkool dan als klei.

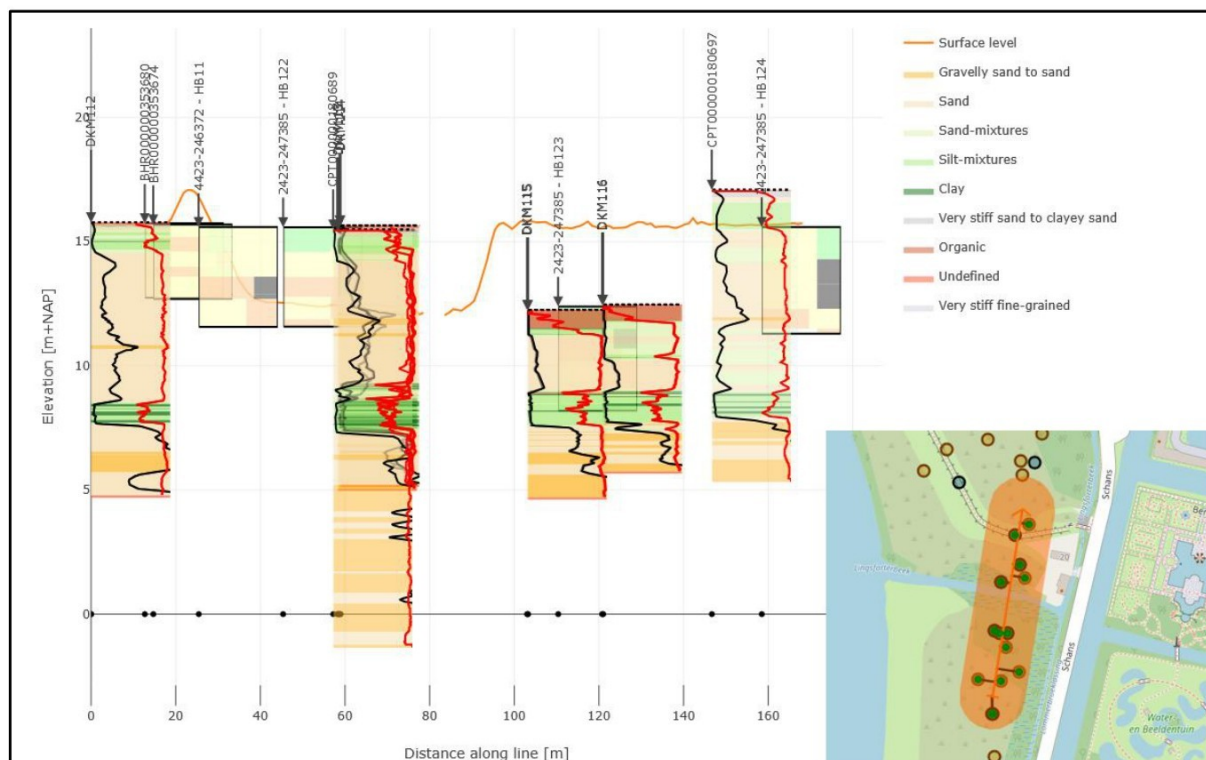
CPT000000180704 | 2024-08-29



Figuur 4: CPT000000180704 (bron: Dinoloket) met groen gemarkeerd de Laag van Venlo (NAP +4,2 m – NAP 3,2 m)

Overzicht grondonderzoek Kistdam Watermolen

Ter plaatse van de locatie 'Kistdam Watermolen' zijn 5 sonderingen beschikbaar, waarvan er één dieper reikt dan NAP +5 m er waarmee de aan- of afwezigheid van de relevante waterafsluitende (klei)laag aangetoond kan worden. De sondering is opgenomen in Bijlage 1. In deze sondering wordt de Laag van Venlo niet aangetroffen. In alle sonderingen is een kleilaag te zien rond NAP+8 m. Dit is echter geen afsluitende klei- of bruinkoollaag met de kenmerken van de Laag van Venlo ($Q_c > 4$ MPa en wrijvingsgetal van 7-8%).



Figuur 5: Overzicht grondonderzoek Kistdam Watermolen

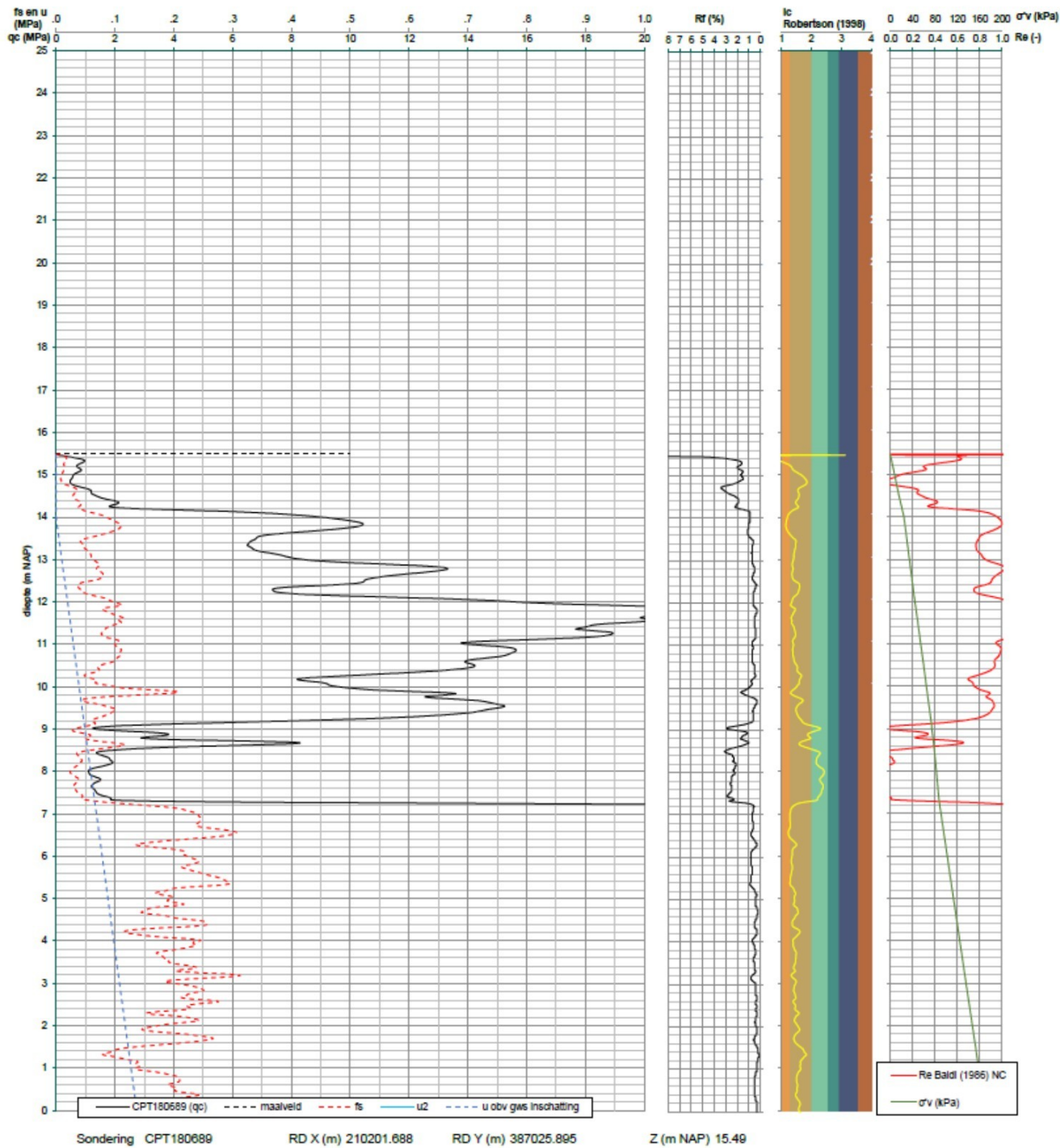
Conclusie

Ter plaatse van locatie 'Kistdam Watermolen' wordt de waterafsluitende (klei)laag van de Venloschol (Laag van Venlo) niet aangetroffen boven de maximaal verkende diepte van NAP -1 m.

Appendix A

Sondering

A.1 Sondering CPT000000180689



Appendix B

GODA berekening

Auteur: [REDACTED]
Datum: 26-05-2025
Project: DVV Arcen
Omschrijving: Kistdam Watermolen
Methode: Golfbelasting volgens het model van Goda. Berekening opgesteld conform bijlage D van de 'Werkwijzer Ontwerpen Waterkerende Kunstwerken'.

Verificatie:

Opgesteld:

Gecontroleerd:

Vrijgegeven:

Disclaimer

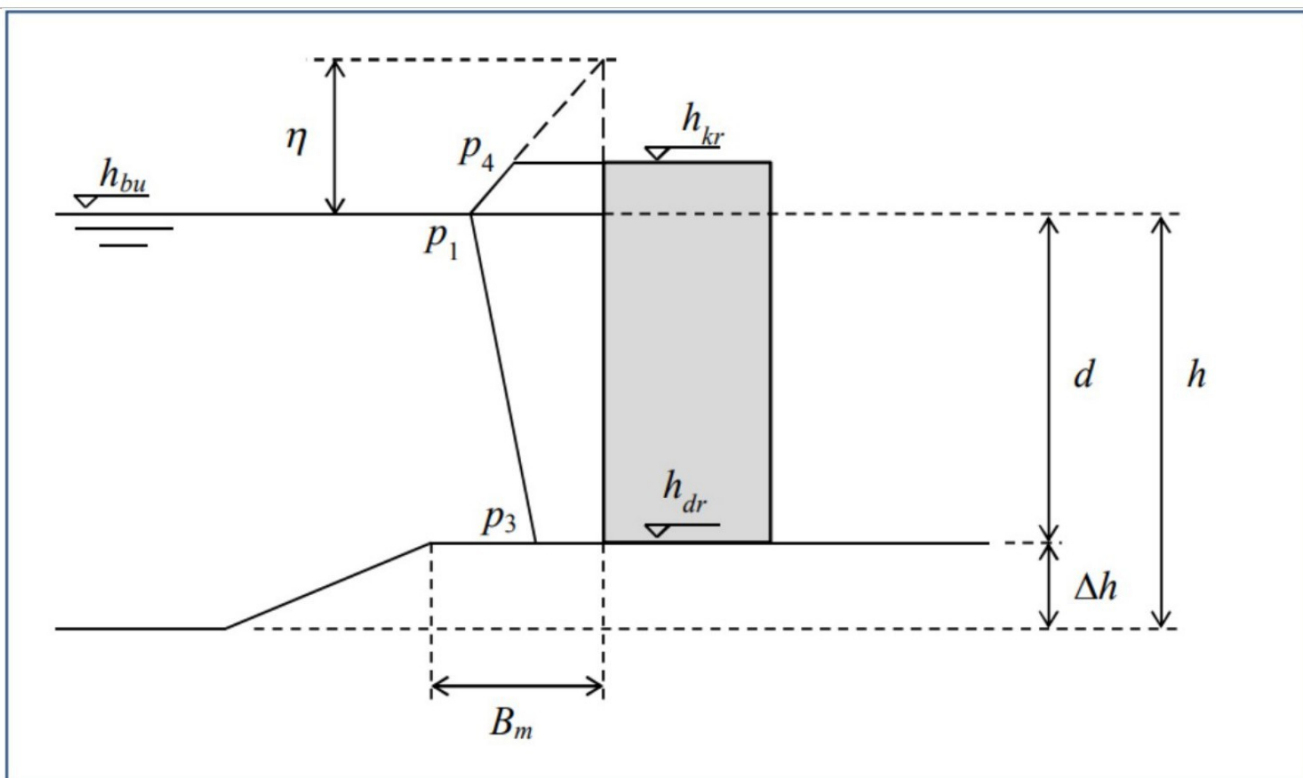
Goda heeft een algemene formulering van de golfdruk op een caisson op een stortstenen drempel gegeven. De vergelijkingen van Goda gelden voor zowel niet-brekende als brekende golven. Het model is gebaseerd op curve fitting op resultaten van experimenten. De vergelijkingen van Goda worden wereldwijd niet alleen veel gebruikt bij het ontwerp van verticale golfbrekers, maar ook voor het ontwerp van waterkeringen. Hoewel de vergelijkingen zijn afgeleid voor golfbrekers op een stortstenen drempel, worden zij ook veel toegepast voor wanden zonder drempel. De vergelijkingen veranderen niet in geval van overslag. Het model van Goda is echter ongeschikt wanneer grote golfklappen bij zwaar brekende golven zich voordoen in combinatie met keermiddelen in een waterkerende constructies. Als maat voor zwaar brekende golven bij keermiddelen kan de verhouding van significante golfhoogte en waterdiepte bij de constructie $> 0,5$ worden gebruikt met een helling steiler dan 1:50. Een tweede situatie waarbij grote golfklappen kunnen optreden is wanneer de wand onregelmatig gevormd is, hierdoor kunnen golven worden 'opgesloten'. In deze gevallen is er geen sprake van een verticale wand en kan het model van Goda niet toegepast worden. Het model van Goda lijkt overigens enigszins conservatief, wat voor ontwerpen geen probleem hoeft te zijn. In Van der Meer et. al ([Ref. 7.22]) wordt de formule van Goda vergeleken met testen. Hieruit bleek dat de formule gemiddeld de maximale kracht met 10% overschatte, met een spreiding (standaarddeviatie) van 25%.

Literatuur

Voor het opstellen van voorliggende rekensheet is gebruik gemaakt van:

- Werkwijzer Ontwerpen Waterkerende Kunstwerken, Rijkswaterstaat, ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, november 2018, Status: Definitief Groene versie.

Inputparameters



Geometrie

$h_{bu} := 18.87 \text{ m}$	Buitenwaterstand [m t.o.v. NAP]
$h_{dr} := 11.00 \text{ m}$	Hoogte van de onderkant van de wand [m t.o.v. NAP]
$d := h_{bu} - h_{dr} = 7.87 \text{ m}$	Verticale afstand tussen de buitenwaterstand en de onderkant van de wand [m]
$h_{kr} := 18.30 \text{ m}$	Hoogte van de bovenkant van de wand [m t.o.v. NAP]
$\Delta h := 0 \text{ m}$	Verticale afstand tussen de onderkant van de wand en de teen van de dijk/berm [m]
$h := d + \Delta h = 7.87 \text{ m}$	Verticale afstand tussen de stilwaterlijn en de teen van de dijk/berm [m]
$B_m := 0 \text{ m}$	Bermbreedte [m]

Golfparameters

$H_s := 0.58 \text{ m}$	Significante golfhoogte [m]
$T_{m1.0} := 2.63 \text{ s}$	Spectrale golfperiode [s]
$\theta_{wall} := 0^\circ$	Hoek tussen een lijn loodrecht op het keermiddel en het noorden [graden]
$\theta_{waves} := 15^\circ$	Hoek van golfinval ten opzichte van het noorden [graden]

Overig

$\lambda_1 := 1$	Modificatiefactor voor de geometrie van de wand [-]
$\lambda_2 := 1$	Modificatiefactor voor de aard van de wand [-]

$$\gamma_w := 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot g = 9.807 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Volumegewicht water [-]

Golfenlgte en golfperiode

$$T_p := 1.1 \cdot T_{m1.0} = 2.893 \text{ s}$$

Piekperiode golfperiode [s]

$$L := 15 \text{ m}$$

Schatting golfenlgte [m]

$$g := 9.807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Schatting gravitatieconstante [m/s²]

$$L = \frac{g \cdot T_p^2}{2 \cdot \pi} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot h}{L}\right)$$

Formule voor bepaling golfenlgte [m]

$$L := \text{find}(L) = 13.05 \text{ m}$$

Solver voor bepaling golfenlgte [m]

$$H_{d,1} := 2.2 \cdot H_s = 1.276 \text{ m}$$

$$H_{d,2} := 0.9 \cdot h = 7.083 \text{ m}$$

$$H_d := \min(H_{d,1}, H_{d,2}) = 1.276 \text{ m}$$

Designwaarde golfhoogte [m]

Golfdrukcoëfficiënten model van Goda

$$\delta_{11} := 0.93 \cdot \left(\frac{B_m}{L} - 0.12\right) + 0.36 \cdot \left(0.4 - \frac{d}{h}\right) = -0.328$$

Coëfficiënt 11 in de Goda-formule [-]

$$\delta_{22} := -0.36 \cdot \left(\frac{B_m}{L} - 0.12\right) + 0.93 \cdot \left(0.4 - \frac{d}{h}\right) = -0.515$$

Coëfficiënt 22 in de Goda-formule [-]

$$\delta_1 := \min(20 \cdot \delta_{11}, 15 \cdot \delta_{11}) = -6.552$$

Coëfficiënt 1 in de Goda-formule [-]

$$\delta_2 := \min(4.9 \cdot \delta_{22}, 3.0 \cdot \delta_{22}) = -2.523$$

Coëfficiënt 2 in de Goda-formule [-]

$$\alpha_{imp1} := \begin{cases} \text{if } \delta_2 \leq 0 \\ \alpha_{imp1} \leftarrow \frac{\cos(\delta_2)}{\cosh(\delta_1)} \\ \text{else} \\ \alpha_{imp1} \leftarrow \frac{1}{\cosh(\delta_1) \cdot \sqrt{\cosh(\delta_2)}} \end{cases} = -0.002$$

factor voor het effect van de vorm van de drempelhoogte [-]

$$\alpha_{imp0} := \min\left(\frac{H_d}{d}, 2\right) = 0.162$$

factor voor het effect van de drempelhoogte [-]

$$\alpha_{impuls} := \alpha_{imp0} \cdot \alpha_{imp1} = -3.769 \cdot 10^{-4}$$

Impuls-golfdrukcoëfficiënt [-]

$$\alpha_1 := 0.6 + 0.5 \left(\frac{\frac{4 \pi \cdot h}{L}}{\sinh\left(\frac{4 \pi \cdot h}{L}\right)} \right)^2 = 0.60003$$

Traag variërende drukcomponent [-]

$$\alpha_2 := \min\left(\frac{\left(1 - \frac{d}{h}\right) \cdot \left(\frac{H_d}{d}\right)^2}{3}, \frac{2 \cdot d}{H_d}\right) = 0$$

Golfdrukcomponent [-]

$$\alpha_3 := 1 - \left(\frac{d}{h}\right) \cdot \left(1 - \frac{1}{\cosh\left(\frac{2 \pi \cdot h}{L}\right)}\right) = 0.04521$$

Quotiënt van p_3 en p_1 [-]

$$\alpha_{max2i} := \max(\alpha_2, \alpha_{impuls}) = 0$$

Maximale golfdrukcomponent [-]

$$\eta := \begin{cases} \text{if } h_{bu} \leq h_{dr} \\ \eta \leftarrow 0 \\ \text{else} \\ \eta \leftarrow 0.75 \cdot (1 + \cos(\theta_{wall} - \theta_{waves})) \cdot \lambda_1 \cdot H_d \end{cases}$$

$$= 1.88139 \text{ m}$$

Afstand tussen het hoogste punt van de golfdrukverdeling volgens de Goda-formule en de buitenwaterstand [m]

$$h_{c,corr} := \min(\eta, \max((h_{kr} - h_{bu}), 0)) = 0 \text{ m}$$

$$\alpha_4 := 1 - \frac{h_{c,corr}}{\eta} = 1$$

Quotiënt van p_4 en p_1 [-]

Berekeningsresultaten

$$\rho_1 := 0.5 \cdot (1 + \cos(\theta_{wall} - \theta_{waves})) \cdot (\lambda_1 \cdot \alpha_1 + \lambda_2 \cdot \alpha_{max2i} \cdot \cos(\theta_{wall} - \theta_{waves}))^2 \cdot \gamma_w \cdot H_d = 7.38 \frac{kN}{m^2}$$

$$\rho_3 := \alpha_3 \cdot \rho_1 = 0.33 \frac{kN}{m^2}$$

$$\rho_4 := \begin{cases} \text{if } h_{bu} \leq h_{kr} \\ \rho_4 \leftarrow \alpha_4 \cdot \rho_1 \\ \text{else} \\ \rho_4 \leftarrow \left(\frac{\rho_1 - \rho_3}{h_{bu} - h_{dr}}\right) \cdot (h_{kr} - h_{dr}) + \rho_3 \end{cases} = 6.87 \frac{kN}{m^2}$$

Appendix C

Memo's pipingontwerp

C.1 Memo Schetsontwerp pipingmaatregelen Kistdam Watermolen

2D piping analyse kistdam watermolen

Projectnaam	DVV Arcen		
Onderwerp	Gemaal Arcen Zuid		
Opdrachtgever	Dijkzone Alliantie Arcen	Contactpersoon	
Projectnummer	6423-246370	Documentnummer	6423-246370-M12
Datum	05-06-2025 (v0.2)	Opgesteld door	
Gecontroleerd door		Vrijgegeven door	

Inleiding

Voor het dijkversterkingsproject Arcen wordt de dijk terplaatse van monumentale Wijmarsche Watermolen (uitgebaat door graanstokerij en proeverij De IJsvogel) verlegd. Hiermee komt de watermolen binnendijs te liggen.

In de nieuwe situatie wordt een nieuwe dijk/kistdam aangebracht aan de westzijde, waarmee beide objecten in de toekomst zijn beschermd tegen de peilstijgingen van de Maas. Deze dijk krijgt een doorlaatmiddel voor de reguliere afstroom van Lingforterbeek.

In figuur 1 is een impressie en situering weergegeven van de kistdam.



Figuur 1 Overzicht situering objecten in impressies

Doel memo

Deze memo heeft als doel om te bepalen of maatregelen tegen piping dieper dan NAP +5,0 m nodig zijn. Op NAP +5,0 m ligt de juridische Venloschol, wanneer damwandplanken dieper dan dit niveau aangebracht dienen te worden is een vergunning nodig.

Ook wordt in dit rapport een voorzet gedaan voor de benodigde afstand van de damwand om achterloopsheid tegen te gaan.

Zowel de lengte van de damwandplank als hoever de damwand in noord zuid richting wordt doorgezet worden op het niveau 'schetsontwerp' uitgewerkt.

Uitgangspunten

De uitgangspunten zoals beschreven in Uitgangspuntennota Waterkeringen Algemeen (042207736-003013) zijn voor deze memo gehanteerd. De aanvullende uitgangspunten worden in deze paragraaf beschreven.

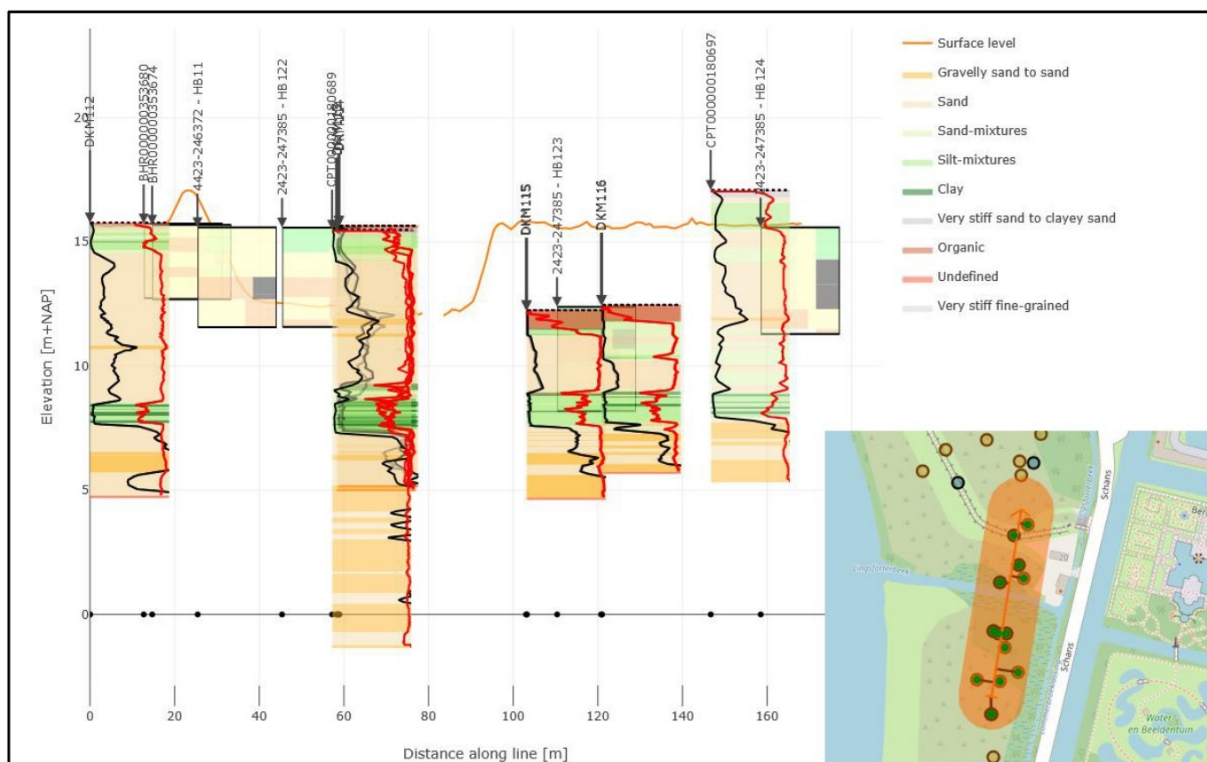
Bodemopbouw

De maatgevende bodemopbouw is tabel 1 weergegeven. Deze bodemopbouw is gebaseerd op het grondonderzoek in de omgeving van de kistdam. In figuur 2 is een lengteprofiel van het grondonderzoek weergegeven.

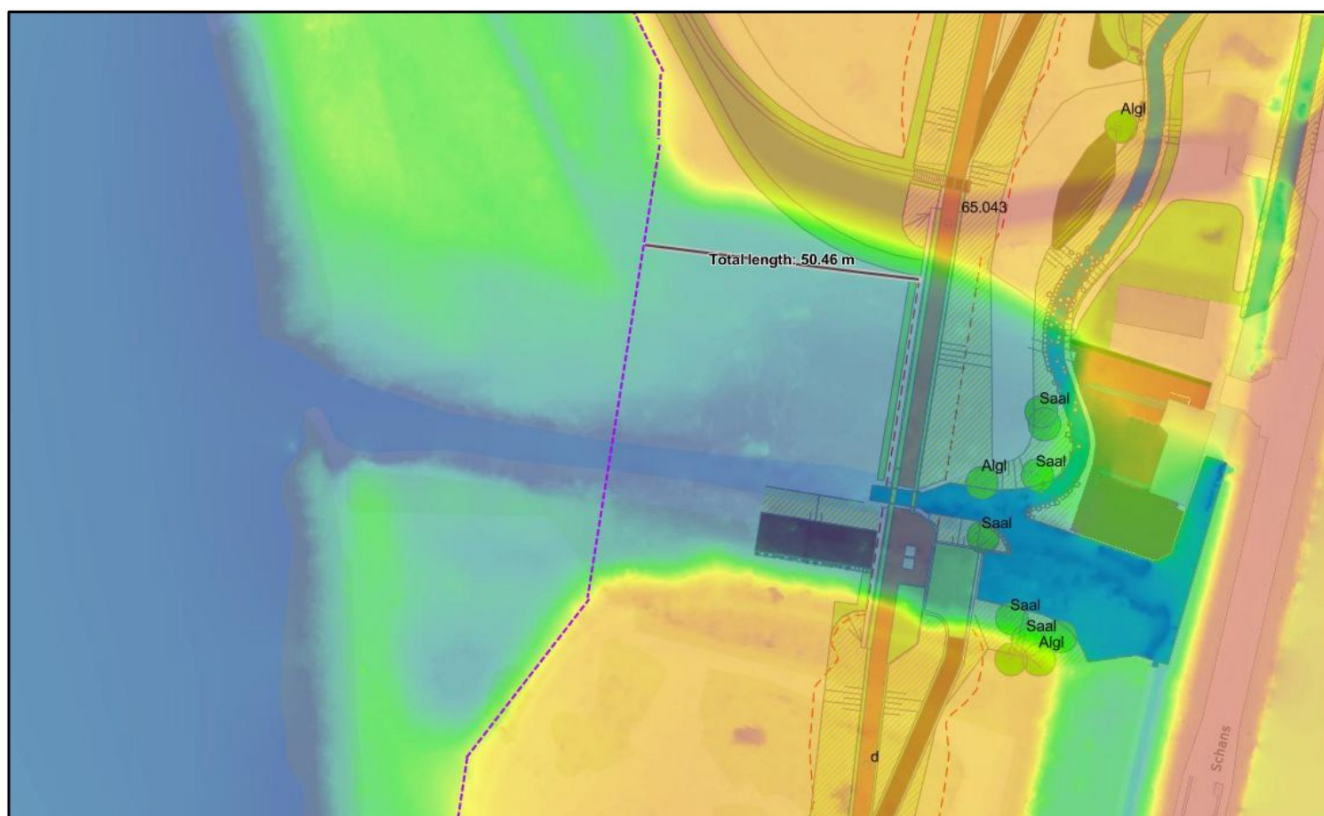
In het grondonderzoek is een doorlopende kleilaag aangetroffen tussen circa NAP +7,5 en NAP +9,0 m. Voor deze memo is aangenomen dat de kleilaag in het achterland doorlopend is. Voor het voorland is aangenomen dat deze circa 50 m in het voorland aanwezig is. Dit is in figuur 3 weergegeven. Deze 50 m is gebaseerd op het beschikbare grondonderzoek, de geomorfologische achtergrond van het gebied en export-judgement.

De Venloschol sluit het watervoerendpakket af aan de onderkant. Het beschikbare grondonderzoek rondom de kistdam is niet diep genoeg om de Venloschol aan te treffen. De Venloschol zal dieper liggen dan NAP 0 m. Op basis van REGIS II is bepaald waar de Venloschol ligt. Op NAP -2,5 m ligt de eerste kleiige eenheid van de Kiezoloöliet Formatie. In deze eenheid bevindt zich ook de Venloschol. Dit is weergegeven in figuur 4. Tot hier loopt het watervoerend pakket.

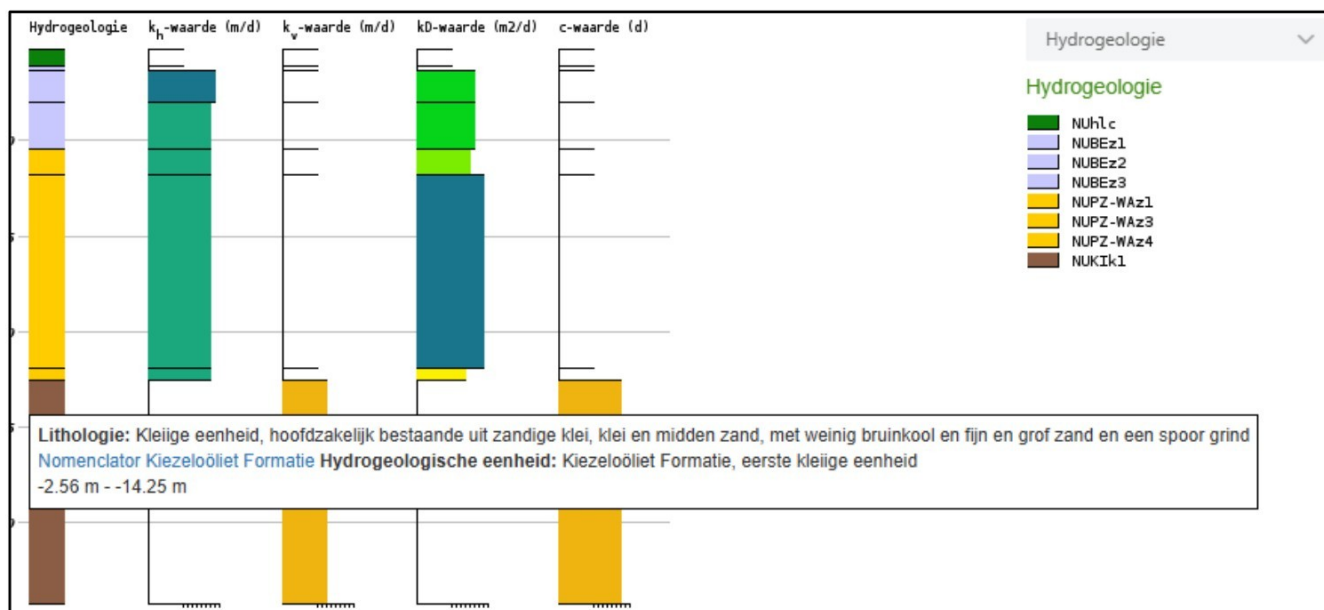
De doorlopende cohesieve laag is de kleilaag rond NAP +8,0 m. Onder deze laag kan een doorgaande pipe vormen. Dit is op een andere diepte niet mogelijk.



Figuur 2 Lengteprofiel grondonderzoek bij kistdam



Figuur 3 Hoogtekaart rondom kistdam. Paarse stippellijn is intredepunt



Figuur 4 Regis II bodemopbouw bij kistdam (bron: REGIS II)

Tabel 1 Maatgevende bodemopbouw

Bovenkant laag [m NAP]	Laagdikte [m]	Materiaal
10,65 (mv)	2,15	Zand- Beegden
8,5	1,0	Klei – Beegden
7,5	1,0	Zand – Beegden
6,5	11,5	Zand grindig - Beegden

Doorlatenheid

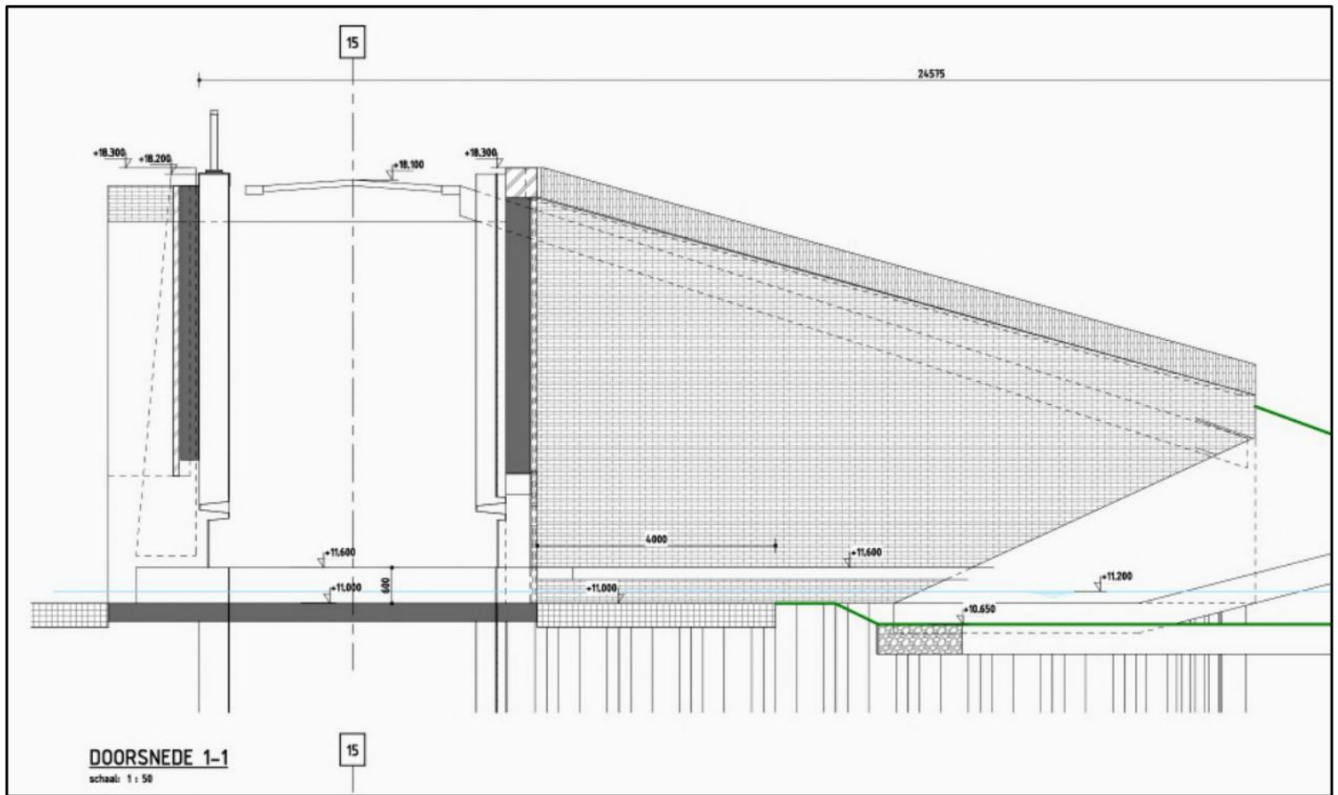
Voor de formatie van Beegden is in aansluiting op de geohydrologische modellen gerekend met voor een doorlatendheid van 75 m / dag. Deze waarde sluit goed aan bij de ervaringen bij het dijkversterkingsproject Ooijen Wanssum, waar door Fugro Aquisense® sonderingen zijn uitgevoerd waarbij de doorlatendheid van de formatie van Beegden is gemeten.

Voor 'Klei – Beegden' en 'Zand grindig – Beegden' is een doorlatendheid van 0,1 m/dag en respectievelijk 175 m/ dag

Er is geen informatie bekend over de anisotropie in de ondergrond. Daarom is een standaardwaarde van 5 aangehouden voor de doorlatendheid van de zandlagen. Deze waarde is gebaseerd op het anisotropieonderzoek van Deltares (11202960-002-BGS-0020).

Geometrie

In figuur 5 is een dwarsdoorsnede van de kistdam ter hoogte van de doorlaat weergegeven. Op deze locatie is de bodem van de maalkomt het laagst. Deze ligt op NAP +10,65 m.



Figuur 5 Dwarsdoorsnede kistdam (bron: Arcen Zuid - doorsnedes dijk concept 20250424.pdf)

Waterstand

De Waterstand bij Norm (WBN) is NAP +17,82 m. De binnenwaterstand bij een hoogwater is minimaal NAP +13,3 m. Het gemaal pompt water af tot dit peil.

Methode

In onderstaande paragrafen is de methode voor de toetsing op opbarsten en heave toegelicht. Wanneer wordt voldaan aan de toets op opbarsten is het risico op piping voldoende klein en is een toets op heave niet nodig.

Opbarsten

Conform het OI2014v4 (Rijkswaterstaat, Water Verkeer en Leefomgeving, 2017) is de $\gamma_{up} = 1,35$, de schematiseringsfactor is aangenomen op 1,1. Hierdoor is de minimaal benodigde opbarstfactor 1,49. De opbarstfactor wordt met onderstaande formules berekend:

$$\Delta\phi_{c,u} = \frac{\sum (D_{deklaag}(\gamma_{sat} - \gamma_{water}))}{\gamma_{water}}$$

Vervolgens wordt de opbarstfactor berekend met:

$$opbarstfactor = \gamma_{up} * \gamma_{schem} > \frac{\Delta\phi_{c,u}}{\Delta\phi}$$

Waar:

$\Delta\phi_{c,u}$ = Kritieke stijghoogte verschil [m]

$D_{deklaag}$ = Dikte van de deklaag [m]

γ_{sat} = Verzadigd volumiek gewicht [kN/m³]

γ_{water} = Verzadigd water [kN/m³]

$\Delta\phi$ = Optredend stijghoogte verschil [m]

γ_{up} = Veiligheidsfactor opbarsten [-]

γ_{schem} = Schematiseringsfactor [-]

Heave

Het ontwerp van de verticale pipingmaatregelen is volgens de methode uit het rapport 'Publicatie Heaveschermen' van de 'De Innovatie Versneller'(DIV) uitgevoerd.

Voor de scenario's met een afsluitende deklaag is een langspijp gemodelleerd. In deze langspijp is de stijghoogte gelijk aan de stijghoogte op maaiveld. De breedte van de langspijp is gelijk aan de helft van de hoogte van het heavescherm in het zand. In figuur 6 is weergegeven hoe het heavescherm is geschematiseerd.

Met onderstaande formules wordt berekend of het ontwerp voldoet aan de eisen:

$$i = \frac{\phi_{onderkant bekleding} - \phi_{uittredepunt}}{L + \frac{0.25 * \sigma_{eff}}{10}}$$

$$i_{c,h} = 0,5$$

$$i \leq i_{c,h}$$

$$\frac{\phi_{onderkant bekleding} - \phi_{uittredepunt}}{L + \frac{0.25 * \sigma_{eff}}{10}} < 0,5$$

Waar:

i = Heavegradiënt [-]

ϕ = Stijghoogte [m NAP]

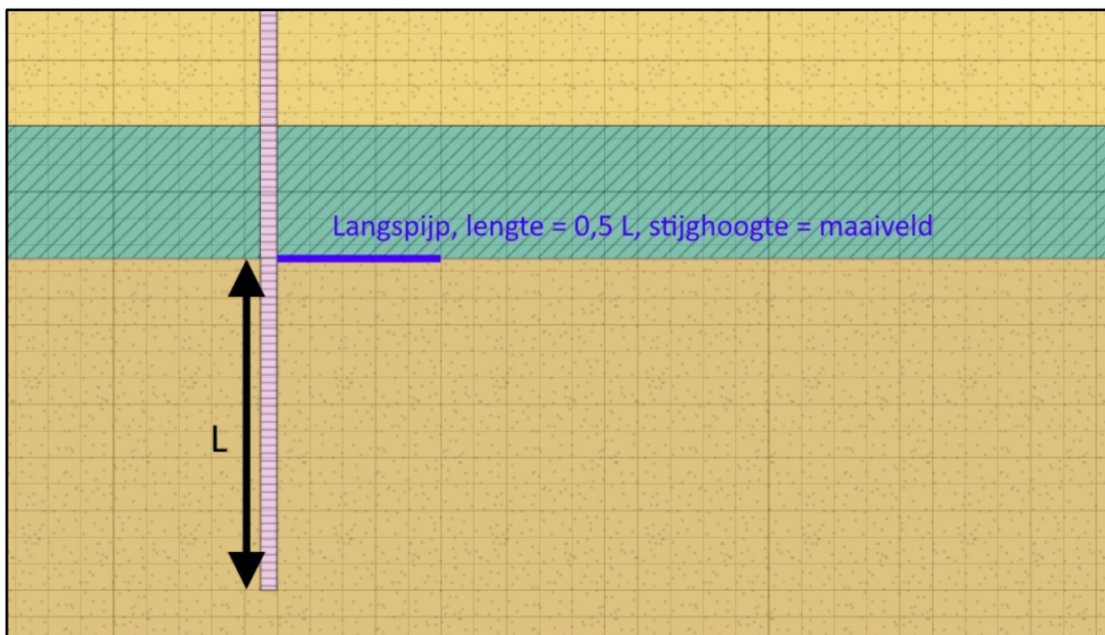
L = Lengte van heavescherm in het zand [m]

σ_{eff} = Effectieve korrelspanning bij onderkant deklaag [kN/m²]

$i_{c,h}$ = Kritieke heavegradiënt [-]

De effectieve korrelspanning wordt onderaan de deklaag berekend.

Doordat de lengte van de langspijp gekoppeld is aan de lengte van het heavescherm in het zand en de langspijp én het heavescherm van invloed is op de stijghoogte aan de onderkant van het heavescherm is het ontwerpen van het heavescherm een iteratief proces.



Figuur 6 Schematisatie langspijp en heavescherm

Achterloopsheid

De lengte die het scherm moet worden doorgezet om achterloopsheid te voorkomen is berekend met de methode Sellmeijer conform het OI2014v4 (Rijkswaterstaat, Water Verkeer en Leefomgeving, 2017). Het OI2014v4 schrijft voor dat methode Bligh ook gebruikt kan worden. Echter is deze methode niet veilig, deze wordt ook niet toegestaan voor een pipinganalyse bij een groene dijk. Daarom is gekozen voor het gebruik van methode Sellmeijer.

Analyse

De analyse naar het risico op piping is gedaan in twee stappen. Als eerste is beschouwd of opbarsten plaats kan vinden. Omdat dit niet uitgesloten kan worden is een heavescherm ontworpen. Door het voorkomen van heave wordt het ontstaan van een doorlopende pipe voorkomen.

Ook is bepaald hoever het heavescherm moet doorlopen om achterloopsheid te voorkomen.

Opbarsten

Met onderstaande formules is het kritisch stijghoogte verschil bepaald en het optredend stijghoogteverschil: In figuur 7 is de stijghoogte bij opbarsten berekend met behulp van D-Geo Flow. De geometrie is hier versimpeld. De kistdam is als 1 damwand geschematiseerd. Dit is de damwand waarlangs heave optreedt. Het maaiveld voor en achter de kistdam is vlak aangenomen.

De stijghoogte onder de deklaag is NAP +16,32 m.

$$\Delta\varphi_{c,u} = \frac{\sum (D_{deklaag}(\gamma_{sat} - \gamma_{water}))}{\gamma_{water}} = \frac{1 * (20,0 - 9,81) + 2,15 * (20,5 - 9,81)}{9,81} = \frac{33,2 \text{ kN/m}^2}{9,81 \text{ kN/m}^3} = 3,38 \text{ m}$$

$$\Delta\varphi = \varphi_{onder} - \varphi_{mv} = 16,32 \text{ m} - 13,3 \text{ m} = 3,02 \text{ m}$$

$$\gamma_{up} = \frac{\Delta\varphi_{c,u}}{\Delta\varphi} = \frac{3,39 \text{ m}}{3,02 \text{ m}} = 1,12 < 1,49 \rightarrow \text{Voldoet niet}$$

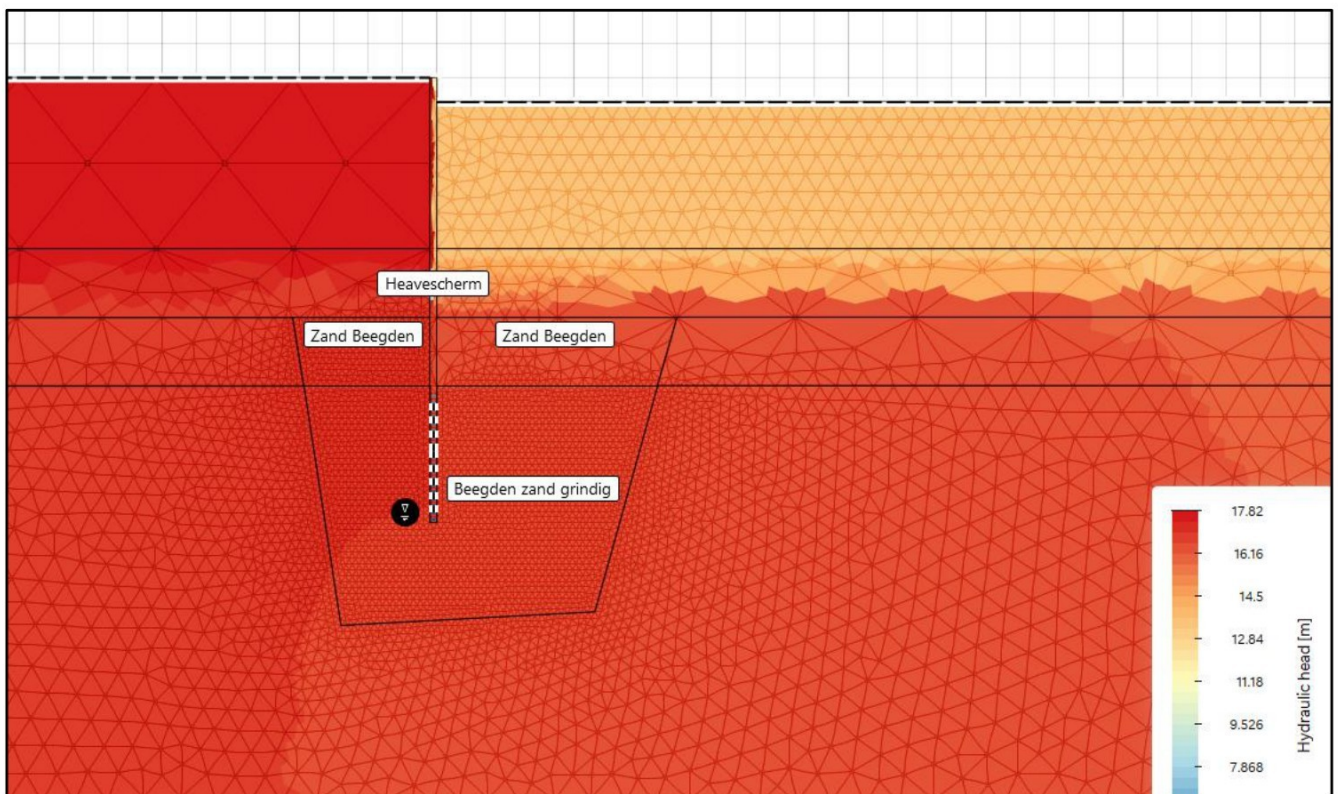
De deklaag is onvoldoende dik om opbarsten uit te sluiten.

Bij een maaiveldhoogte van NAP +12,5 m wordt wel voldaan aan de gestelde eisen en kan opbarsten uitgesloten worden.

$$\Delta\varphi_{c,u} = \frac{\sum (D_{deklaag}(\gamma_{sat} - \gamma_{water}))}{\gamma_{water}} = \frac{1 * (20,1 - 9,81) + 4 * (19 - 9,81)}{9,81} = \frac{47,1 \text{ kN/m}^2}{9,81 \text{ kN/m}^3} = 4,8 \text{ m}$$

$$\Delta\varphi = \varphi_{onder} - \varphi_{mv} = 16,32 \text{ m} - 13,3 \text{ m} = 3,02 \text{ m}$$

$$\gamma_{up} = \frac{\Delta\varphi_{c,u}}{\Delta\varphi} = \frac{4,8 \text{ m}}{3,02 \text{ m}} = 1,59 > 1,49 \rightarrow \text{Voldoet}$$

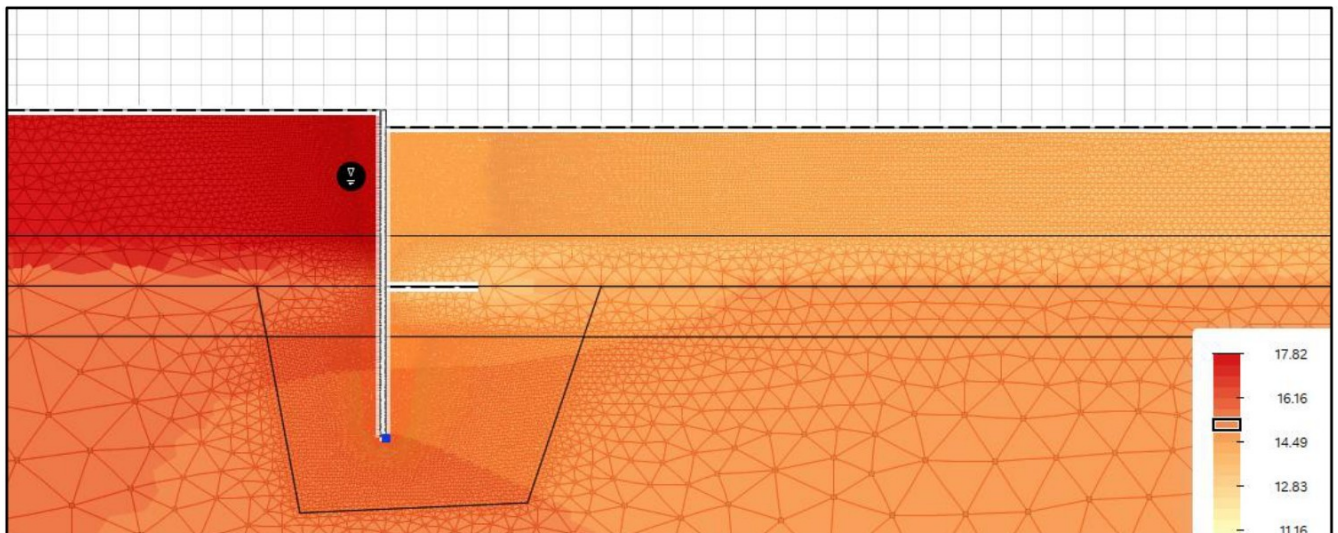


Figuur 7 Stijghoogte bij opbarsten

Heave

Met behulp van D-GeoFlow is het stijghoogte verloop bepaald. Deze is weergegeven in figuur 8. Op basis hiervan is de heavegradient en stijghoogte onder de binnenteen bepaald.

De geometrie is hier versimpeld. De kistdam is als 1 damwand geschematiseerd. Dit is de damwand waarlangs heave optreedt. Het maaiveld voor en achter de kistdam is vlak aangenomen.



Figuur 8 Berekende stijghoogte

De stijghoogte onder aan de bekleding is NAP +14,98 m. De stijghoogte aan de binnendijkse zijde is NAP +13,3 m. De totale lengte van het heavescherm in het zand is 3,0 m. De dikte van de bekledingslaag is 3,15 m. De heavegradiënt is:

$$\frac{\phi_{\text{onderkant bekleding}} - \phi_{\text{maaiveld}}}{L} = \frac{15,13 - 13,3}{3,0 + 0,25 * \frac{30,1}{10}} = \frac{1,68}{3,77} = 0,49 \leq 0,5 = \text{Voldoet}$$

$$\sigma_{eff} = 1 * 10,1 + 2,15 * 9,2 = 30,1$$

Hiermee wordt voldaan aan de gestelde eisen.

Achterloopsheid

Met Sellmeijer is de minimale kwelweglengte tegen achterloopsheid berekend. Hierbij is uitgegaan van:

- Standaardwaarden conform TR 2011
- Veiligheidsfactor van 1,46
- Schematiseringsfactor van 1,1

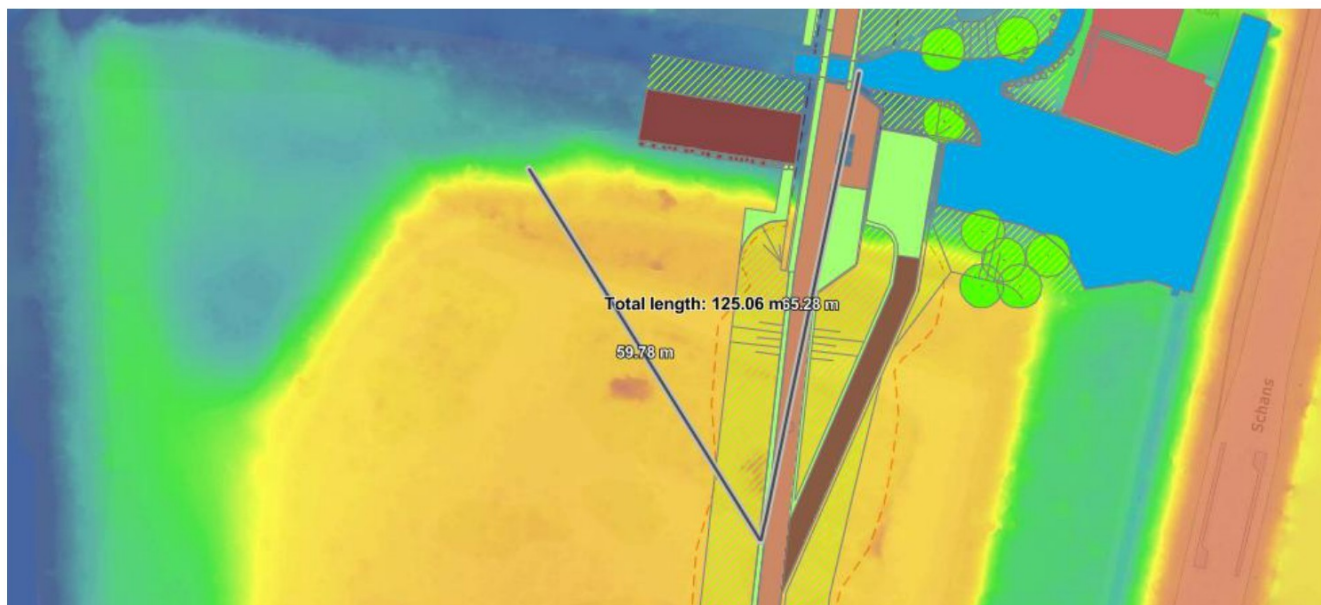
De doorsnede specifiek uitgangspunten zijn:

- Verval = 4,5 m
- Dikte watervoerendpakket = 10 m
- Dikte deklaag = 4,15 m
- $D_{70} = 404 \mu\text{m}$
- Doorlatendheid 175 m/d

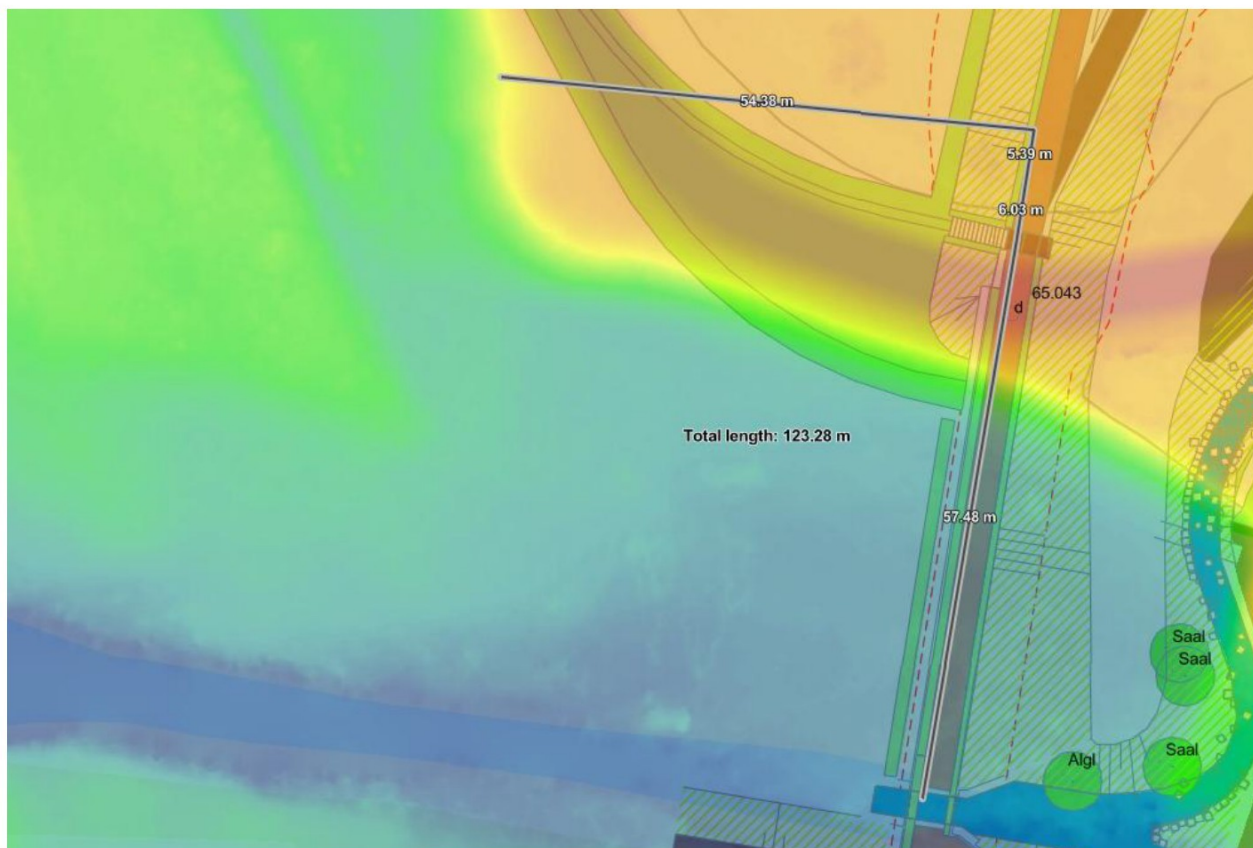
Met bovenstaande uitgangspunten is met behulp van de methode Sellmeijer een minimaal benodigde kwelweg van 125 m berekend.

Het opbarsten zal gebeuren voor de doorlaat. Vanaf dit punt dient een kwelweg van 125 m aanwezig te zijn. In de rest van het gebied ligt het maaiveld voldoende hoog om opbarsten te voorkomen.

Aan de zuidzijde dient de damwand 55 m door te lopen. Aan de noordzijde moet de damwand 70 m doorlopen. De kwelweglengtes aan beide zijden zijn in figuur 9 en figuur 10 weergegeven.



Figuur 9 Kwelweg zuidzijde



Figuur 10 Kwelweg noordzijde

Conclusie

Voor de kistdam is een 2D pipinganalyse uitgevoerd. Hierbij is naar het beschikbare grondonderzoek gekeken, is bepaald of er opbarsten plaats vindt en omdat dit het geval is hoe diep het heavescherm moet komen te staan en tot hoe ver het heavescherm moet lopen om achterloopsheid tegen te gaan.

In het grondonderzoek wordt tussen NAP +7,5m en NAP +9m een kleilaag aangetroffen. In het voor- en achterland is geen grondonderzoek beschikbaar. Op basis van de hoogtekaart, grondonderzoek en de geomorfologie van het gebied is aangenomen dat de kleilaag tot minimaal 50 m in het voorland overal aanwezig is. Het intredepunt is weergegeven in figuur 3.

De opbarstfactor is berekend bij in de maalkom waar de waterbodem het laagst ligt. Hier is de opbarstfactor met 1,02 lager dan de vereiste factor van 1,49. Opbarsten kan niet worden uitgesloten.

Omdat opbarsten niet uitgesloten kan worden is de lengte van een heavescherm bepaald. Het scherm moet tot een diepte van NAP +4,5 m worden aangebracht om heave te voorkomen. Het is niet uit te sluiten dat de onderkant van de damwand onder de grens van de juridische Venloschol aangebracht moet worden.

Met de methode Sellmeijer is bepaald dat de kwelweglengte tegen achterloopsheid 125 m bedraagt. Om dit te halen dient de kistdam 55 m ten zuiden van de doorlaat door te lopen en 70 m ten noorden.

Aanbevelingen VO

De kleilaag in de ondergrond zorgt voor een versimpeling van de situatie met betrekking tot piping. Doordat de voorste damwand van de kleikist in de kleilaag komt te staan wordt een doorgaande stroming langs de damwand voorkomen.

De kleilaag heeft wel een risico op opbarsten waardoor piping niet in zijn geheel uitgesloten kan worden. De situatie met piping onder een kleilaag door in combinatie met een verlengde kistdam om onderloopsheid te voorkomen is vrijwel gelijk aan normaal heavescherm in een groene dijk.

Voor het VO zal een 3D Plaxis berekening geringe toevoeging hebben. Het is onwaarschijnlijk dat met de gehanteerde uitgangspunten en geometrie een significant kortere damwand nodig is. Daarom wordt er geen 3D Plaxis berekening uitgevoerd.

Doordat piping onder de kleilaag kan plaatsvinden en de ondergrond onder deze kleilaag zeer doorlatend is is een lange lengte tegen achterloopsheid nodig. In het VO en DO kan de benodigde damwandlengte tegen achterloopsheid nauwkeuriger worden bepaald. Hiervoor kan worden gekeken naar de aanwezige kwelweglengte. Om de locatie waar de kleilaag aanwezig is beter in beeld te krijgen dient aanvullend grondonderzoek te worden uitgevoerd. Wanneer de kleilaag verder het voorland in loopt dan nu is aangenomen is er meer kwelweglengte aanwezig waardoor de damwanden minder ver in noordelijke- en zuidelijke richtingen dienen door te lopen. Wanneer de kleilaag verder doorloopt in het voorland kan dit ook gunstig werken voor de benodigde lengte van de damwand om piping te voorkomen.

Een andere optimalisatie is het nauwkeuriger berekenen van de benodigde kwelweglengte. Dit kan met een berekening met D-Geo Flow om zo de maximale pipe lengte, en daarmee de benodigde kwelweglengte, te bepalen

Ook kan de korrelverdeling van het watervoerendpakket onder de kleilaag worden bepaald. Hiervoor dient aanvullend grondonderzoek te worden uitgevoerd en de korrelverdeling in het lab worden bepaald.

C.2 Memo Achterloopsheid Kistdam Watermolen

Achterloopsheid kistdam watermolen

Projectnaam	DVV Arcen	Contactpersoon	
Onderwerp	Gemaal Arcen Zuid	Documentnummer	6423-246370-M19
Opdrachtgever	Dijkzone Alliantie Arcen	Opgesteld door	
Projectnummer	6423-246370	Vrijgegeven door	
Datum	21-01-2025 (v1.0)		
Gecontroleerd door			

Inleiding

Voor het dijkversterkingsproject Arcen wordt de dijk ter plaatse van monumentale Wijmarsche Watermolen (uitgebaat door graanstokerij en proeverij De IJsvogel) verlegd. Hiermee komt de watermolen binnendijs te liggen. In figuur 1 is een impressie en situering weergegeven van de kistdam.



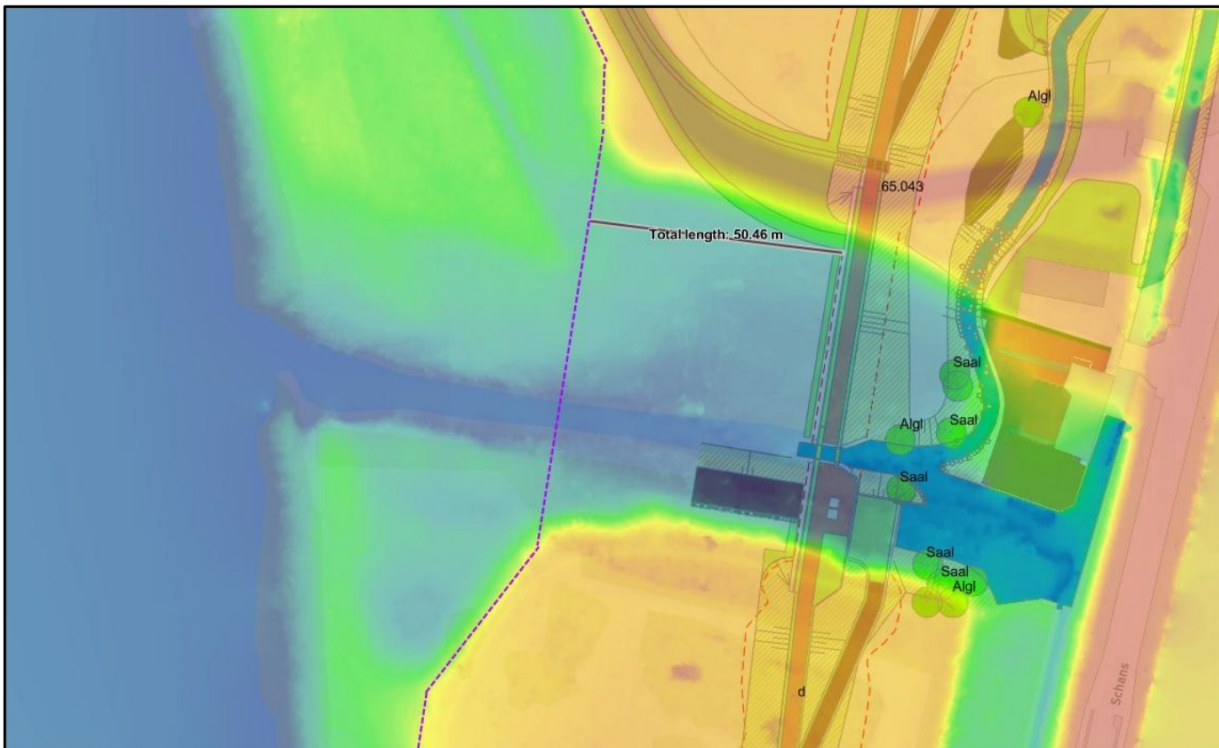
Figuur 1 Overzicht situering objecten in impressies

In de nieuwe situatie wordt een nieuwe dijk/kistdam aangebracht aan de westzijde, waarmee beide objecten in de toekomst zijn beschermd tegen de peilstijgingen van de Maas.

In 6423-246370-M12 is bepaald welke maatregelen moeten worden genomen om piping onder- en rondom het kunstwerk te voorkomen. De waterbodem is voorzien op NAP +10,65 m. Hieronder ligt zand. Vervolgens is tussen NAP +7,5 m en NAP +8,5m is onder de gehele kistdam een kleilaag aanwezig. Een heavescherm kan de zandlaag boven deze kleilaag afsluiten om zo piping door de bovenste zandlaag te voorkomen. Echter kan achter de kistdam opbarsten van deze diepe kleilaag optreden waardoor het risico op piping door het diepere zand blijft. Om piping onder deze kleilaag te voorkomen wordt een heavescherm tot NAP -4,5 m aangebracht.

In figuur 2 is weergegeven tot waar in 6423-246370-M12 is aangenomen dat de kleilaag in het voorland aanwezig is. Om te bepalen tot waar deze kleilaag doorloopt is aanvullend grondonderzoek

gedaan. Op basis hiervan kan nauwkeuriger worden bepaald tot waar de kistdam door dient te lopen om achterloopsheid uit te sluiten.



Figuur 2 Aannee aanwezigheid kleilaag in voorland in 6423-246370-M12

Doel memo

In deze memo wordt het aanvullend grondonderzoek beschouwd en wordt aan de hand daarvan het ontwerp met betrekking tot piping vastgesteld.

Aanvullend grondonderzoek

Er is aanvullend grondonderzoek uitgevoerd in het voorland bij de kistdam. Dit grondonderzoek moet aantonen waar in het voorland de kleilaag op NAP +8,5 m aanwezig is.

Er zijn 8 aanvullende sonderingen uitgevoerd. Dit zijn 2 raaien van 3 sonderingen aan weerszijde van de Lingerforterbeek en twee losse sonderingen ten noorden en zuiden van de raaien. De locaties zijn weergegeven in figuur 3.

Het grondonderzoeksrapport is bijgevoegd in Appendix A.



Figuur 3 Situatietekening aanvullend grondonderzoek

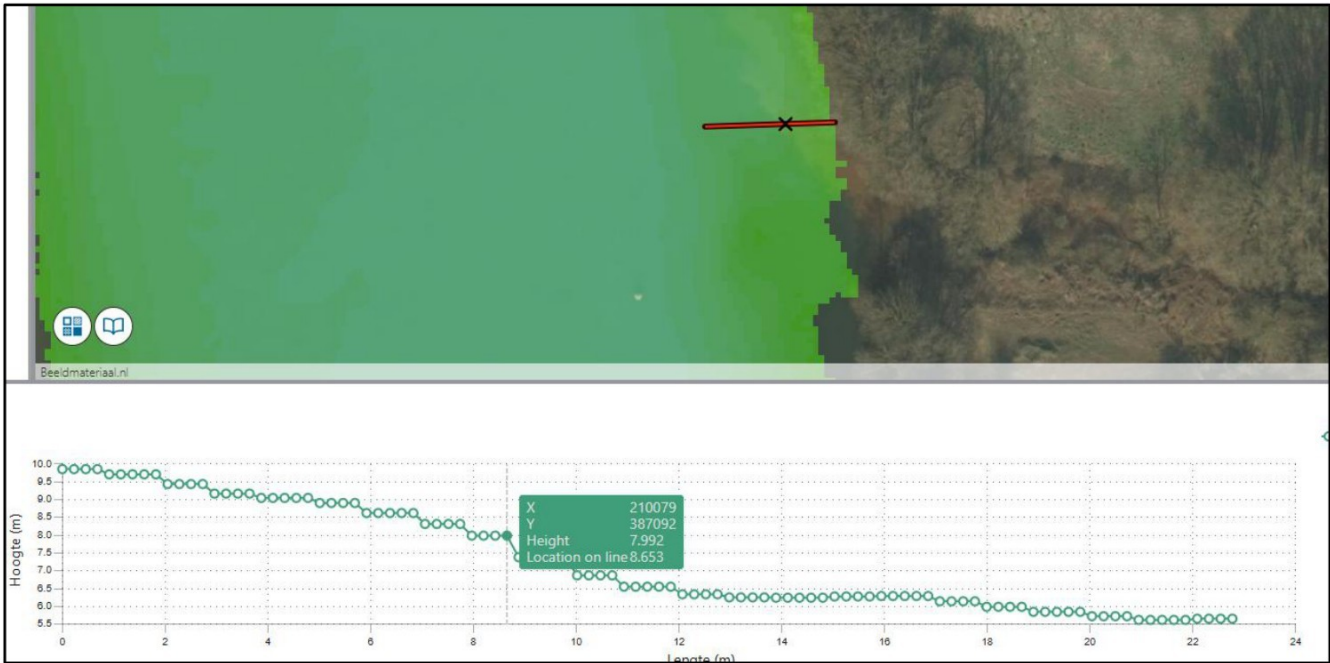
In alle 8 de sonderingen is de kleilaag aangetroffen. De diepte waarop de kleilaag ligt is in tabel 1 weergegeven.

Tabel 1 Hoogte van kleilaag in aanvullend grondonderzoek

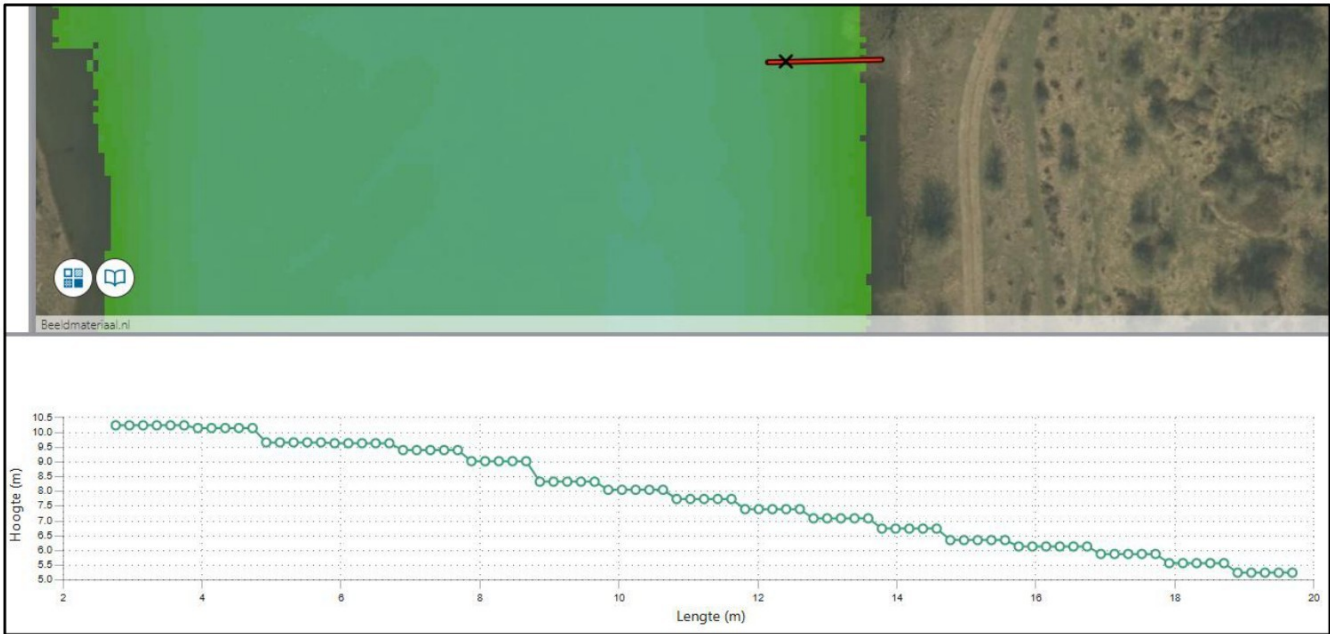
Sondering	DKM201	DKM202	DKM204	DKM206	DKM207	DKM208	DKM209	DKM210
Bovenkant kleilaag	+8,0	+9,0	+10,0	+9,5	+9,5	+10,0	+10,0	+8,5
Onderkant kleilaag	+7,0	+7,0	+7,0	+7,5	+7,0	+7,0	+7,0	+7,0

Op basis van deze resultaten kan worden gesteld dat de kleilaag in het gehele voorland aanwezig is, en enkele meters in het onderwatertalud van de oever van de Maas.

In figuur 4 en figuur 5 is het verloop van het onderwatertalud weergegeven. Ten noorden van de Lingerforterbeek is de oever op circa 8 m uit de waterlijn op NAP +7,5 m. Ten zuiden van de Lingerforterbeek is dit 11,0 m. Het intredepunt ligt daarmee op 8 tot 11 m uit de waterlijn van de Maas.



Figuur 4 Verloop onderwateroever Maas ten noorden van Lingerforterbeek (bron: geoweb.rijkswaterstaat.nl)



Figuur 5 Verloop onderwateroever Maas ten zuiden van Lingerforterbeek (bron: geoweb.rijkswaterstaat.nl)

Ontwerp piping

Op basis van het aanvullend grondonderzoek wordt het ontwerp met betrekking tot piping aangescherpt. Dit wordt in twee stappen gedaan.

1. **Pipingmaatregel diepe kleilaag:** De horizontale lengte waarbij het scherm tot NAP +4,5 m moet worden geplaatst om piping onder de kleilaag op NAP +8,5m te voorkomen wordt aangescherpt.
2. **Pipingmaatregel ondiepe kleilagen:** Waar het heavescherm niet tot NAP +4,5 m geplaatst moet worden wordt een nieuw ontwerp gemaakt. Voor dit ontwerp wordt ook de achterloopsheid beschouwd.

Pipingmaatregel - Diepe kleilaag

In 6423-246370-M12 is bepaald dat de damwand tot NAP +4,5 m moet worden doorgezet om piping onder de kistdam te voorkomen. Op basis van het grondonderzoek is het intredepunt bepaald. Dit ligt bij de Maasoever. Het uittredepunt ligt achter de doorlaat. Hier is het maaiveld het laagst en is opbarsten niet uit te sluiten.

Piping onder deze diepe kleilaag kan slechts op enkele locaties ontstaan. Om een pipe te kunnen vormen moet de kleilaag eerst opbarsten. Dit is alleen mogelijk waar het maaiveld lager dan NAP +12,5 m is [6423-246370-M12]. Dit is het geval in de maalkom achter de doorlaat en de inlaat voor het gemaal. Door de kwelweglengte tussen deze uittredepunten en het intredepunt voldoende groot te maken wordt alle piping onder deze kleilaag uitgesloten.

Hieronder wordt voor de zuid- en noordzijde bepaald tot waar de damwand met paalpuntniveau NAP +4,5 m moet doorlopen.

Benodigde kwelweglengte

Met Sellmeijer is de minimale kwelweglengte tegen achterloopsheid berekend. Hierbij is uitgegaan van:

- Standaardwaarden conform TR 2011
- Veiligheidsfactor van 1,71
- Schematiseringsfactor van 1,1

De doorsnede specifiek uitgangspunten zijn:

- Verval = 4,5 m
- Dikte watervoerendpakket = 10 m
- Dikte deklaag = 3,2 m
- $D_{70} = 393\mu\text{m}$
- Doorlatendheid 175 m/d

Met bovenstaande uitgangspunten is met behulp van de methode Sellmeijer een minimaal benodigde kwelweg van 166 m berekend. Deze lengte zorgt voor een aanzienlijk bredere kistdam nodig is voor

de stabiliteit. Met behulp van DGeoFlow is een optimalisatie toegepast. De analyse hiervan is beschreven in Appendix B. De minimaal benodigde kwelweglengte is 150 m.

Zuidzijde - Doorlaat

Het intredepunt ligt 11 m uit de oever van de Maas. Uit 6423-246370-M12 is gebleken dat achter de doorlaat en achter de inlaat van het gemaal opbarsten kan optreden. Op deze plaatsen kan een uittredepunt ontstaan. In figuur 6 is de inlaat van het gemaal als uittredepunt gehanteerd. Deze ligt het dichtst bij de zuidzijde van de kistdam en zorgt daarmee voor de kortste kwelweglengte.

Om deze kwelweglengte te halen dient de breedte van de kistdam minimaal 49 m te zijn aan de zuidzijde van de doorlaat. Dit is weergegeven in figuur 6.



Figuur 6 In- en uittredepunt en kwelweglengte – Zuidzijde; diepe kleilaag

Noordzijde - Doorlaat

Het intredepunt ligt 8 m uit de oever van de Maas. Uit 6423-246370-M12 is gebleken dat achter de doorlaat en achter de inlaat van het gemaal opbarsten kan optreden. Op deze plaatsen kan een uittredepunt ontstaan. In figuur 7 is achter de doorlaat als uittredepunt gehanteerd. Deze ligt het dichtst bij de noordzijde van de kistdam en zorgt daarmee voor de kortste kwelweglengte.

Om deze kwelweglengte te halen dient de breedte van de kistdam minimaal 28 m te zijn aan de noordzijde van de doorlaat. Dit is weergegeven in figuur 7.



Figuur 7 In- en uittredepunt en kwelweglengte – Noordzijde; diepe kleilaag

Pipingmaatregel – Ondiepe kleilaag

Ten noorden van de diepe damwand (NAP +4,5m) kan de damwand ondieper worden geplaatst. Wat het paalpuntniveau (ppn) van de damwand moet zijn en tot waar deze dient door te lopen om achterloopsheid te voorkomen wordt in onderstaande paragrafen uitgewerkt.

Zuid aansluiting groene dijk

Bij de zuidelijke aansluiting op de groene dijk bevindt zich een kleideklaag van circa 1 m dik (DKM114 en DKM115). Deze zit direct onder het maaiveld. Om piping onder deze deklaag te voorkomen dient een goede aansluiting met de groene dijk gerealiseerd te worden. Dit wordt gedaan door een overlap van minimaal 5 m tussen de damwand en de kleikist (=pipingmaatregel) van de groene dijk te realiseren. In deze situatie zijn twee mogelijk kwelwegen geïdentificeerd, K1 en K2. Deze zijn weergegeven in figuur 8.



Figuur 8 Achterloopsheid zuidelijke kant kistdam

Benodigde kwelweglengte

Met Sellmeijer is de minimale kwelweglengte tegen achterloopsheid berekend. Hierbij is uitgegaan van:

- Standaardwaarden conform TR 2011
- Veiligheidsfactor van 1,71
- Schematiseringsfactor van 1,1

De doorsnede specifiek uitgangspunten zijn:

- Verval = 4,5 m
- Dikte watervoerendpakket = 6,0 m
- Dikte deklaag = 1,0 m
- $D_{70} = 393\mu\text{m}$
- Doorlatendheid 75 m/d

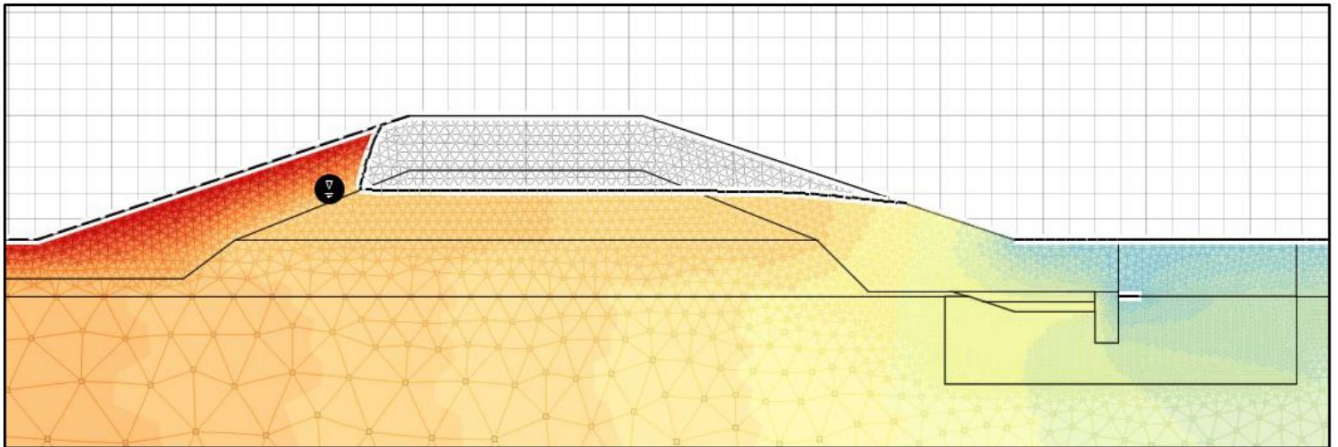
Met bovenstaande uitgangspunten is met behulp van de methode Sellmeijer een minimaal benodigde kwelweg van 128 m berekend. Deze kwelweg is aanwezig zonder dat aanvullende maatregelen genomen dien te worden. Daarom is geen optimalisatie met D-GeoFlow uitgevoerd. Hieronder wordt toegelicht dat de kwelweg aanwezig is.

Kwelweg K1: loopt onder de groene dijk door. Om een pipe hier te voorkomen dient de kleikist van de groene dijk tegen de buitendijkse damwand aangelegd te worden. Hiermee wordt een continue maatregel tegen piping gerealiseerd. Doordat de kleikist de kleilaag doorsnijdt wordt voorkomen dat een pipe rondom de kistdam kan ontstaan. Hiervoor dient de kleikist wel heave te voorkomen bij een WBN dat optreedt in 2125. Dit wordt hieronder aangetoond. De kleikist achter de groene dijk loopt door voor meer dan 130 m. De totale kwelweglengte is hiermee langer dan de benodigde kwelweglengte.

Toetsing kleikist voor zichtjaar 2125

De kleikist voor de groene dijk is getoetst voor zichtjaar 2075. In deze paragraaf wordt het getoetst aan zichtjaar 2125. Wanneer dit voldoet kan de groene dijk meegenomen worden in de totale aanwezige kwelweglengte.

Met behulp van D-GeoFlow is het stijghoogte verloop bepaald. Deze is weergegeven in figuur 9. Op basis hiervan is de heavegradient en stijghoogte onder de binnenteen bepaald.



Figuur 9 Berekende stijghoogte

De stijghoogte onder aan de kleikist is NAP +16,00 m. De stijghoogte in de langspijp is NAP +15,6 m. De totale lengte van het heavescherm in het zand is 0,9 m. De dikte van de deklaag is 1,1 m. De heavegradiënt is:

$$\frac{\phi_{\text{onderkant bekleding}} - \phi_{\text{maaiveld}}}{L + 0.25 * \sigma_{eff}} = \frac{16,00 - 15,6}{0,9 + 0,25 * \frac{22,1}{10}} = \frac{0,40}{1,55} = 0,34 \leq 0,5 = \text{Voldoet}$$

$$\sigma_{eff} = 1,1 * 10,1 = 22,1$$

Hiermee wordt voldaan aan de gestelde eisen. De kleikist van de groene dijk voldoet op heave bij het WBN van 2125.

De stijghoogte in achterland en langspijp is overgenomen uit de rapportage waterveiligheid zuid (042207736-003724). Deze is destijds aangenomen op NAP +15,6 m. Het gemaal zal zorgen voor een maximale waterstand van NAP +13,5 m in de maalkom. Hierdoor komt de freatische grondwaterstand waarschijnlijk lager te liggen dan nu is aangenomen. Dit heeft echter een positief effect op de berekende heavegradiënt. Deze aanname is daarmee een conservatieve aanname.

Kwelweg K2: loopt onder de groene dijk door richting de maalkom. Om een doorgaande pipe tot de maalkom te krijgen is een cohesieve deklaag nodig. Het talud richting de maalkom wordt bij de aanleg van de kistdam en maalkom nieuw gerealiseerd. Dit dient met zand te gebeuren zodat er geen cohesieve deklaag is. Dit voorkomt het ontstaan van een pipe en houdt de werking van de kleikist van de groene dijk in werking.

Wanneer hier wel klei komt dient de achterloopsheid beschouwing hier te worden herzien.

Noord aansluiting groene dijk

Aan de noordkant zijn op twee niveaus cohesieve lagen aangetroffen:

1. Op NAP +11,0 m bevindt zich een cohesieve laag tot 1 m onder maaiveld (DKM115 en DKM116). Deze laag bestaat uit silt, klei en veen.
2. De bekleding van de groene dijk waarop de kistdam aansluit.

Voor beide cohesieve lagen is bepaald wat het damwandontwerp moet zijn om onder- en achterloopsheid te voorkomen.

1. Cohesieve laag op NAP +11,0 m

Piping onder deze cohesieve lagen dient voorkomen te worden. Hiervoor moet het pipingscherm tot NAP +8,5 m worden aangebracht om zo de tussenliggende zandlaag af te sluiten. Dit kan mogelijk geoptimaliseerd worden waardoor het heavescherm mogelijk 1 tot 2 m korter kan. Hiervoor dient een aanvullende analyse te worden gedaan. Dit wordt gedaan wanneer blijkt dat de inbeddingsdiepte vanuit constructief oogpunt hoger ligt dan de NAP +8,5 m.

In figuur 10 is de kwelweg weergegeven. Met Sellmeijer is de minimale kwelweglengte tegen achterloopsheid berekend. Hierbij is uitgegaan van:

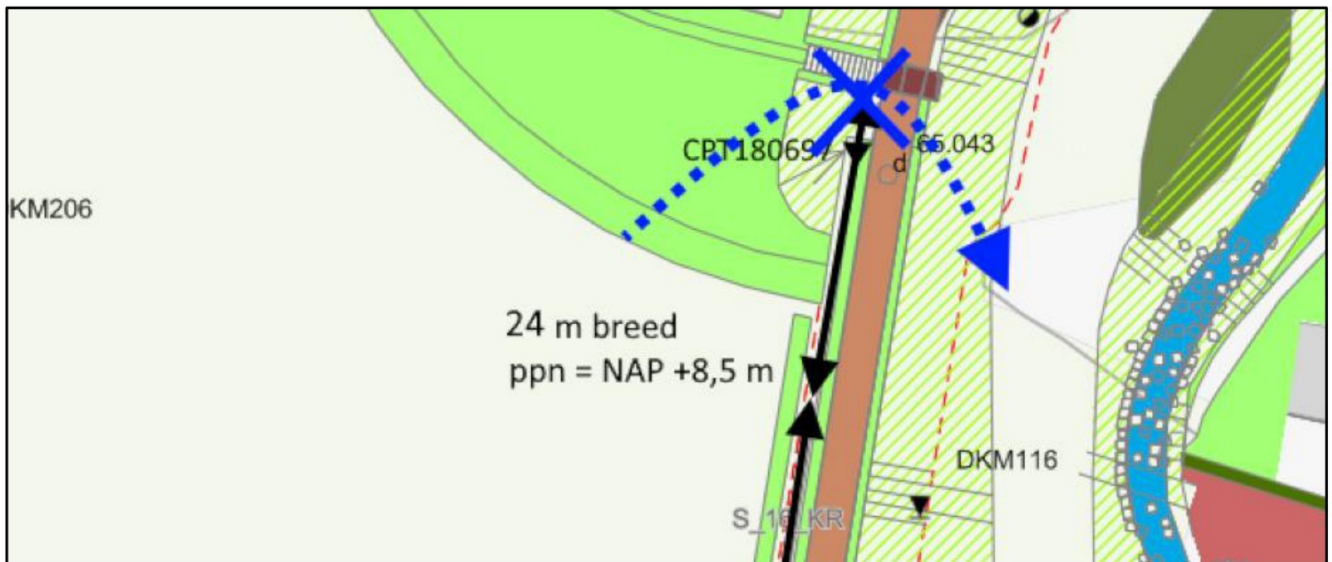
- Standaardwaarden conform TR 2011
- Veiligheidsfactor van 1,71
- Schematiseringsfactor van 1,1

De doorsnede specifiek uitgangspunten zijn:

- Verval = 4,5 m
- Dikte watervoerendpakket = 2,5 m
- Dikte deklaag = 1,0 m
- $D_{70} = 393\mu\text{m}$
- Doorlatendheid 75 m/d

Met bovenstaande uitgangspunten is met behulp van de methode Sellmeijer een minimaal benodigde kwelweg van 101 m berekend. Deze kwelweg is aanwezig zonder dat aanvullende maatregelen genomen dien te worden. Daarom is geen optimalisatie met D-GeoFlow uitgevoerd. Hieronder wordt toegelicht dat de kwelweg aanwezig is.

Op 51 m ten noorden van de zijkant van de doorlaat ligt sondering CPT180697. In deze sondering is de klei en-/of veenlaag niet meer aangetroffen. Door dat er geen cohesieve laag aanwezig is zal achterloopsheid hier niet optreden. Voor een goede aansluiting dient de damwand minimaal 5 m doorgezet te worden voorbij de sondering.



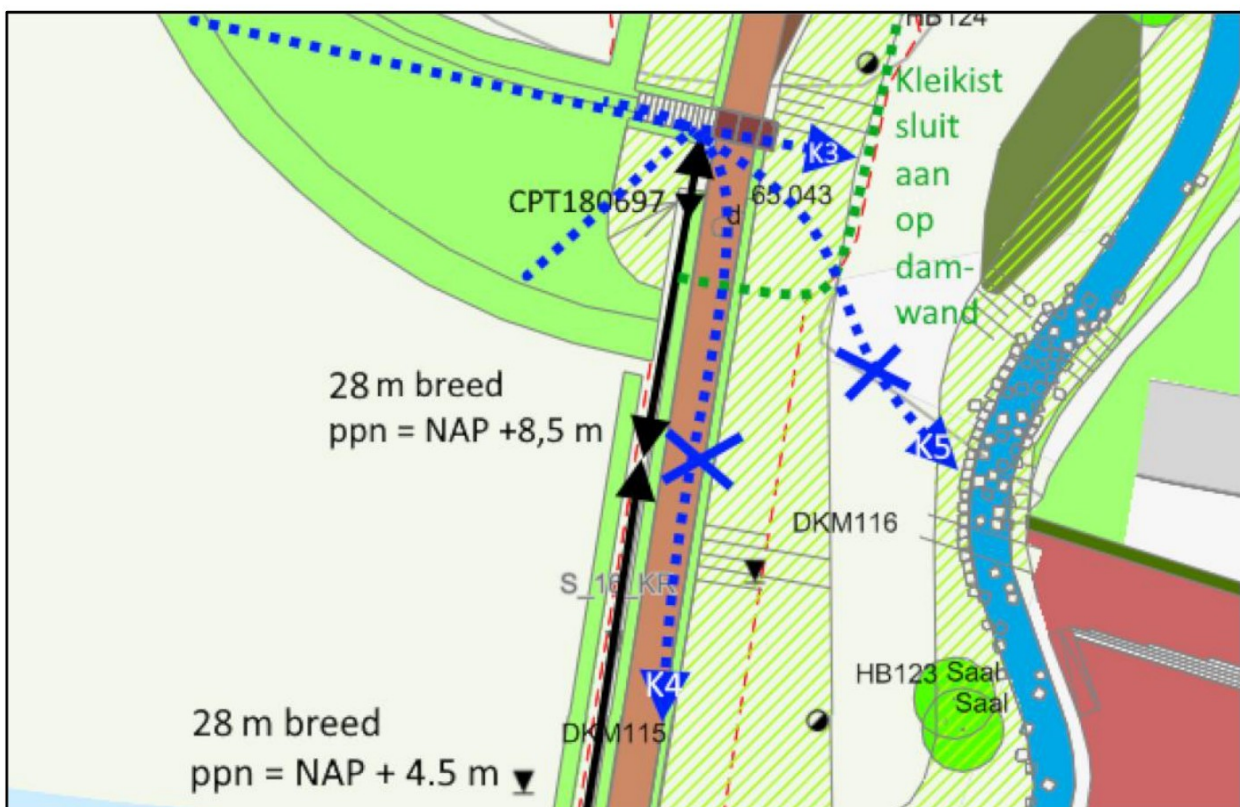
Figuur 10 Achterloopsheid onder deklaag op NAP +11,0 m

2. Aansluiting groene dijk

De damwand sluit aan op de groene dijk. Er zijn meerdere potentiële kwelwegen geïdentificeerd. Deze zijn weergegeven in figuur 11.

Voor de groene dijk is een kleikist als pipingmaatregel ontworpen. De kleikist die aan de binnenteen van de groene dijk aanwezig is dient tegen de buitendijkse damwand aangelegd te worden.

De potentiële kwelwegen en noodzakelijke pipingmaatregelen worden hieronder besproken.



Figuur 11 Achterloopsheid onder groene dijk door

Kwelweg K3:

De groene dijk heeft een kleibekleding. Hieronder kan een pipe ontstaan. Wanneer de kleikist wordt doorgezet tot aan de buitendijkse damwand en de damwand minimaal 5 m in de groene dijk wordt doorgezet wordt voorkomen dat een pipe achter de damwand doorgroeit. Deze zal direct achter de groene dijk een uittredepunt hebben. Omdat de groene dijk hierop ontworpen is, is er geen risico op achterloopsheid via deze kwelweg.

Kwelweg K4:

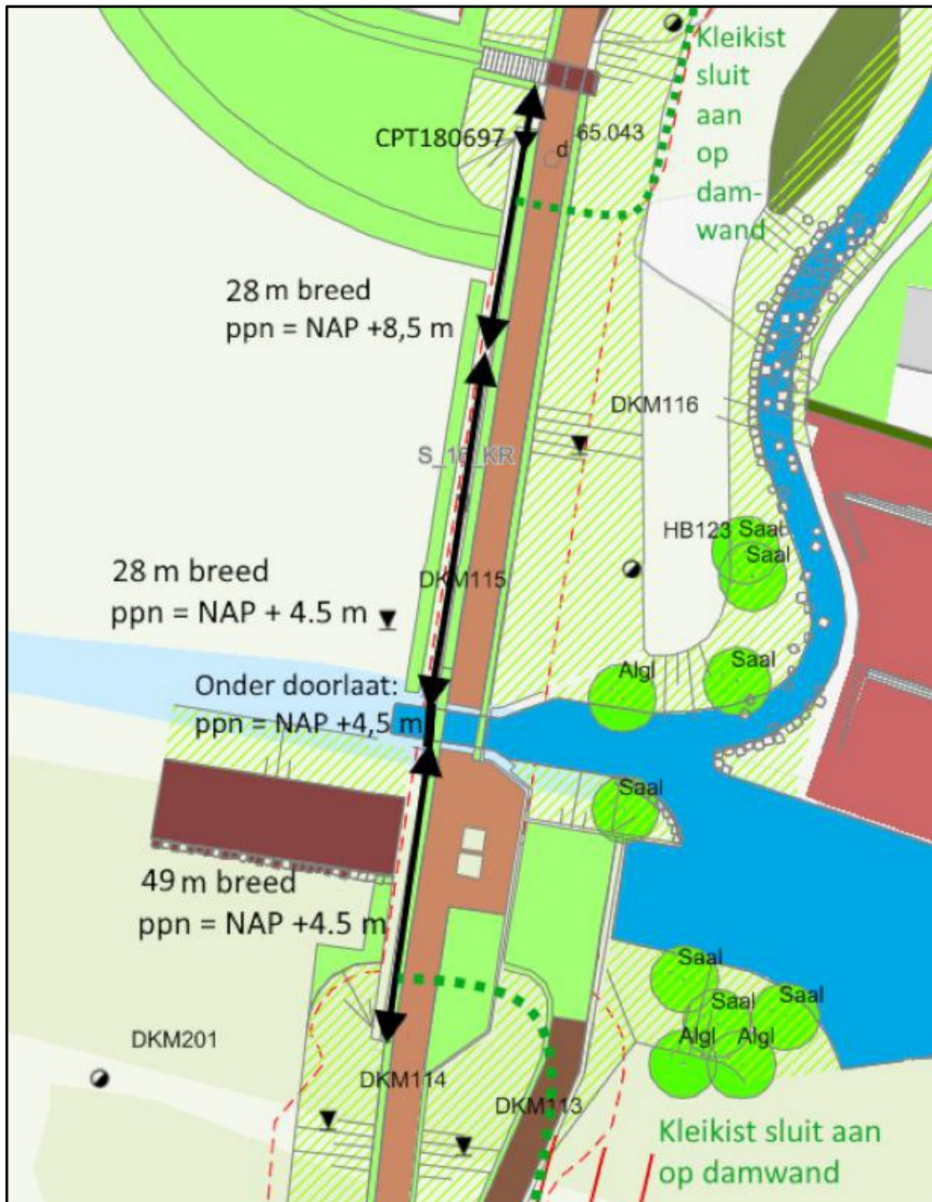
Een pipe langs de damwand richting de maalkom is niet mogelijk. Er is geen cohesieve laag achter de damwand waaronder een pipe kan groeien. Het talud achter de kistdam bestaat uit zand met daarop een bekledingslaag. Onder het talud zal geen pipe ontstaan die parallel aan de damwand loopt. De kruin van de kistdam ligt hoger dan het WBN. Er zal daarom geen pipe parallel aan de buitendijkse damwand ontstaan.

Kwelweg K5:

Tussen de kleikist en de maalkom komt een zandige ondergrond. Wanneer achter de kleikist een doorlopende kleilaag wordt aangelegd wordt de werking van de kleikist onderbroken. In dit geval is kwelweg K5 mogelijk. Door direct achter de kleikist geen cohesieve deklaag aan te brengen wordt voorkomen dat hier een pipe kan ontstaan naar een uittredepunt in het achterland.

Conclusie

In figuur 12 is weergegeven waar de damwand moet komen en hoe diep deze doorgezet moet worden om piping rondom en onder de kistdam door te voorkomen. Dankzij het aanvullend grondonderzoek is de benodigde scherm lengte om achterloopsheid te voorkomen aan de noordzijde significant ingekort.



Figuur 12 Locaties en dieptes damwand

Er zijn damwanden op twee dieptes. Dit zijn:

1. Paalniveau op NAP +4,5 m
Start = 49 m ten zuiden van doorlaat
Eind = 28 m ten noorden van doorlaat
2. Paalniveau op NAP +8,5 m
Start = 28 m ten noorden van doorlaat
Eind = 56 m ten noorden van doorlaat

Hieronder worden de conclusies en ontwerp van beide damwanden samengevat.

Damwand 1 (Diep)

Onder de kistdam is op NAP +8,5 m een kleilaag aanwezig. Deze kan achter de doorlaat opbarsten. Om piping hier te voorkomen moet de damwand op een diepte van NAP +4,5m worden aangebracht. Het aanvullend grondonderzoek toont aan dat de kleilaag rond NAP +8,5 m in het gehele voorland aanwezig is. Hierdoor komt het intredepunt bij de Maas te liggen. De afstand tussen in- en uittredepunt is minimaal 111 m (waarvan circa 8 tot 11 m in het onderwatertalud van de Maasoever liggen). Om achterloopsheid te voorkomen moet de kistdam minimaal 49 m doorlopen aan de zuidzijde van de doorlaat en 28 m aan de noordzijde. Hiermee wordt de benodigde kwelweglengte de vereiste 150 m.

Aan de zuidkant sluit deze damwand aan op de groene dijk. De groene dijk heeft een kleikist als pipingmaatregel. Deze maatregel voorkomt ook heave bij zichtjaar 2125. Voor een goede overgang wordt de damwand minimaal 5 m doorgezet in de groene dijk.

Op het talud achter de kleikist komt geen klei bekledingslaag te liggen. Hier wordt aangevuld met zand.

Damwand 2 (Ondiep)

Ten noorden van de diepe damwand moet de damwand tot in de kleilaag doorgezet worden. Dit is tot minimaal NAP +8,5 m. Deze damwand sluit in het zuiden aan op de diepere damwand en in het noorden eindigt deze 56 m ten noorden van de doorlaat.

Op 56 m ten noorden van de doorlaat is geen cohesieve deklaag rond NAP +11,0 m aanwezig. De enige cohesieve laag is de bekledingslaag van de groene dijk. De kleikist die de pipingmaatregel van de groene dijk vormt ligt bij de binnenteen. Deze sluit aan op de buitendijkse damwand van de kistdam. Hiermee wordt een goede overgang naar de groene dijk gerealiseerd en wordt piping via ondiepere kleilagen voorkomen.

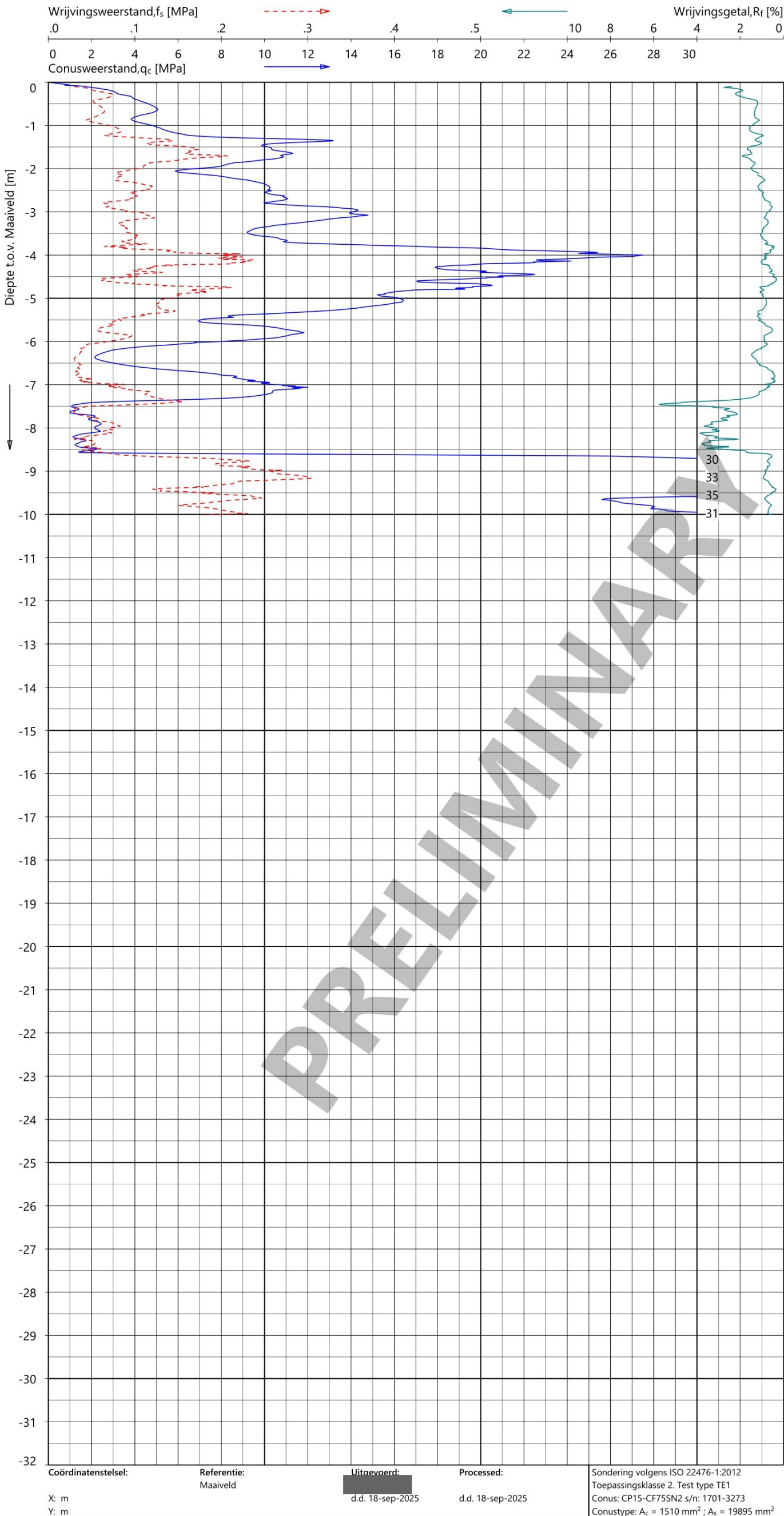
Achter de kleikist komt geen klei bekledingslaag te liggen. Hier wordt aangevuld met zand.

Aandachtspunten ontwerp

Voor de werking van de kleikisten van de groene dijk is het van belang dat er geen kleilaag tussen de kleikist en de maalkom komt te liggen.

Appendix A

Aanvullend grondonderzoek



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

Hellingshoek, α		ZAND, zeer vast / ZAND, kleilig, zeer vast
		ZAND / ZAND, siltig
		ZAND / ZAND, siltig
		ZAND, grindhoudend / ZAND
		ZAND / ZAND, siltig
		ZAND, grindhoudend / ZAND
		ZAND, grindhoudend / ZAND
		ZAND / ZAND, siltig
		ZAND / ZAND, siltig
		ZAND, siltig / SILT, zandig
		ZAND / ZAND, siltig
		KLEI, zandig / SILT
		ZAND, grindhoudend / ZAND
		ZAND, grindhoudend / ZAND
		ZAND, grindhoudend / ZAND

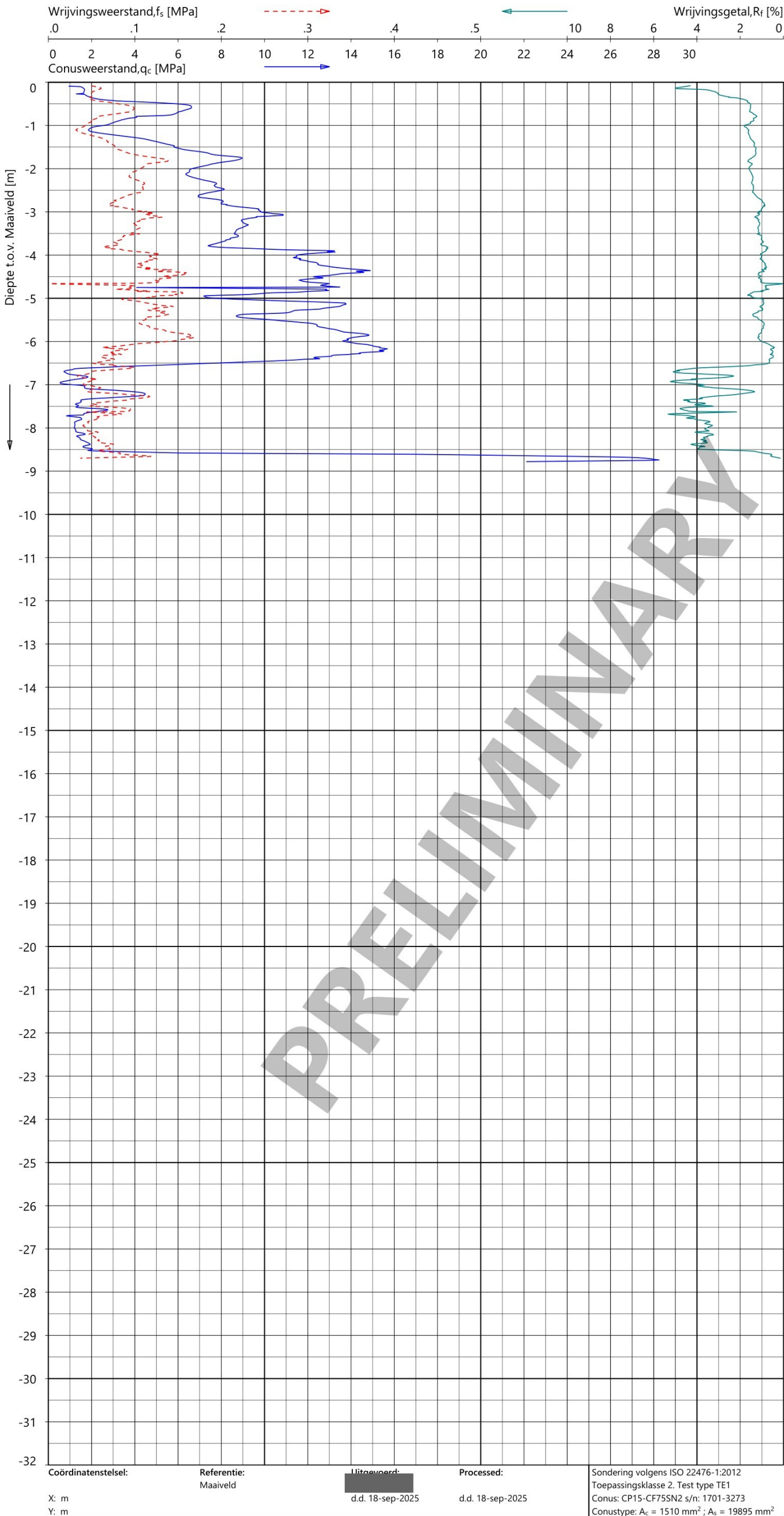
Coördinatenstelsel:	Referentie:	Uitgevoerd:	Processed:	Sondering volgens ISO 22476-1:2012
X: m	Maaiveld	d.d. 18-sep-2025	d.d. 18-sep-2025	Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Y: m				Conus: CP15-CF75SN2 s/n: 1701-3273
				Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJK KLEEFMETING

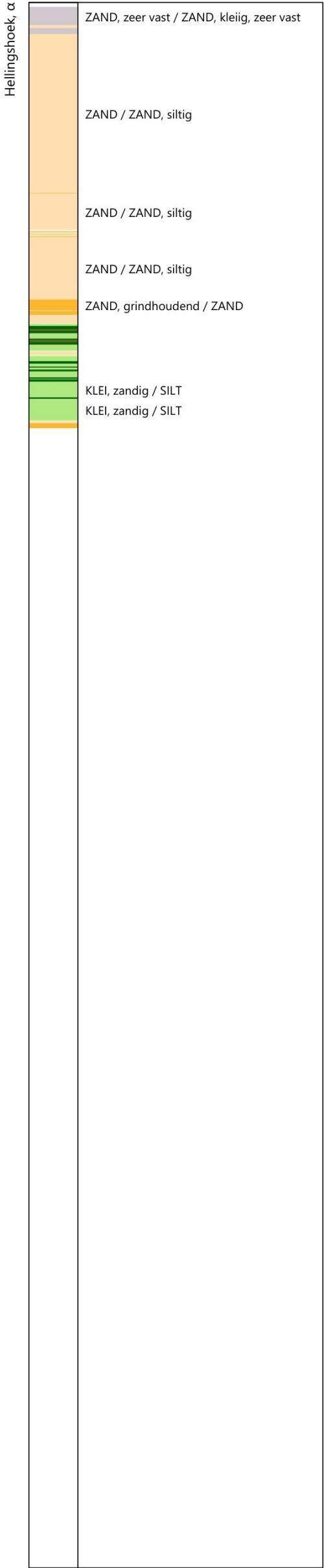
DIJKVERSTERKING ARZEN VELDONDERZOEK

Opdracht 503820
Sondering DKM201





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



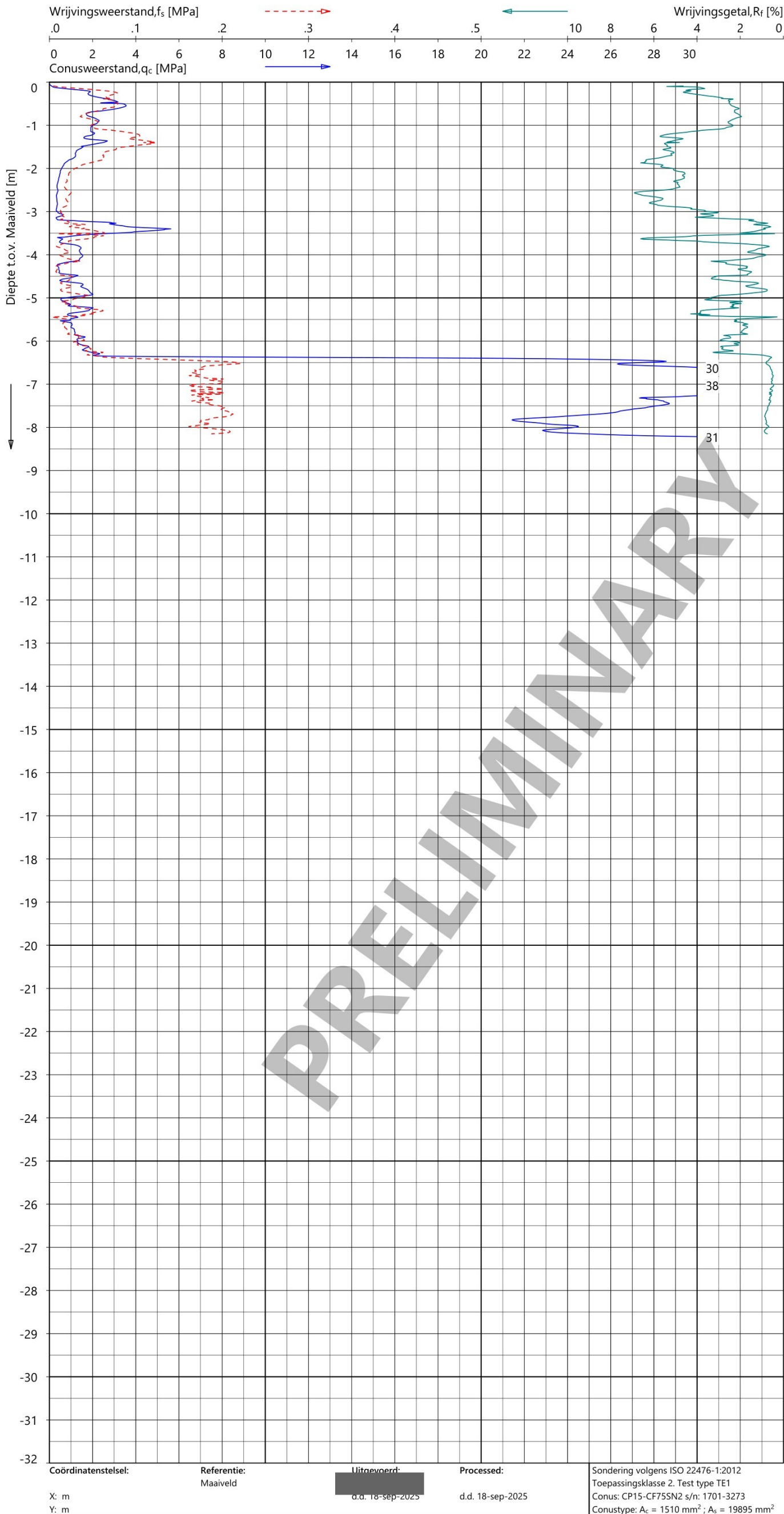
Coördinatenstelsel: Referentie: Maaiveld Uitgevoerd: d.d. 18-sep-2025 Processed: d.d. 18-sep-2025 Sondering volgens ISO 22476-1:2012 Toepassingsklasse 2. Test type TE1 Conus: CP15-CF75SN2 s/n: 1701-3273 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJK KLEEFMETING

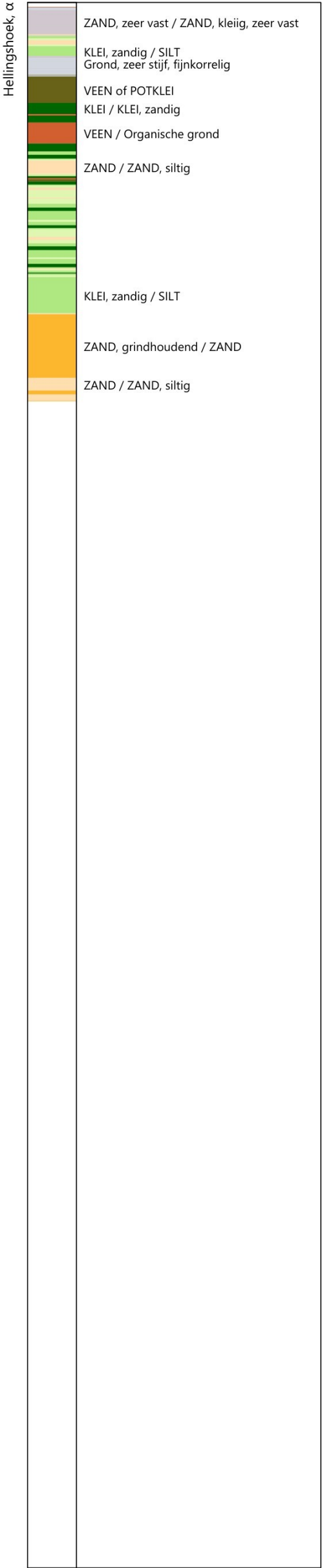
DIJKVERSTERKING ARZEN VELDONDERZOEK

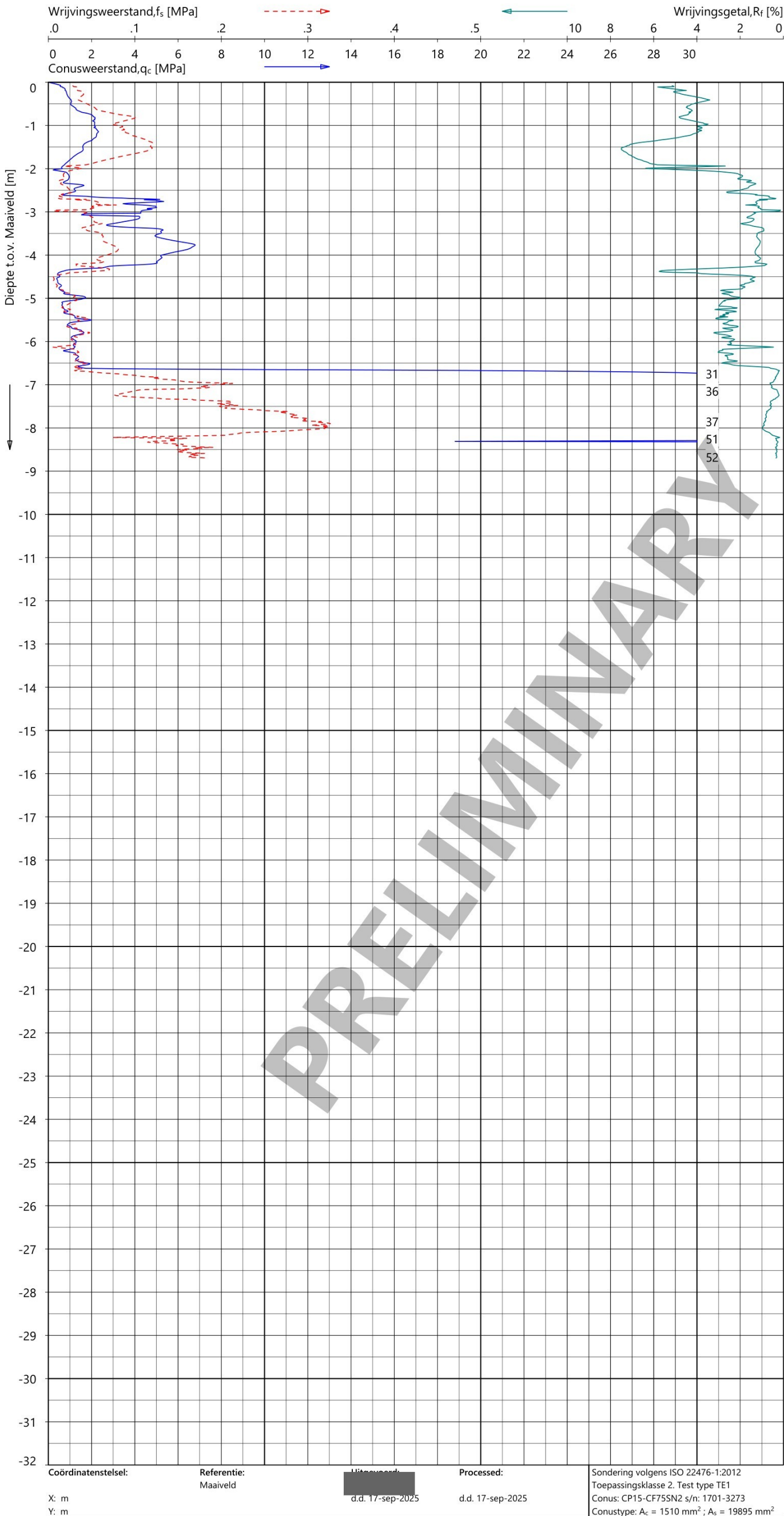
Opdracht 503820
Sondering DKM202



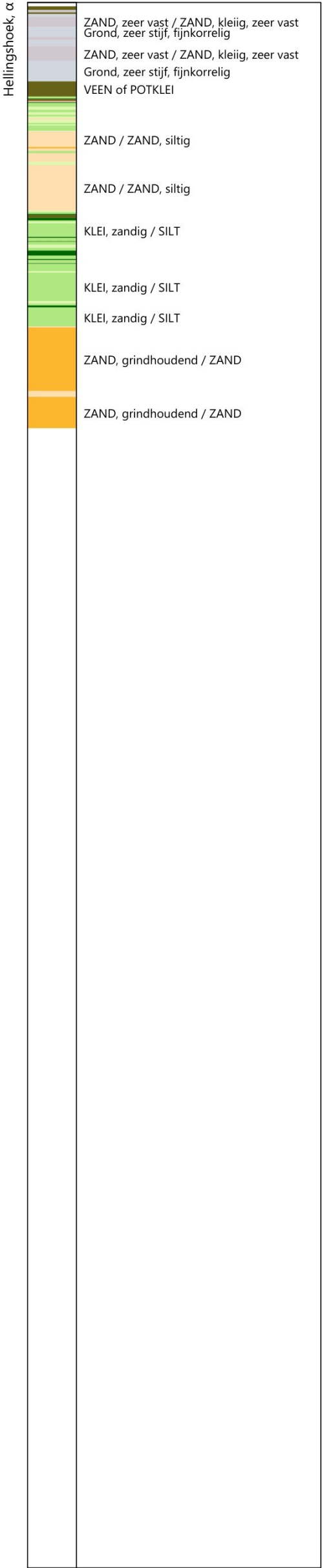


Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder het grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)





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

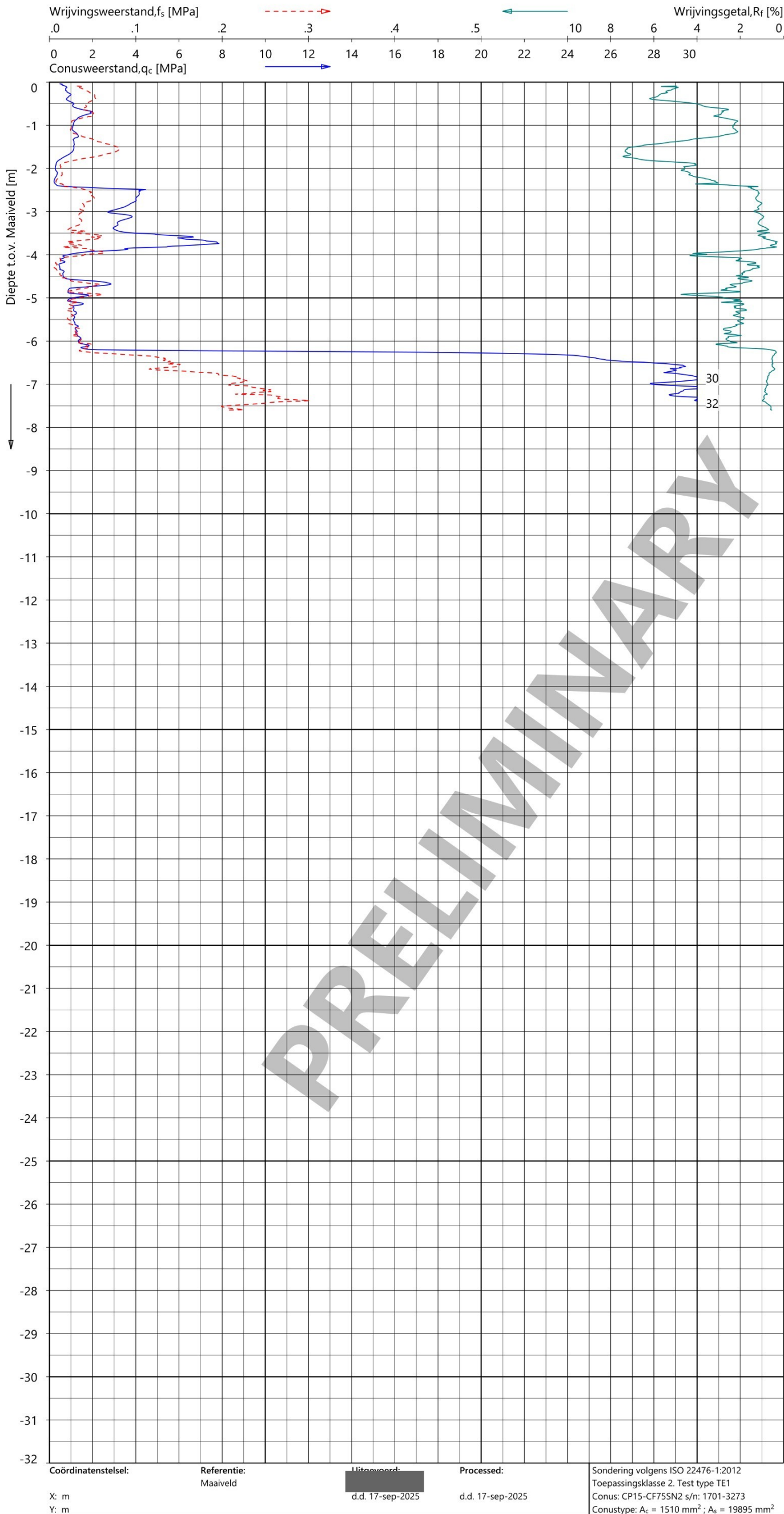


SONDERING MET PLAATSELIJK KLEEFMETING

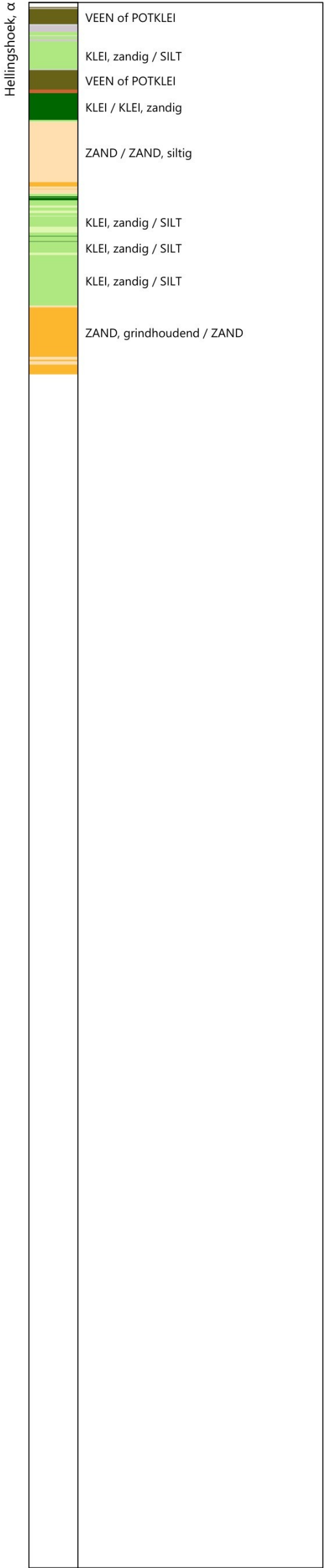
DIJKVERSTERKING ARZEN VELDONDERZOEK

Opdracht 503820
Sondering DKM206





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

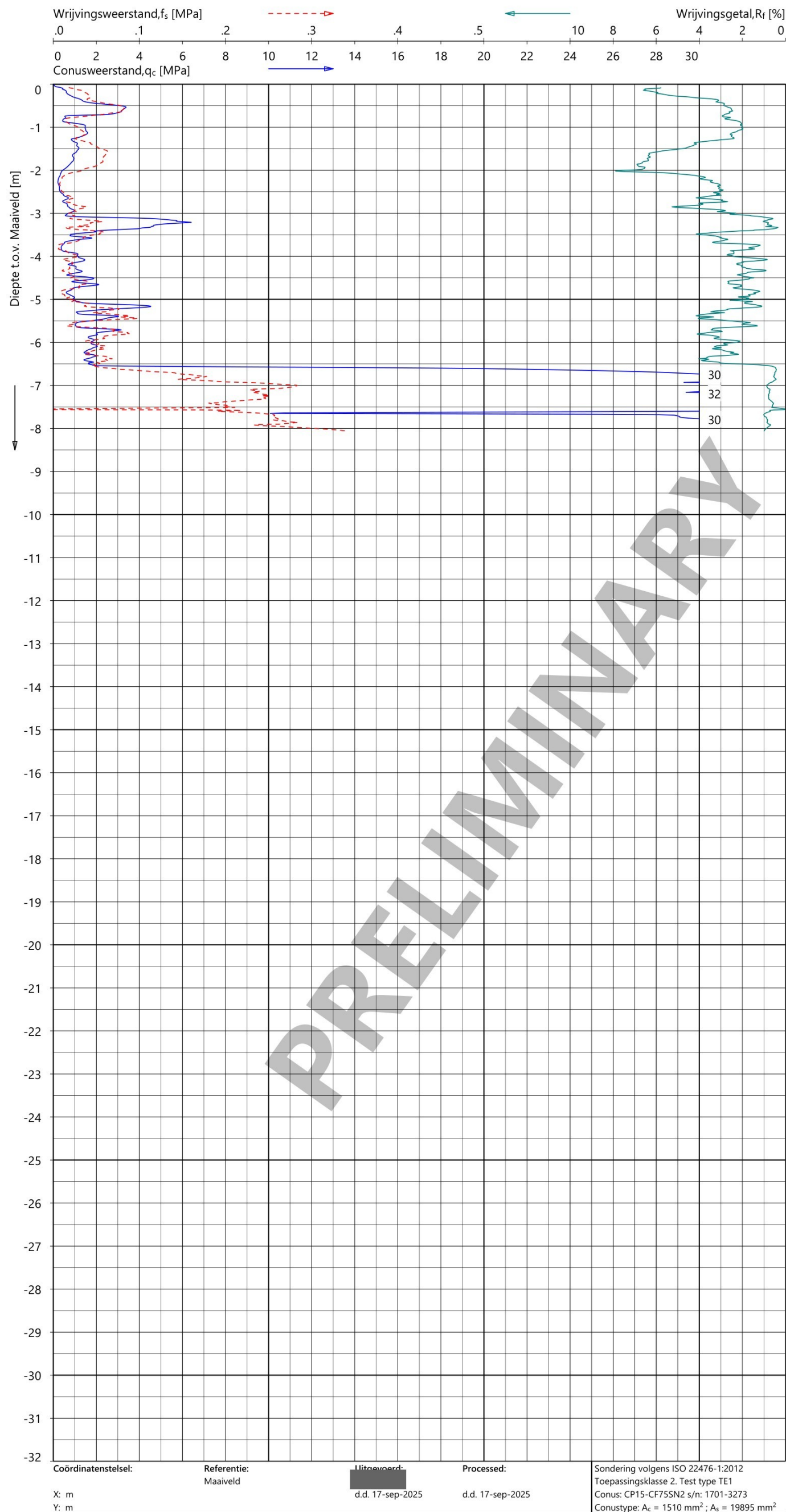


SONDERING MET PLAATSELIJK KLEEFMETING

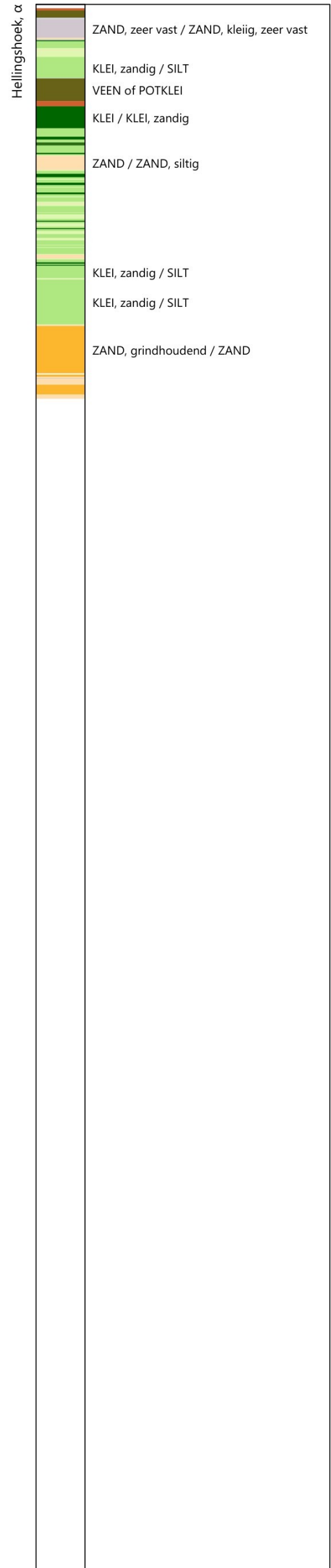
DIJKVERSTERKING ARZEN VELDONDERZOEK

Opdracht 503820
Sondering DKM207





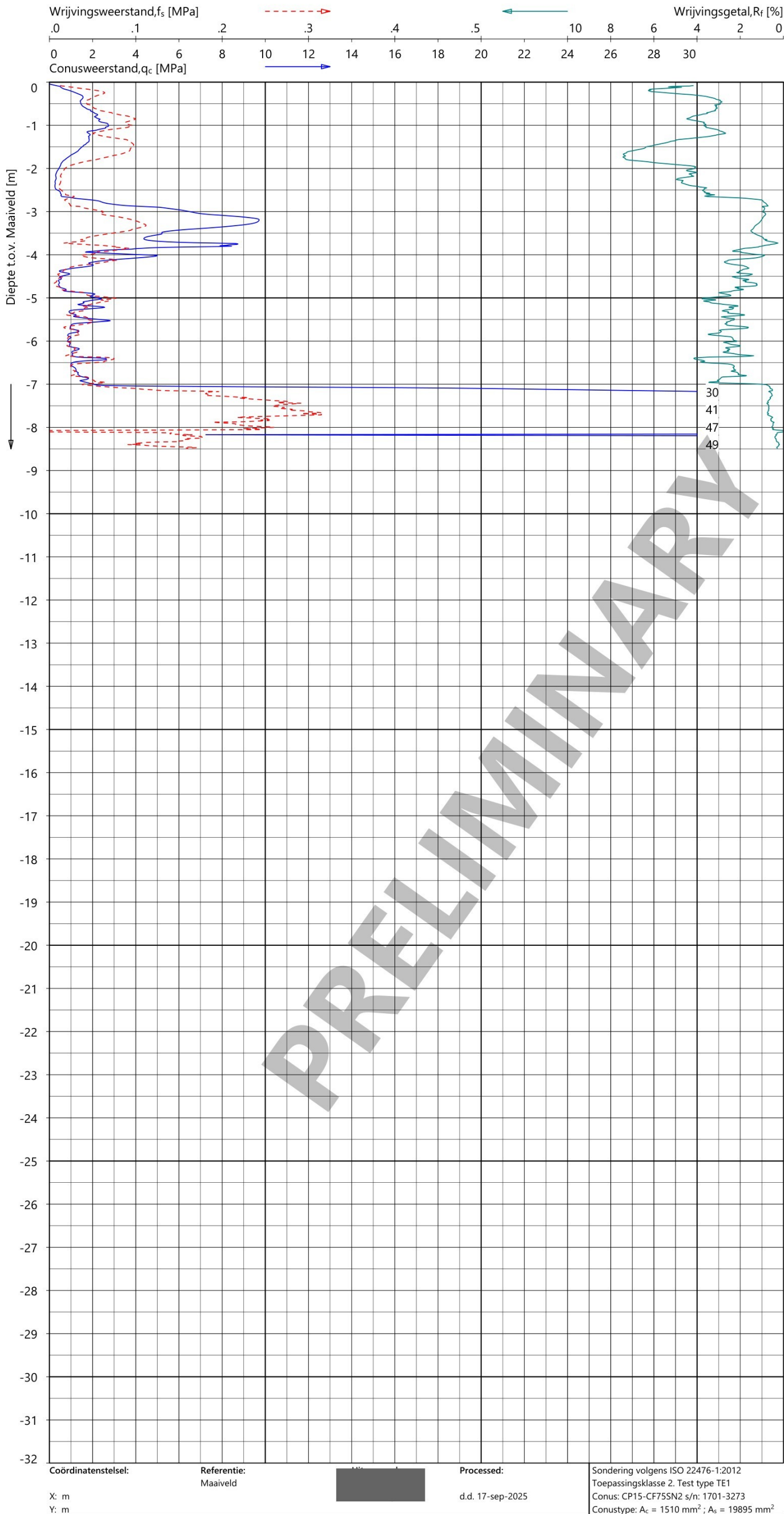
Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder het grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



SONDERING MET PLAATSELIJK KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING ARZEN VELDONDERZOEK

Opdracht 503820
Sondering DKM208



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

Diepte t.o.v. Maaiveld [m]	Helingshoek, α	Bodemtype	Beschrijving
0	1	ZAND, zeer vast / ZAND, kleiig, zeer vast	
0	2	ZAND, zeer vast / ZAND, kleiig, zeer vast	
0	3	Grond, zeer stijf, fijnkorrelig VEEN of POTKLEI	
0	4	KLEI / KLEI, zandig	
0	5	ZAND / ZAND, siltig	
0	6	KLEI, zandig / SILT	
0	7	KLEI, zandig / SILT	
0	8	KLEI, zandig / SILT	
0	9	KLEI, zandig / SILT	
0	10	KLEI, zandig / SILT	
0	11	ZAND, grindhoudend / ZAND	
0	12	ZAND, grindhoudend / ZAND	

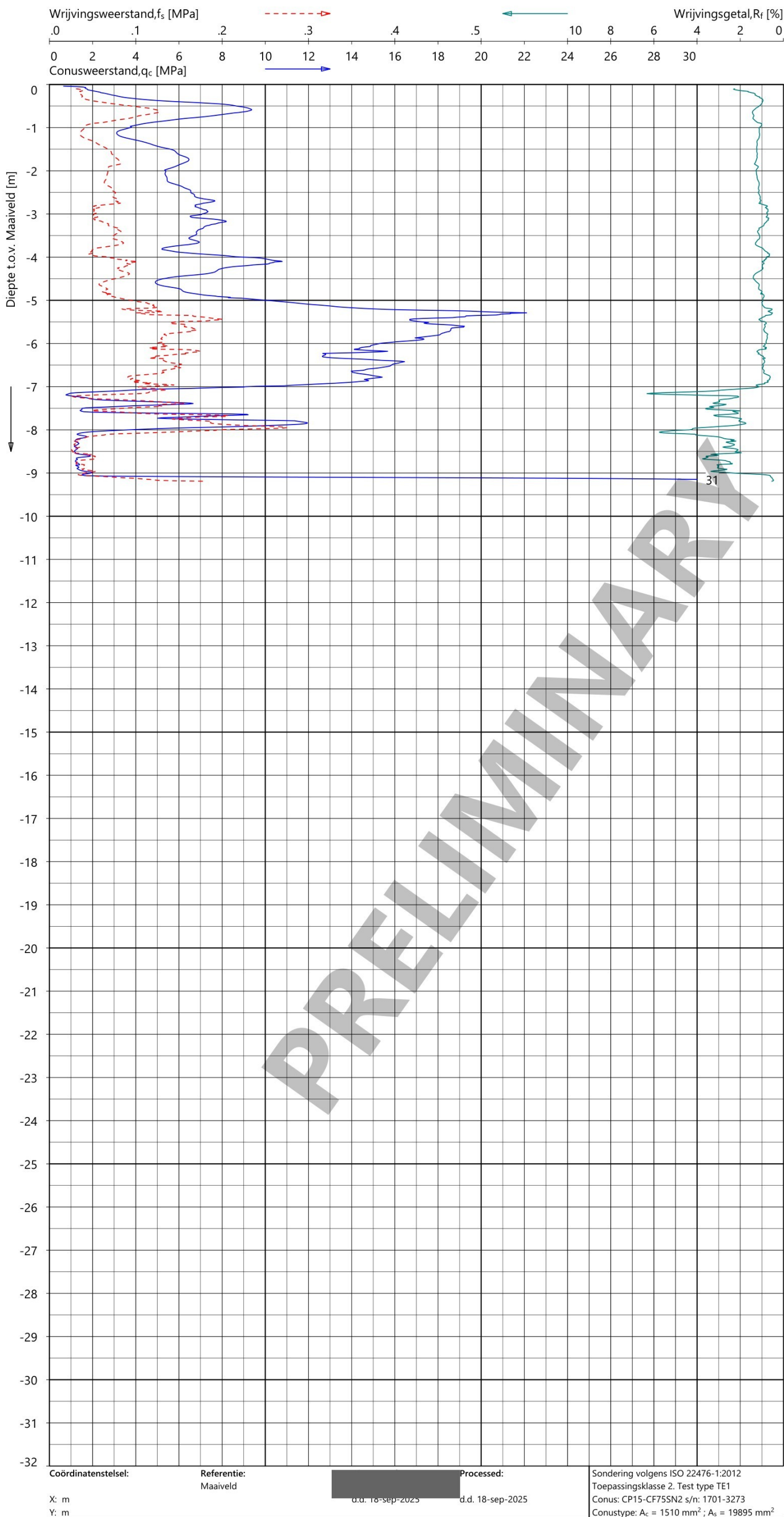
Coördinatenstelsel: Referentie: Maaiveld
X: m Y: m
Processed: d.d. 17-sep-2025
Sondering volgens ISO 22476-1:2012
Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conus: CP15-CF75SN2 s/n: 1701-3273
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJK KLEEFMETING

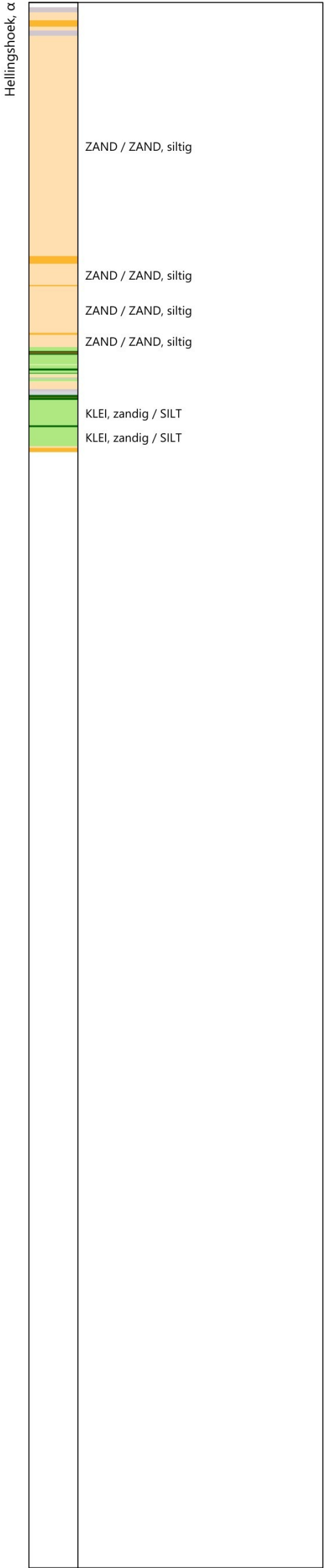
DIJKVERSTERKING ARZEN VELDONDERZOEK

Opdracht 503820
Sondering DKM209





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



Coördinatenstelsel: Referentie: Maaiveld Processed: Sondering volgens ISO 22476-1:2012
X: m Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Y: m Conus: CP15-CF75SN2 s/n: 1701-3273
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJK KLEEFMETING

DIJKVERSTERKING ARZEN VELDONDERZOEK

Opdracht 503820
Sondering DKM210



Appendix B

D-GeoFlow

B.1 Inleiding

Om de minimaal benodigde horizontale kwelweglengte onder de diepere kleilaag bij de kistdam Watermolen te bepalen, is een D-Geo Flow berekening uitgevoerd. Dit is gedaan om de invloed van een meerlaags watervoerend pakket, met een zeer doorlatende laag onderin en een minder doorlatende laag bovenin, zo goed mogelijk mee te nemen.

B.2 Methode

Er is een watervoerend pakket met twee zandlagen (Beegden zand en Beegden grof zand/grind) gemodelleerd. Met D-Geo Flow is een 'Critical head'-berekening uitgevoerd (conform *Factsheet D-Geo Flow*, Deltares (2020)) om te bepalen of de kwelweglengte voldoende is.

Er is begonnen met kwelweglengte van 160 m lang. Dit is iets minder dan berekend was met de analytische formule van Sellmeijer. Vervolgens is de kwelweglengte verkort, totdat de berekende critical head net groter is dan de rekenwaarde van de minimaal benodigde stijghoogte.

B.3 Uitgangspunten

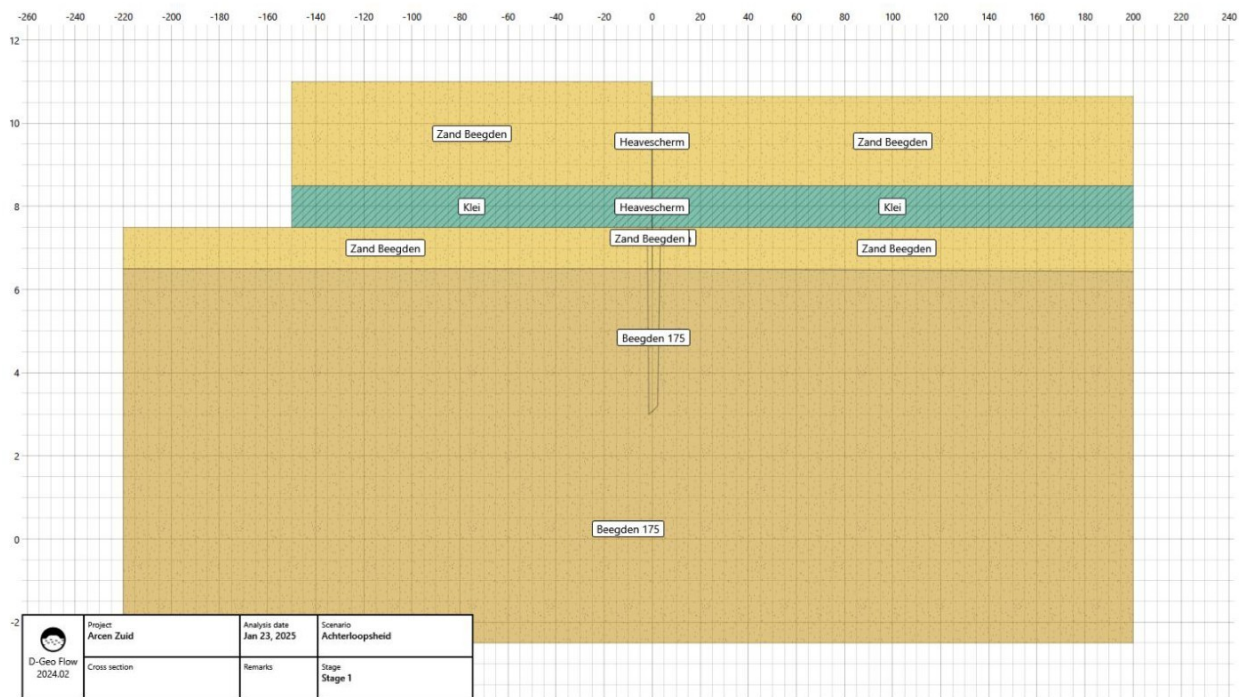
B.3.1 Software

D-Geo Flow versie 2024.02.

B.3.2 Geometrie

Het model richt zich voornamelijk om het modelleren van de twee lagen van het watervoerend pakket. Om een stabiele pipe te krijgen, zijn daarnaast nog twee grondlagen gemodelleerd; zie figuur 13.

Het model heeft een lengte van 420 m.



Figuur 13 Geometrie D-Geo Flow Kistdam Watermolen

B.3.3 Bodemopbouw

Er zijn vier grondlagen gemodelleerd: twee zandlagen van het watervoerend pakket, de kleilaag waaronder de pipe groeit en het zandpakket boven de kleilaag. De afsluitende (klei)laag op NAP -2,5 m is niet gemodelleerd. In plaats daarvan is een closed boundary aan de onderzijde van het model aangehouden.

Table B.1: Bodemopbouw D-Geo Flow Kistdam watermolen, incl. doorlatendheden en elementgrootte

Grondlaag	Bovenzijde laag [m NAP]	k_h [m/dag]	k_v [m/dag]	Elementgrootte [m]
Beegden zand	+11	75	15	4
Klei	+8,5	0,1	0,1	0,5
Beegden zand	+7,5	75	15	0,5
Beegden grof zand/grind	+6,5	175	35	4

B.3.4 Boundary conditions (randvoorwaarden)

Er zijn drie boundary conditions opgegeven:

1. Voorland: NAP +17,82 m; NB: in de Critical Head berekening is de stijghoogte van deze boundary verhoogd om het kritieke verval te berekenen.
2. Achterland direct achter voorste damwand kistdam: NAP +13,7 m.
3. Achterland: NAP +13,3 m. Dit is de minimale waterstand in de maalkom

In onderstaand figuur 14 is de ligging van de boundary conditions weergegeven. In D-Geo Flow is dit omgezet naar een 2D profiel.



Figuur 14 Schematisering boundary conditions

B.3.5 Minimaal benodigde kritieke stijghoogte (rekenwaarde)

Alle veiligheidsfactoren worden in de D-Geo Flow berekening over het kritieke verval gezet. Bij een gegeven waarde voor de stijghoogte bij het uittredepunt kan daarmee de minimale kritieke stijghoogte aan de rivierzijde worden berekend.

De rekenwaarde van het kritieke verval is als volgt bepaald:

$$\Delta H \leq \frac{\Delta H_c}{\gamma_{pip} \cdot \gamma_{b,p}} \rightarrow \Delta H_c \geq \Delta H \cdot \gamma_{pip} \cdot \gamma_{b,p}$$

Waarin:

ΔH_c = Kritiek verval [m] = Kritieke

ΔH = Optredend verval = WBN - h_{exit} - 0,3 * $D_{deklaag}$ [m]

$D_{deklaag}$ = Dikte van de deklaag [m]

γ_{pip} = Veiligheidsfactor voor het deelmechanisme terugschrijdende erosie = 1,71

$\gamma_{b,p}$ = Schematiseringsfactor piping = 1,1

B.3.6 Rekeninstellingen

Er is een berekening uitgevoerd van het type 'Critical Head'. Boundary 1 (de waterstand in het voorland) is ingesteld als 'Critical Head' randvoorwaarde. Er is een pipe gemodelleerd van het uittredepunt ($x = 0$) tot het intredepunt ($x = -150$). Voor de pipe is een elementgrootte van 1,0 m aangehouden en een $d_{70} = 393 \mu\text{m}$ (conform Uitgangspuntennota).

De locatie van het uittredepunt is iteratief aangepast tot de laagst toegestane Critical Head (zie A.3.5) is bereikt.

B.4 Berekeningsresultaten

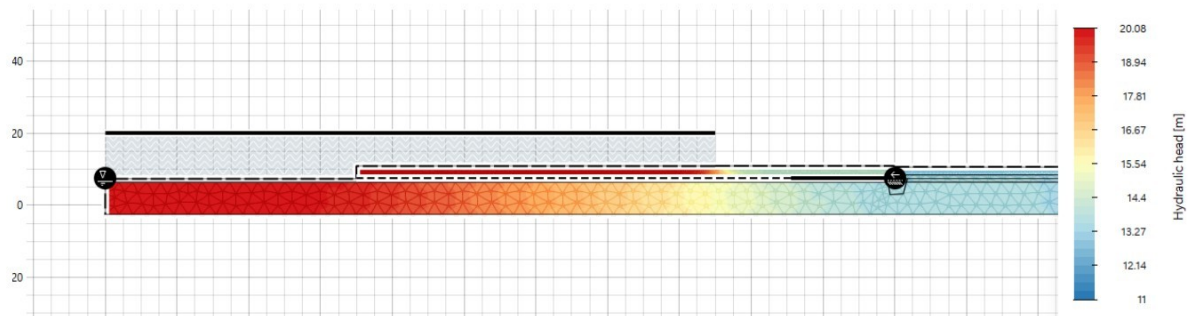
Bij een aanwezige kwelweglengte van 140 m is de Critical Head die wordt berekend, NAP +20,08 m. Dit is weergegeven in figuur 14.

$$\Delta H = h - h_{exit} - r_c D_{deklaag} = 17,82 - 13,3 - 0,3 * 3,15 = 3,58 \text{ m}$$

$$\Delta H_c = H_c - h_{exit} = 20,08 - 13,3 = 6,78 \text{ m}$$

$$\Delta H \leq \frac{\Delta H_c}{\gamma_{pip} \gamma_{b;p}} = 3,58 \leq \frac{6,78}{1,71 * 1,1} = 3,58 \leq 3,61 \rightarrow \text{Voldoet}$$

Bij een kwelweglengte van 150 m is de berekende critical head groter dan de minimaal vereiste critical head. Hiermee wordt voldaan aan de gestelde eisen.



Figuur 15 Berekende Critical head

Appendix D

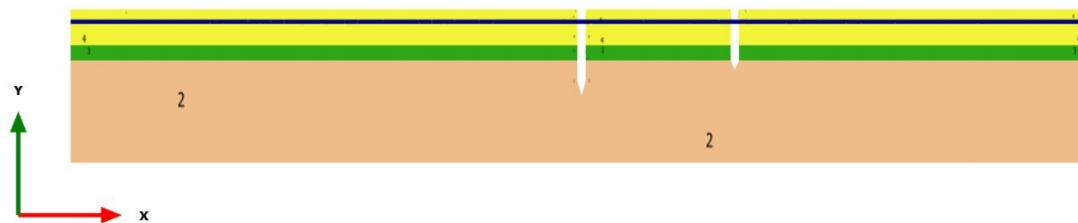
Plaxisberekeningen

D.1 Doorsnede 'Dijk'

PLAXIS Report

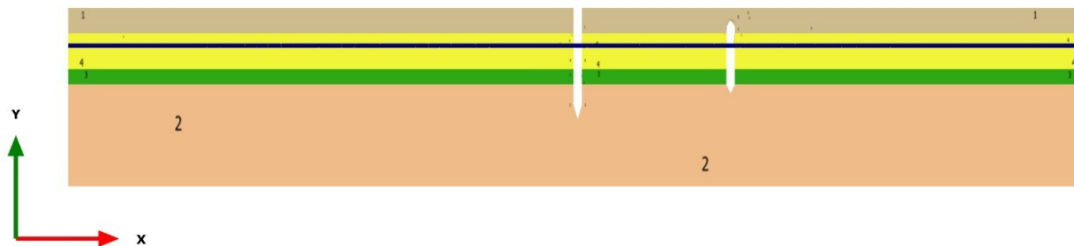
Filename	doorsnede1_Arcen_DO.p2dx
Directory	C:\Users\ [REDACTED] \OneDrive - Fugro\Documents\Projecten\2423-247385 - Arcen\05 Kistdam\Plaxis\DO\Doorsnede_1_dijk\
Model	Plane strain
Elements	15-Noded
PLAXIS Version	Version 2024.3.0.95

1.1.1.1 Calculation results, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Materials plot



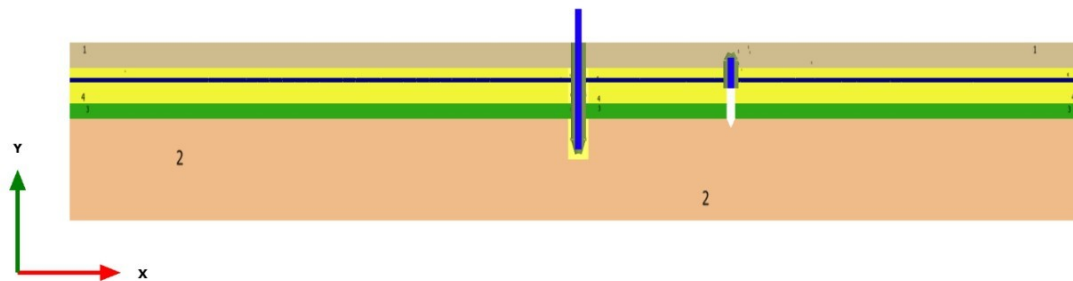
Materials plot

1.1.1.2 Calculation results, 2.a Aanleg bouwplateau [Phase_1] (1/18), Materials plot



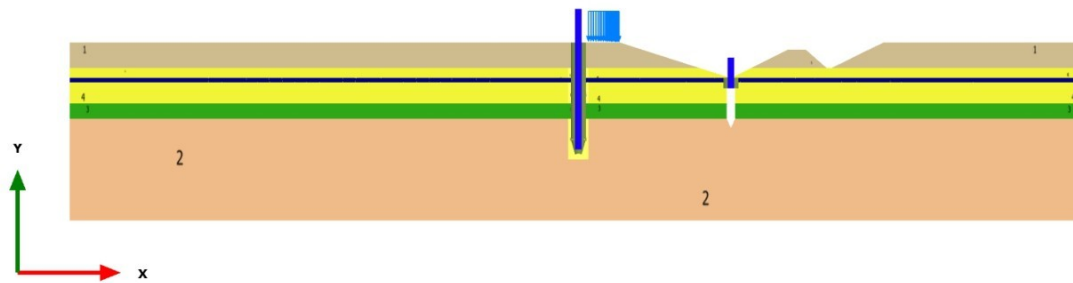
Materials plot

1.1.1.3 Calculation results, 2.b Aanbrengen damwanden [Phase_2] (2/21), Materials plot



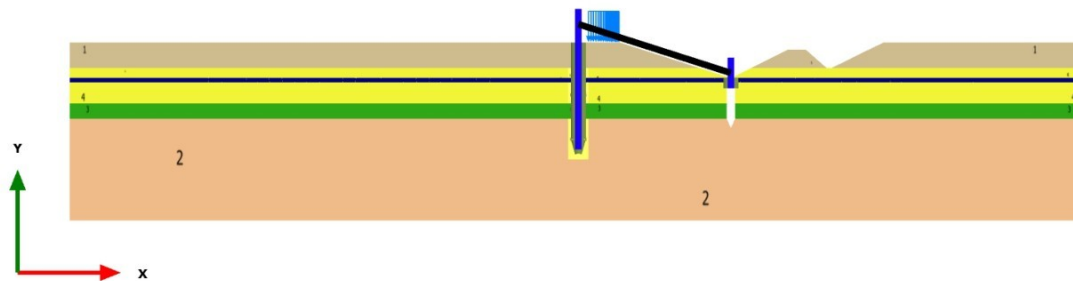
Materials plot

1.1.1.4 Calculation results, 2.c1 Ontgraven voor ankers [Phase_3] (3/26), Materials plot



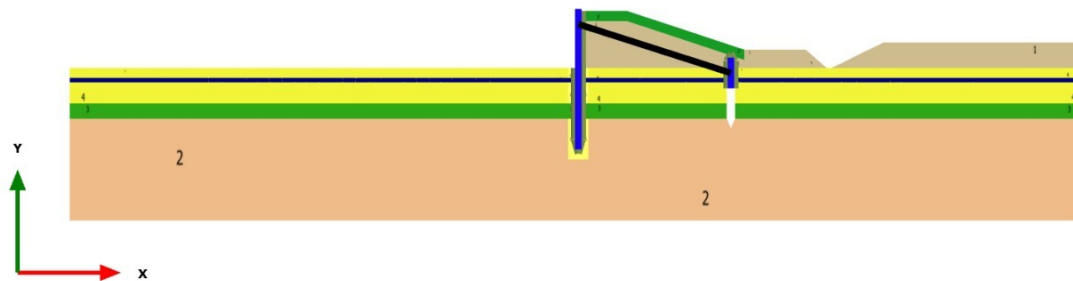
Materials plot

1.1.1.5 Calculation results, 2.c2 aanbrengen ankers [Phase_41] (41/29), Materials plot



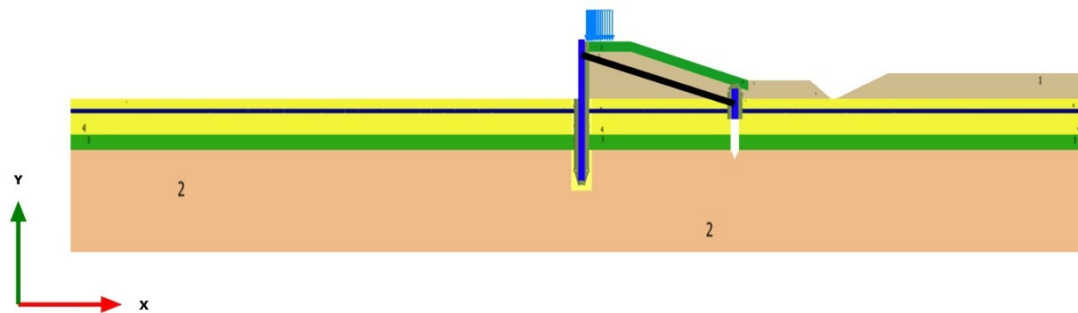
Materials plot

1.1.1.6 Calculation results, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/40), Materials plot



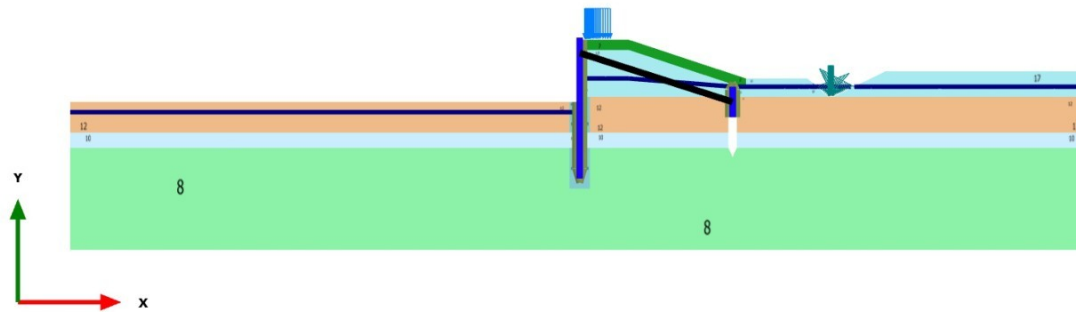
Materials plot

1.1.1.7 Calculation results, Dagelijks_verkeer [Phase_10] (10/44), Materials plot



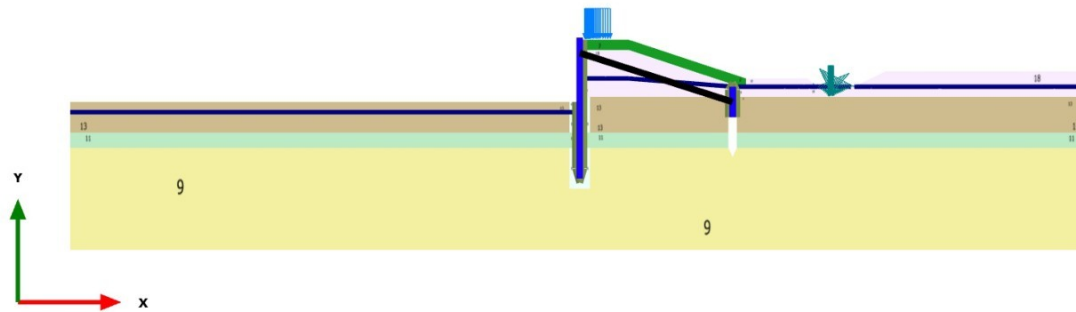
Materials plot

1.1.1.8 Calculation results, regen + verkeer 6.3 [Phase_17] (17/56), Materials plot



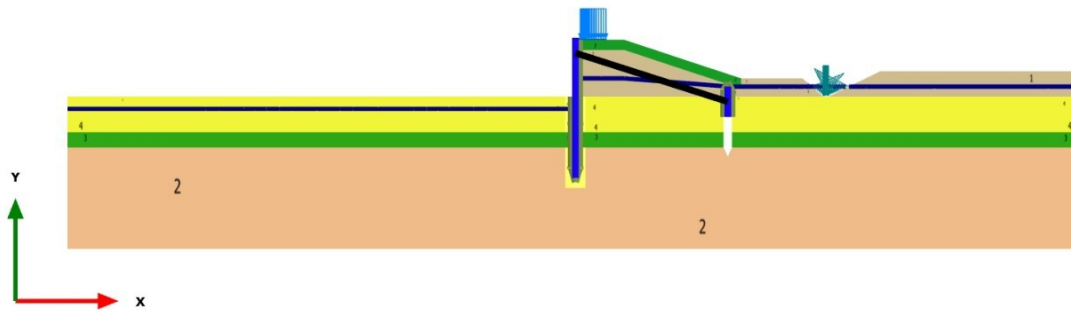
Materials plot

1.1.1.9 Calculation results, regen + verkeer 6.4 [Phase_18] (18/62), Materials plot



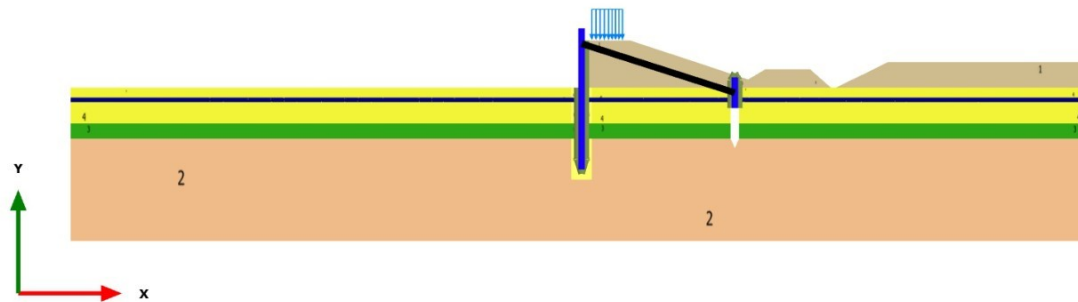
Materials plot

1.1.1.10 Calculation results, regen + verkeer aanrijding [Phase_19] (19/65), Materials plot



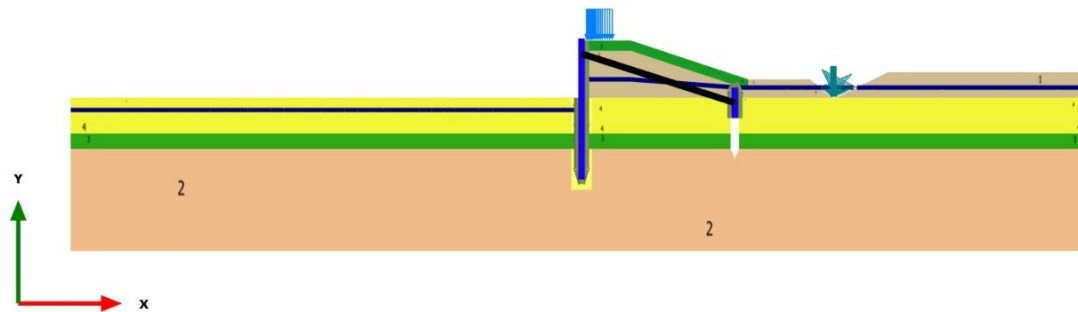
Materials plot

1.1.1.11 Calculation results, 2.d aanvulling 1 [Phase_42] (42/124), Materials plot



Materials plot

1.1.1.12 Calculation results, regen + verkeer [Phase_16] (16/344), Materials plot



Materials plot

2.1.1.1.1 Calculation results, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Total displacements

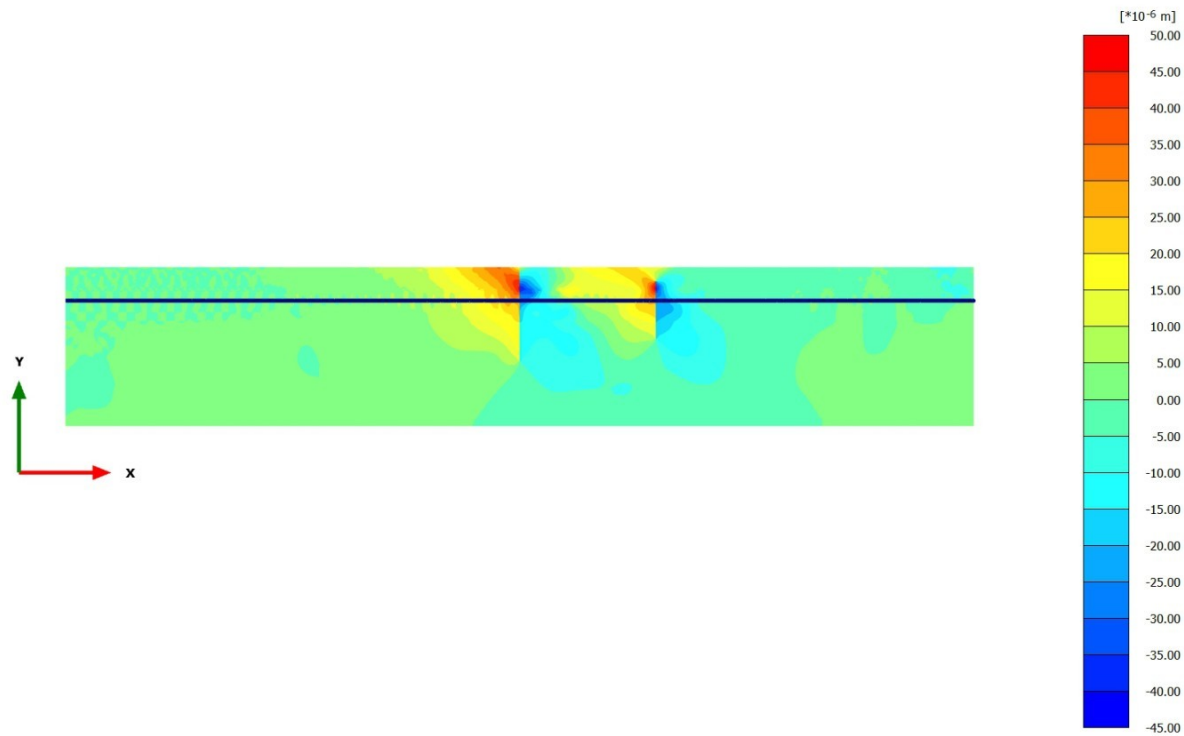
u_x



Total displacements u_x (at true scale)

Uniform value of 0.000 m

2.1.1.1.2 Calculation results, 2.a Aanleg bouwplateau [Phase_1] (1/18), Total displacements u_x

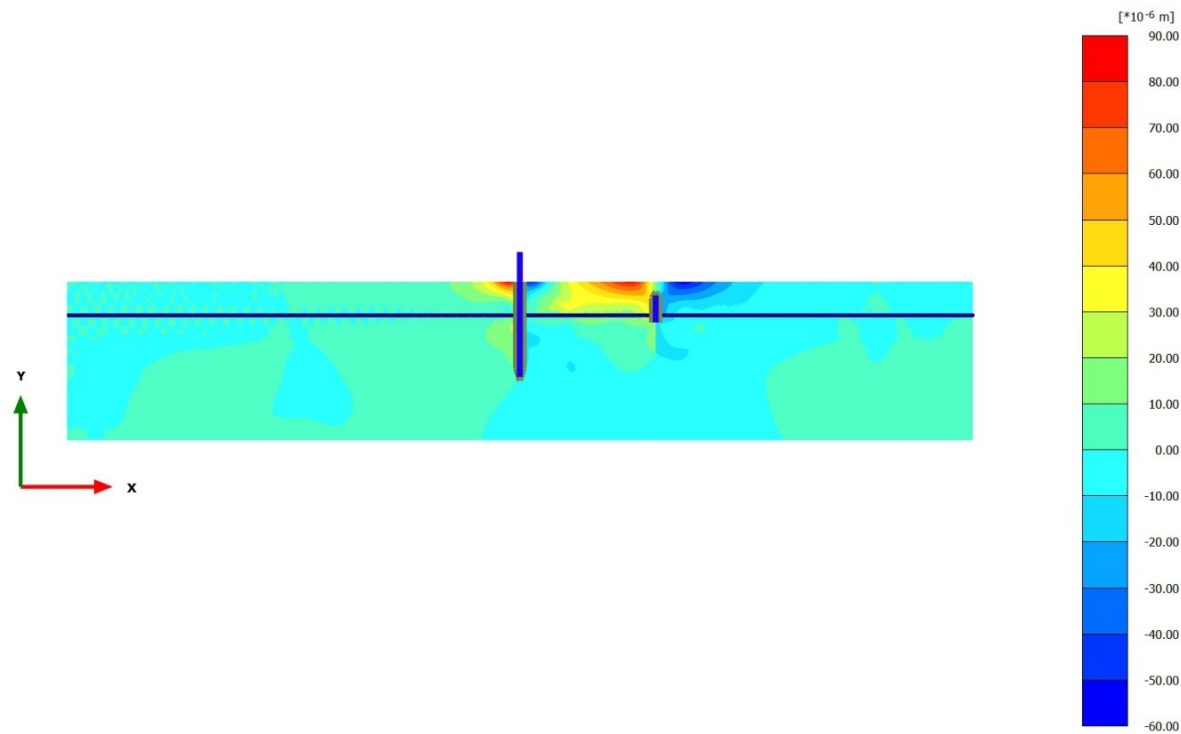


Total displacements u_x (scaled up $50.0 \cdot 10^3$ times) (Time 3652 day)

Maximum value = $0.04952 \cdot 10^{-3}$ m (Element 608 at Node 11344)

Minimum value = $-0.04078 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1200 at Node 7743)

2.1.1.1.3 Calculation results, 2.b Aanbrengen damwanden [Phase_2] (2/21), Total displacements u_x

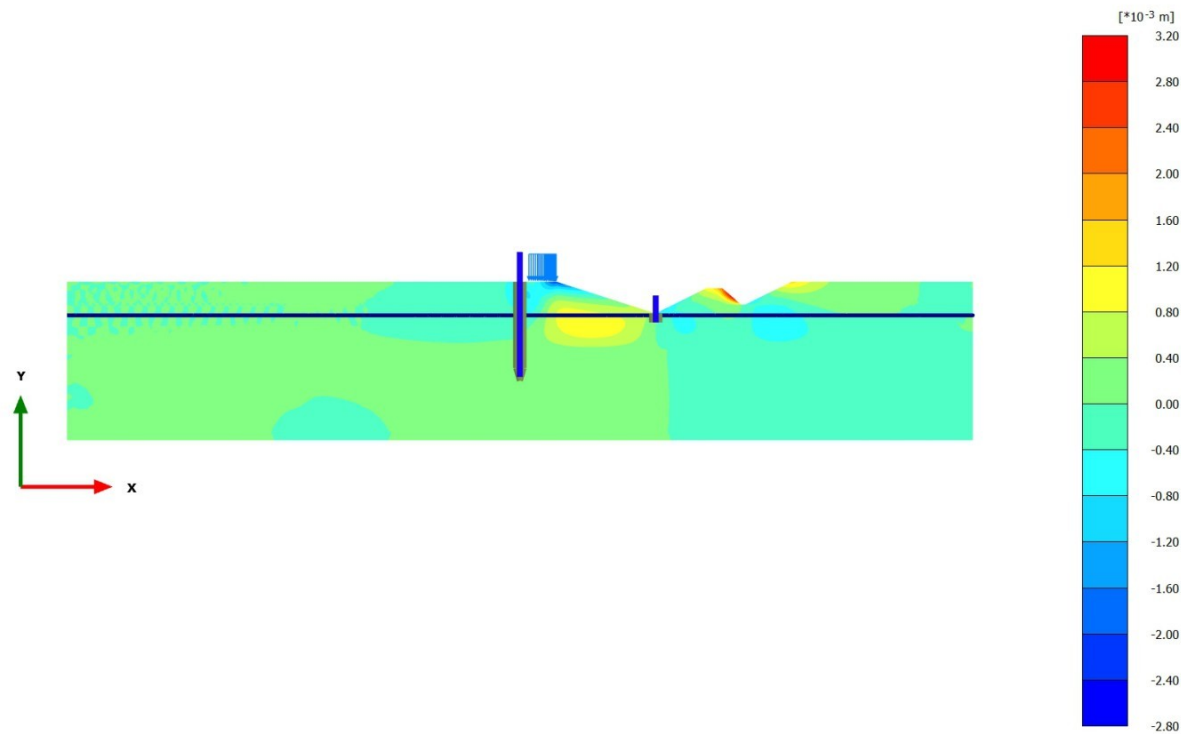


Total displacements u_x (scaled up $20.0 \cdot 10^3$ times) (Time 3653 day)

Maximum value = $0.08764 \cdot 10^{-3}$ m (Element 943 at Node 5295)

Minimum value = $-0.05710 \cdot 10^{-3}$ m (Element 583 at Node 15452)

2.1.1.1.4 Calculation results, 2.c1 Ontgraven voor ankers [Phase_3] (3/26), Total displacements u_x

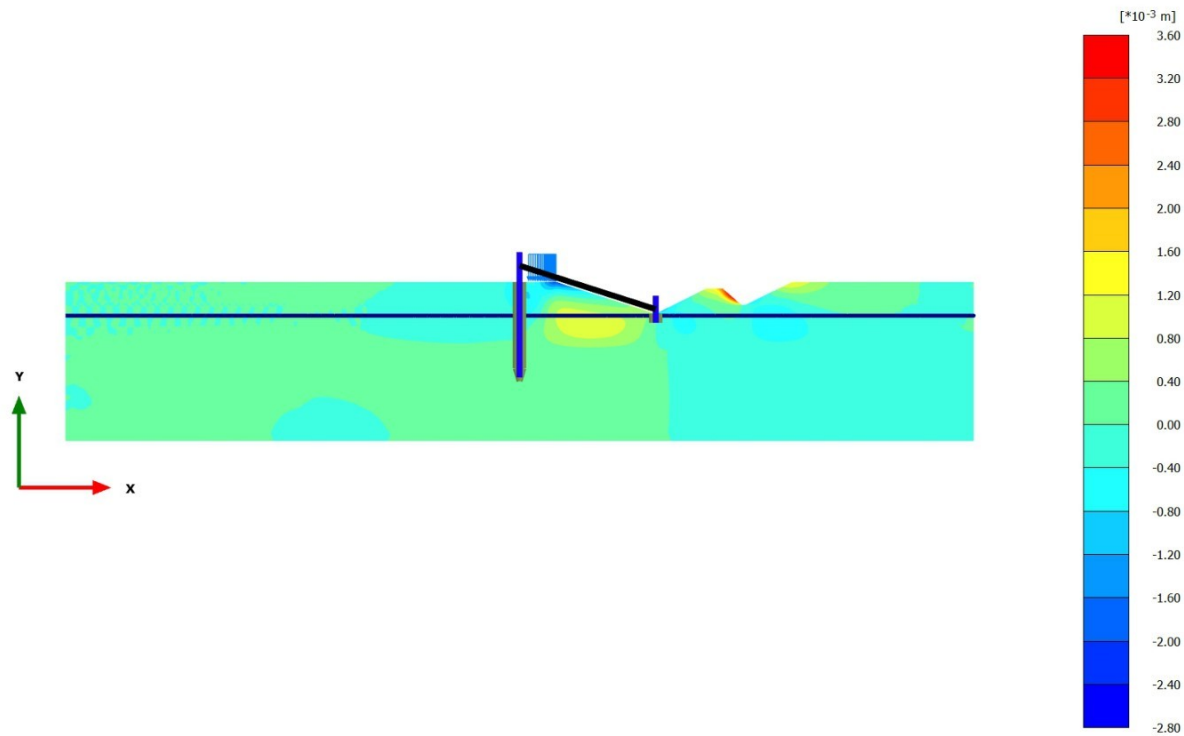


Total displacements u_x (scaled up 500 times) (Time 3654 day)

Maximum value = 3.024 $\times 10^{-3}$ m (Element 1349 at Node 15857)

Minimum value = -2.422 $\times 10^{-3}$ m (Element 1346 at Node 5800)

2.1.1.1.5 Calculation results, 2.c2 aanbrengen ankers [Phase_41] (41/29), Total displacements u_x

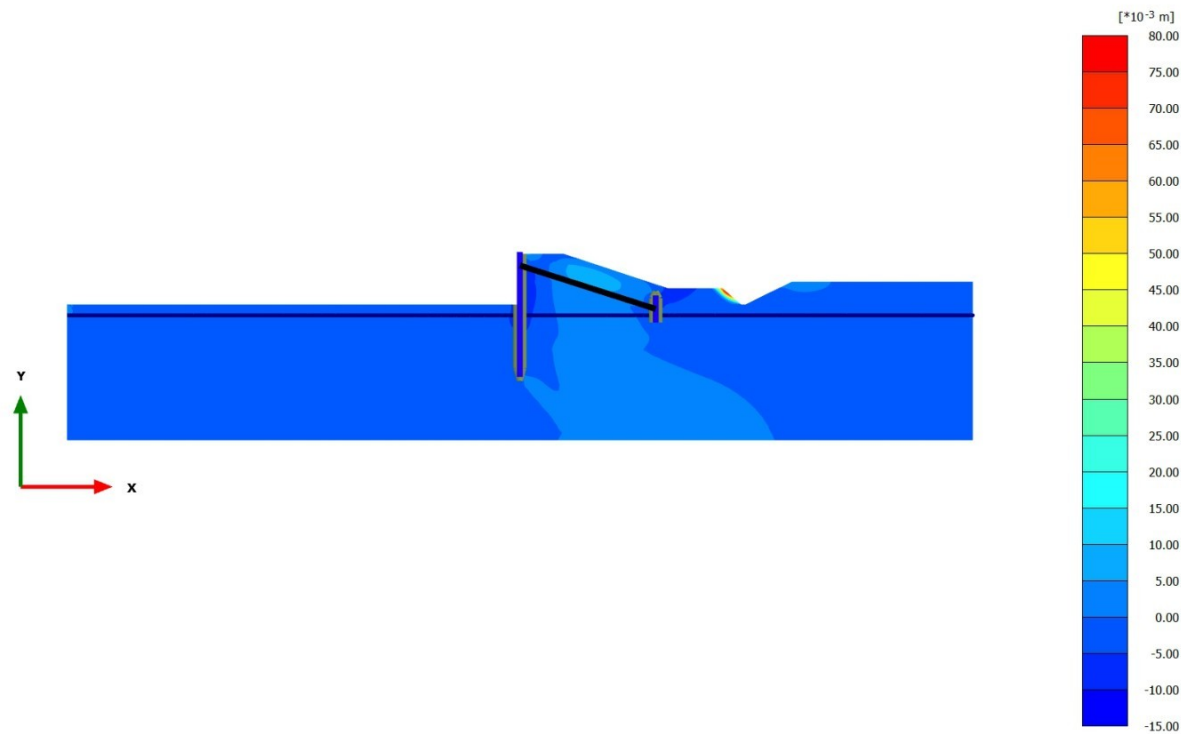


Total displacements u_x (scaled up 500 times) (Time 3655 day)

Maximum value = 3.432 $\times 10^{-3}$ m (Element 1349 at Node 15857)

Minimum value = -2.403 $\times 10^{-3}$ m (Element 1346 at Node 5800)

2.1.1.1.6 Calculation results, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/40), Total displacements u_x

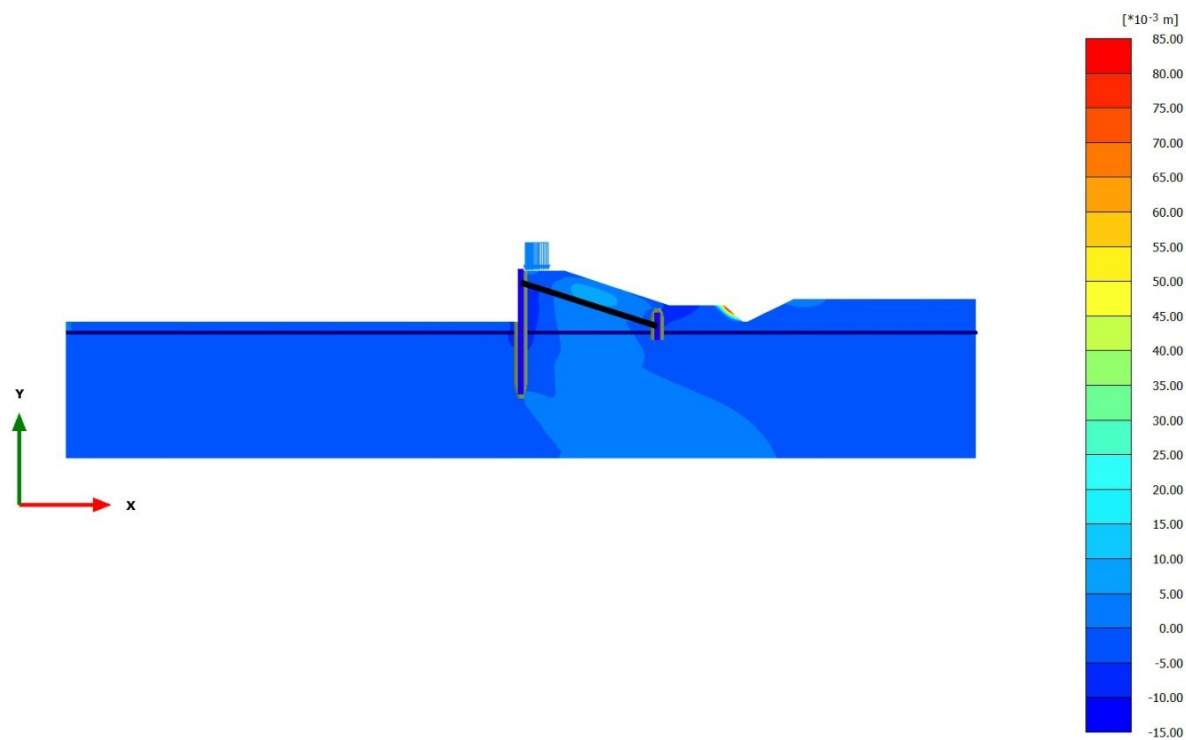


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.07761 m (Element 1356 at Node 15841)

Minimum value = -0.01060 m (Element 1194 at Node 5353)

2.1.1.1.7 Calculation results, Dagelijks_verkeer [Phase_10] (10/44), Total displacements u_x

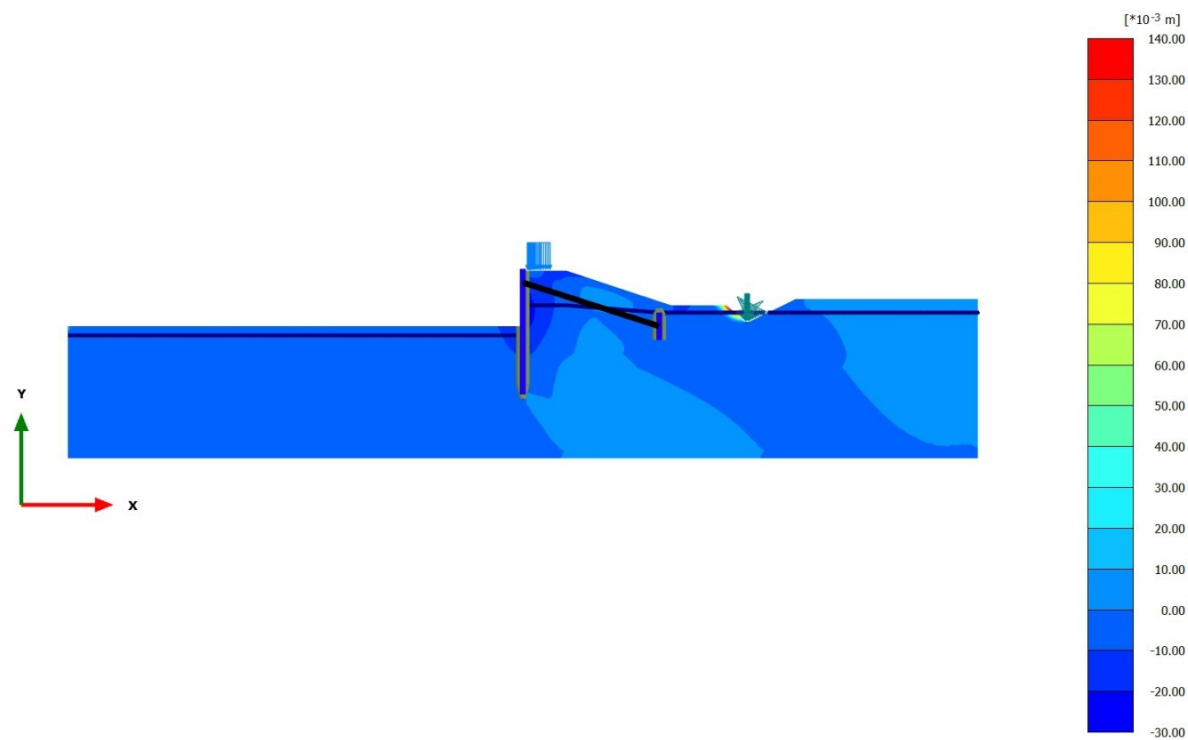


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.08015 m (Element 1356 at Node 15841)

Minimum value = -0.01196 m (Element 1186 at Node 5357)

2.1.1.1.8 Calculation results, regen + verkeer 6.3 [Phase_17] (17/56), Total displacements u_x

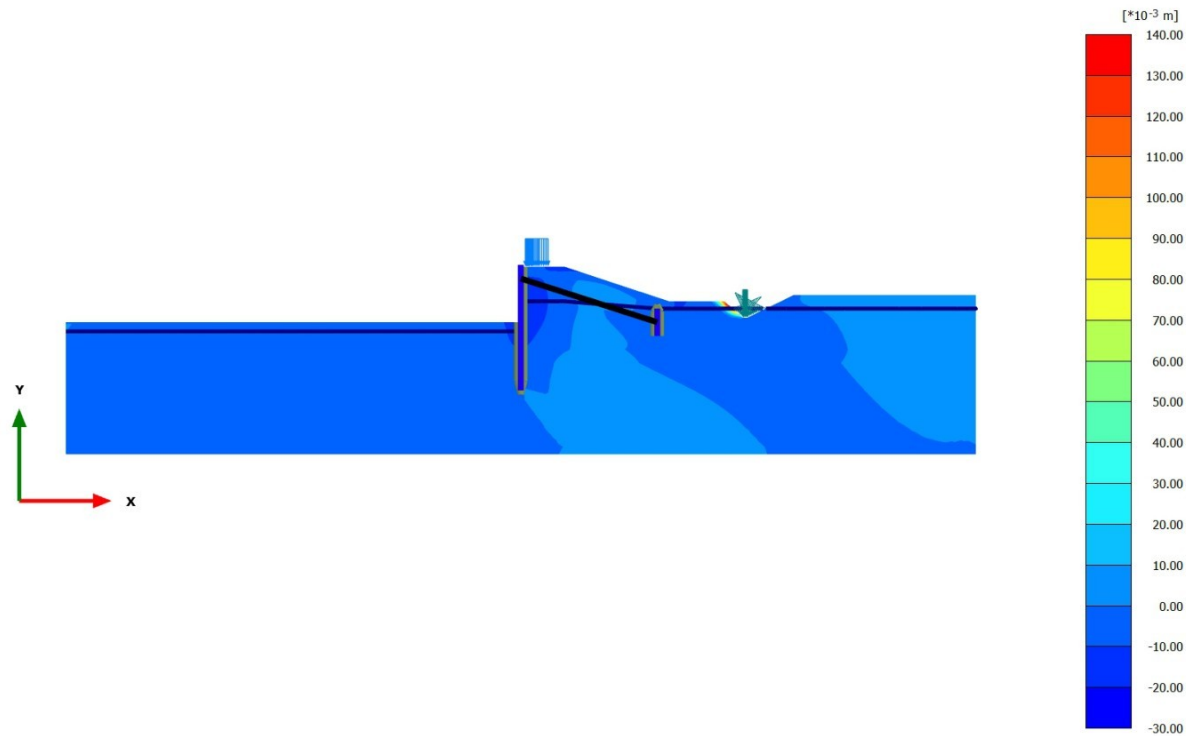


Total displacements u_x (scaled up 20.0 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.1348 m (Element 1356 at Node 15693)

Minimum value = -0.02566 m (Element 1194 at Node 5351)

2.1.1.1.9 Calculation results, regen + verkeer 6.4 [Phase_18] (18/62), Total displacements u_x

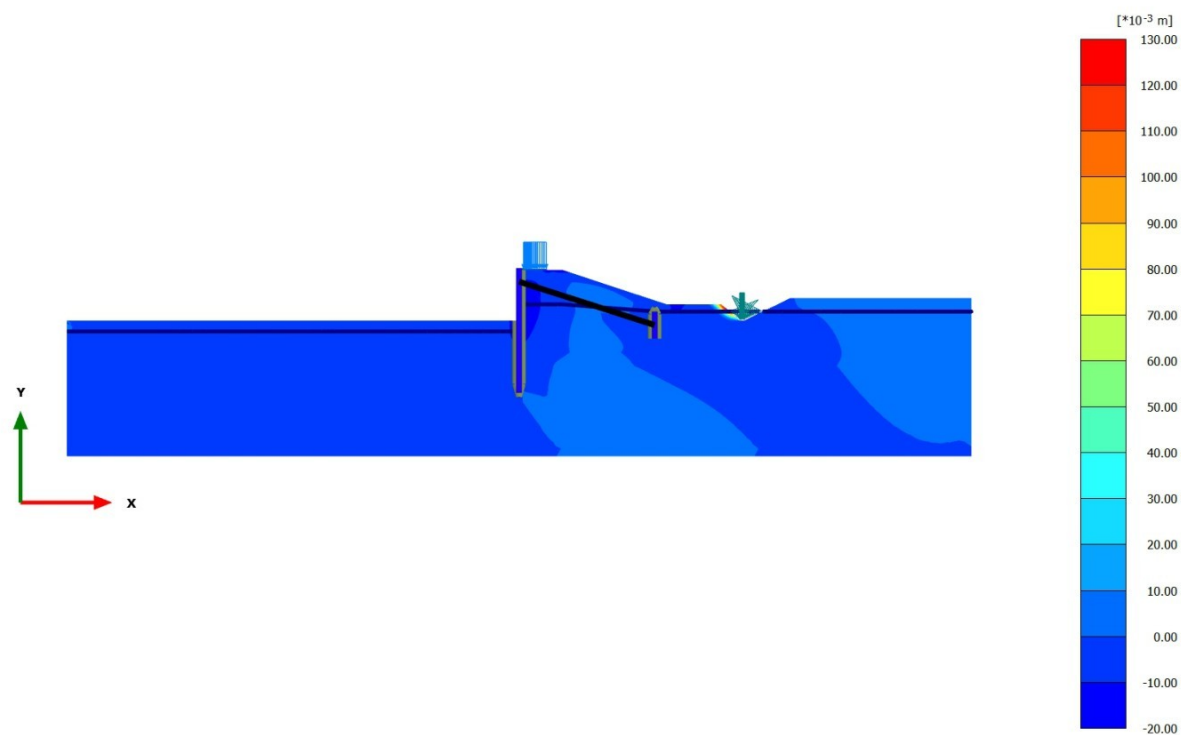


Total displacements u_x (scaled up 20.0 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.1338 m (Element 1356 at Node 15693)

Minimum value = -0.02269 m (Element 1194 at Node 5351)

2.1.1.1.10 Calculation results, regen + verkeer aanrijding [Phase_19] (19/65), Total displacements u_x

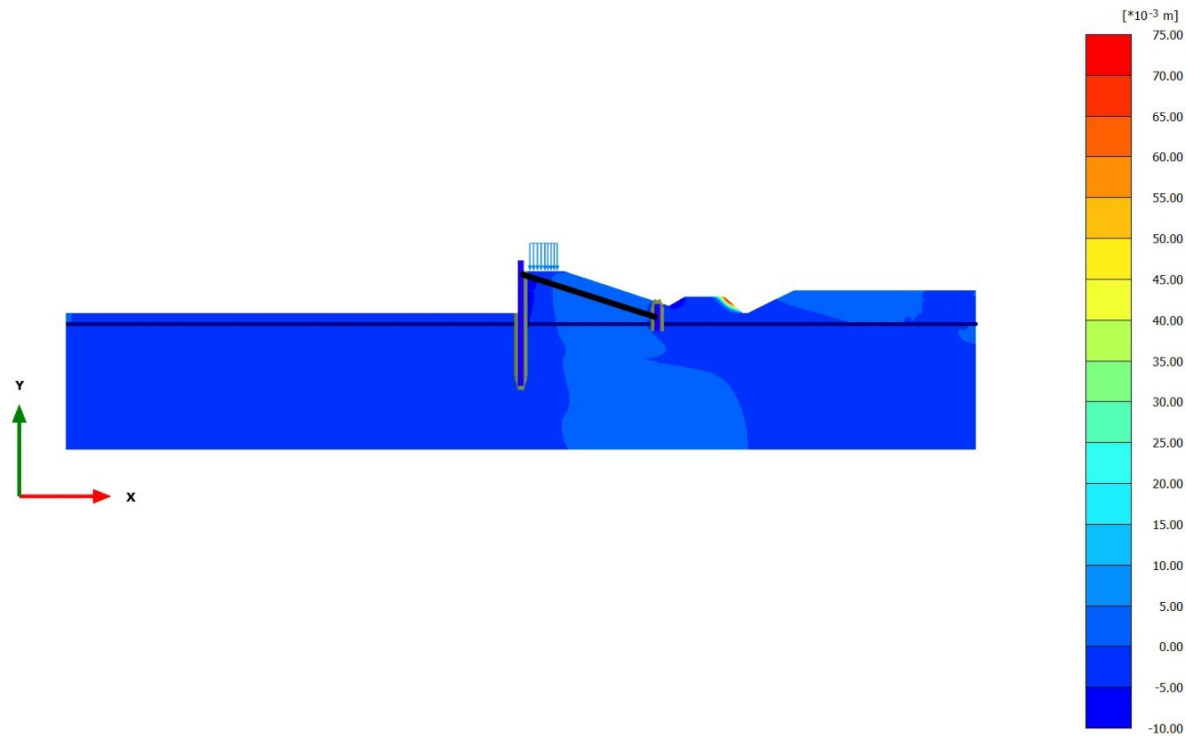


Total displacements u_x (scaled up 20.0 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.1284 m (Element 1356 at Node 15693)

Minimum value = -0.01909 m (Element 1186 at Node 5357)

2.1.1.1.11 Calculation results, 2.d aanvulling 1 [Phase_42] (42/124), Total displacements u_x

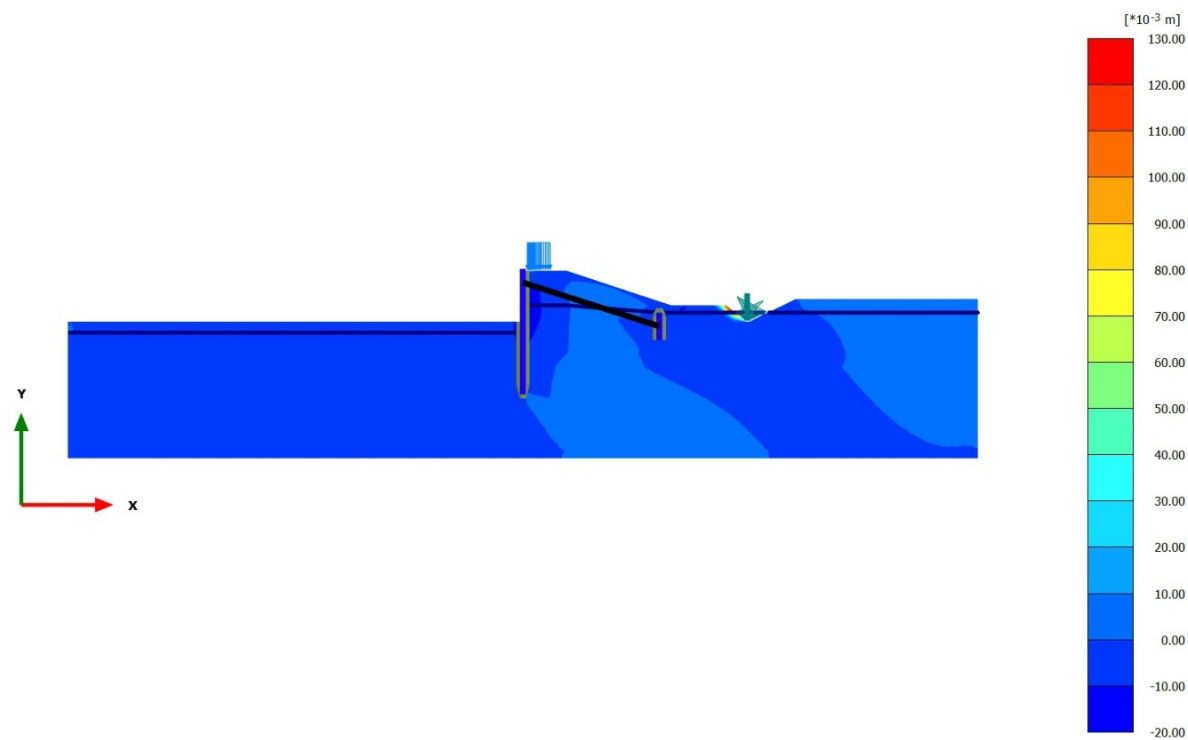


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time 3656 day)

Maximum value = 0.07415 m (Element 1356 at Node 15841)

Minimum value = $-8.653 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1194 at Node 5353)

2.1.1.1.12 Calculation results, regen + verkeer [Phase_16] (16/344), Total displacements u_x

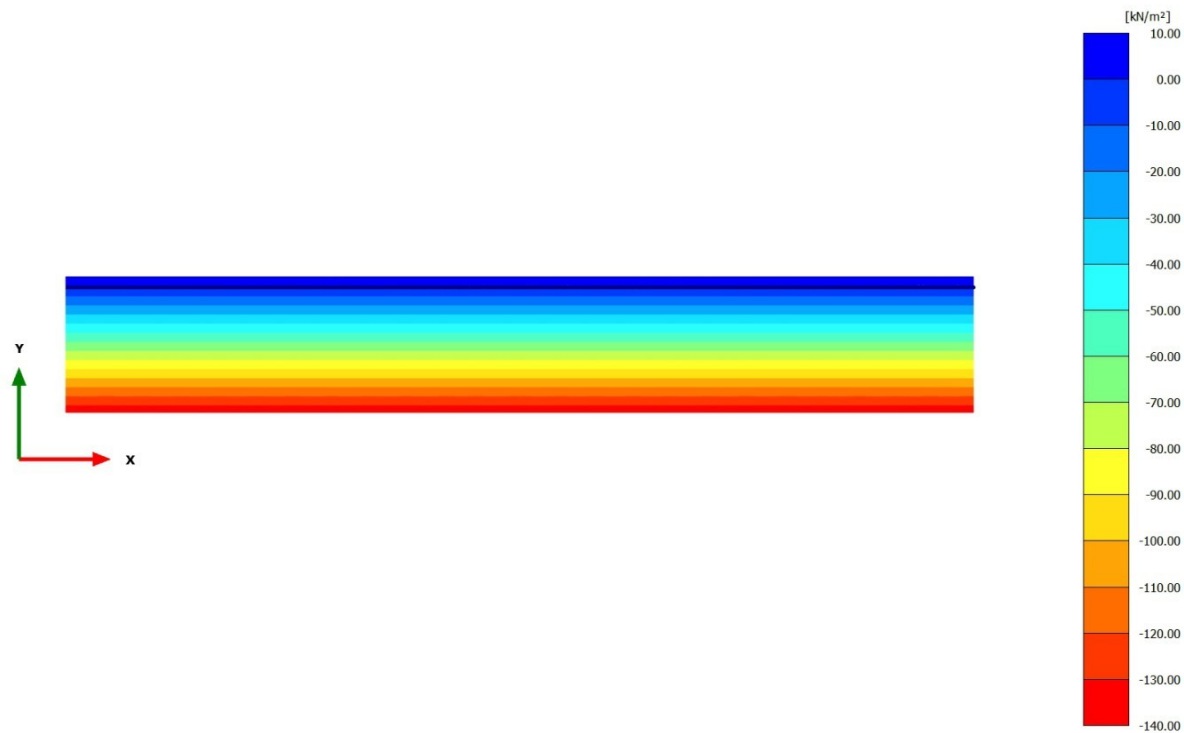


Total displacements u_x (scaled up 20.0 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.1256 m (Element 1356 at Node 15693)

Minimum value = -0.01786 m (Element 1521 at Node 5333)

2.2.1.1.1 Calculation results, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Active pore pressures p_{active}

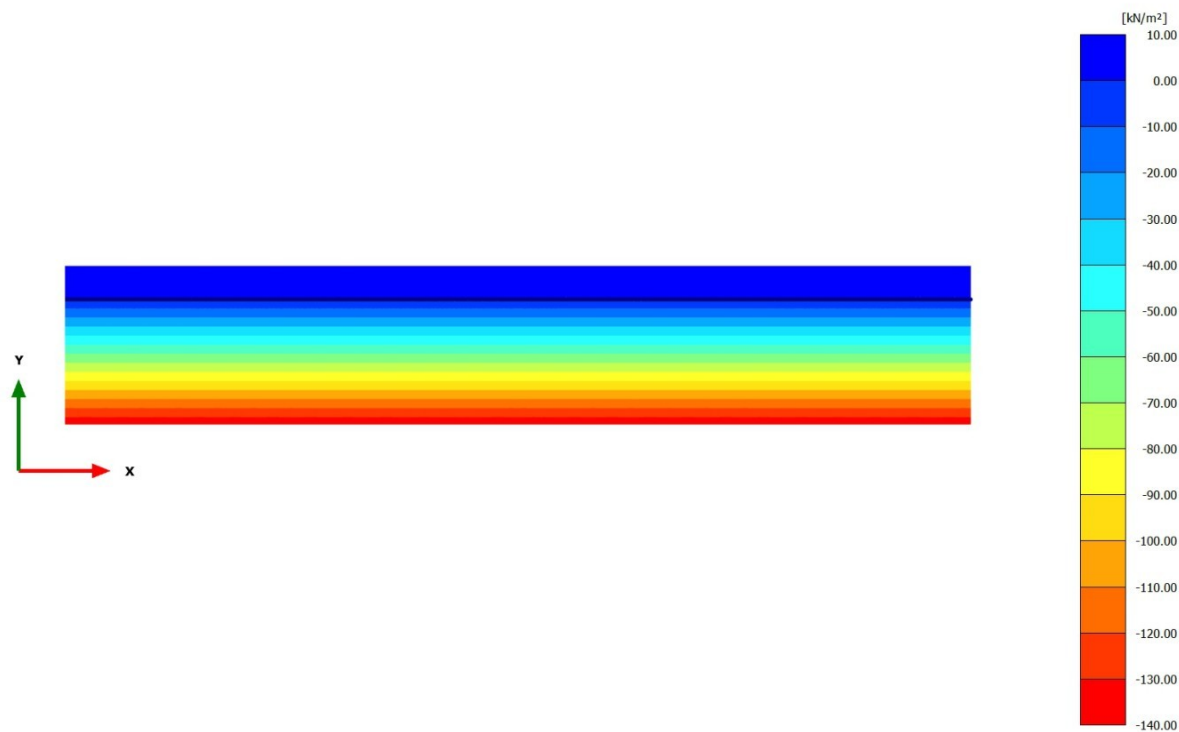


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative)

Maximum value = 0.000 kN/m^2 (Element 1390 at Node 435)

Minimum value = -138.0 kN/m^2 (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.2 Calculation results, 2.a Aanleg bouwplateau [Phase_1] (1/18), Active pore pressures p_{active}

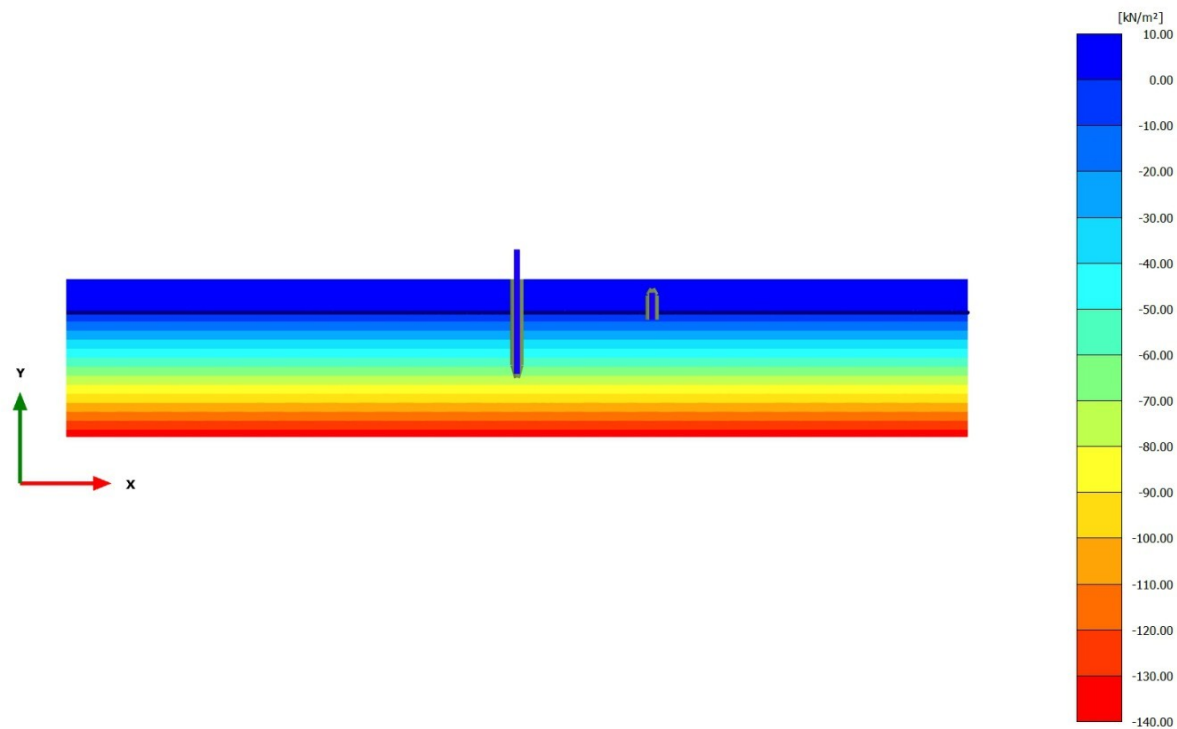


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3652 day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 494 at Node 14945)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.3 Calculation results, 2.b Aanbrengen damwanden [Phase_2] (2/21), Active pore pressures p_{active}

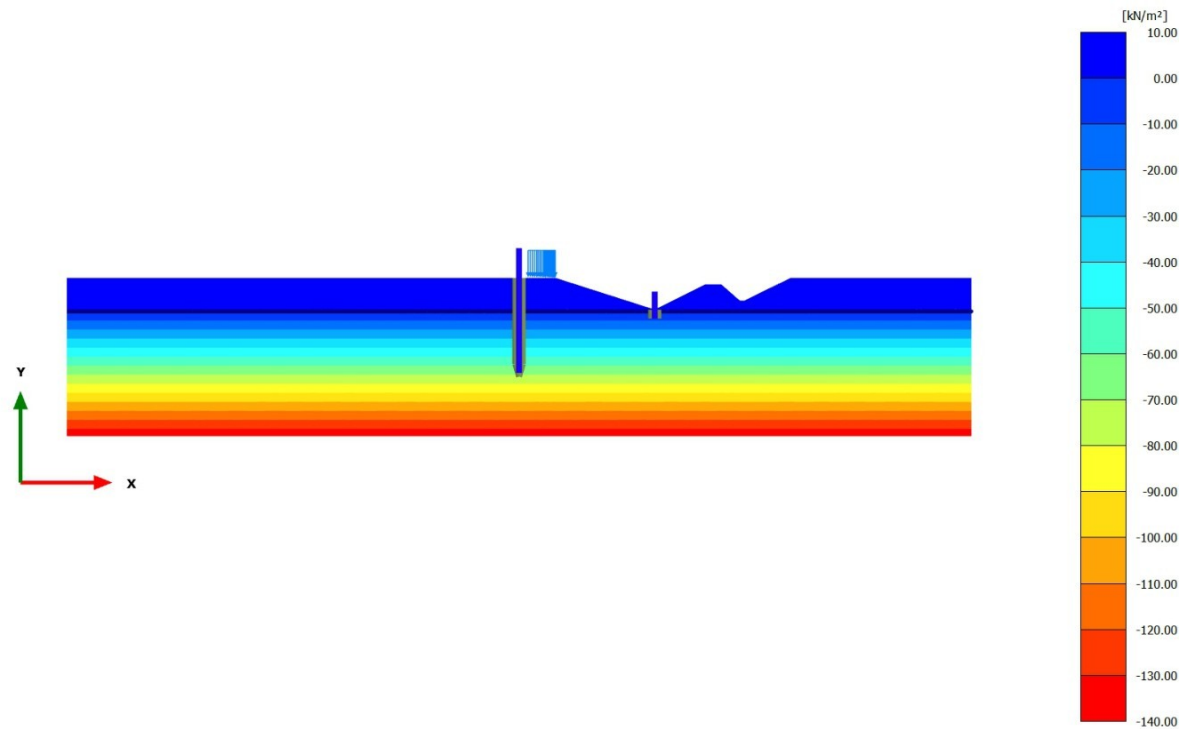


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3653 day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 494 at Node 14945)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.4 Calculation results, 2.c1 Ontgraven voor ankers [Phase_3] (3/26), Active pore pressures p_{active}

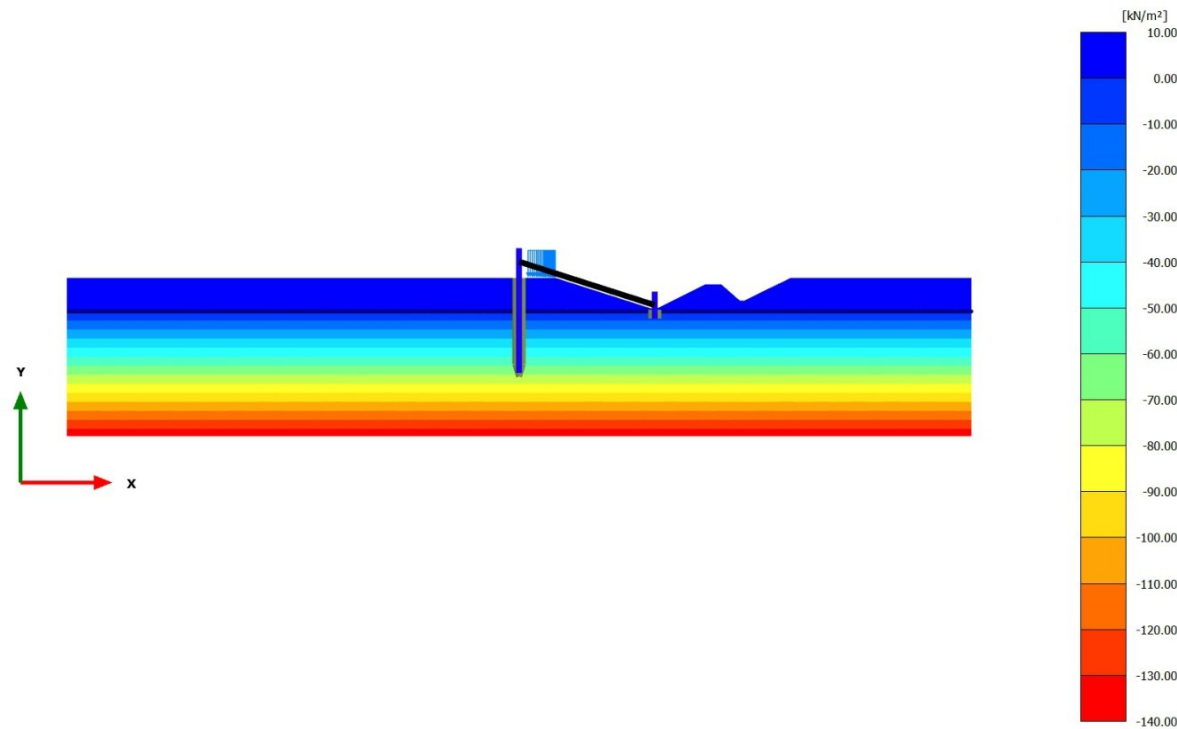


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3654 day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 845 at Node 161)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.5 Calculation results, 2.c2 aanbrengen ankers [Phase_41] (41/29), Active pore pressures p_{active}

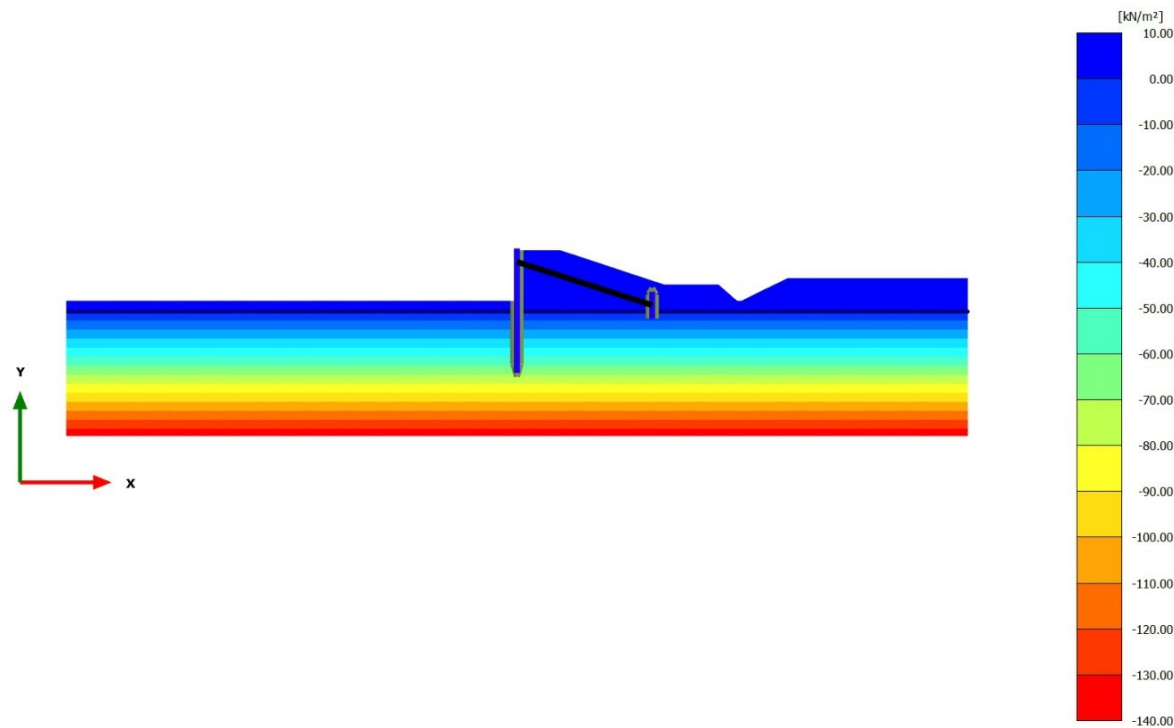


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3655 day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 845 at Node 161)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.6 Calculation results, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/40), Active pore pressures p_{active}

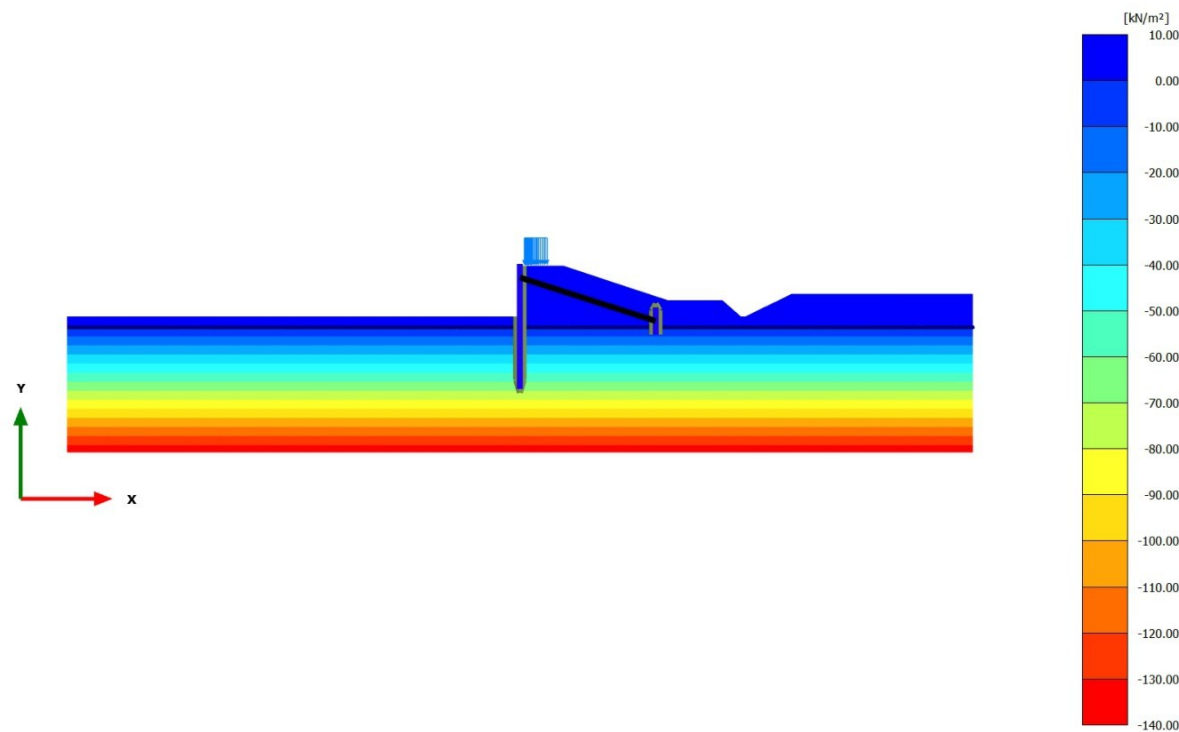


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 316 at Node 9828)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.7 Calculation results, Dagelijks_verkeer [Phase_10] (10/44), Active pore pressures p_{active}

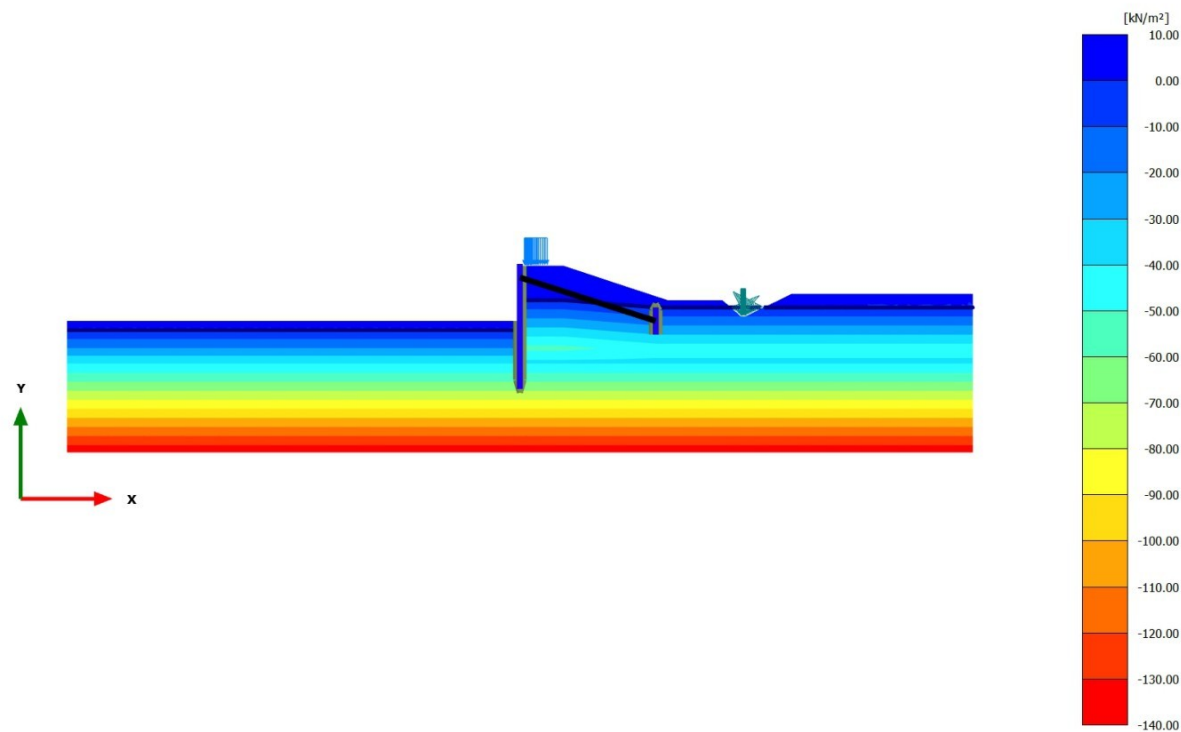


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 316 at Node 9828)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.8 Calculation results, regen + verkeer 6.3 [Phase_17] (17/56), Active pore pressures p_{active}

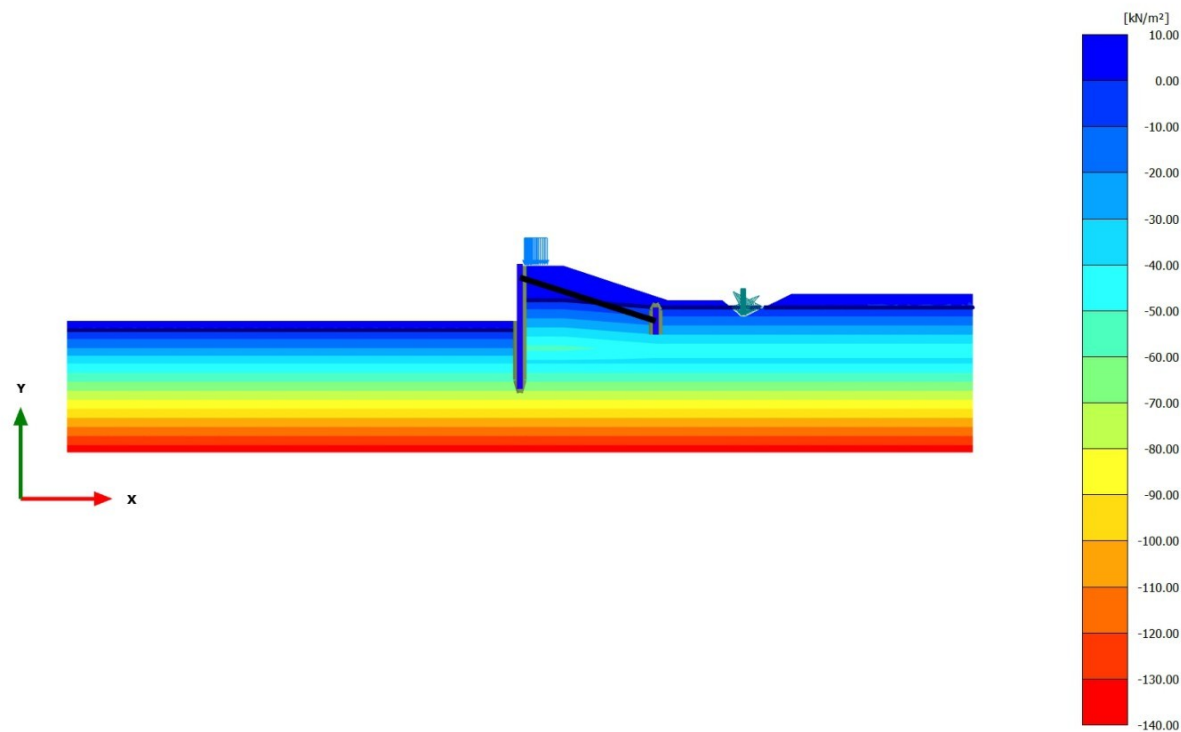


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 316 at Node 9828)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.9 Calculation results, regen + verkeer 6.4 [Phase_18] (18/62), Active pore pressures p_{active}

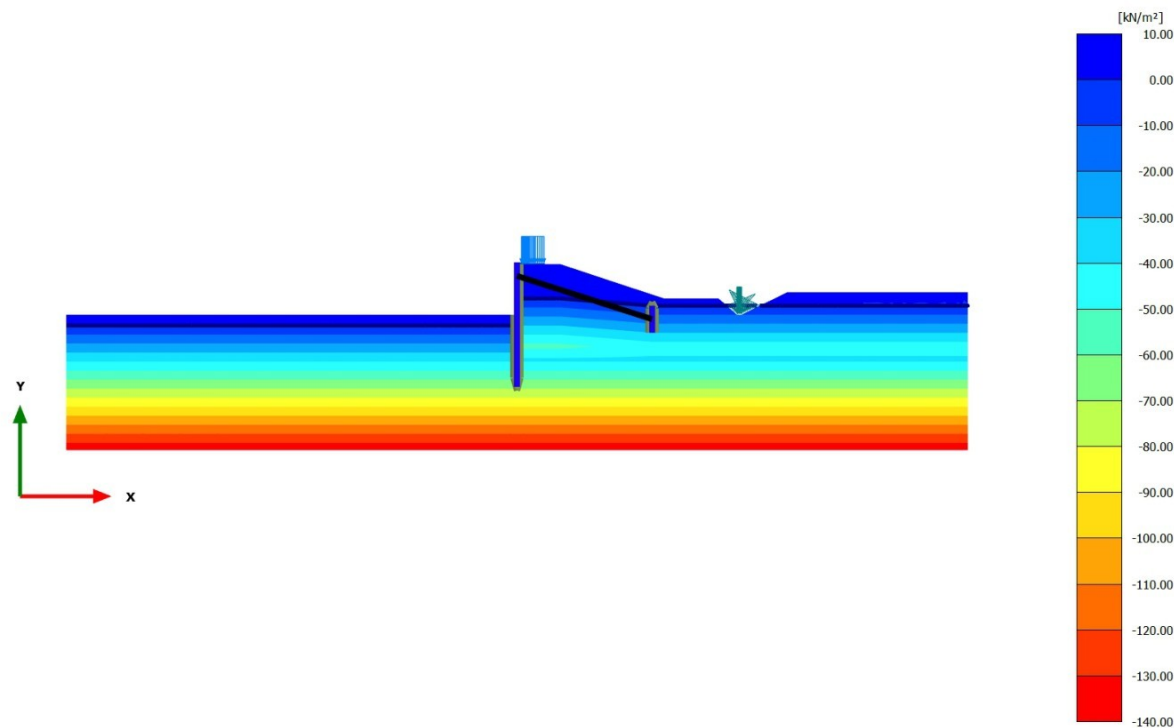


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.000 kN/m^2 (Element 316 at Node 9828)

Minimum value = -138.0 kN/m^2 (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.10 Calculation results, regen + verkeer aanrijding [Phase_19] (19/65), Active pore pressures p_{active}

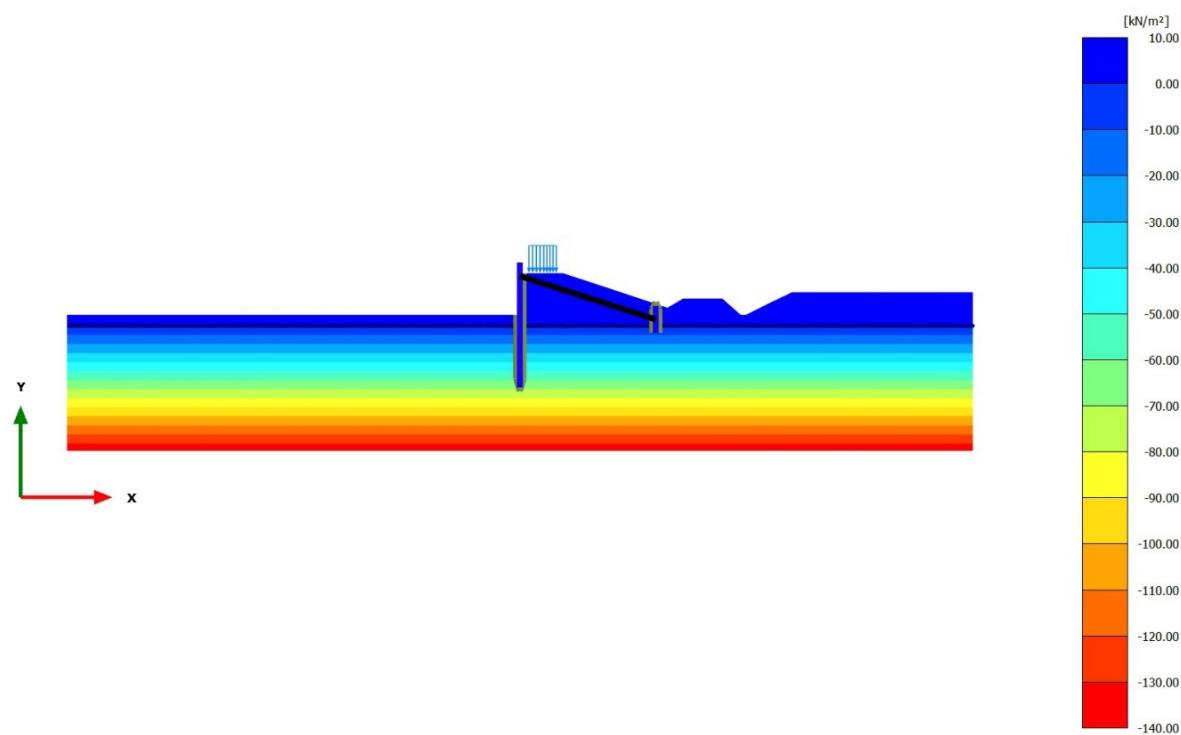


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 316 at Node 9828)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.11 Calculation results, 2.d aanvulling 1 [Phase_42] (42/124), Active pore pressures p_{active}

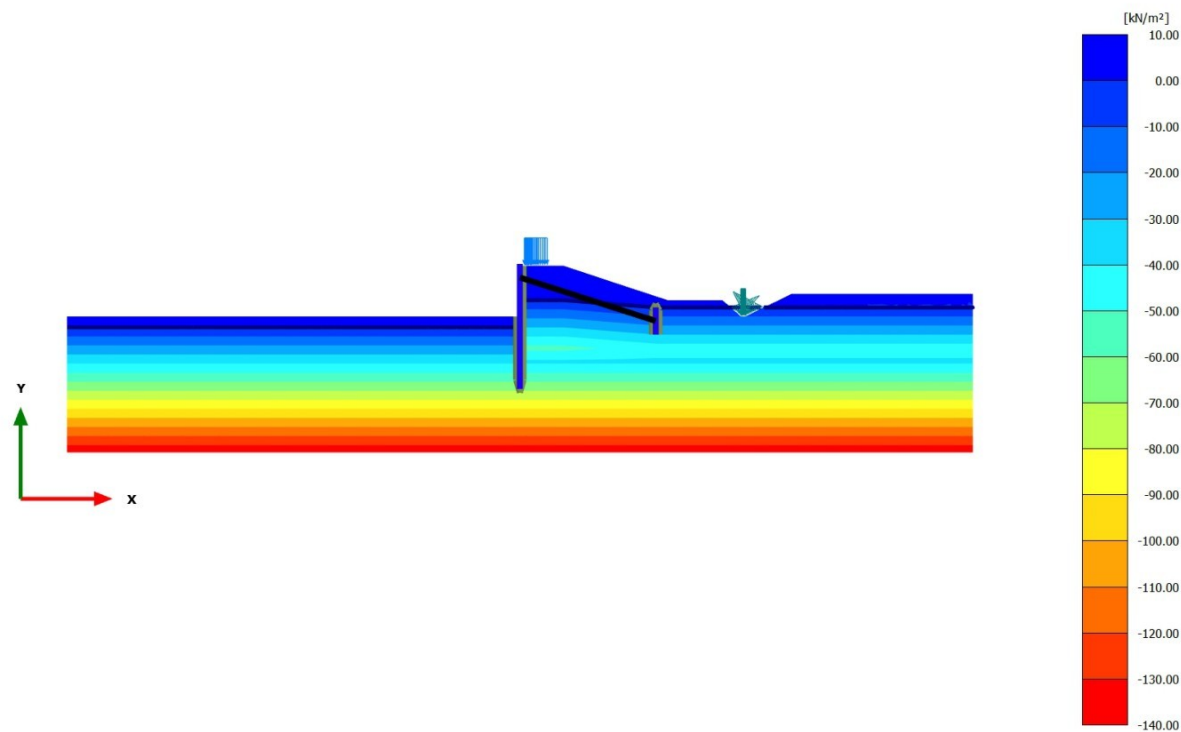


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3656 day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 362 at Node 10636)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.12 Calculation results, regen + verkeer [Phase_16] (16/344), Active pore pressures p_{active}

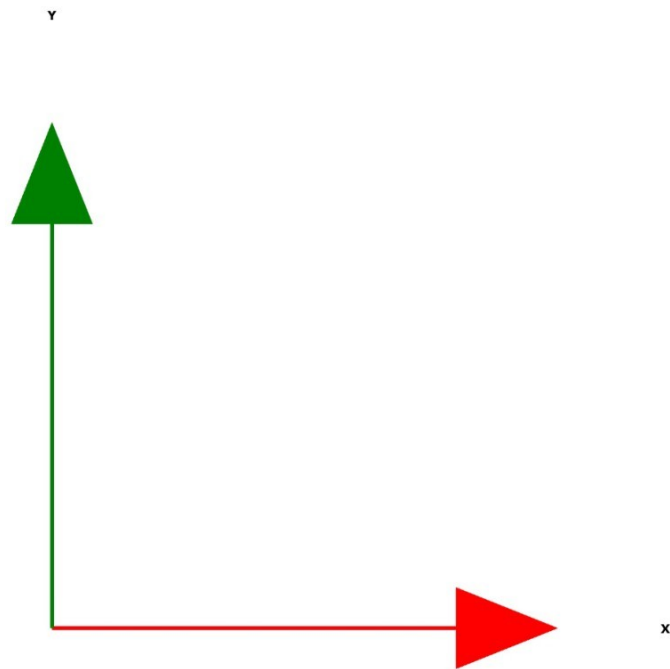


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 316 at Node 9828)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 2244 at Node 2061)

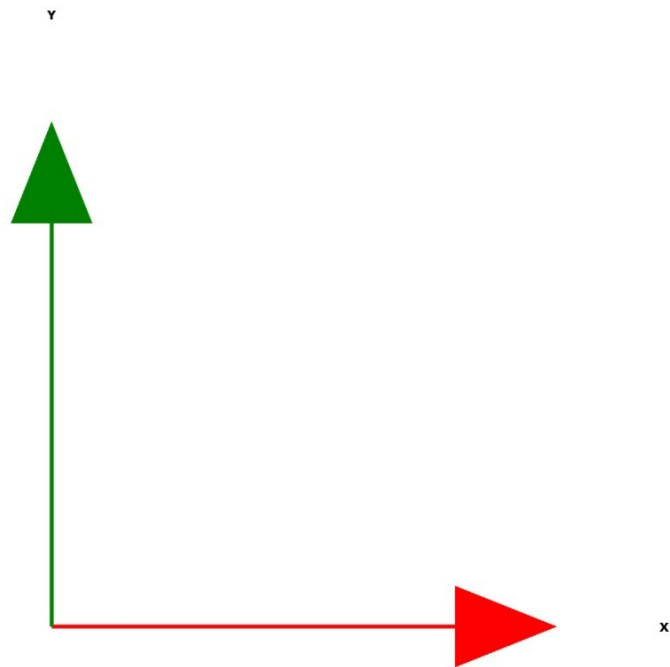
3.1.1.1.1.1 Calculation results, Plate, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Total displacements u_x



Total displacements u_x (at true scale)

No results

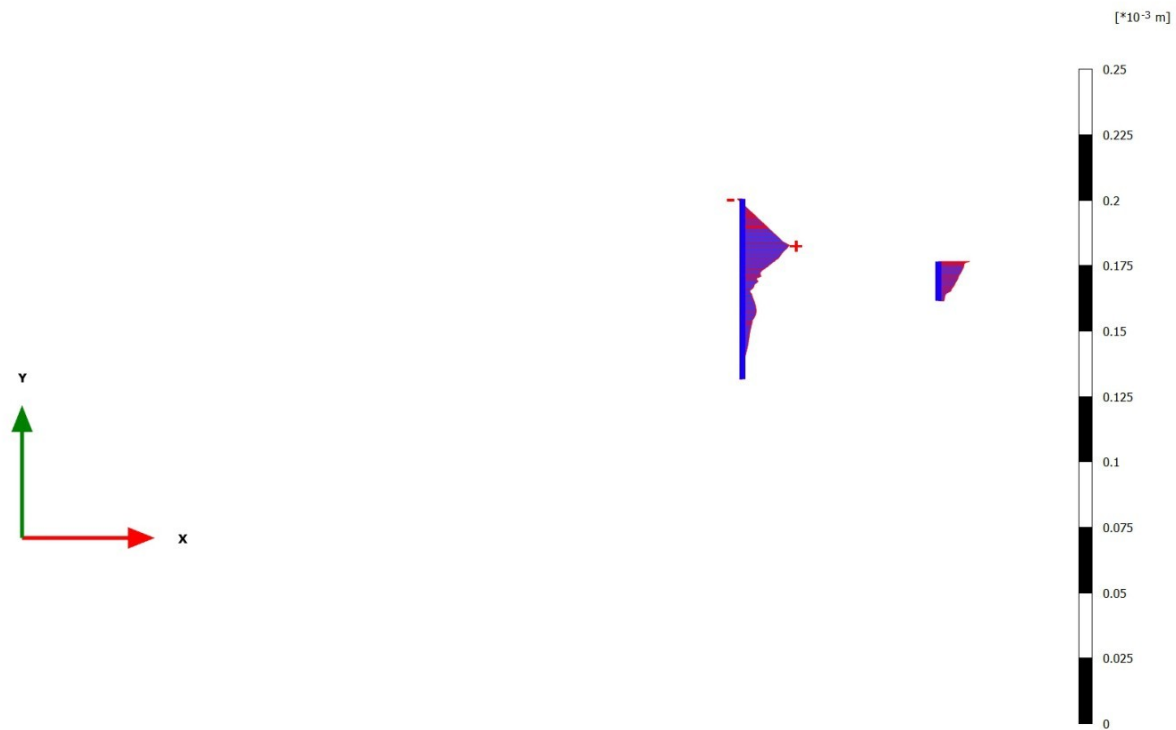
3.1.1.1.1.2 Calculation results, Plate, 2.a Aanleg bouwplateau [Phase_1] (1/18), Total displacements u_x



Total displacements u_x (at true scale) (Time 3652 day)

No results

3.1.1.1.3 Calculation results, Plate, 2.b Aanbrengen damwanden [Phase_2] (2/21), Total displacements u_x

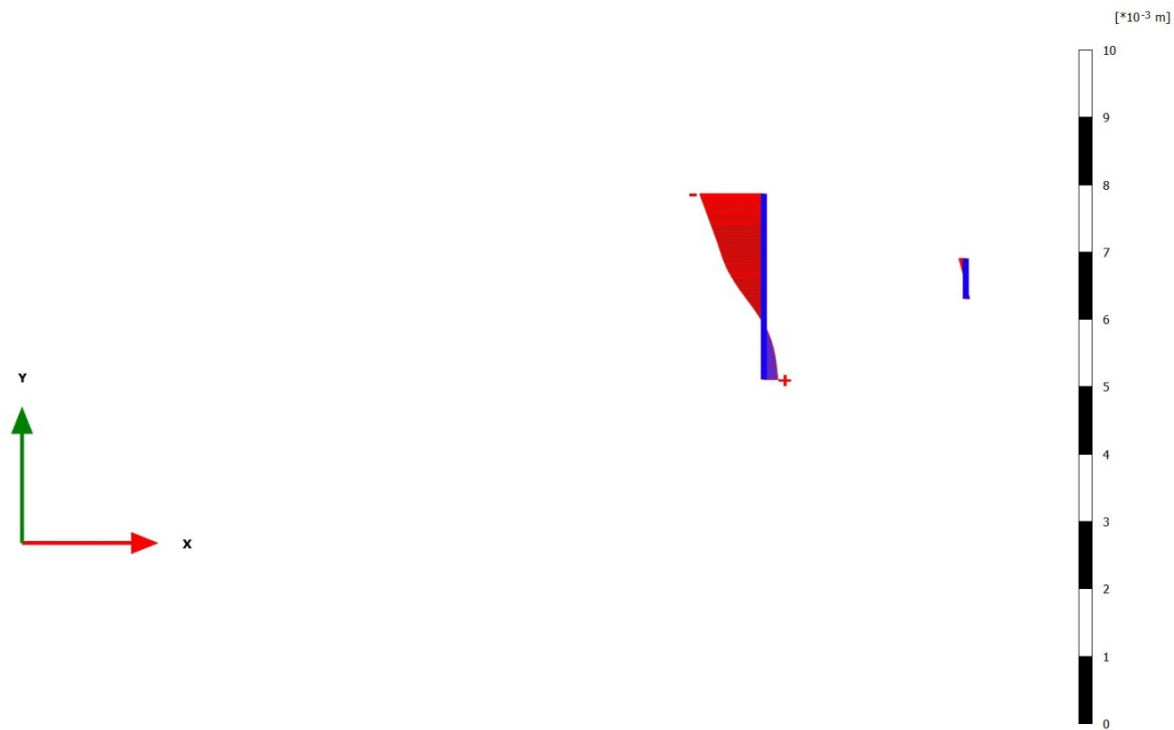


Total displacements u_x (scaled up $200 \cdot 10^3$ times) (Time 3653 day)

Maximum value = $0.01791 \cdot 10^{-3}$ m (Element 10 at Node 4681)

Minimum value = $-1.978 \cdot 10^{-6}$ m (Element 1 at Node 8681)

3.1.1.1.4 Calculation results, Plate, 2.c1 Ontgraven voor ankers [Phase_3] (3/26), Total displacements u_x

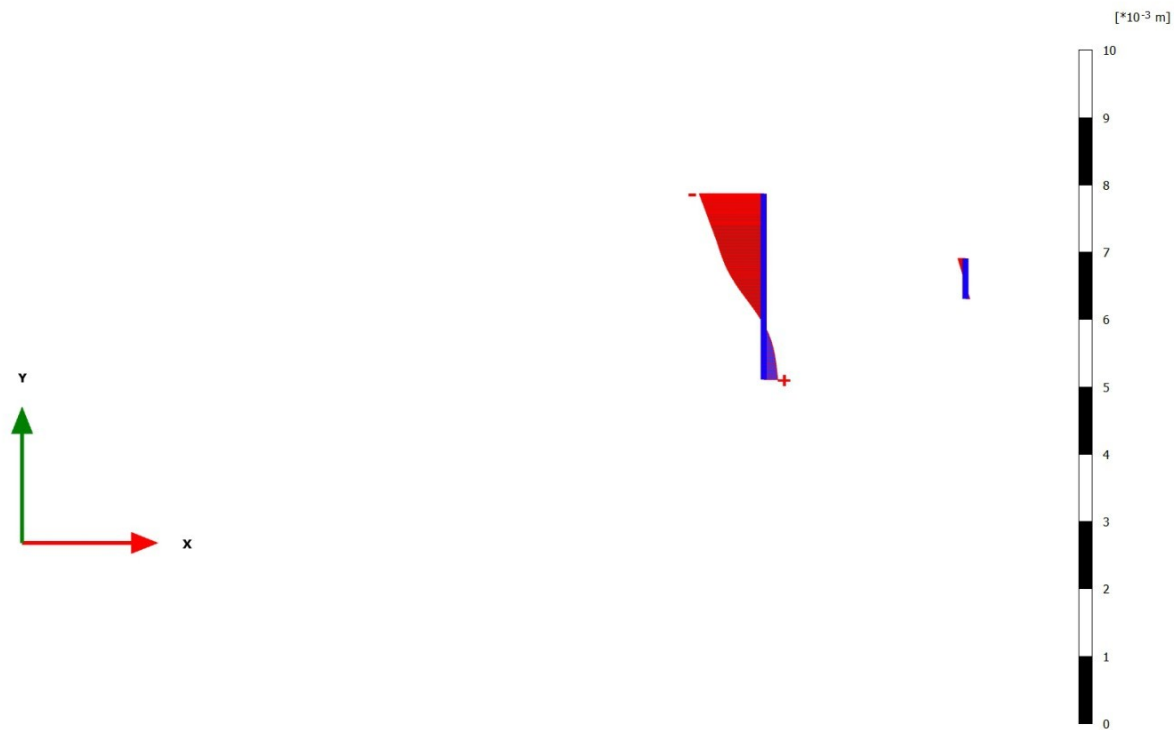


Total displacements u_x (scaled up $5.00 \cdot 10^3$ times) (Time 3654 day)

Maximum value = $0.2077 \cdot 10^{-3}$ m (Element 32 at Node 12287)

Minimum value = $-0.9556 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1 at Node 8681)

3.1.1.1.1.5 Calculation results, Plate, 2.c2 aanbrengen ankers [Phase_41] (41/29), Total displacements u_x

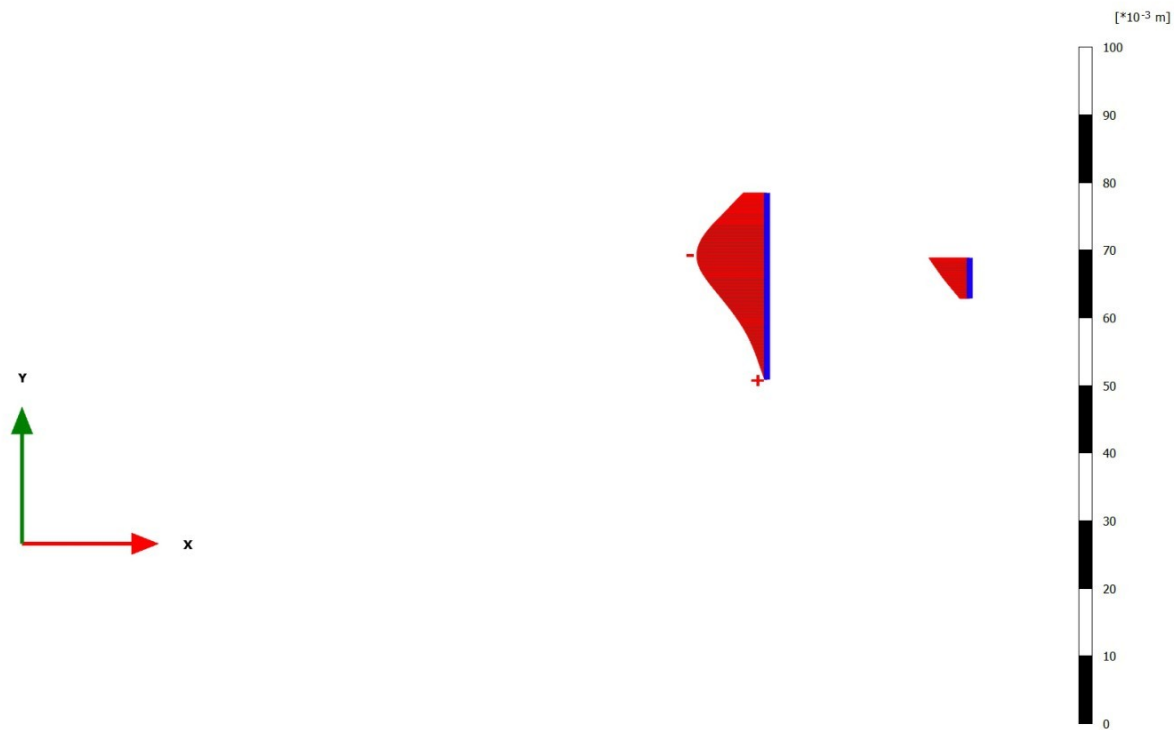


Total displacements u_x (scaled up $5.00 \cdot 10^3$ times) (Time 3655 day)

Maximum value = $0.2080 \cdot 10^{-3}$ m (Element 32 at Node 12287)

Minimum value = $-0.9575 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1 at Node 8681)

3.1.1.1.1.6 Calculation results, Plate, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/40), Total displacements u_x

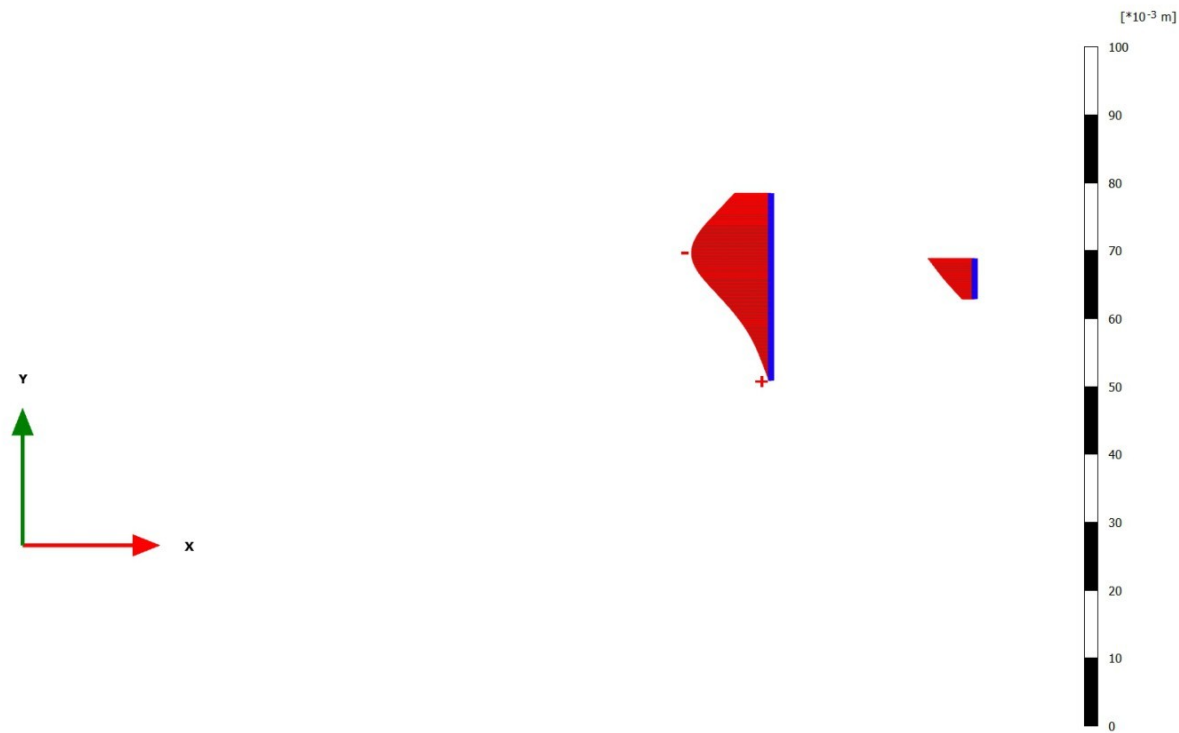


Total displacements u_x (scaled up 500 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = $-0.3636 \cdot 10^{-3}$ m (Element 32 at Node 12287)

Minimum value = -0.01039 m (Element 11 at Node 4656)

3.1.1.1.7 Calculation results, Plate, Dagelijks_verkeer [Phase_10] (10/44), Total displacements u_x

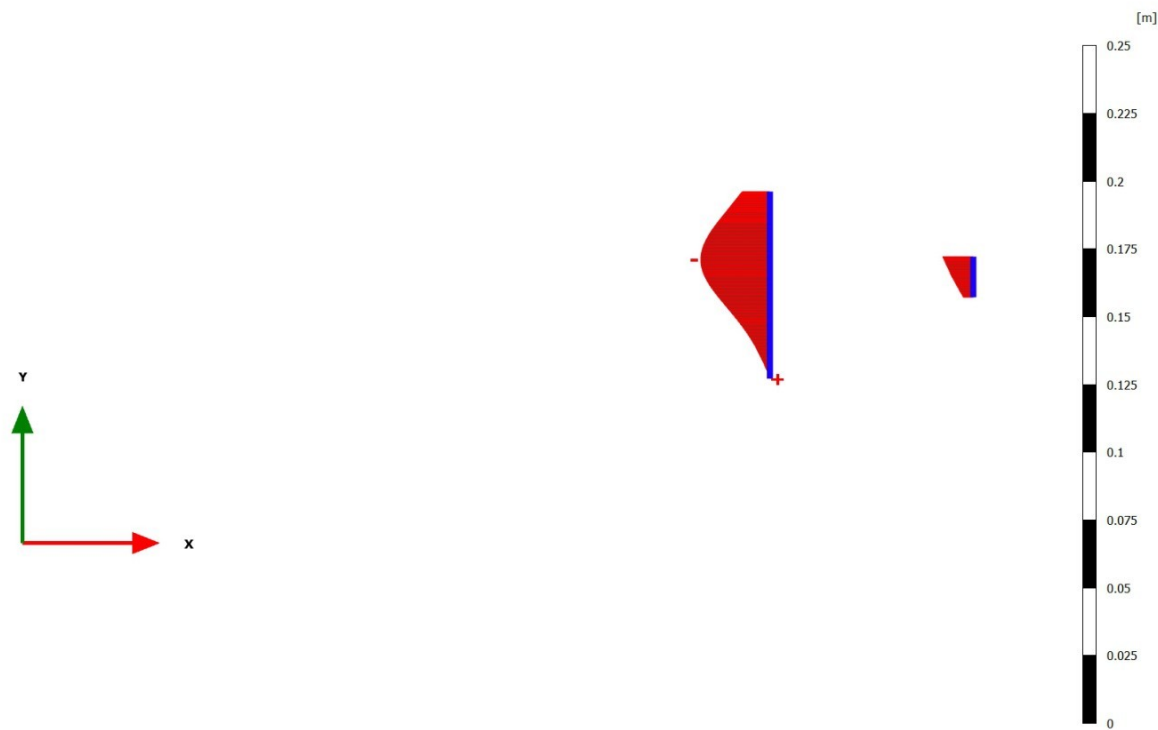


Total displacements u_x (scaled up 500 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = $-0.3000 \cdot 10^{-3}$ m (Element 32 at Node 12287)

Minimum value = -0.01172 m (Element 10 at Node 4684)

3.1.1.1.8 Calculation results, Plate, regen + verkeer 6.3 [Phase_17] (17/56), Total displacements u_x

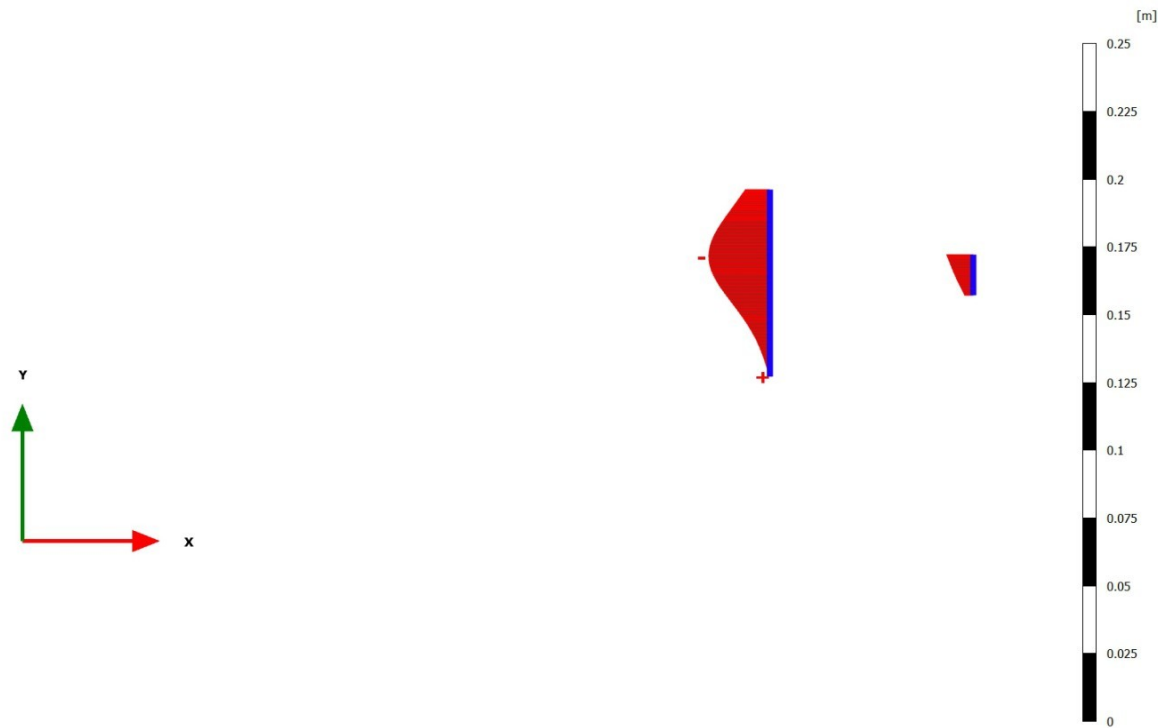


Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.2206*10⁻³ m (Element 32 at Node 12287)

Minimum value = -0.02549 m (Element 11 at Node 4658)

3.1.1.1.9 Calculation results, Plate, regen + verkeer 6.4 [Phase_18] (18/62), Total displacements u_x

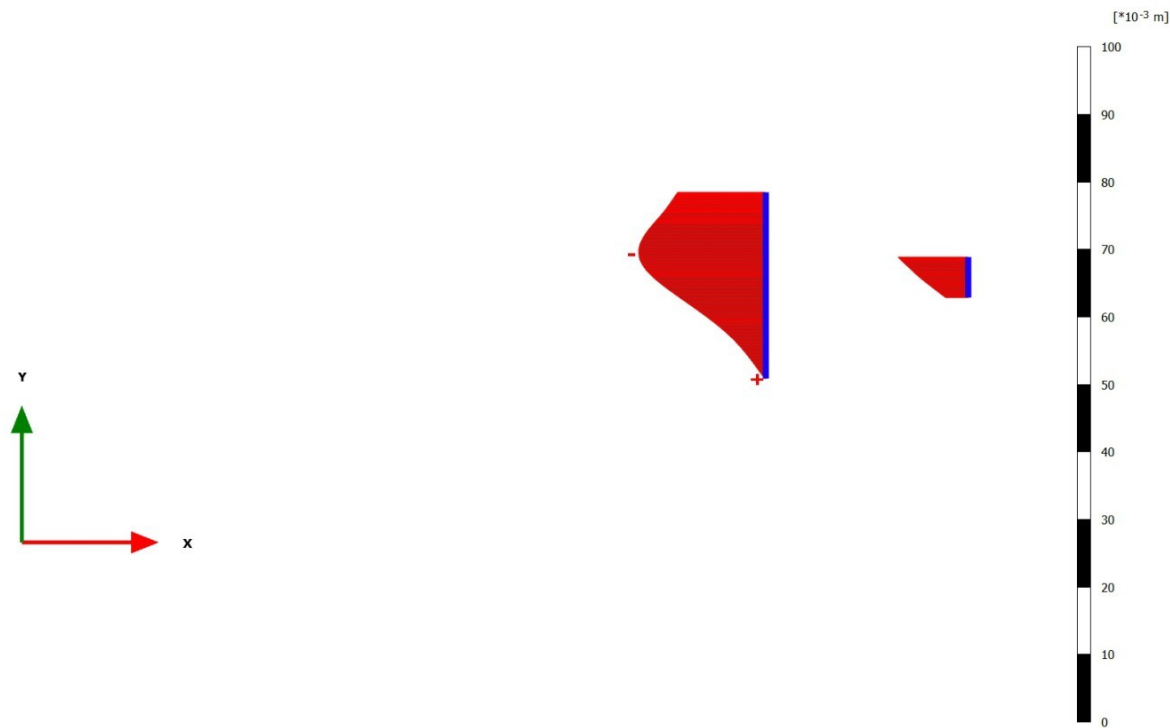


Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = $-0.04149 \cdot 10^{-3}$ m (Element 32 at Node 12287)

Minimum value = -0.02252 m (Element 11 at Node 4658)

3.1.1.1.10 Calculation results, Plate, regen + verkeer aanrijding [Phase_19] (19/65), Total displacements u_x

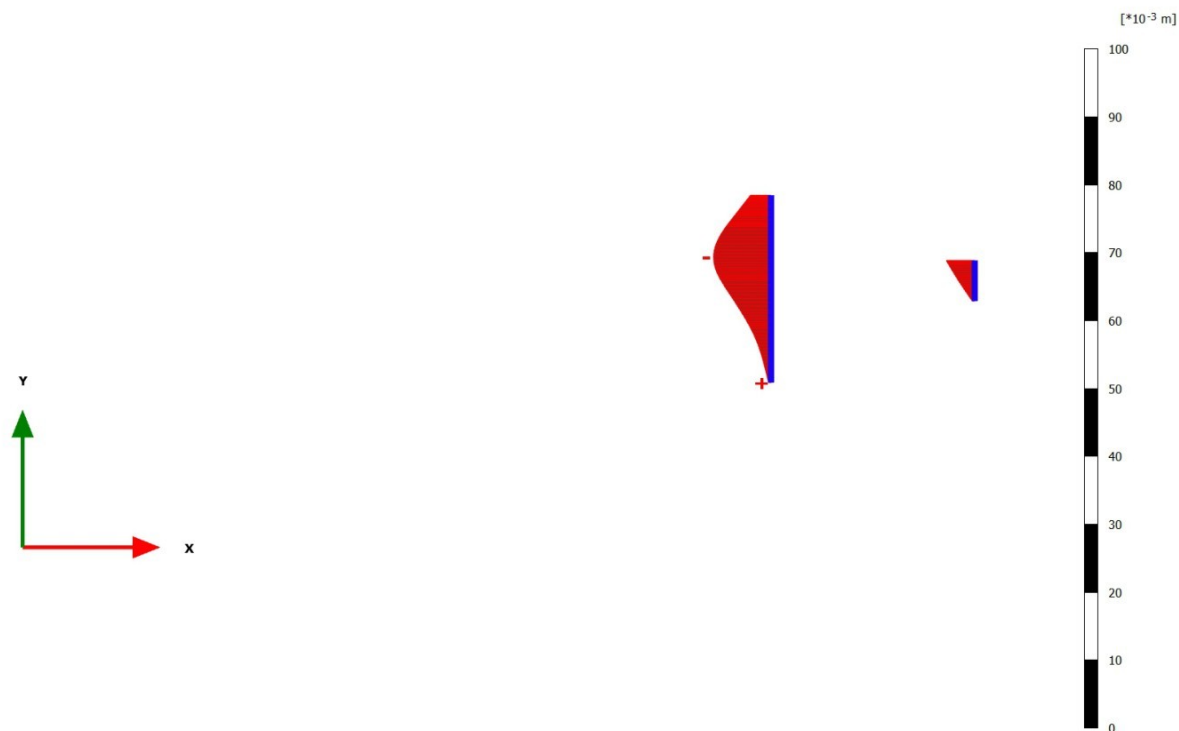


Total displacements u_x (scaled up 500 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = -0.1886*10⁻³ m (Element 32 at Node 12287)

Minimum value = -0.01884 m (Element 11 at Node 4656)

3.1.1.1.11 Calculation results, Plate, 2.d aanvulling 1 [Phase_42] (42/124), Total displacements u_x

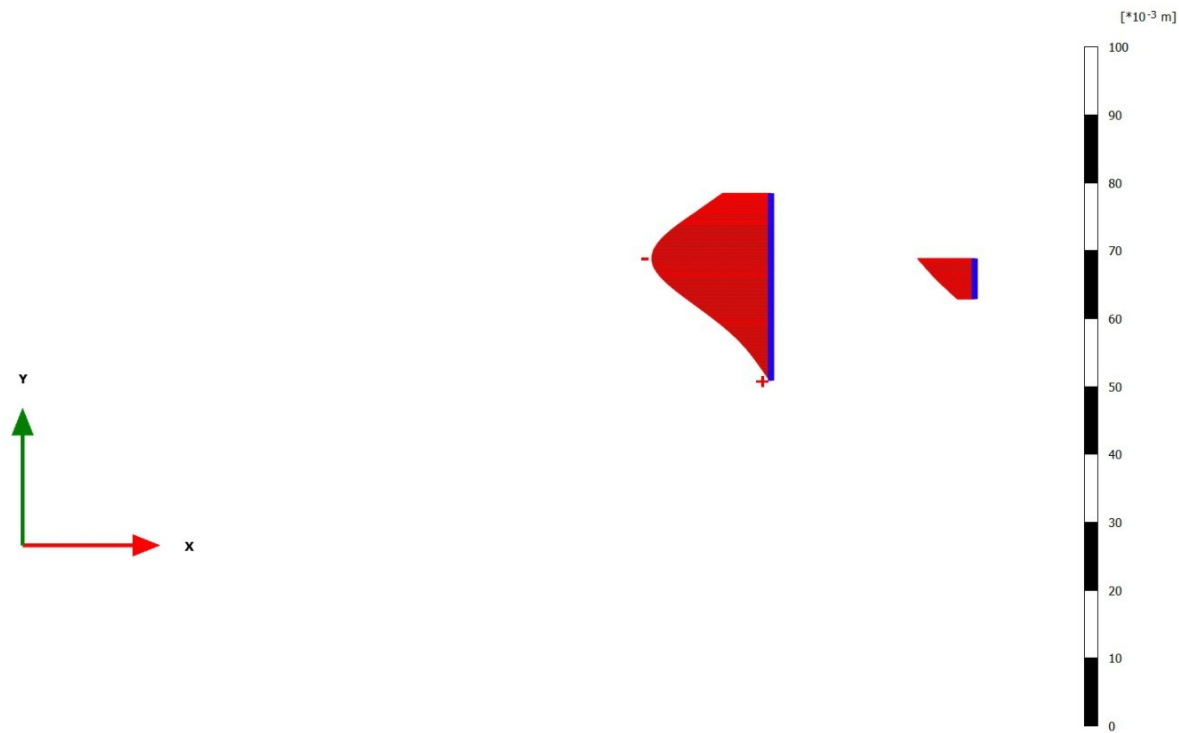


Total displacements u_x (scaled up 500 times) (Time 3656 day)

Maximum value = $-0.3748 \cdot 10^{-3}$ m (Element 32 at Node 12287)

Minimum value = $-8.482 \cdot 10^{-3}$ m (Element 11 at Node 4656)

3.1.1.1.12 Calculation results, Plate, regen + verkeer [Phase_16] (16/344), Total displacements u_x

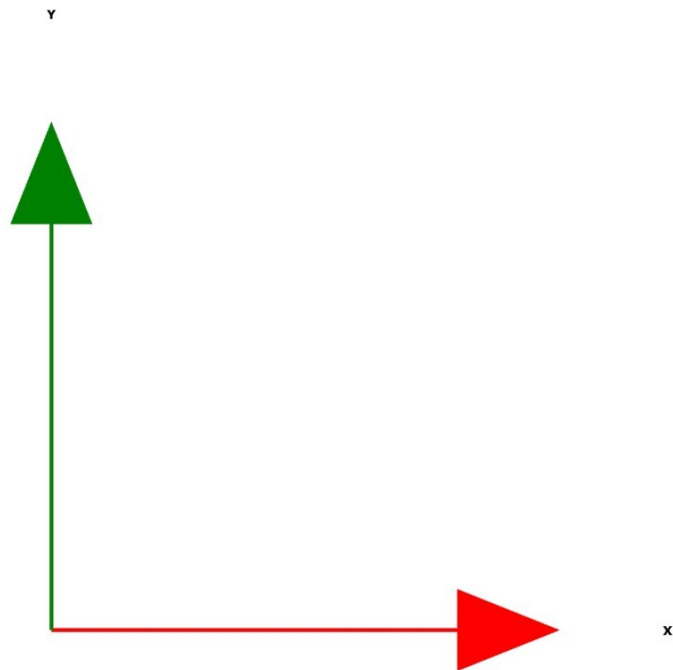


Total displacements u_x (scaled up 500 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = $-0.2170 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ (Element 32 at Node 12287)

Minimum value = -0.01758 m (Element 11 at Node 4657)

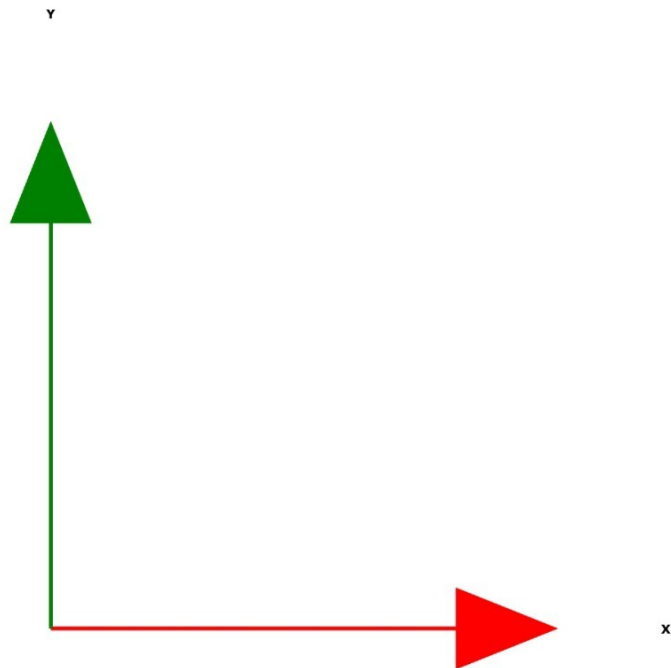
3.1.2.1.1 Calculation results, Plate, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 1.00 times)

No results

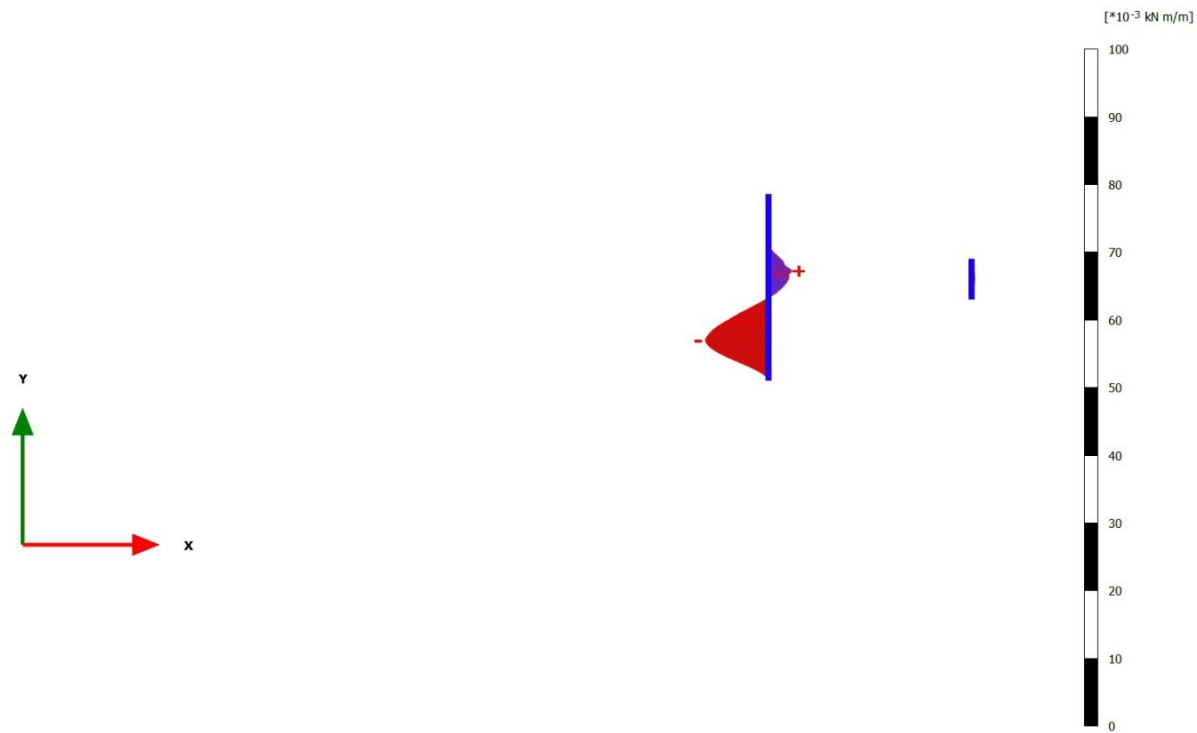
3.1.2.1.2 Calculation results, Plate, 2.a Aanleg bouwplateau [Phase_1] (1/18), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 1.00 times) (Time 3652 day)

No results

3.1.2.1.3 Calculation results, Plate, 2.b Aanbrengen damwanden [Phase_2] (2/21), Bending moments M

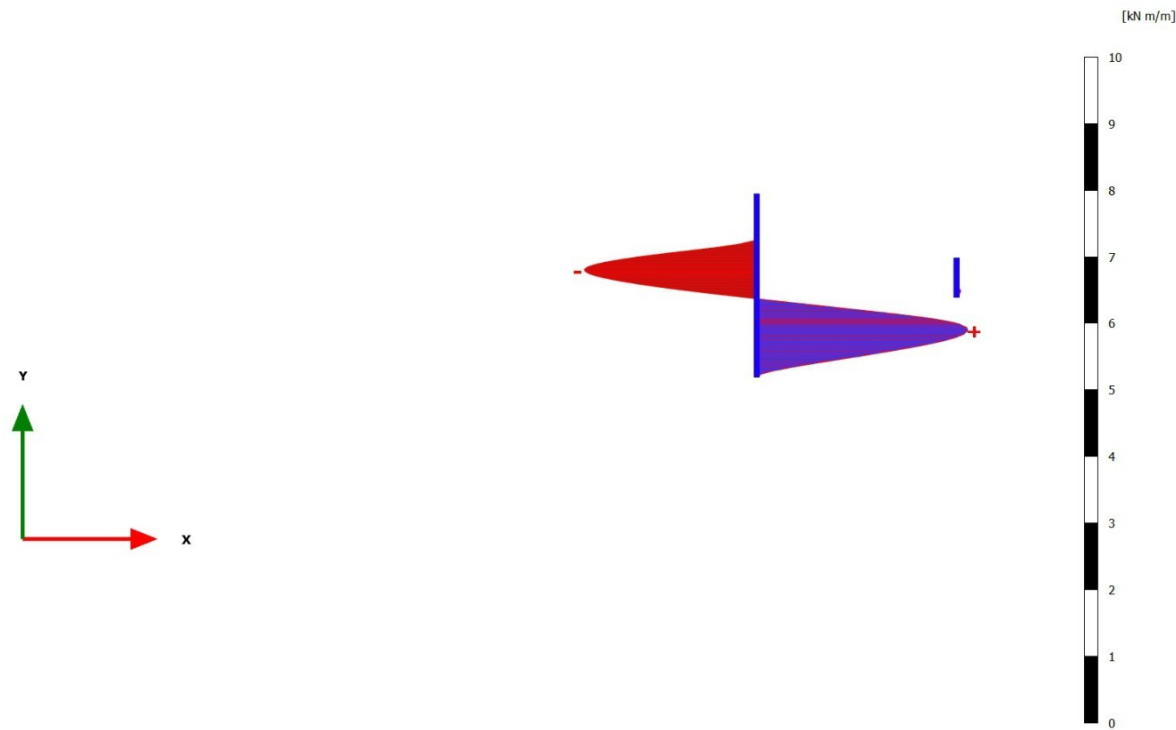


Bending moments M (scaled up 500 times) (Time 3653 day)

Maximum value = $3.452 \cdot 10^{-3}$ kN m/m (Element 12 at Node 4708)

Minimum value = $-9.369 \cdot 10^{-3}$ kN m/m (Element 28 at Node 10376)

3.1.2.1.4 Calculation results, Plate, 2.c1 Ontgraven voor ankers [Phase_3] (3/26), Bending moments M

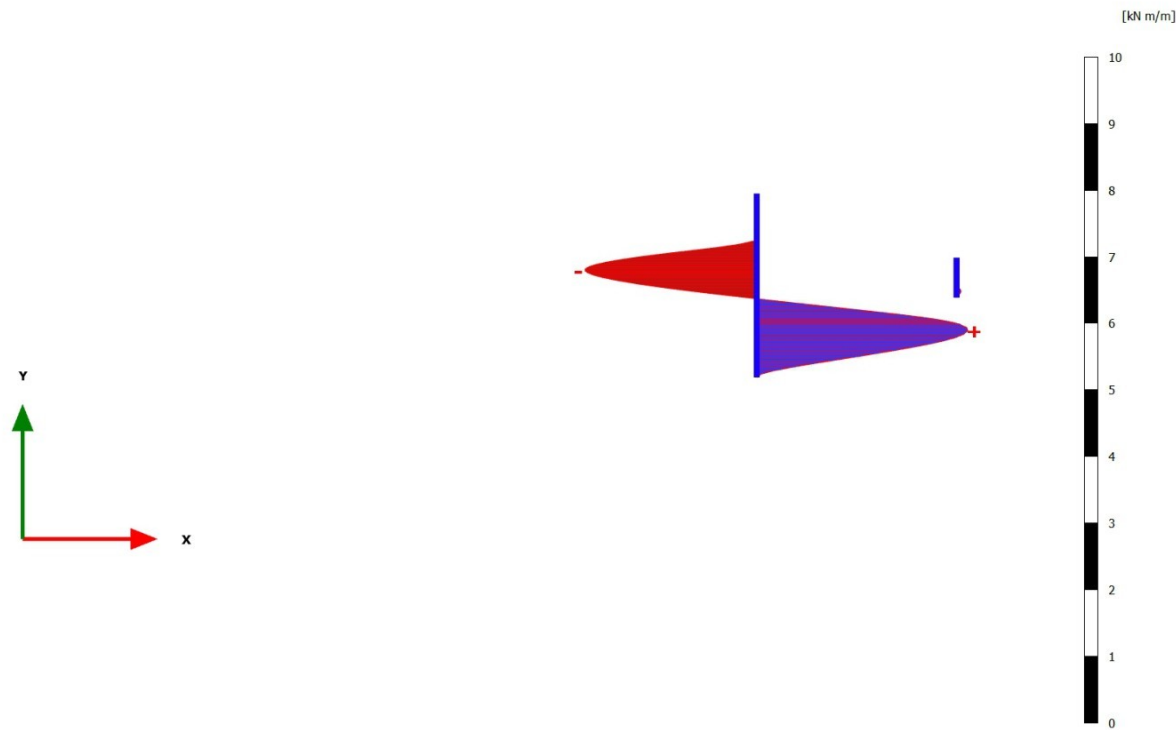


Bending moments M (scaled up 5.00 times) (Time 3654 day)

Maximum value = 3.171 kN m/m (Element 28 at Node 10122)

Minimum value = -2.587 kN m/m (Element 12 at Node 5337)

3.1.2.1.5 Calculation results, Plate, 2.c2 aanbrengen ankers [Phase_41] (41/29), Bending moments M

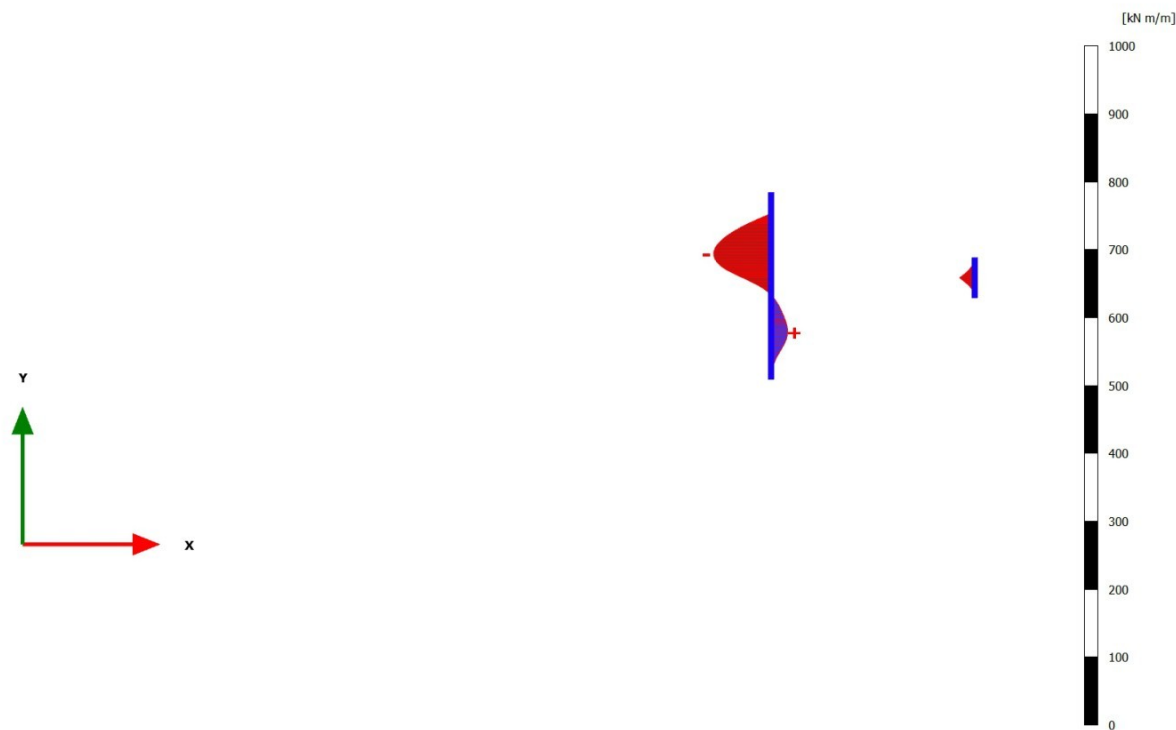


Bending moments M (scaled up 5.00 times) (Time 3655 day)

Maximum value = 3.171 kN m/m (Element 28 at Node 10122)

Minimum value = -2.579 kN m/m (Element 12 at Node 5337)

3.1.2.1.6 Calculation results, Plate, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/40), Bending moments M

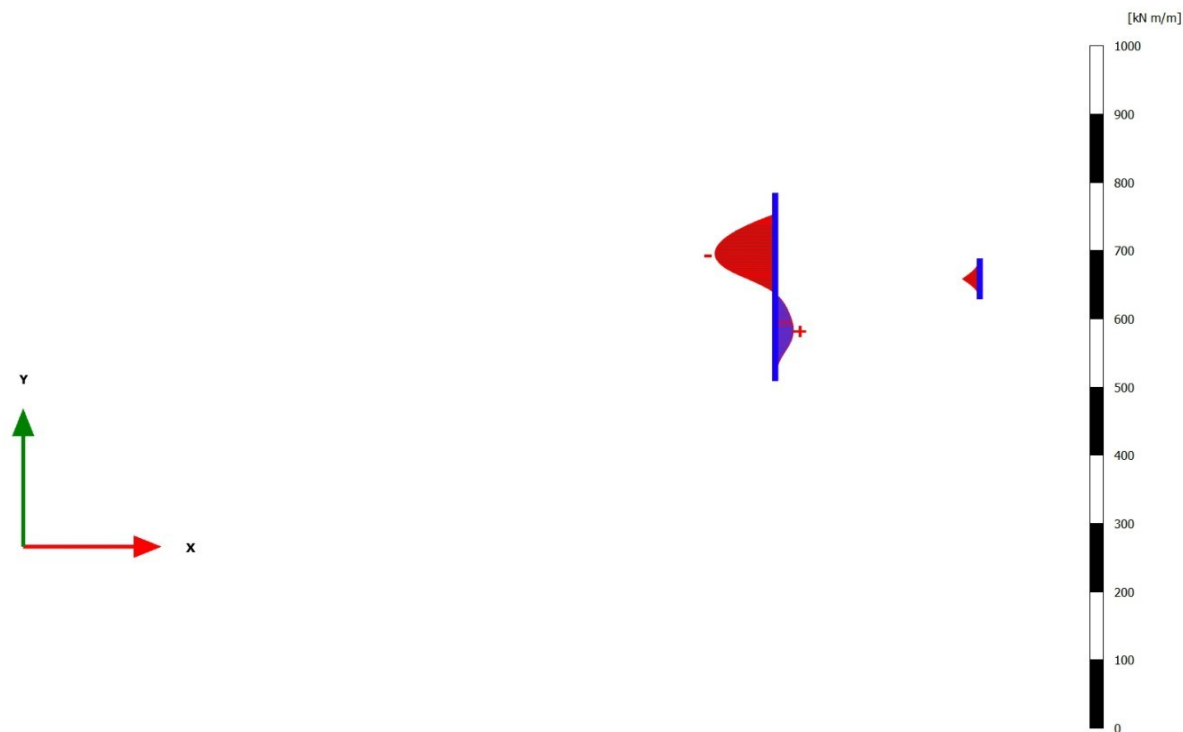


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 24.24 kN m/m (Element 28 at Node 10122)

Minimum value = -84.61 kN m/m (Element 11 at Node 4656)

3.1.2.1.7 Calculation results, Plate, Dagelijks_verkeer [Phase_10] (10/44), Bending moments M

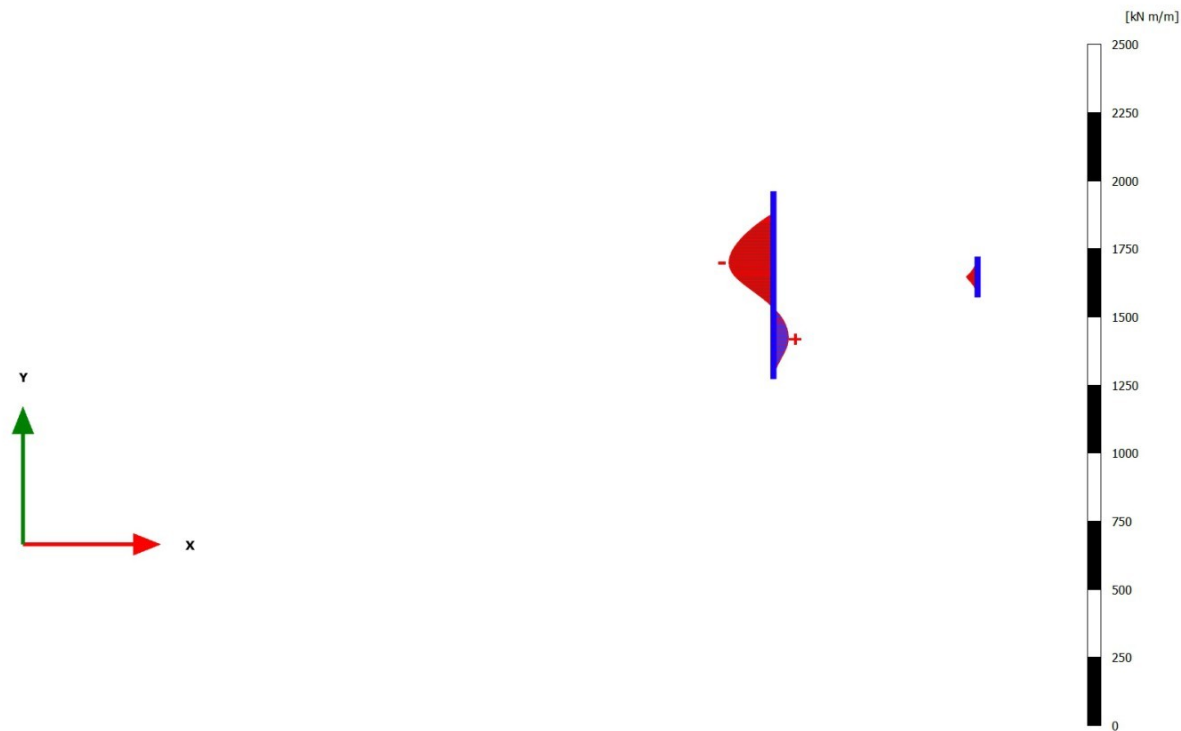


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 26.77 kN m/m (Element 28 at Node 10121)

Minimum value = -88.31 kN m/m (Element 11 at Node 4656)

3.1.2.1.8 Calculation results, Plate, regen + verkeer 6.3 [Phase_17] (17/56), Bending moments M

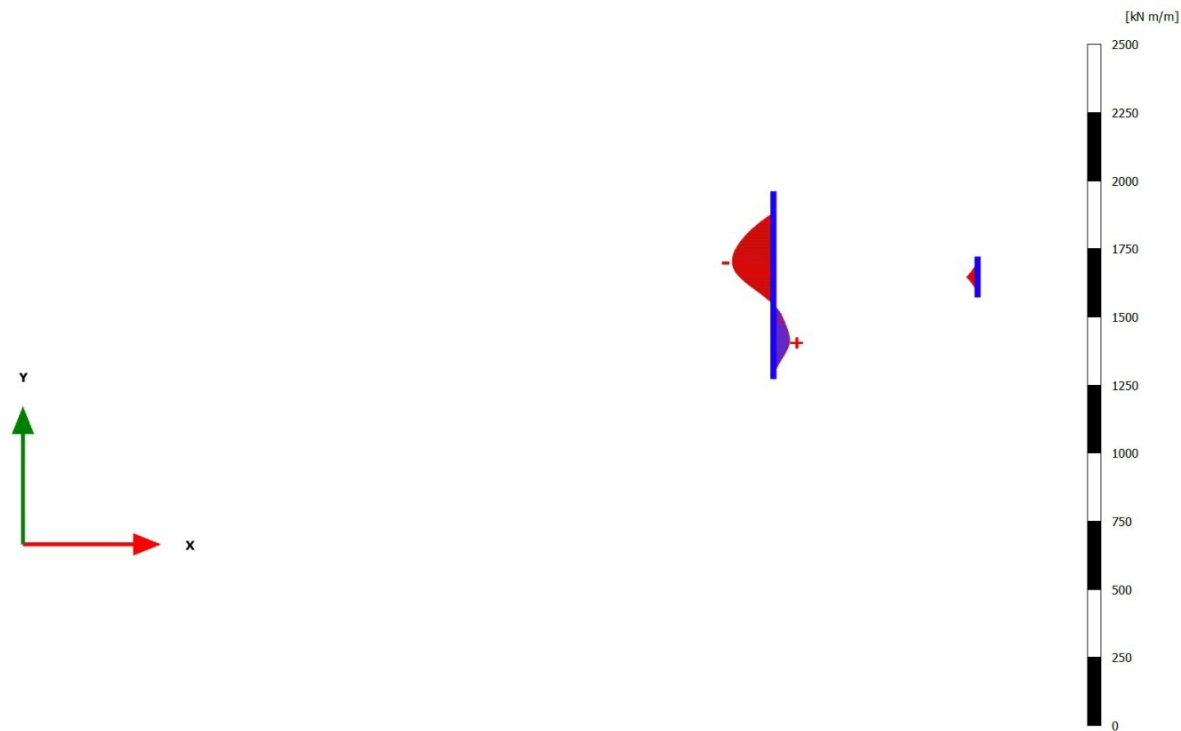


Bending moments M (scaled up 0.0200 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 55.03 kN m/m (Element 28 at Node 10376)

Minimum value = -163.1 kN m/m (Element 12 at Node 4705)

3.1.2.1.9 Calculation results, Plate, regen + verkeer 6.4 [Phase_18] (18/62), Bending moments M

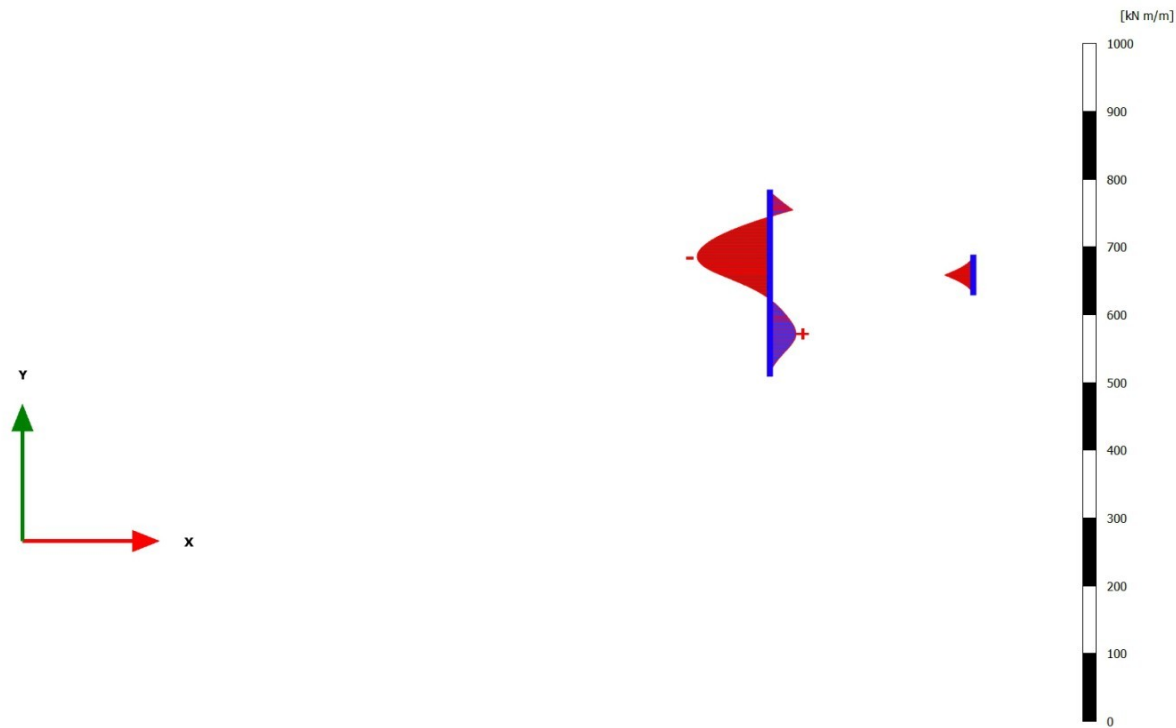


Bending moments M (scaled up 0.0200 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 59.45 kN m/m (Element 30 at Node 10377)

Minimum value = -151.0 kN m/m (Element 12 at Node 4705)

3.1.2.1.10 Calculation results, Plate, regen + verkeer aanrijding [Phase_19] (19/65), Bending moments M

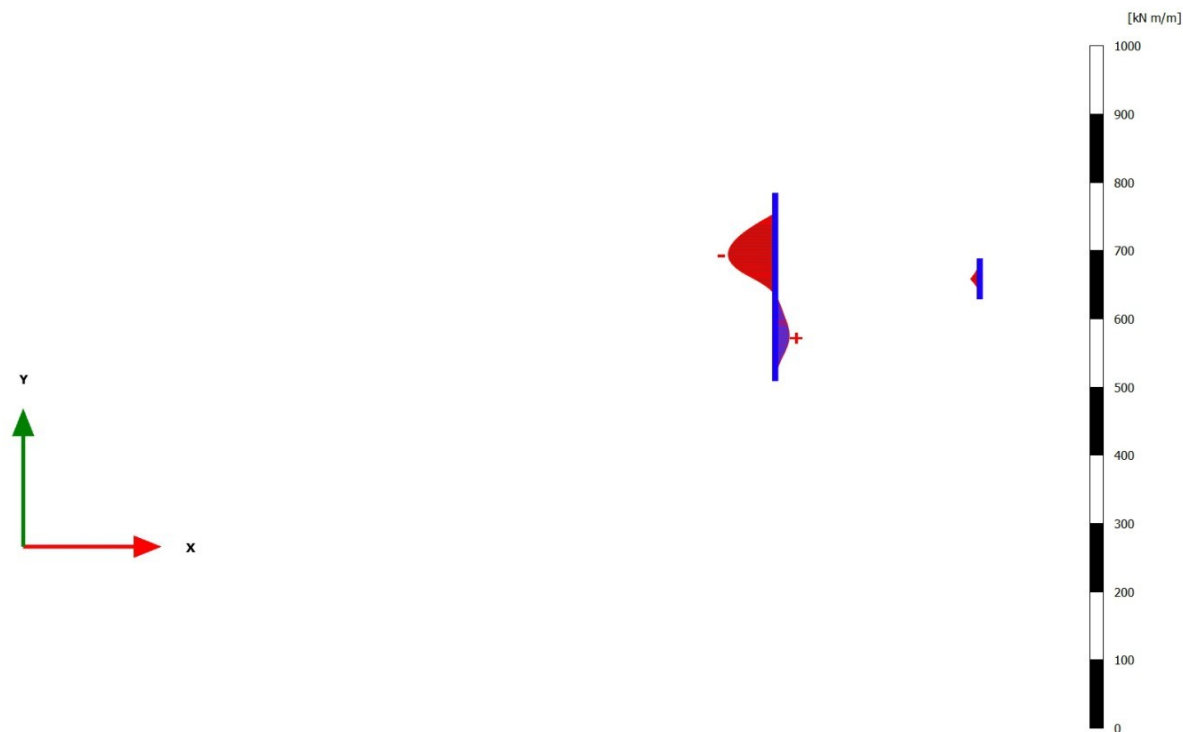


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 38.40 kN m/m (Element 28 at Node 10123)

Minimum value = -107.5 kN m/m (Element 11 at Node 4658)

3.1.2.1.11 Calculation results, Plate, 2.d aanvulling 1 [Phase_42] (42/124), Bending moments M

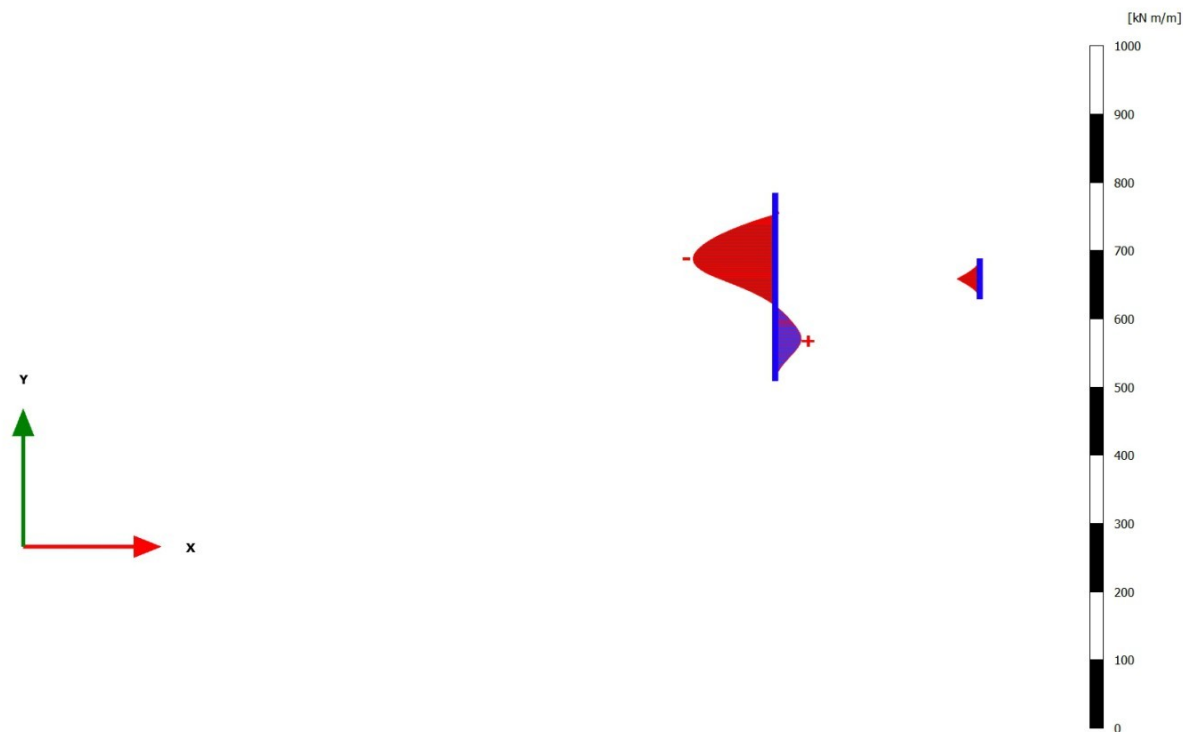


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 3656 day)

Maximum value = 20.61 kN m/m (Element 28 at Node 10123)

Minimum value = -68.83 kN m/m (Element 11 at Node 4656)

3.1.2.1.12 Calculation results, Plate, regen + verkeer [Phase_16] (16/344), Bending moments M

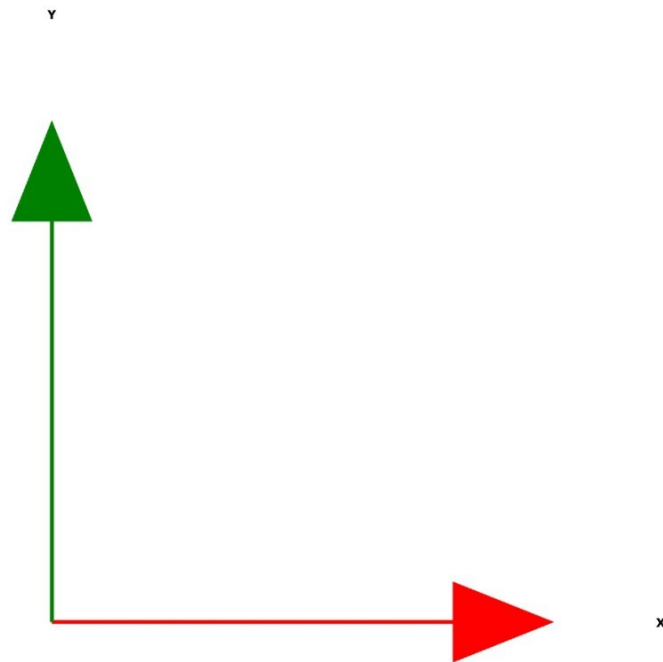


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 37.99 kN m/m (Element 28 at Node 10376)

Minimum value = -120.1 kN m/m (Element 11 at Node 4657)

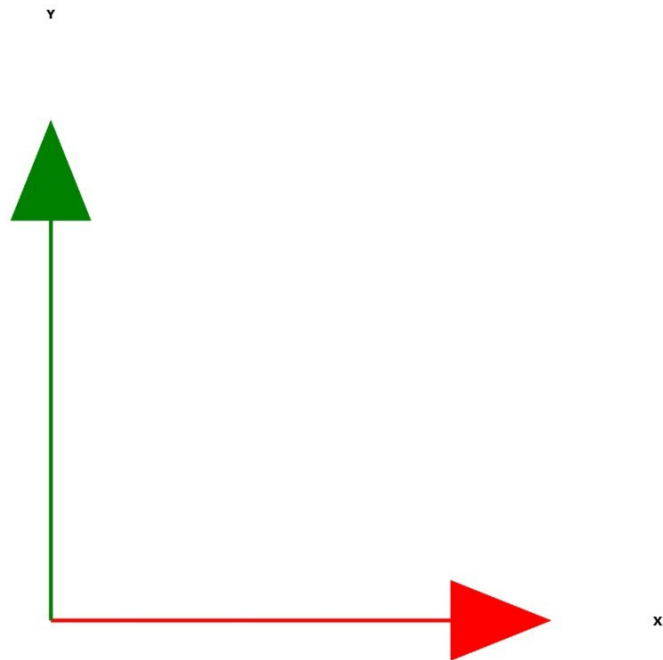
3.2.1.1.1 Calculation results, Node-to-node anchor, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 1.00 times) per structural element

No results

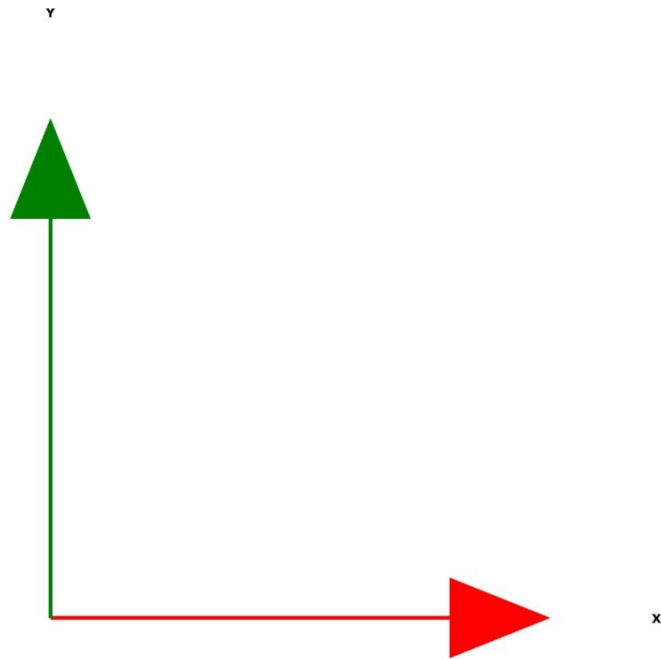
3.2.1.1.2 Calculation results, Node-to-node anchor, 2.a Aanleg bouwplateau [Phase_1] (1/18), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 1.00 times) (Time 3652 day) per structural element

No results

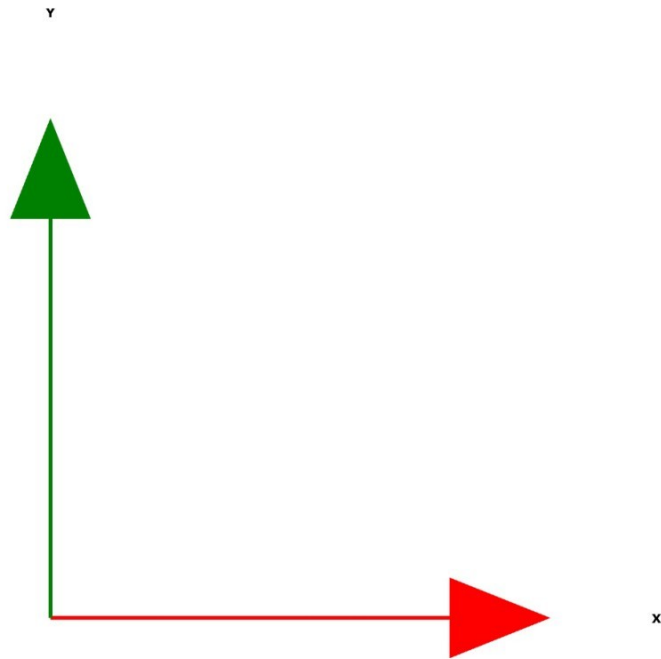
3.2.1.1.3 Calculation results, Node-to-node anchor, 2.b Aanbrengen damwanden [Phase_2] (2/21), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 1.00 times) (Time 3653 day) per structural element

No results

3.2.1.1.4 Calculation results, Node-to-node anchor, 2.c1 Ontgraven voor ankers [Phase_3] (3/26), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 1.00 times) (Time 3654 day) per structural element

No results

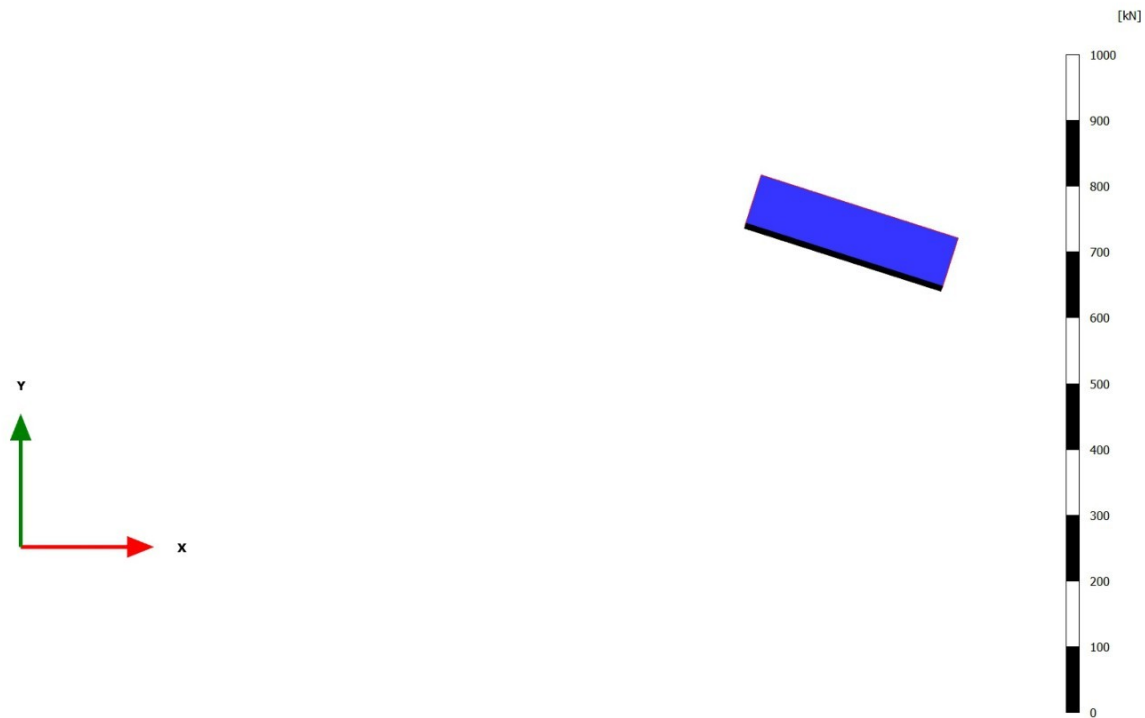
3.2.1.1.5 Calculation results, Node-to-node anchor, 2.c2 aanbrengen ankers [Phase_41] (41/29), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 500 times) (Time 3655 day) per structural element

Uniform value of $-8.741 \cdot 10^{-3}$ kN

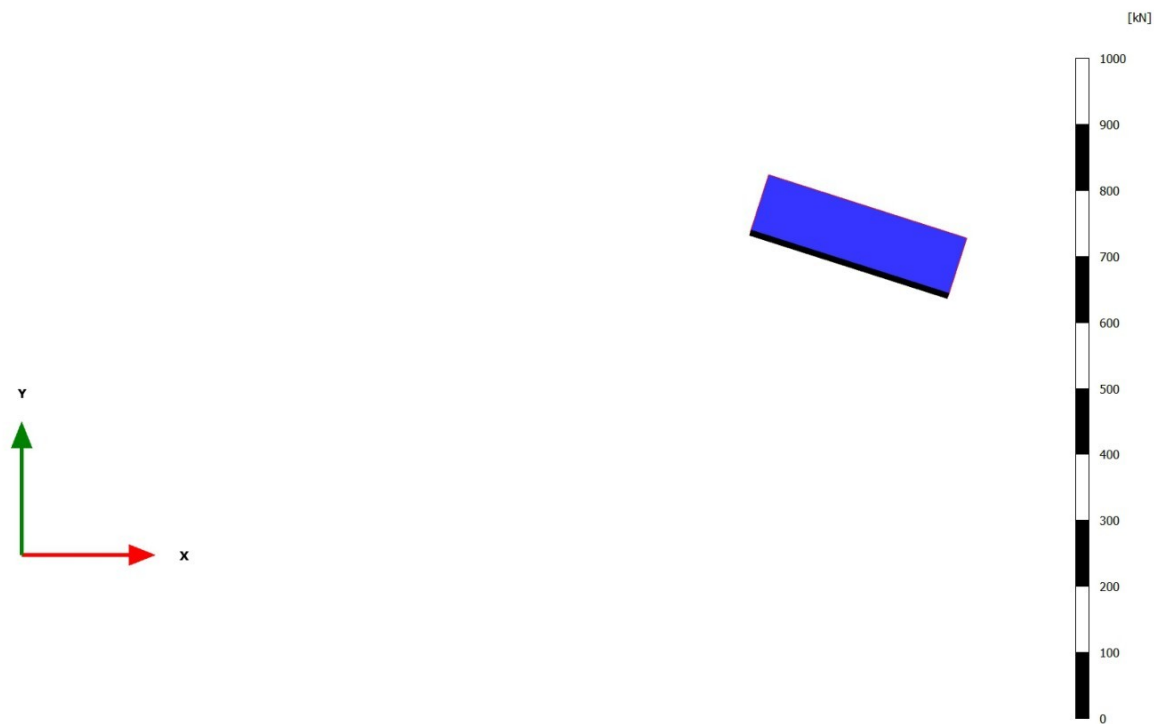
3.2.1.1.6 Calculation results, Node-to-node anchor, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/40), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day) per structural element

Uniform value of 81.00 kN

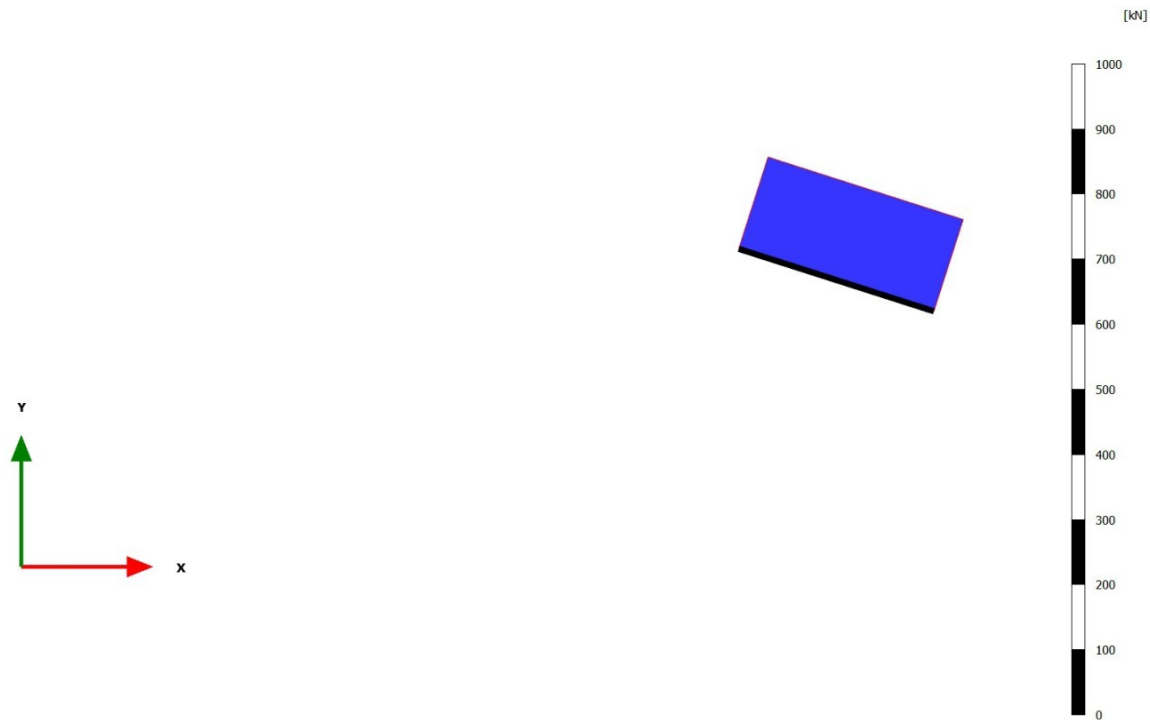
3.2.1.1.7 Calculation results, Node-to-node anchor, Dagelijks_verkeer [Phase_10] (10/44), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 0.0500 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day) per structural element

Uniform value of 92.06 kN

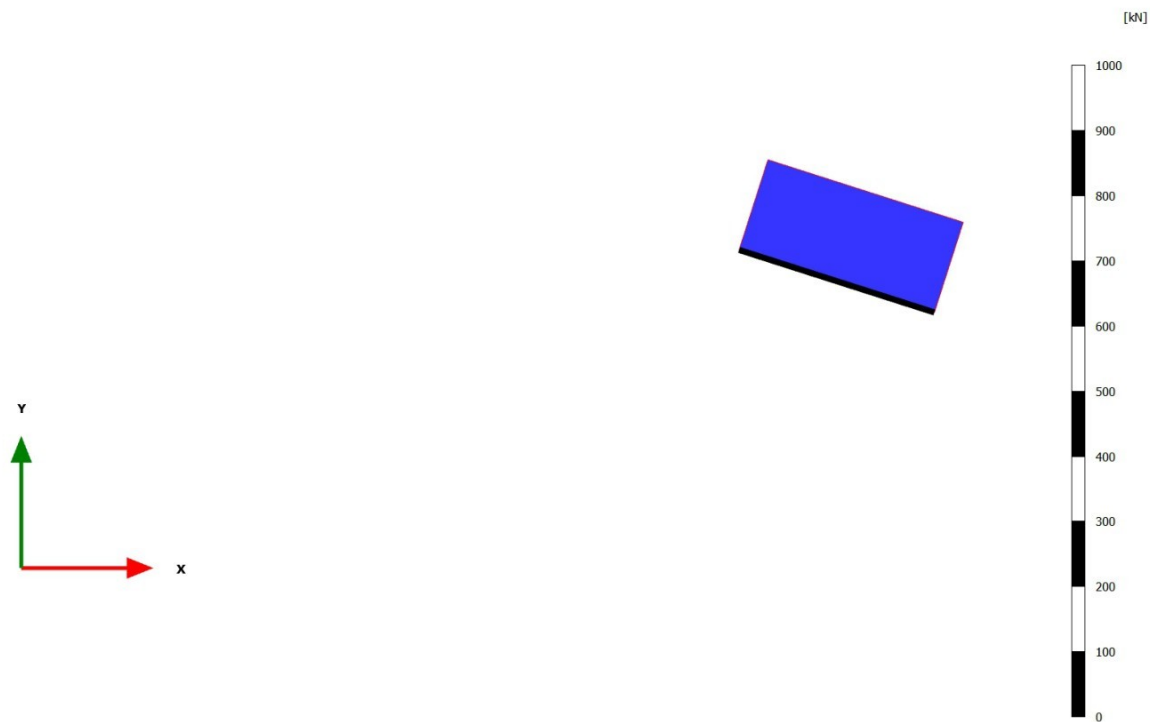
3.2.1.1.8 Calculation results, Node-to-node anchor, regen + verkeer 6.3 [Phase_17] (17/56), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day) per structural element

Uniform value of 148.0 kN

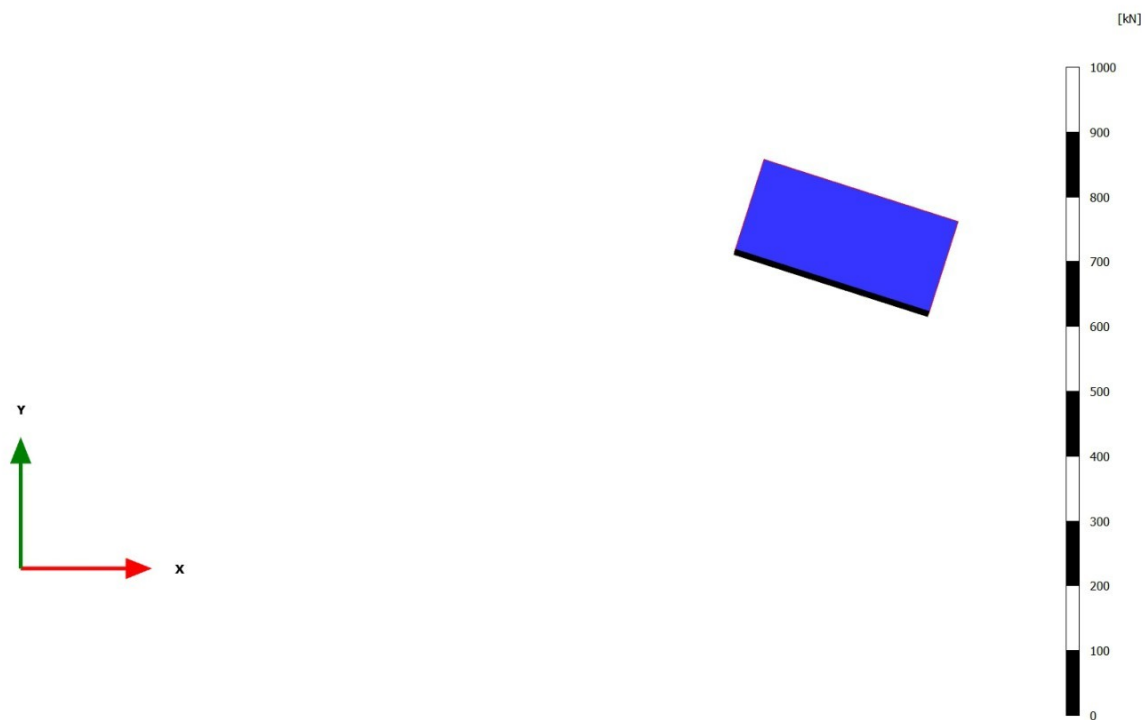
3.2.1.1.9 Calculation results, Node-to-node anchor, regen + verkeer 6.4 [Phase_18] (18/62), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day) per structural element

Uniform value of 145.4 kN

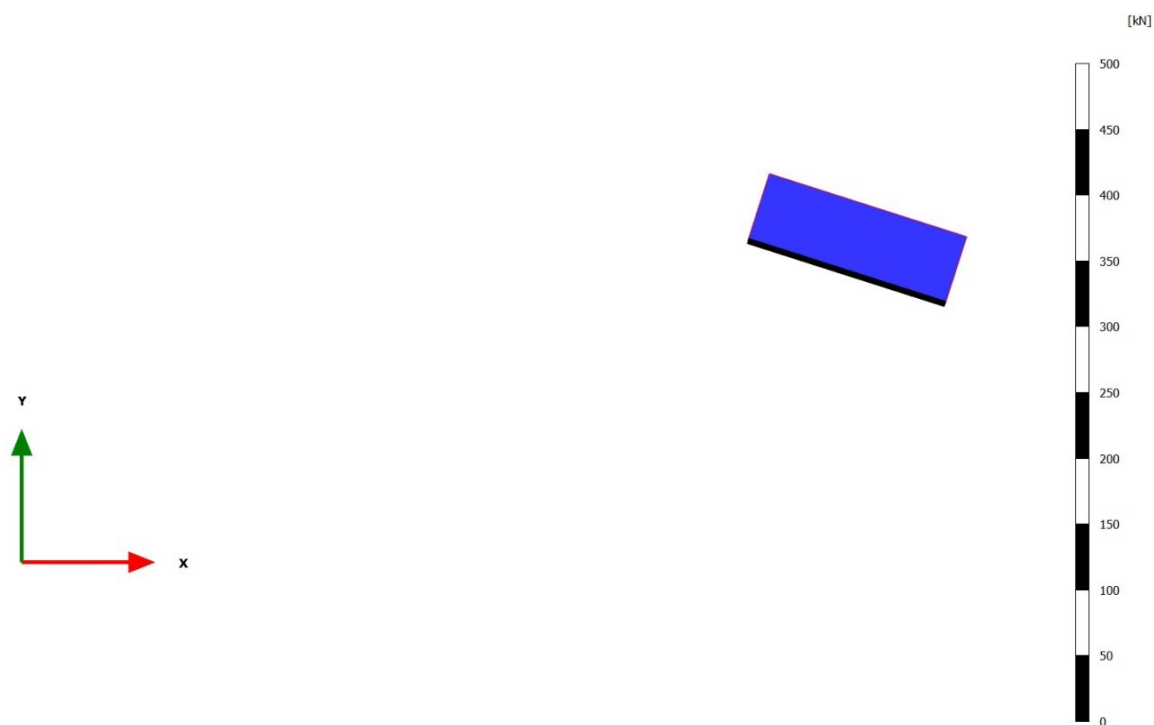
3.2.1.1.10 Calculation results, Node-to-node anchor, regen + verkeer aanrijding [Phase_19] (19/65), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day) per structural element

Uniform value of 149.8 kN

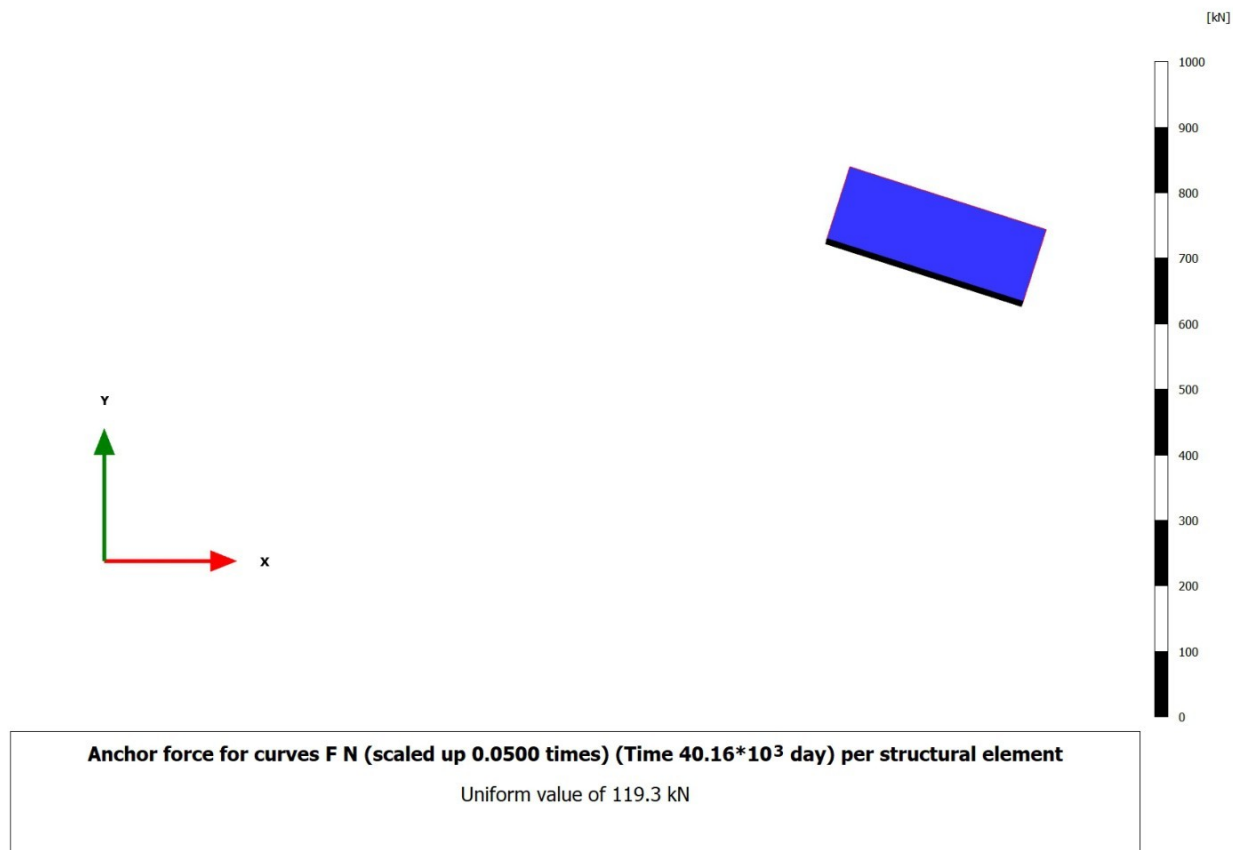
3.2.1.1.11 Calculation results, Node-to-node anchor, 2.d aanvulling 1 [Phase_42] (42/124), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 0.100 times) (Time 3656 day) per structural element

Uniform value of 53.74 kN

3.2.1.1.12 Calculation results, Node-to-node anchor, regen + verkeer [Phase_16] (16/344), Anchor force for curves F N

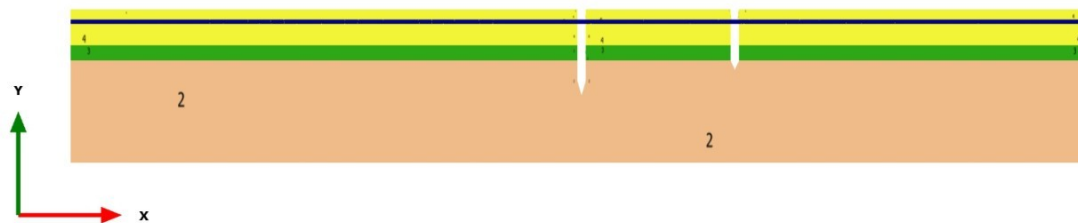


D.2 Doorsnede 'Dijk, damwand tot NAP+8,5'

PLAXIS Report

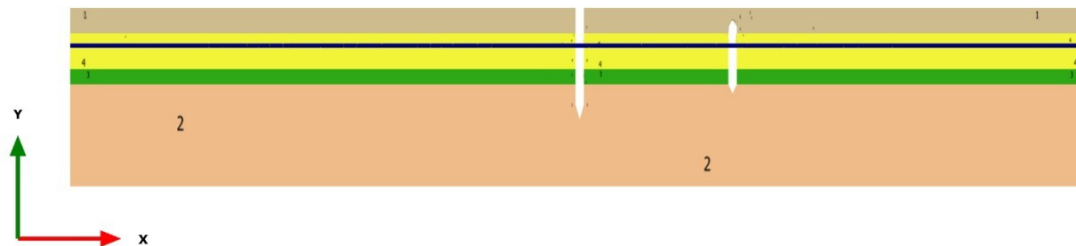
Filename	doorsnede1_Arcen_DO_8.5mNAP.p2dx
Directory	C:\Users\ [REDACTED] \OneDrive - Fugro\Documents\Projecten\2423-247385 - Arcen\05 Kistdam\Plaxis\DO\Doorsnede_1_dijk\
Model	Plane strain
Elements	15-Noded
PLAXIS Version	Version 2024.3.0.95

1.1.1.1 Calculation results, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Materials plot



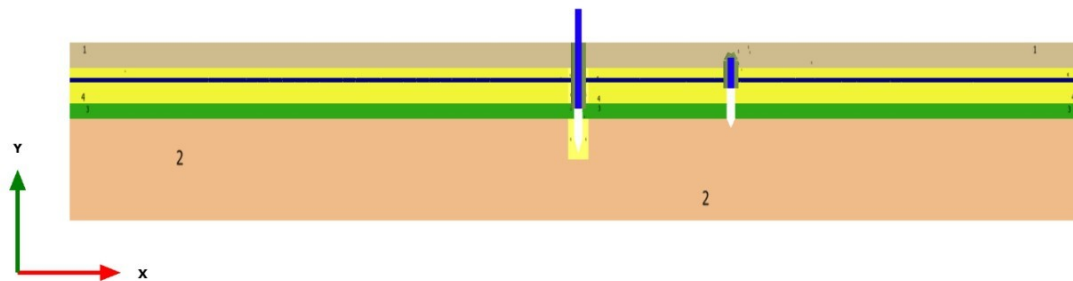
Materials plot

1.1.1.2 Calculation results, 2.a Aanleg bouwplateau [Phase_1] (1/18), Materials plot



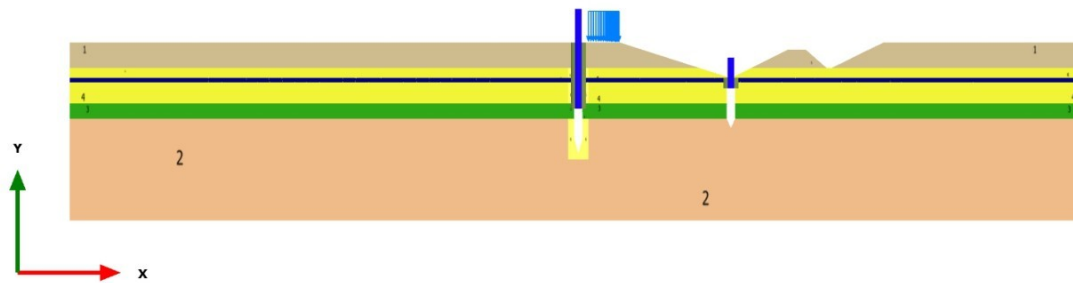
Materials plot

1.1.1.3 Calculation results, 2.b Aanbrengen damwanden [Phase_2] (2/21), Materials plot



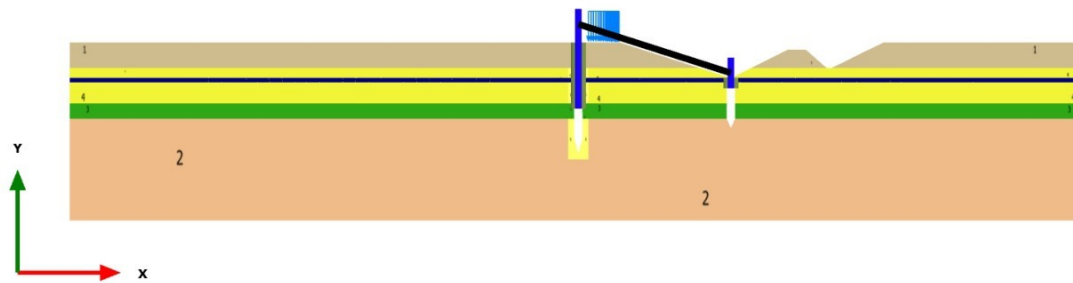
Materials plot

1.1.1.4 Calculation results, 2.c1 Ontgraven voor ankers [Phase_3] (3/26), Materials plot



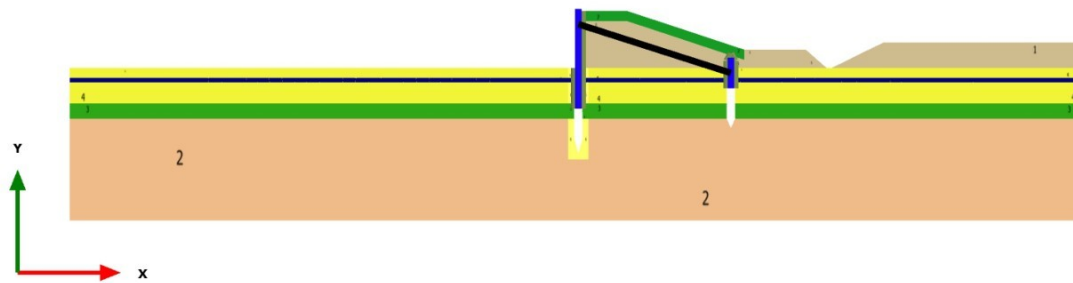
Materials plot

1.1.1.5 Calculation results, 2.c2 aanbrengen ankers [Phase_41] (41/29), Materials plot



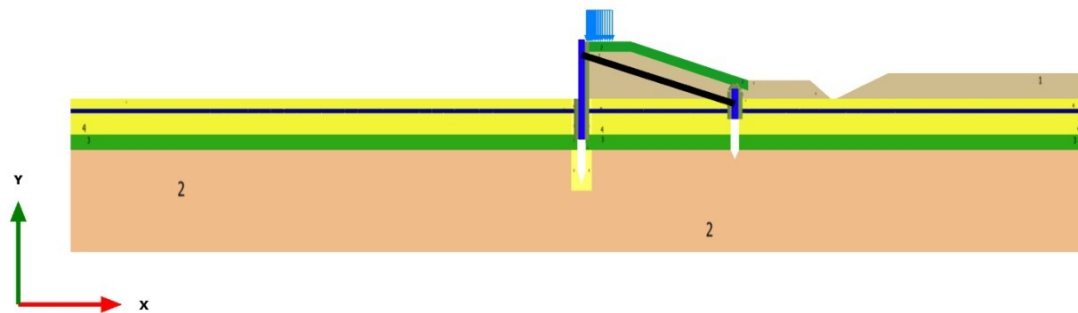
Materials plot

1.1.1.6 Calculation results, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/39), Materials plot



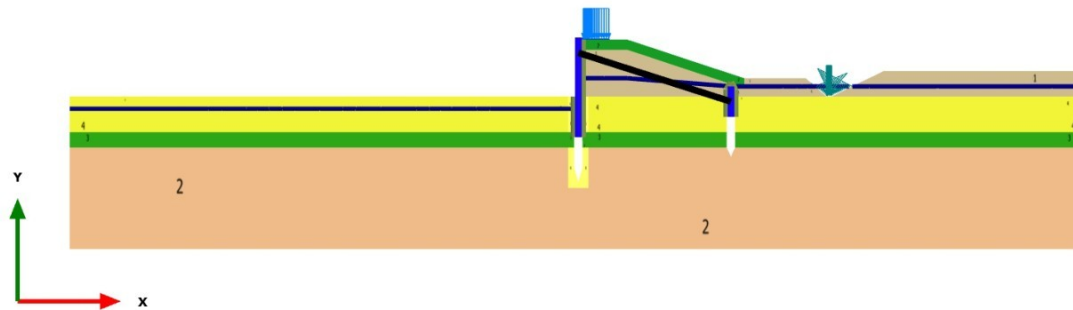
Materials plot

1.1.1.7 Calculation results, Dagelijks_verkeer [Phase_10] (10/42), Materials plot



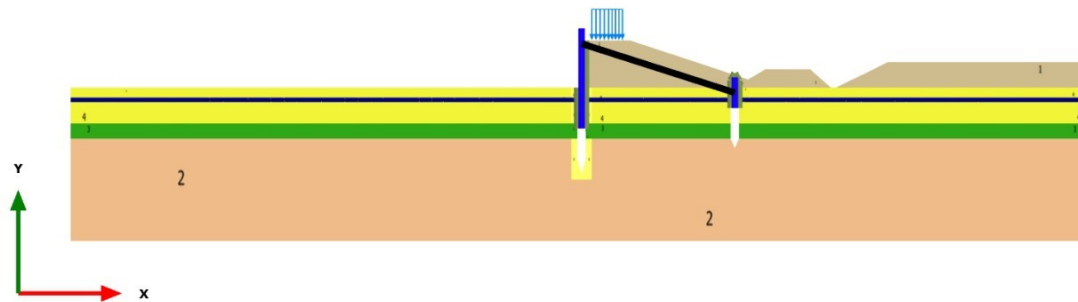
Materials plot

1.1.1.8 Calculation results, regen + verkeer aanrijding [Phase_19] (19/52), Materials plot



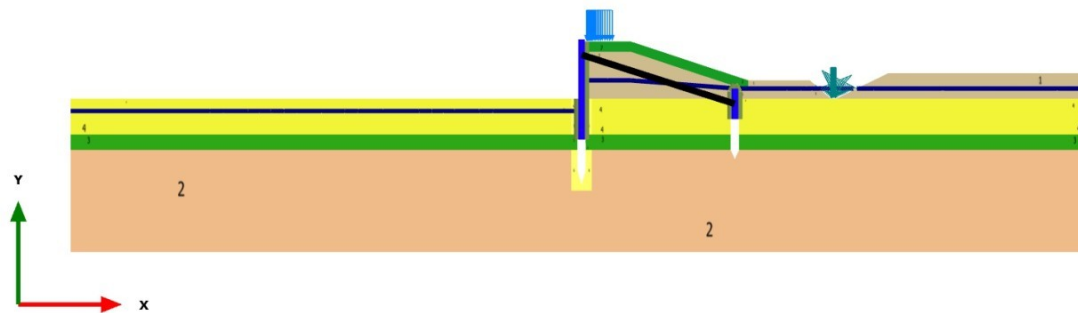
Materials plot

1.1.1.9 Calculation results, 2.d aanvulling 1 [Phase_42] (42/121), Materials plot



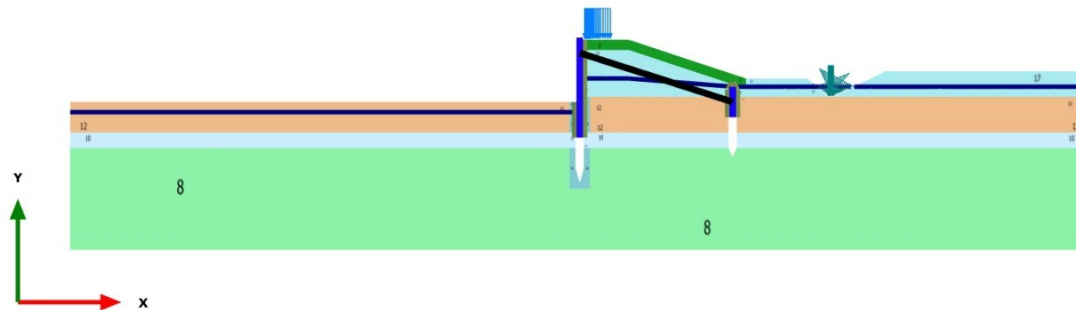
Materials plot

1.1.1.10 Calculation results, regen + verkeer [Phase_16] (16/331), Materials plot



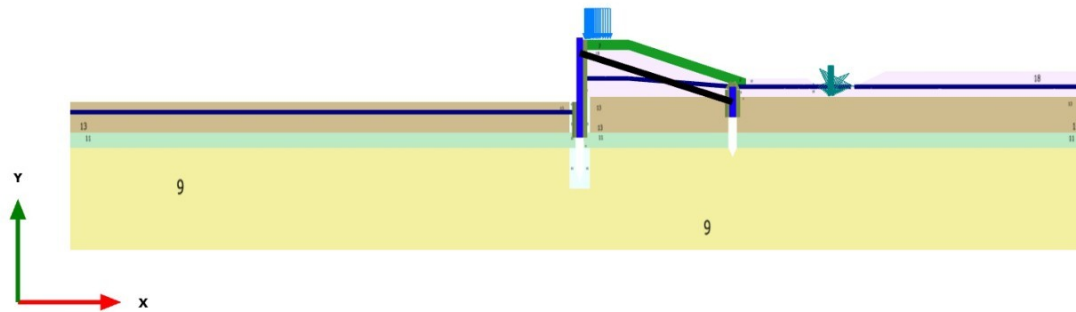
Materials plot

1.1.1.11 Calculation results, regen + verkeer 6.3 [Phase_17] (17/340), Materials plot



Materials plot

1.1.1.12 Calculation results, regen + verkeer 6.4 [Phase_18] (18/369), Materials plot



Materials plot

2.1.1.1.1 Calculation results, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Total displacements

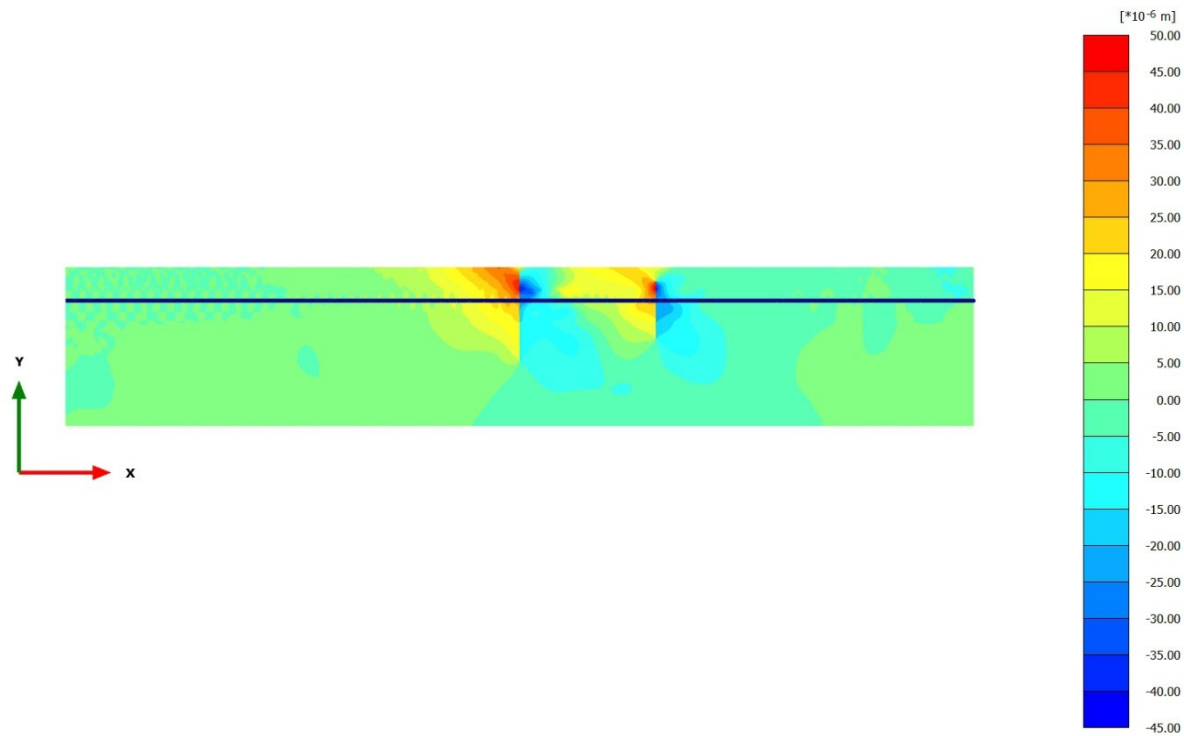
u_x



Total displacements u_x (at true scale)

Uniform value of 0.000 m

2.1.1.1.2 Calculation results, 2.a Aanleg bouwplateau [Phase_1] (1/18), Total displacements u_x

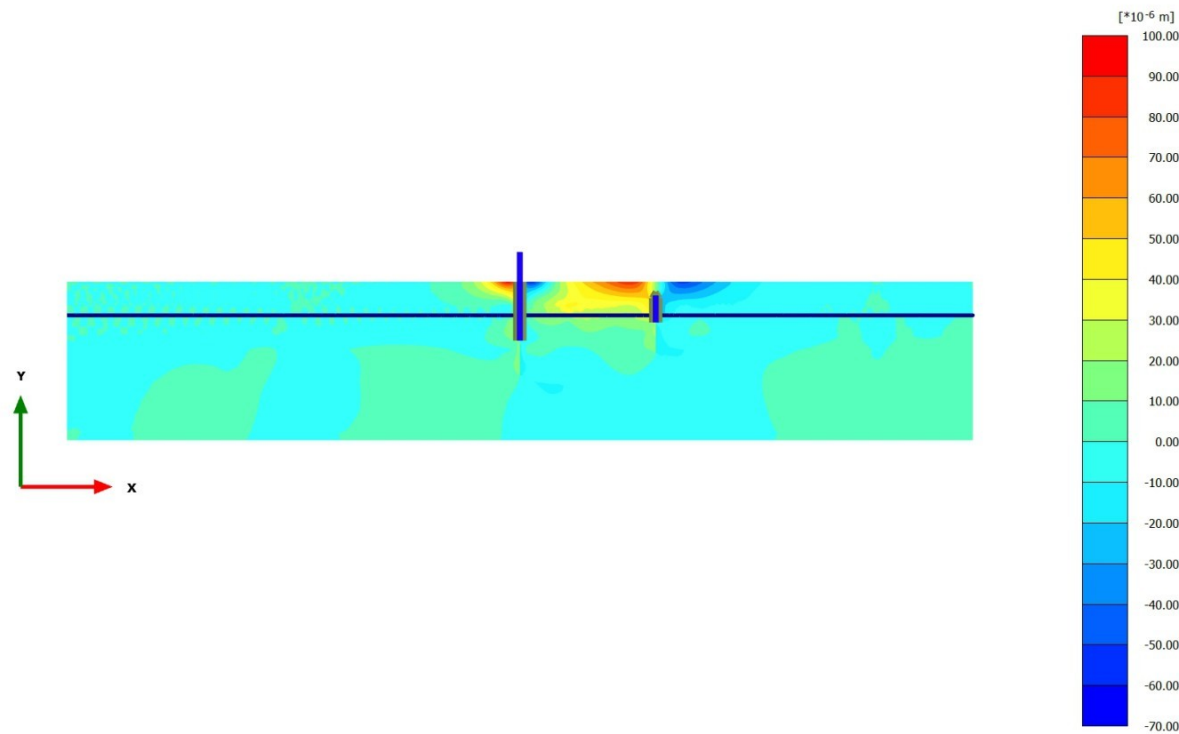


Total displacements u_x (scaled up $50.0 \cdot 10^3$ times) (Time 3652 day)

Maximum value = $0.04952 \cdot 10^{-3}$ m (Element 608 at Node 11344)

Minimum value = $-0.04078 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1200 at Node 7743)

2.1.1.1.3 Calculation results, 2.b Aanbrengen damwanden [Phase_2] (2/21), Total displacements u_x

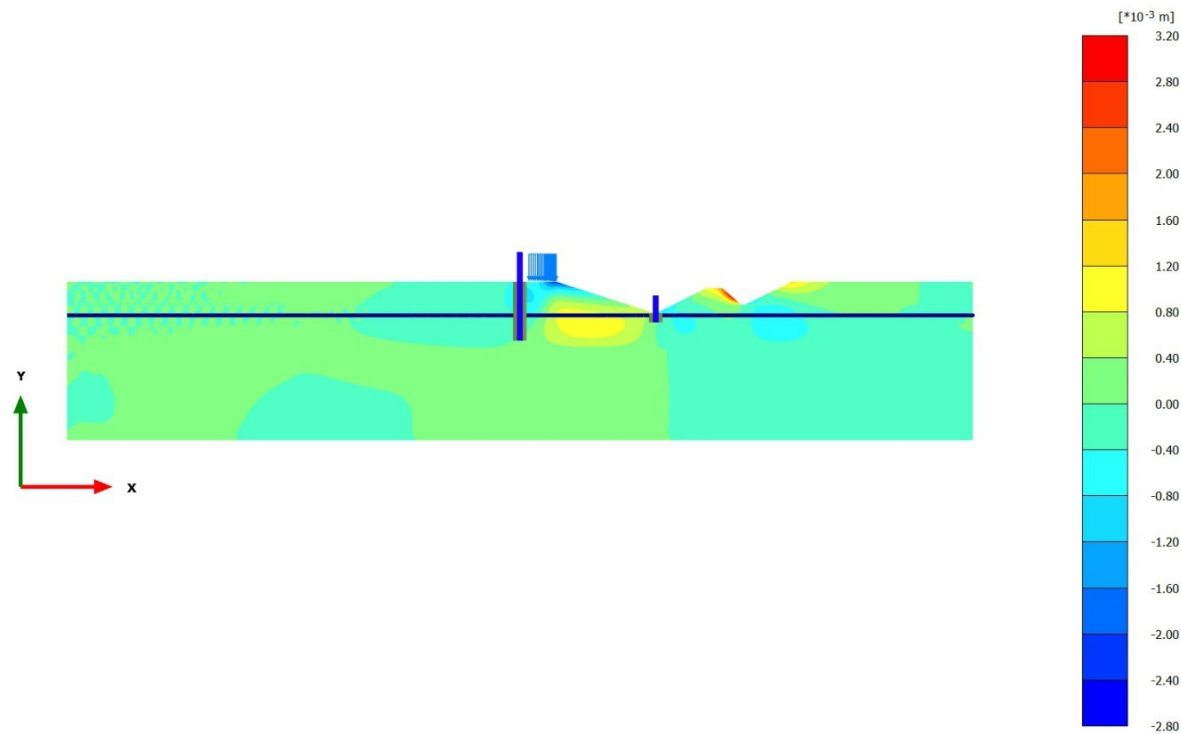


Total displacements u_x (scaled up $20.0 \cdot 10^3$ times) (Time 3653 day)

Maximum value = $0.09620 \cdot 10^{-3}$ m (Element 943 at Node 5295)

Minimum value = $-0.06067 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1193 at Node 5387)

2.1.1.1.4 Calculation results, 2.c1 Ontgraven voor ankers [Phase_3] (3/26), Total displacements u_x

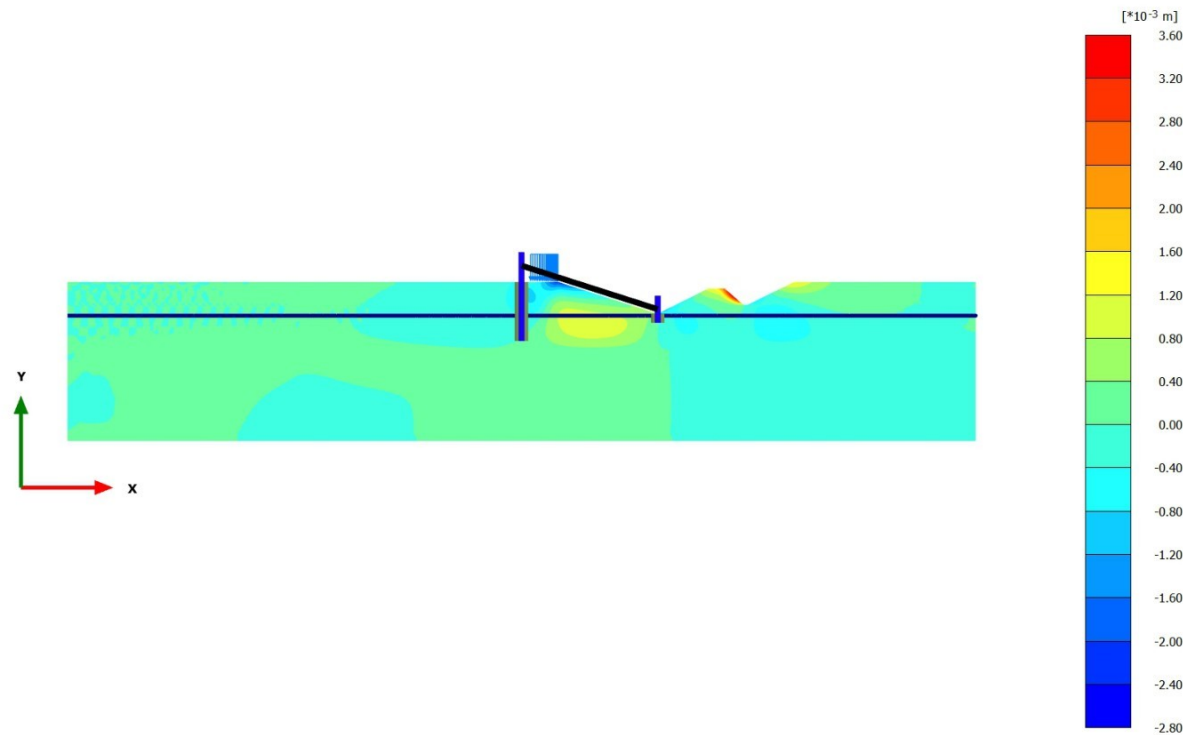


Total displacements u_x (scaled up 500 times) (Time 3654 day)

Maximum value = $2.949 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1349 at Node 15857)

Minimum value = $-2.537 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1346 at Node 5800)

2.1.1.1.5 Calculation results, 2.c2 aanbrengen ankers [Phase_41] (41/29), Total displacements u_x

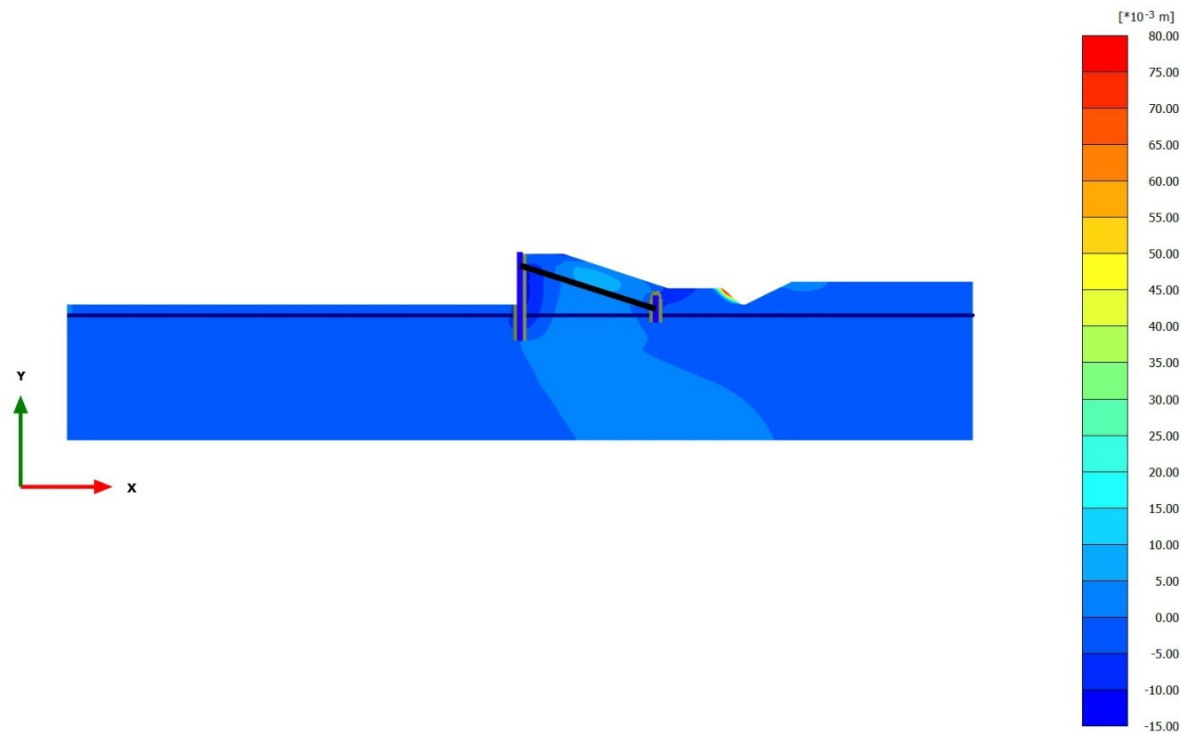


Total displacements u_x (scaled up 500 times) (Time 3655 day)

Maximum value = 3.536*10⁻³ m (Element 1349 at Node 15857)

Minimum value = -2.511*10⁻³ m (Element 1346 at Node 5800)

2.1.1.1.6 Calculation results, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/39), Total displacements u_x

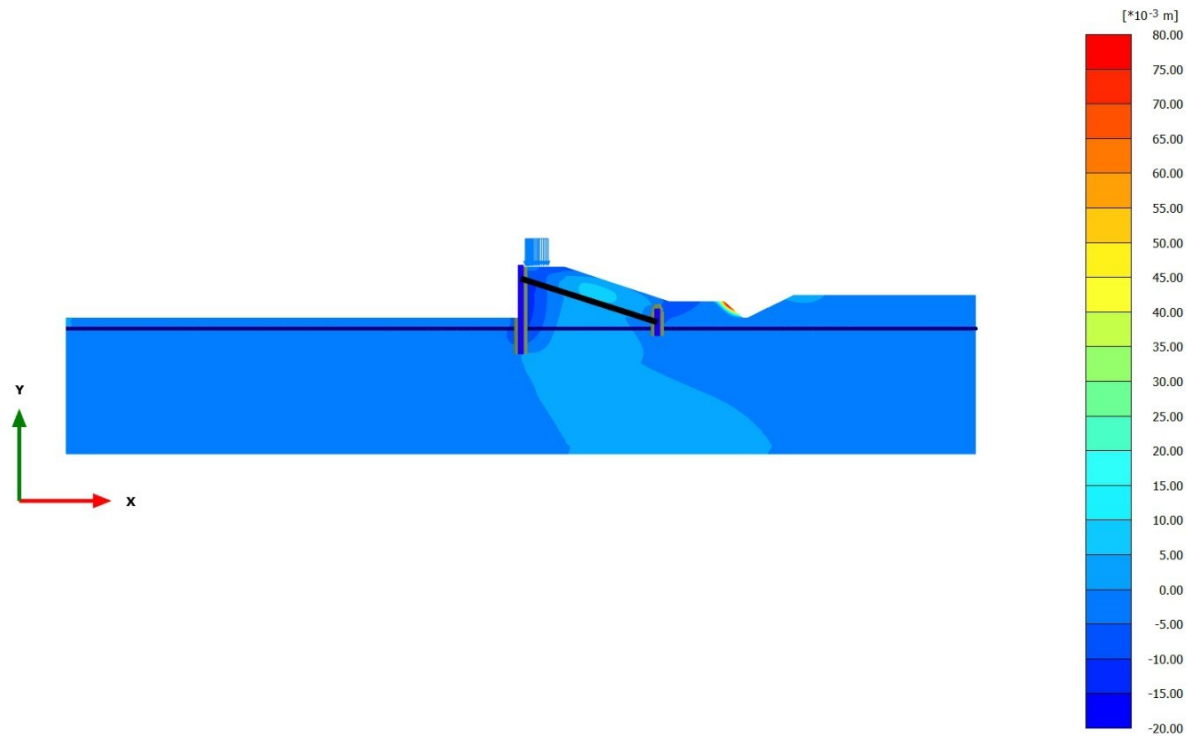


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.07779 m (Element 1356 at Node 15841)

Minimum value = -0.01357 m (Element 1186 at Node 4735)

2.1.1.1.7 Calculation results, Dagelijks_verkeer [Phase_10] (10/42), Total displacements u_x

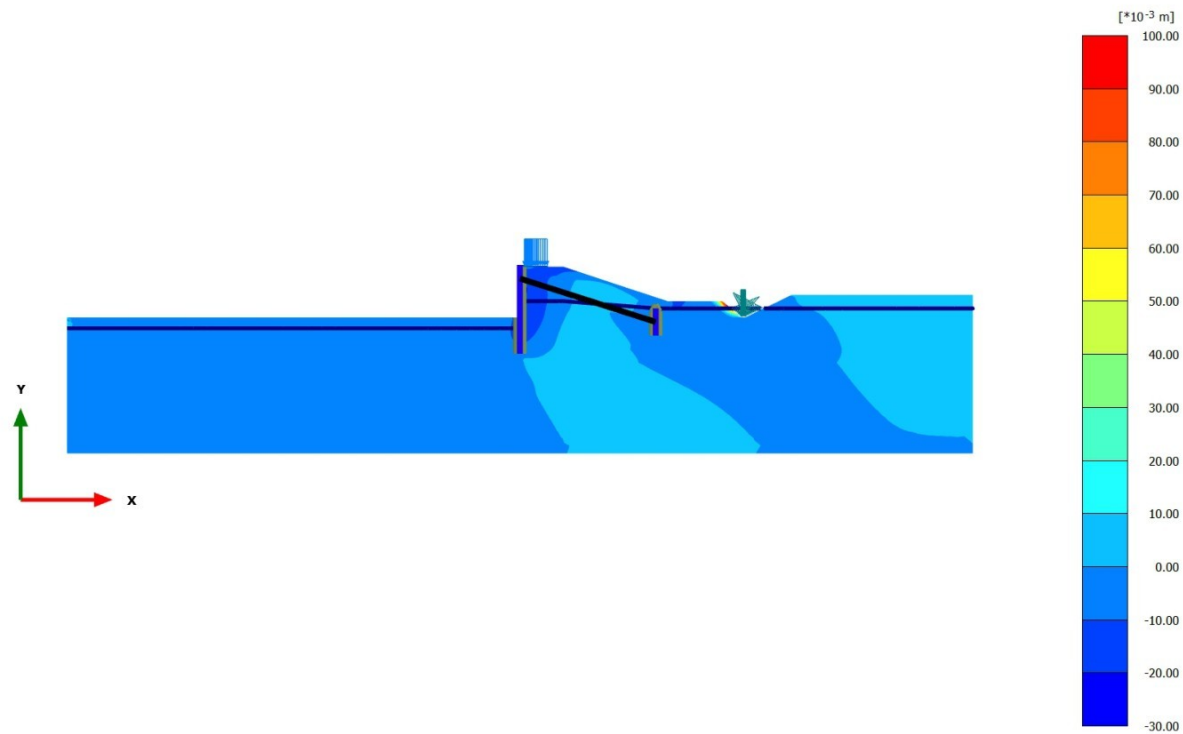


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.07955 m (Element 1356 at Node 15841)

Minimum value = -0.01561 m (Element 1186 at Node 4736)

2.1.1.1.8 Calculation results, regen + verkeer aanrijding [Phase_19] (19/52), Total displacements u_x

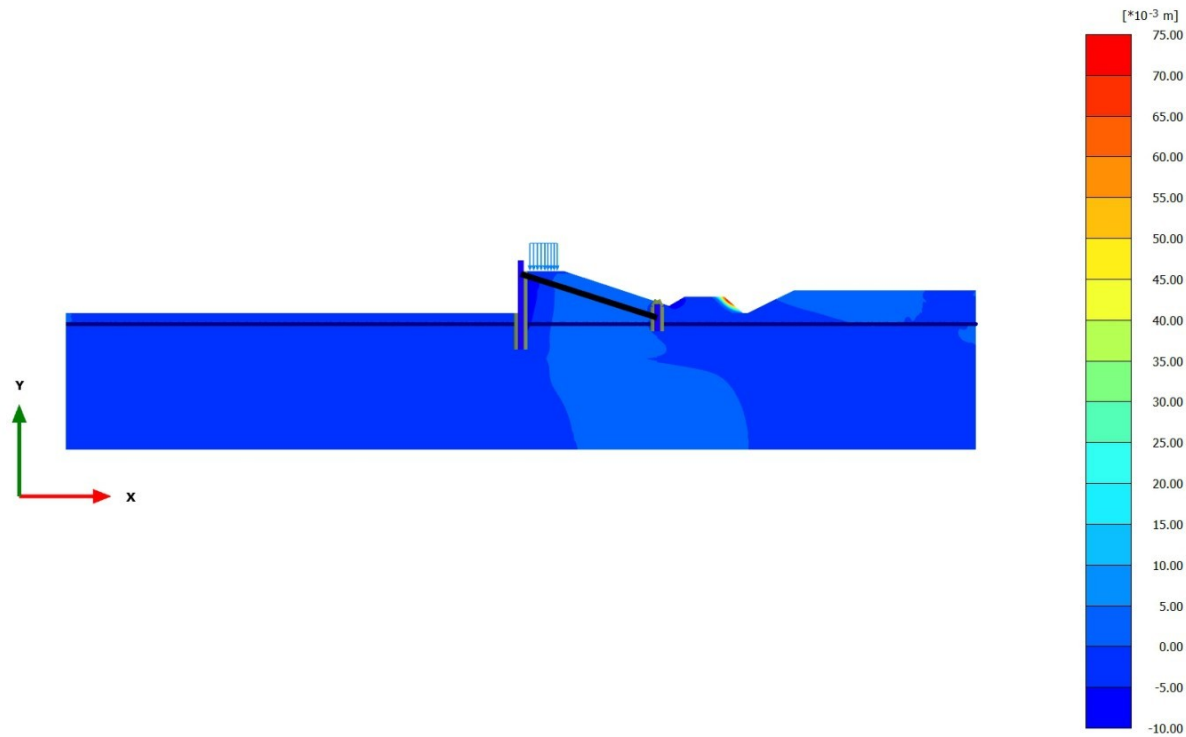


Total displacements u_x (scaled up 20.0 times) (Time 40.16×10^3 day)

Maximum value = 0.09340 m (Element 1356 at Node 15693)

Minimum value = -0.02287 m (Element 1186 at Node 4736)

2.1.1.1.9 Calculation results, 2.d aanvulling 1 [Phase_42] (42/121), Total displacements u_x

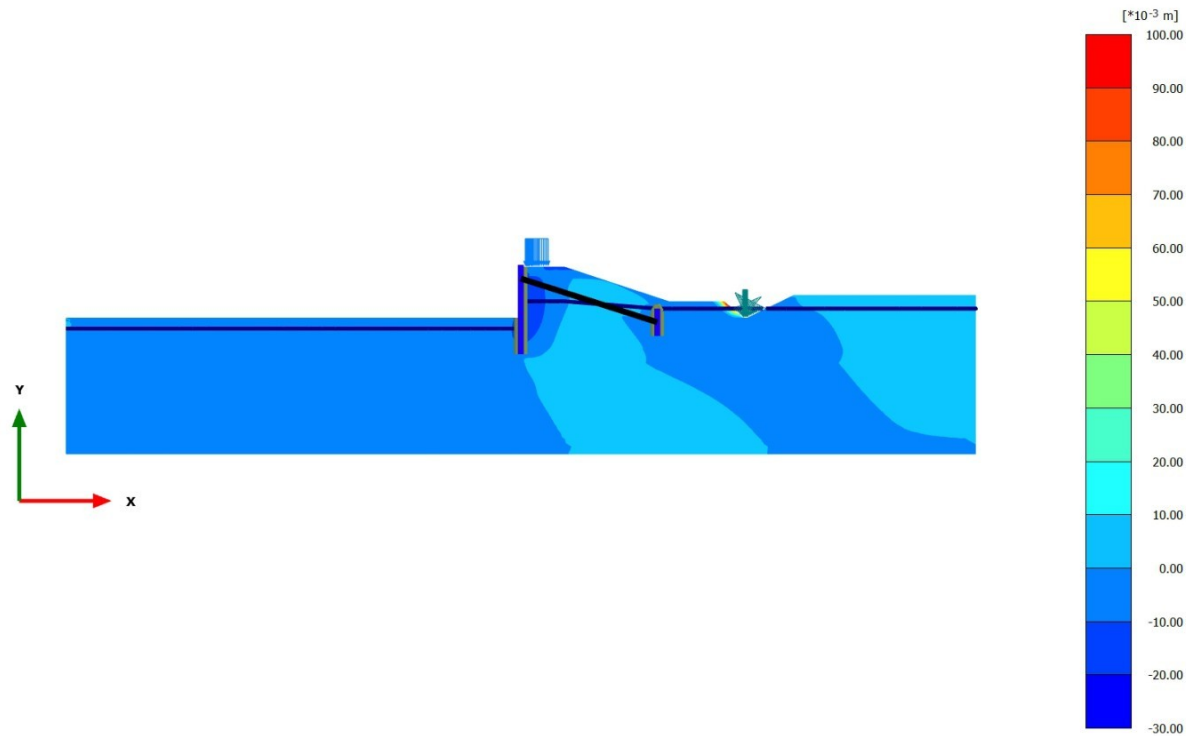


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time 3656 day)

Maximum value = 0.07390 m (Element 1356 at Node 15841)

Minimum value = $-9.509 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1186 at Node 5357)

2.1.1.1.10 Calculation results, regen + verkeer [Phase_16] (16/331), Total displacements u_x

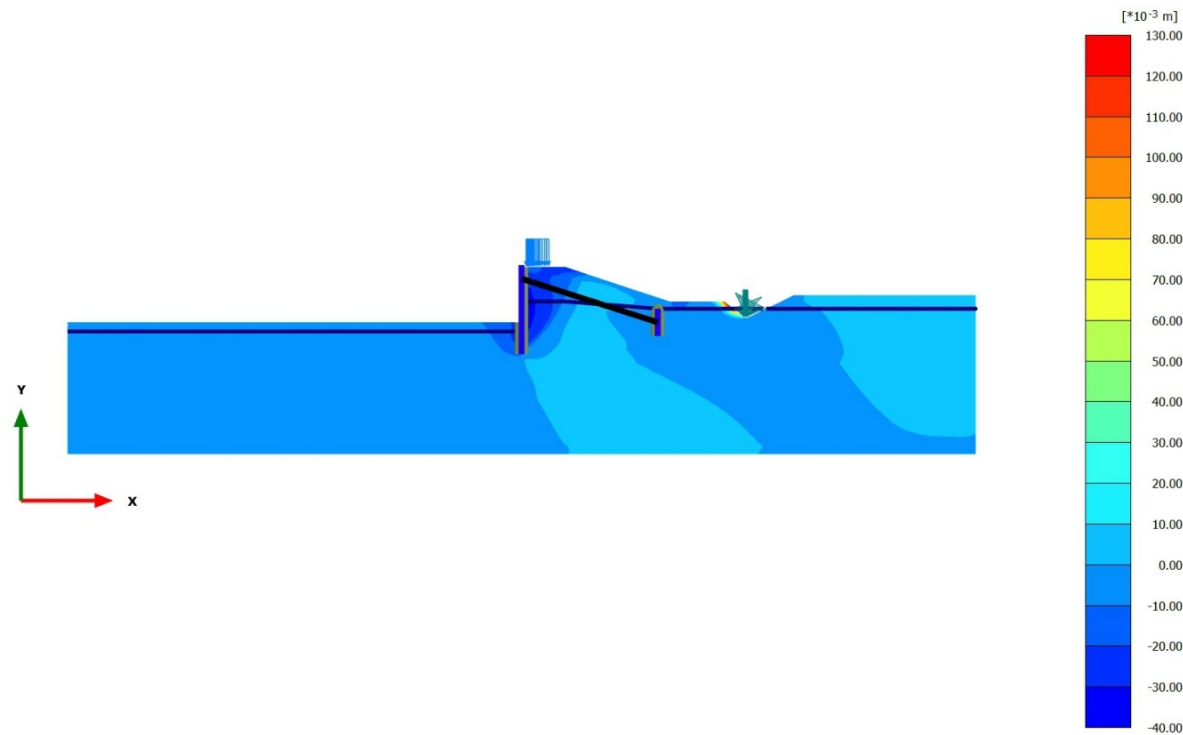


Total displacements u_x (scaled up 20.0 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.09057 m (Element 1356 at Node 15693)

Minimum value = -0.02106 m (Element 1186 at Node 5357)

2.1.1.1.11 Calculation results, regen + verkeer 6.3 [Phase_17] (17/340), Total displacements u_x

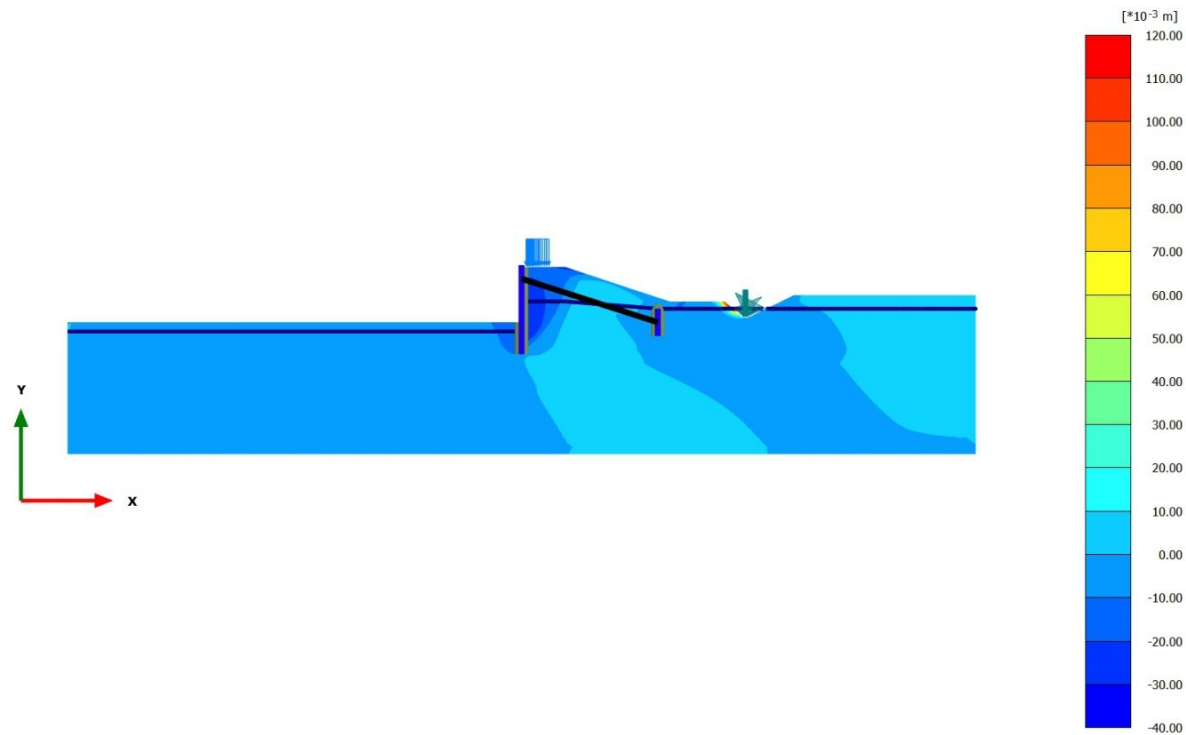


Total displacements u_x (scaled up 20.0 times) (Time $40.16*10^3$ day)

Maximum value = 0.1253 m (Element 1356 at Node 15693)

Minimum value = -0.03688 m (Element 1194 at Node 5351)

2.1.1.1.12 Calculation results, regen + verkeer 6.4 [Phase_18] (18/369), Total displacements u_x

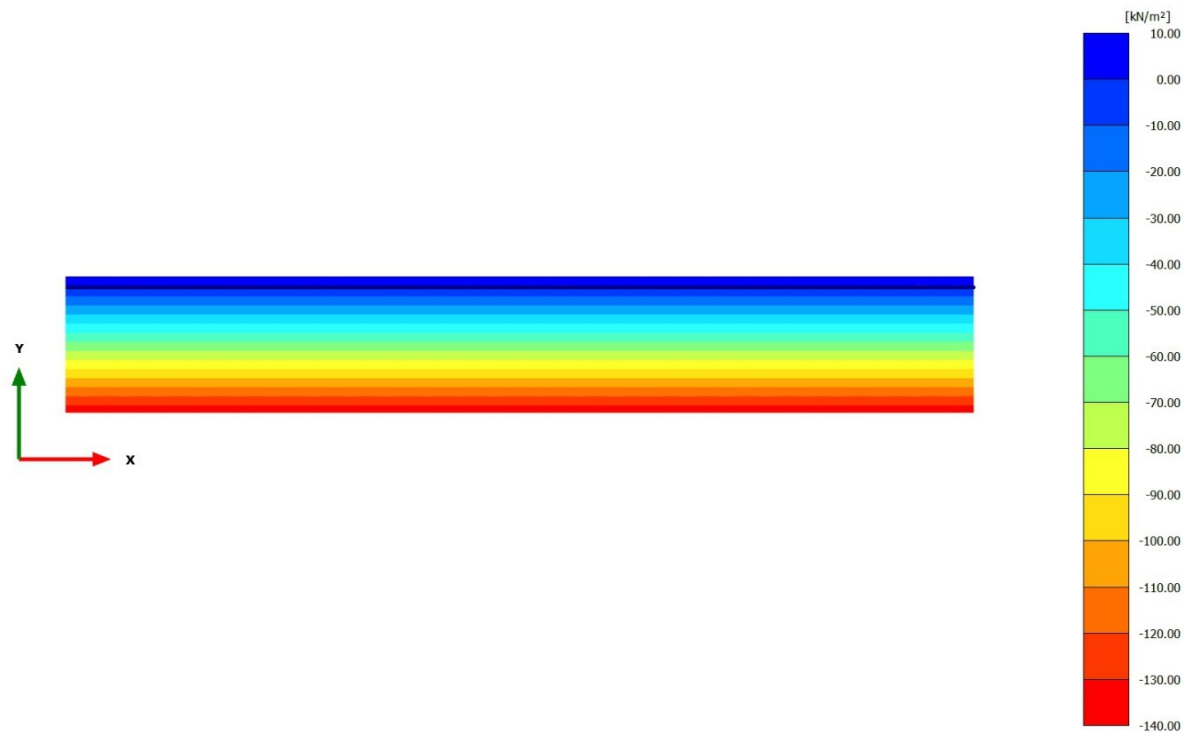


Total displacements u_x (scaled up 20.0 times) (Time $40.16*10^3$ day)

Maximum value = 0.1128 m (Element 1356 at Node 15693)

Minimum value = -0.03241 m (Element 1194 at Node 5352)

2.2.1.1.1 Calculation results, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Active pore pressures p_{active}

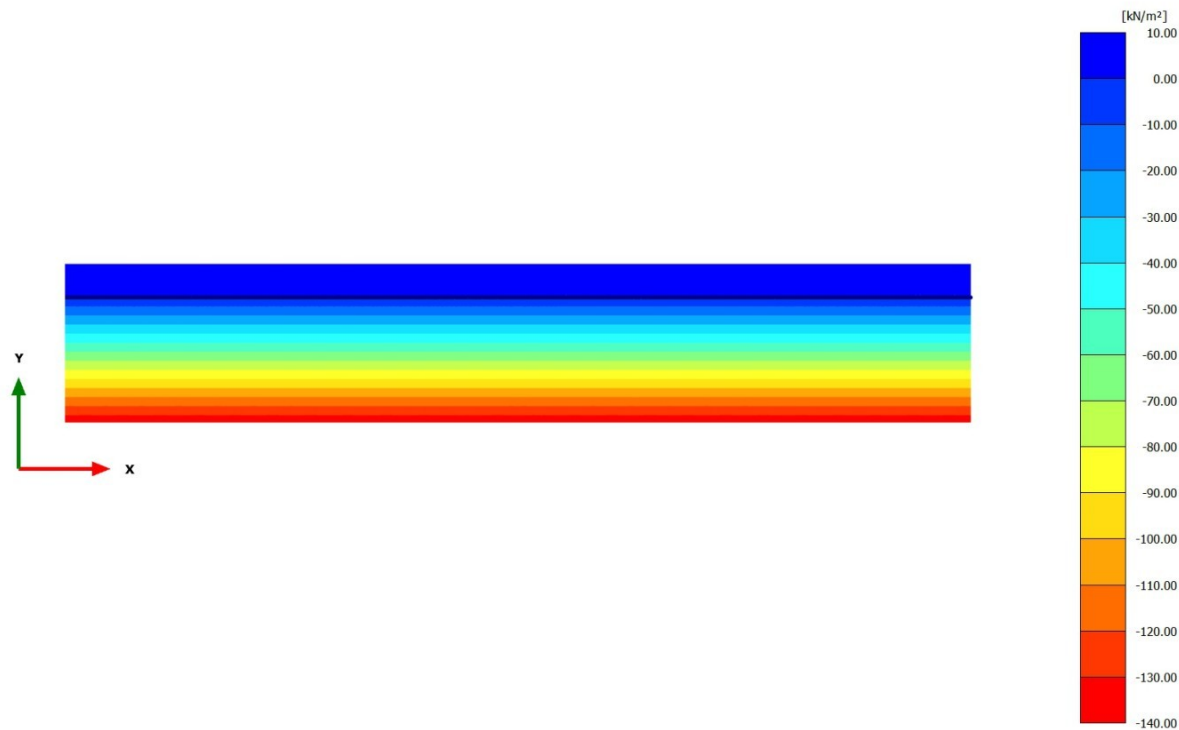


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 1390 at Node 435)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.2 Calculation results, 2.a Aanleg bouwplateau [Phase_1] (1/18), Active pore pressures p_{active}

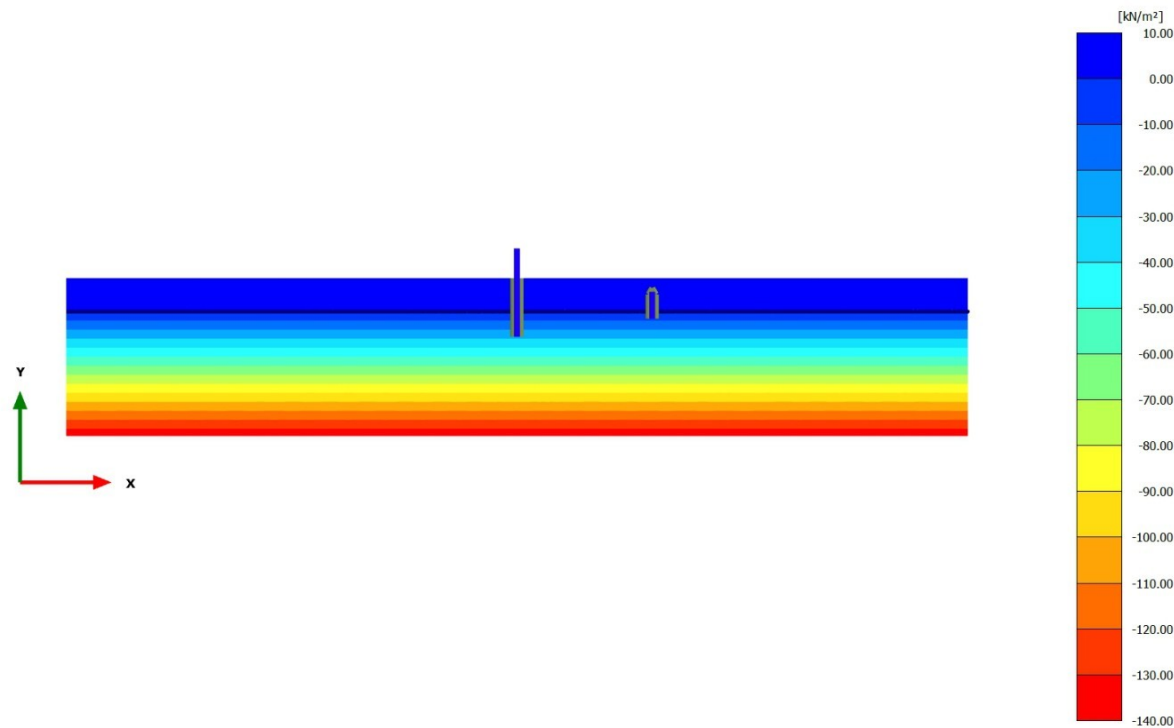


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3652 day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 494 at Node 14945)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.3 Calculation results, 2.b Aanbrengen damwanden [Phase_2] (2/21), Active pore pressures p_{active}

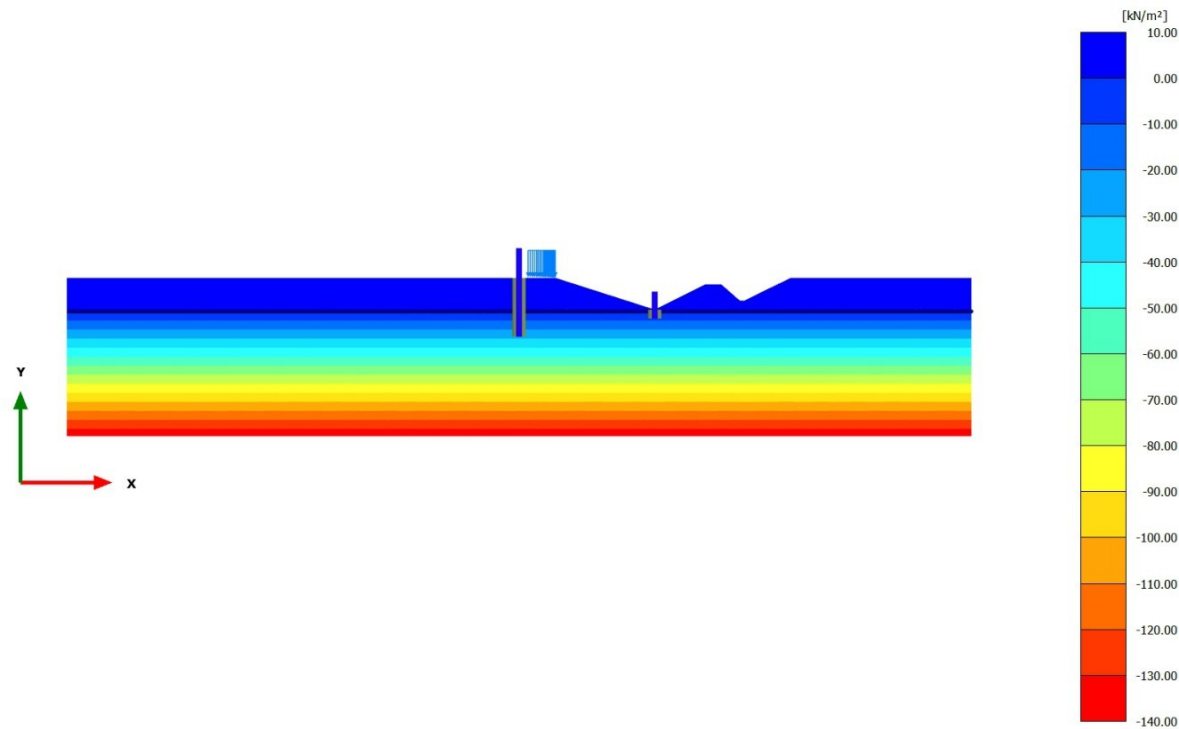


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3653 day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 494 at Node 14945)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.4 Calculation results, 2.c1 Ontgraven voor ankers [Phase_3] (3/26), Active pore pressures p_{active}

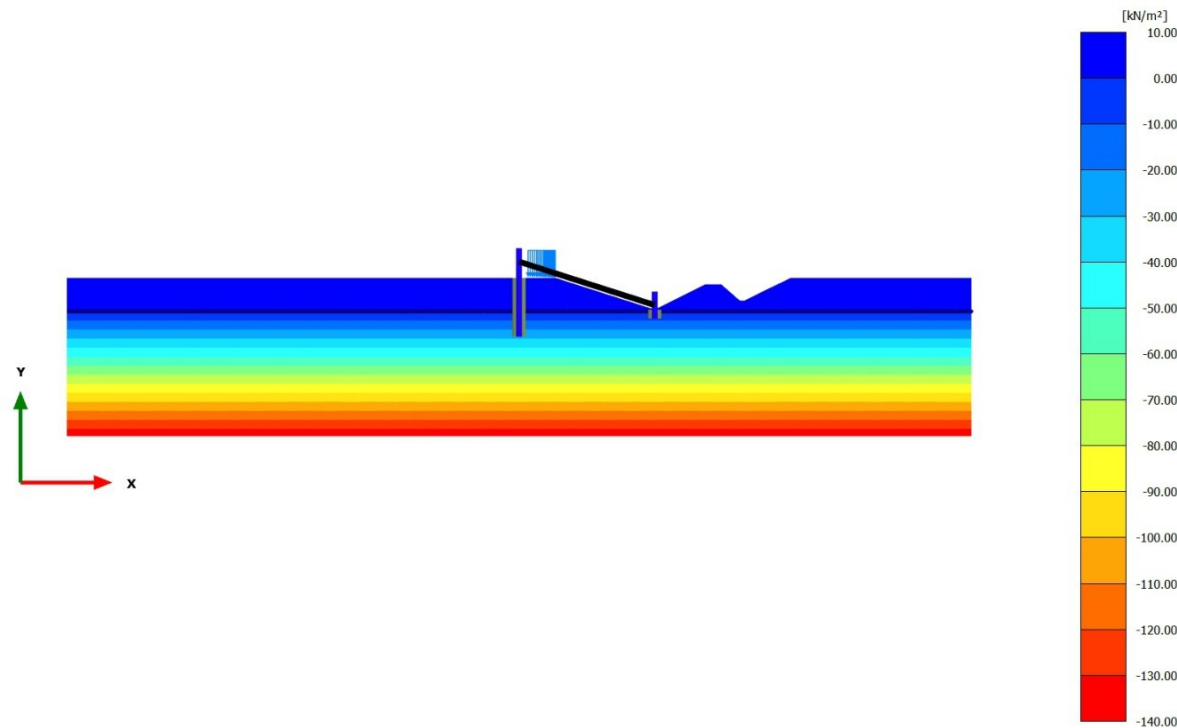


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3654 day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 845 at Node 161)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.5 Calculation results, 2.c2 aanbrengen ankers [Phase_41] (41/29), Active pore pressures p_{active}

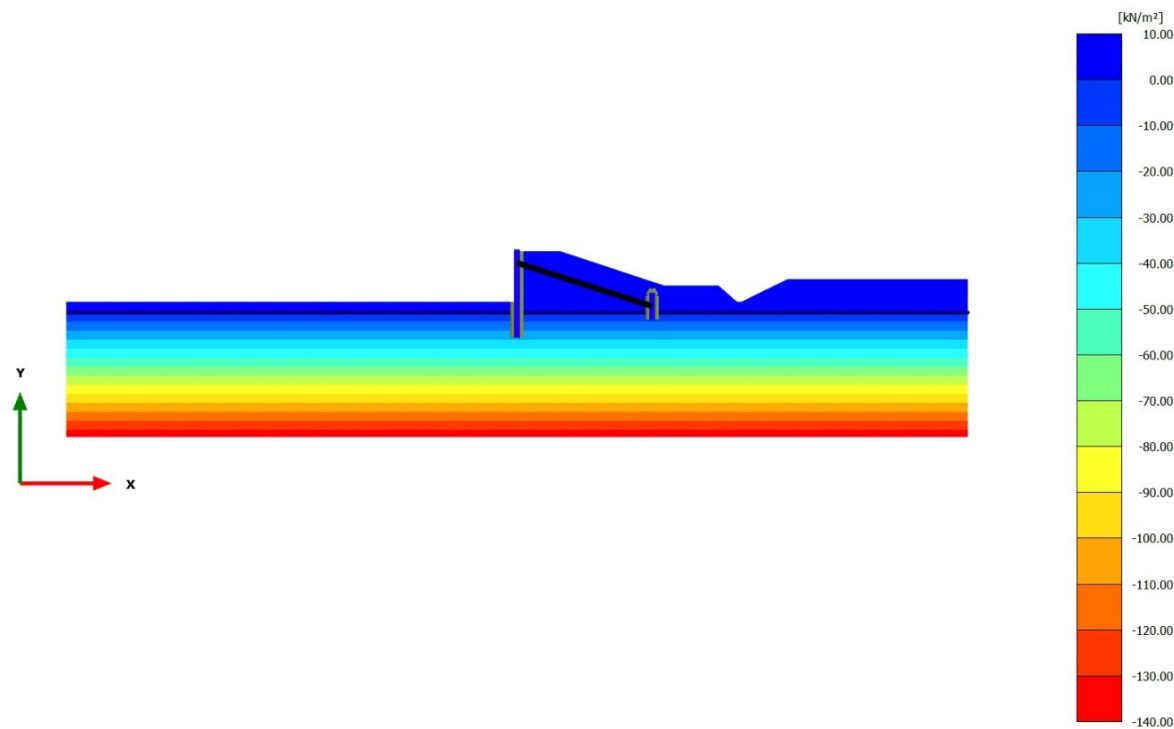


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3655 day)

Maximum value = 0.000 kN/m^2 (Element 845 at Node 161)

Minimum value = -138.0 kN/m^2 (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.6 Calculation results, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/39), Active pore pressures p_{active}

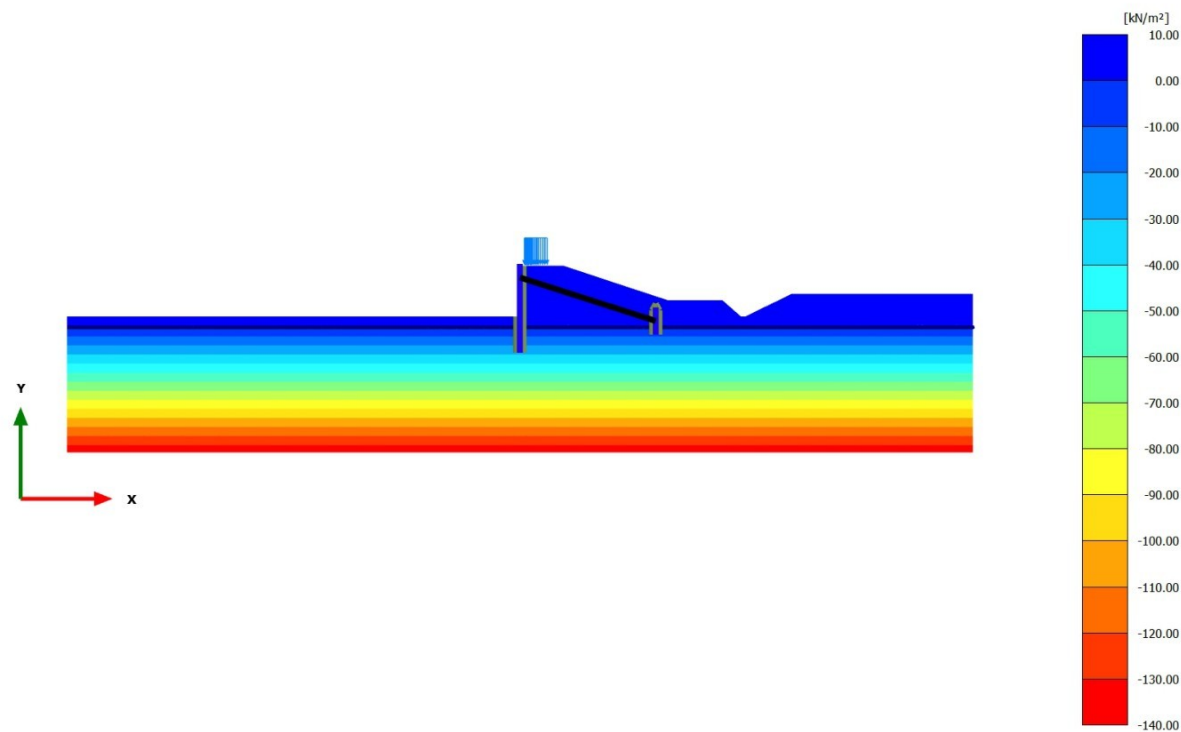


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 316 at Node 9828)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.7 Calculation results, Dagelijks_verkeer [Phase_10] (10/42), Active pore pressures p_{active}

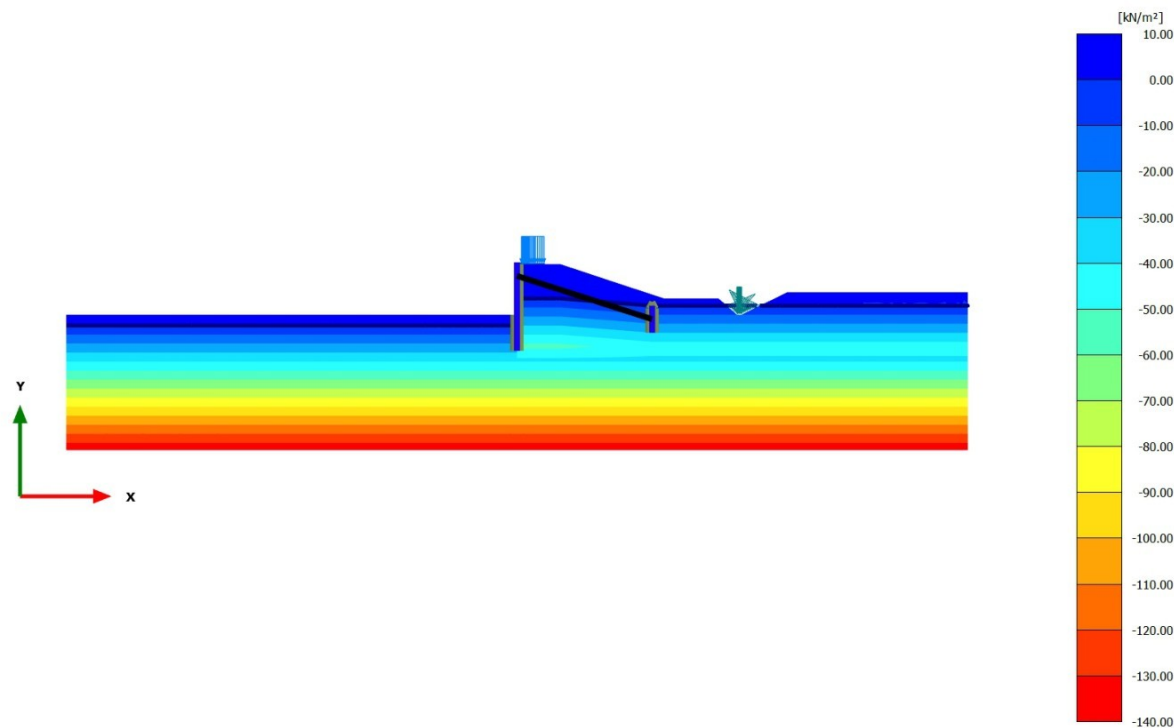


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 316 at Node 9828)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.8 Calculation results, regen + verkeer aanrijding [Phase_19] (19/52), Active pore pressures p_{active}

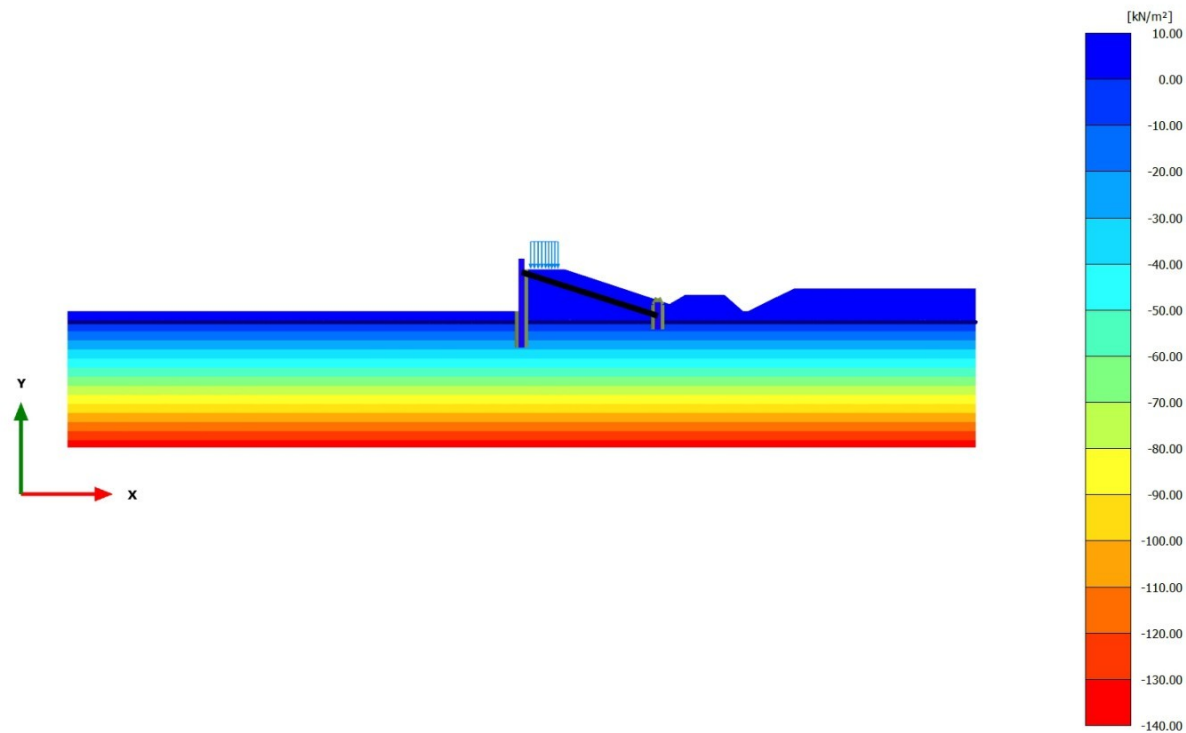


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.000 kN/m^2 (Element 316 at Node 9828)

Minimum value = -138.0 kN/m^2 (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.9 Calculation results, 2.d aanvulling 1 [Phase_42] (42/121), Active pore pressures p_{active}

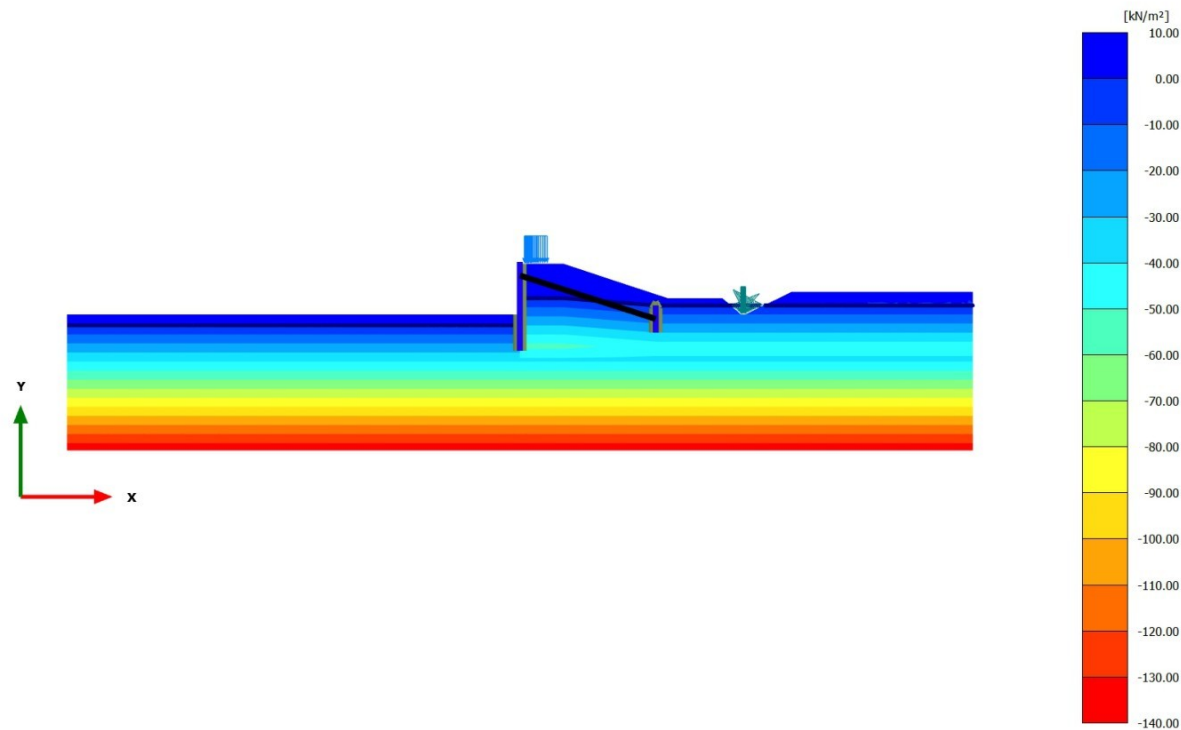


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3656 day)

Maximum value = 0.000 kN/m^2 (Element 362 at Node 10636)

Minimum value = -138.0 kN/m^2 (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.10 Calculation results, regen + verkeer [Phase_16] (16/331), Active pore pressures p_{active}

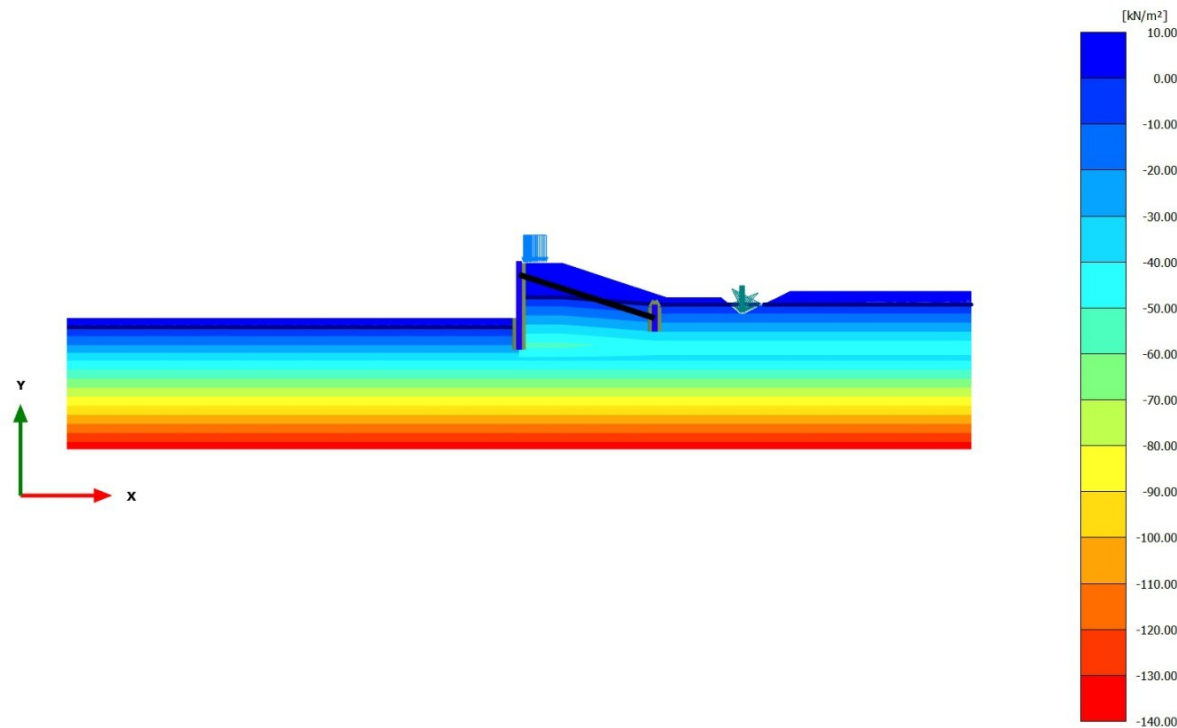


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 316 at Node 9828)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.11 Calculation results, regen + verkeer 6.3 [Phase_17] (17/340), Active pore pressures p_{active}

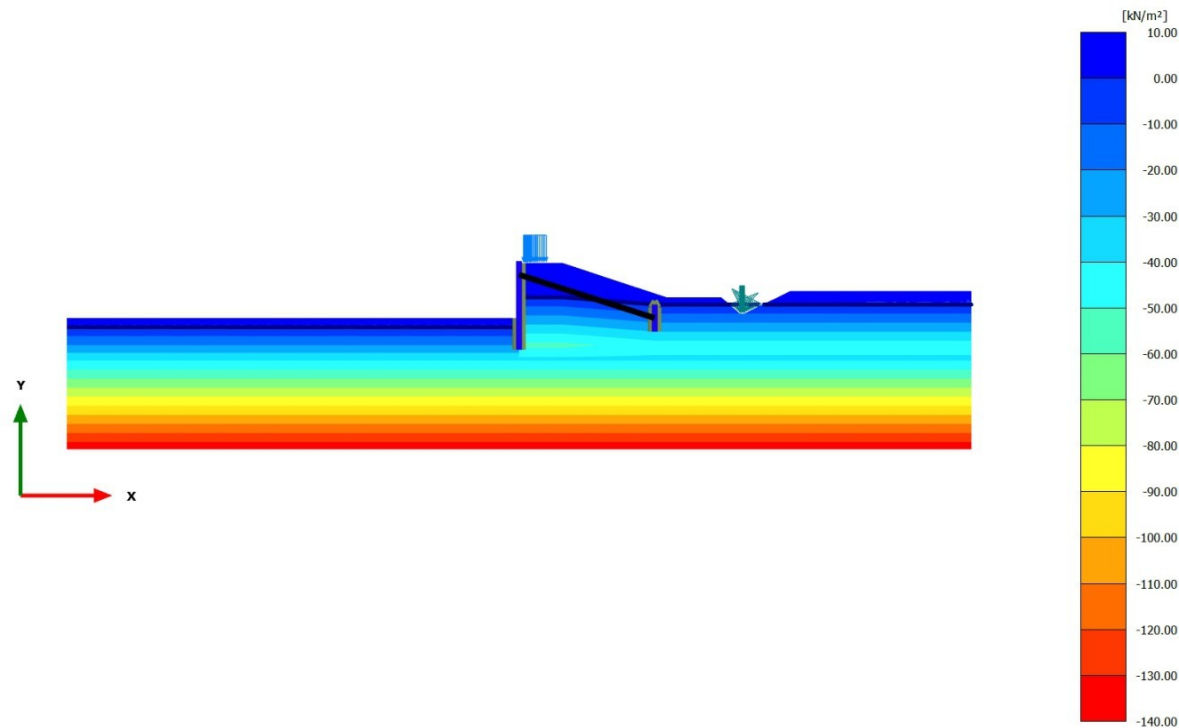


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 316 at Node 9828)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 2244 at Node 2061)

2.2.1.1.12 Calculation results, regen + verkeer 6.4 [Phase_18] (18/369), Active pore pressures p_{active}

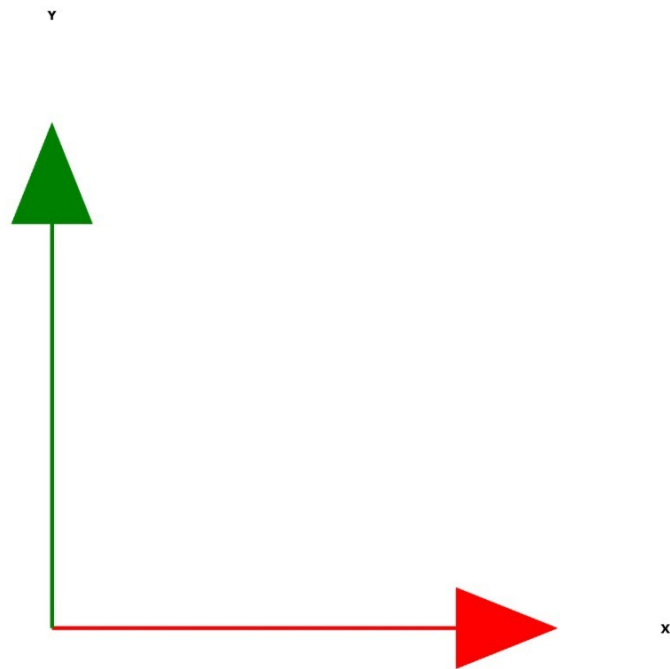


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 316 at Node 9828)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 2244 at Node 2061)

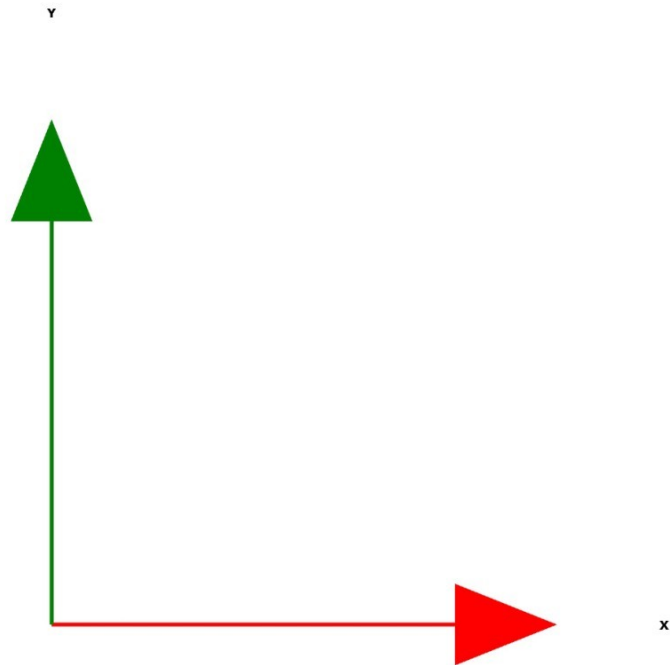
3.1.1.1.1 Calculation results, Plate, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Total displacements u_x



Total displacements u_x (at true scale)

No results

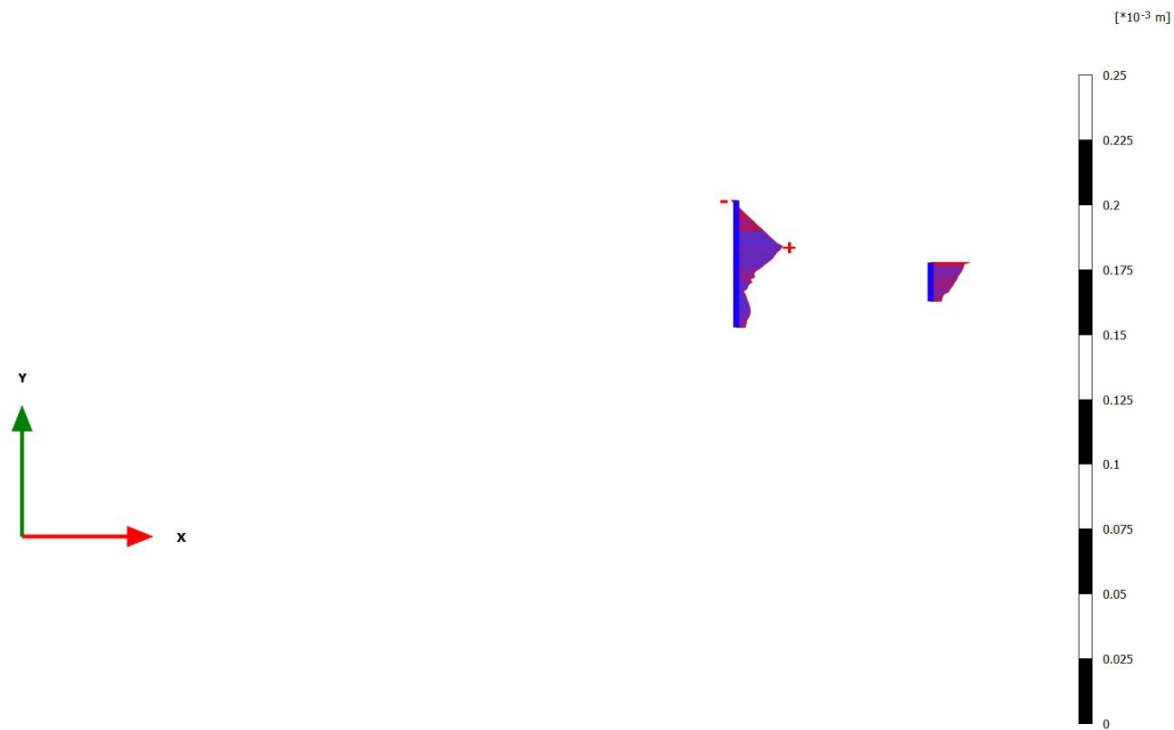
3.1.1.1.2 Calculation results, Plate, 2.a Aanleg bouwplateau [Phase_1] (1/18), Total displacements u_x



Total displacements u_x (at true scale) (Time 3652 day)

No results

3.1.1.1.3 Calculation results, Plate, 2.b Aanbrengen damwanden [Phase_2] (2/21), Total displacements u_x

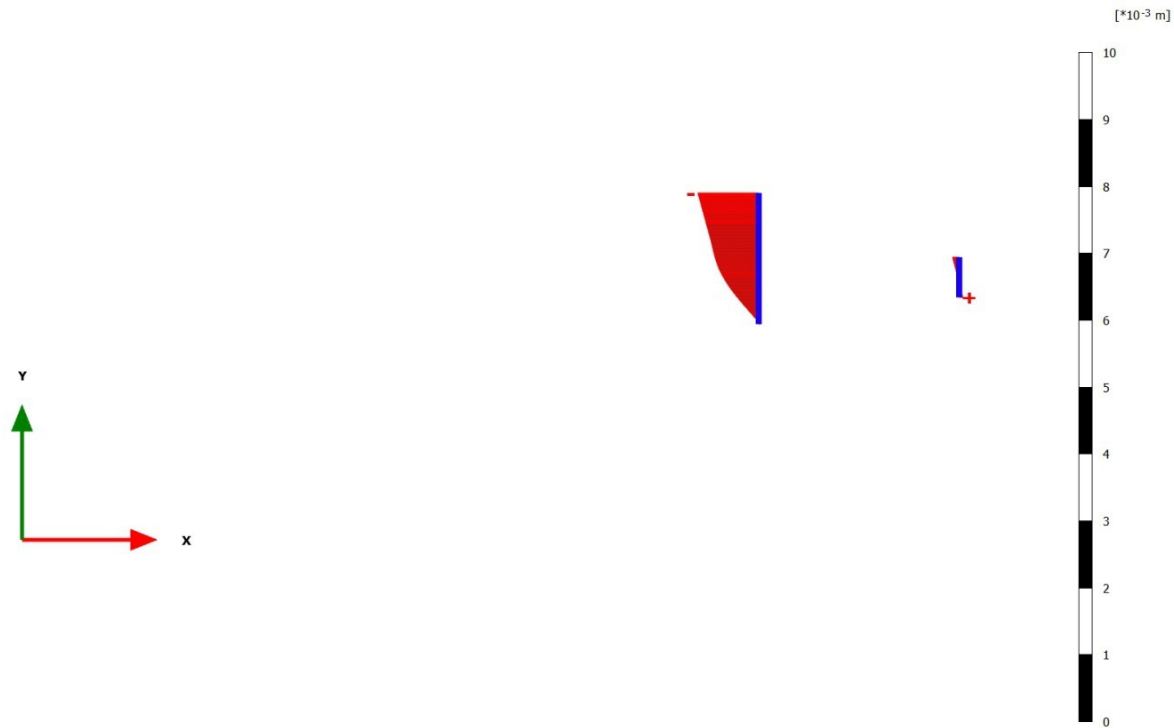


Total displacements u_x (scaled up $200 \cdot 10^3$ times) (Time 3653 day)

Maximum value = 0.01790 ($\cdot 10^{-3}$ m) (Element 10 at Node 4681)

Minimum value = -2.054 ($\cdot 10^{-6}$ m) (Element 1 at Node 8681)

3.1.1.1.4 Calculation results, Plate, 2.c1 Ontgraven voor ankers [Phase_3] (3/26), Total displacements u_x

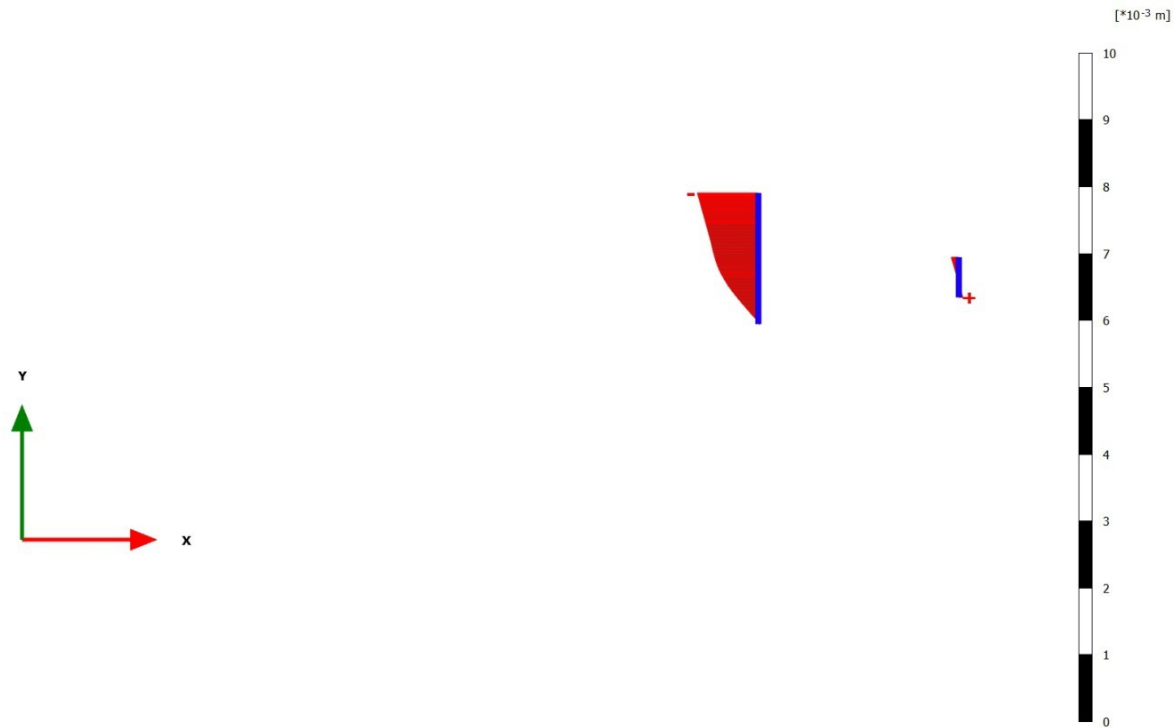


Total displacements u_x (scaled up $5.00 \cdot 10^3$ times) (Time 3654 day)

Maximum value = $0.05605 \cdot 10^{-3}$ m (Element 20 at Node 11334)

Minimum value = $-0.9106 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1 at Node 8681)

3.1.1.1.1.5 Calculation results, Plate, 2.c2 aanbrengen ankers [Phase_41] (41/29), Total displacements u_x

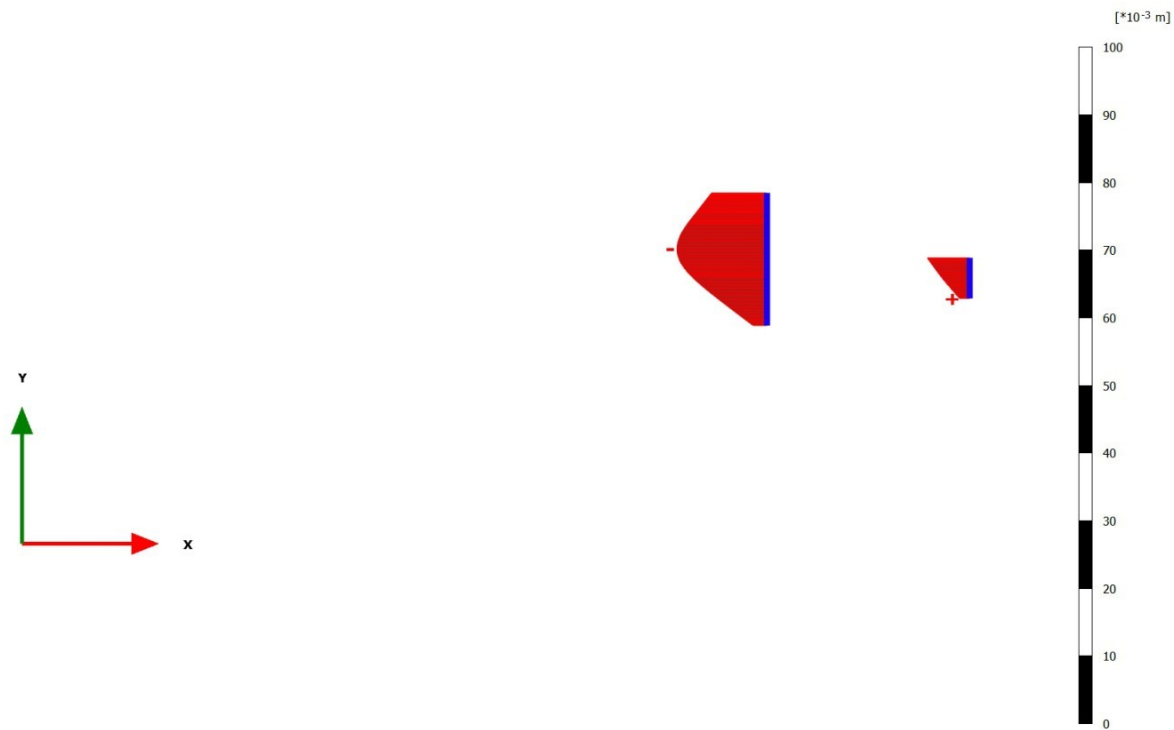


Total displacements u_x (scaled up $5.00 \cdot 10^3$ times) (Time 3655 day)

Maximum value = $0.06172 \cdot 10^{-3}$ m (Element 20 at Node 11334)

Minimum value = $-0.9130 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1 at Node 8681)

3.1.1.1.1.6 Calculation results, Plate, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/39), Total displacements u_x

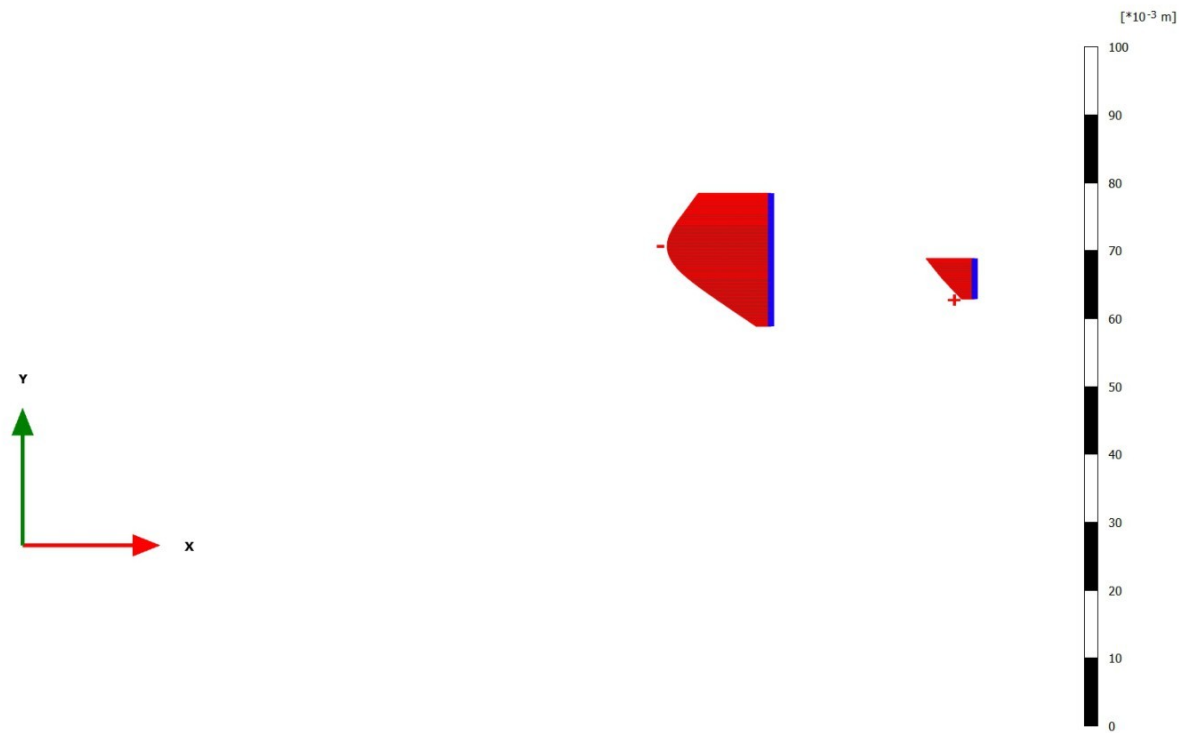


Total displacements u_x (scaled up 500 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = $-1.527 \cdot 10^{-3}$ m (Element 20 at Node 11334)

Minimum value = -0.01332 m (Element 10 at Node 4683)

3.1.1.1.7 Calculation results, Plate, Dagelijks_verkeer [Phase_10] (10/42), Total displacements u_x

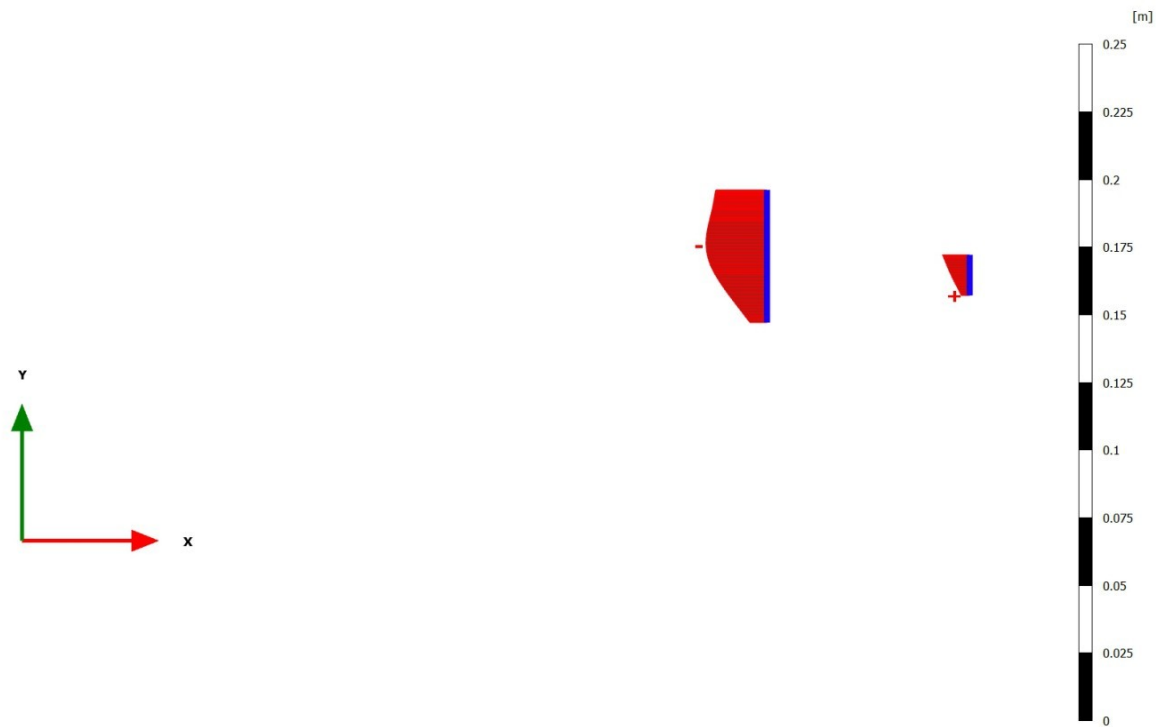


Total displacements u_x (scaled up 500 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = $-1.958 \cdot 10^{-3}$ m (Element 20 at Node 11334)

Minimum value = -0.01530 m (Element 10 at Node 4682)

3.1.1.1.1.8 Calculation results, Plate, regen + verkeer aanrijding [Phase_19] (19/52), Total displacements u_x

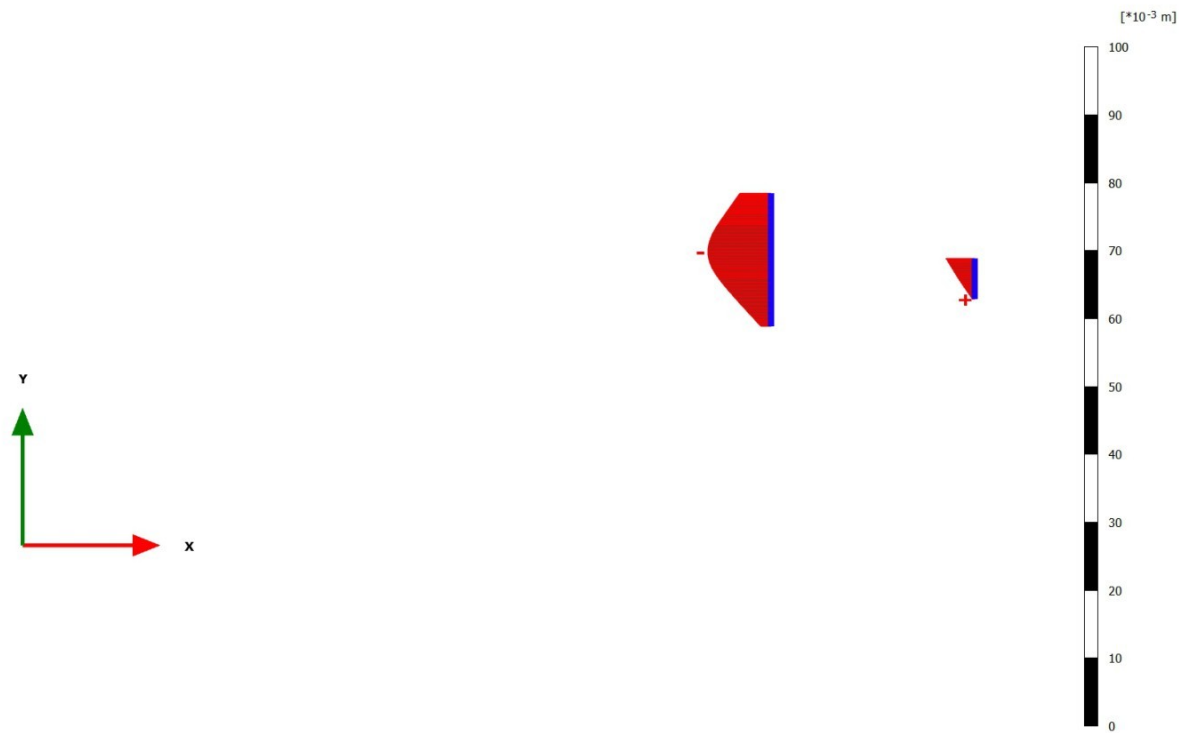


Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = $-3.127 \cdot 10^{-3}$ m (Element 20 at Node 11334)

Minimum value = -0.02257 m (Element 10 at Node 4683)

3.1.1.1.9 Calculation results, Plate, 2.d aanvulling 1 [Phase_42] (42/121), Total displacements u_x

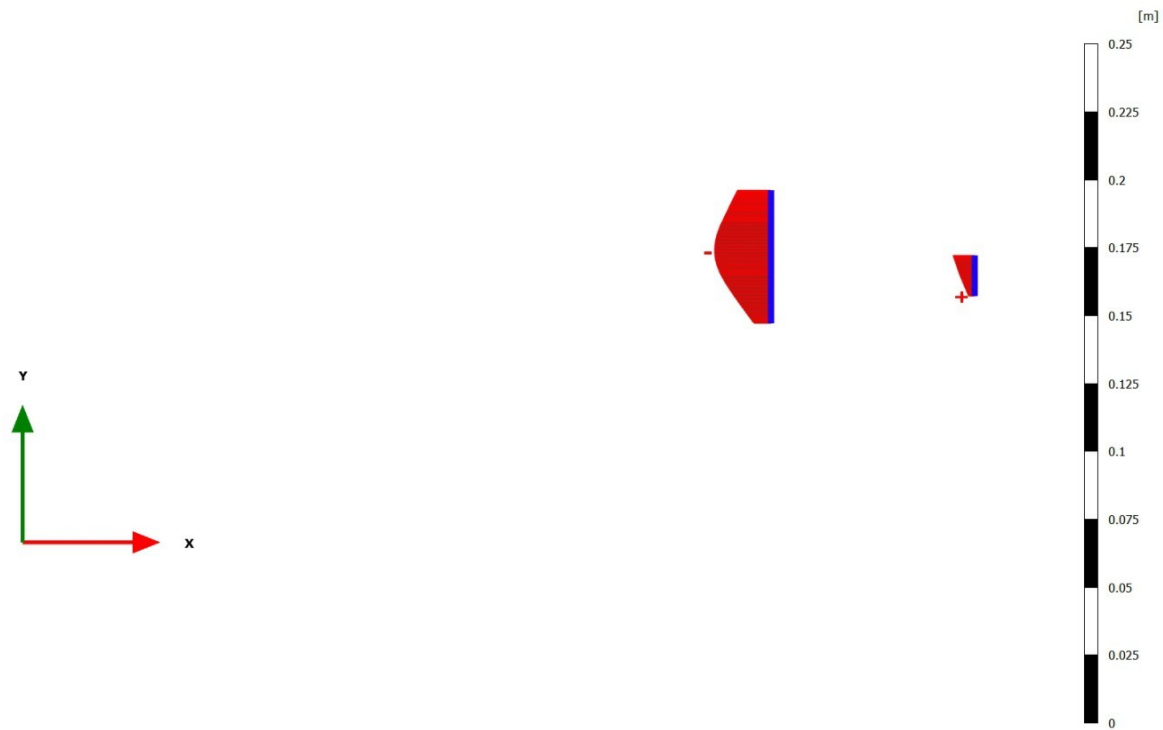


Total displacements u_x (scaled up 500 times) (Time 3656 day)

Maximum value = $-0.3612 \cdot 10^{-3}$ m (Element 20 at Node 11334)

Minimum value = $-9.323 \cdot 10^{-3}$ m (Element 10 at Node 4684)

3.1.1.1.10 Calculation results, Plate, regen + verkeer [Phase_16] (16/331), Total displacements u_x

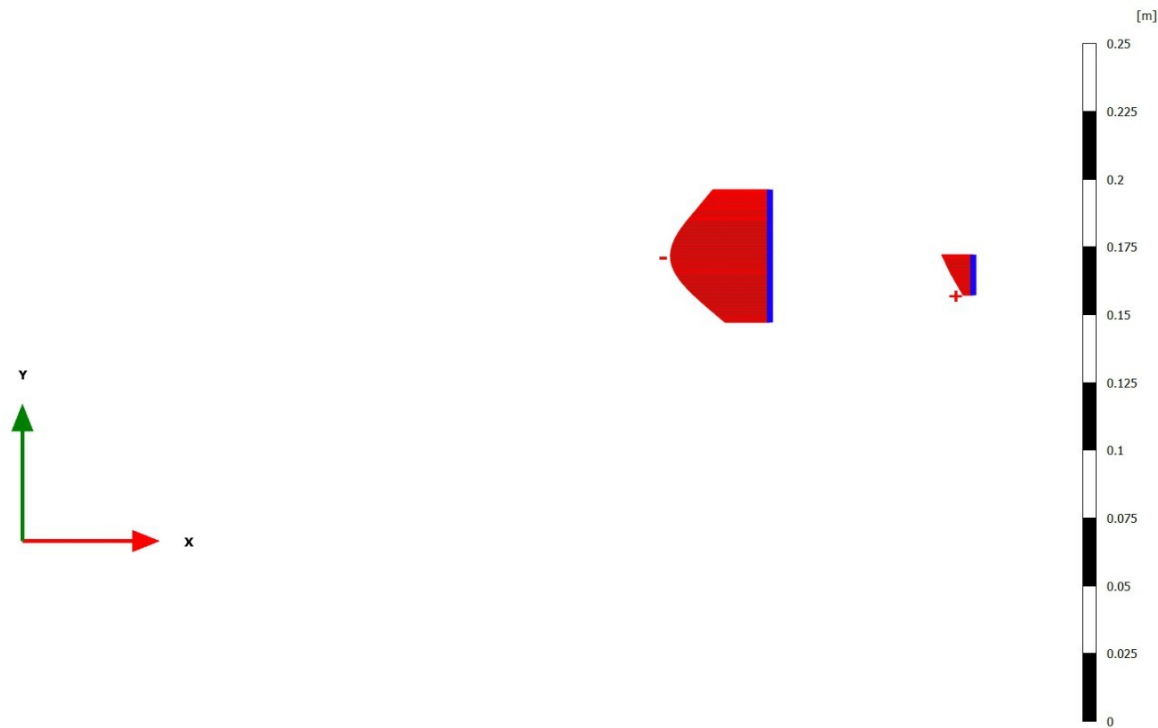


Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = $-2.275 \cdot 10^{-3}$ m (Element 20 at Node 11334)

Minimum value = -0.02083 m (Element 11 at Node 4656)

3.1.1.1.11 Calculation results, Plate, regen + verkeer 6.3 [Phase_17] (17/340), Total displacements u_x

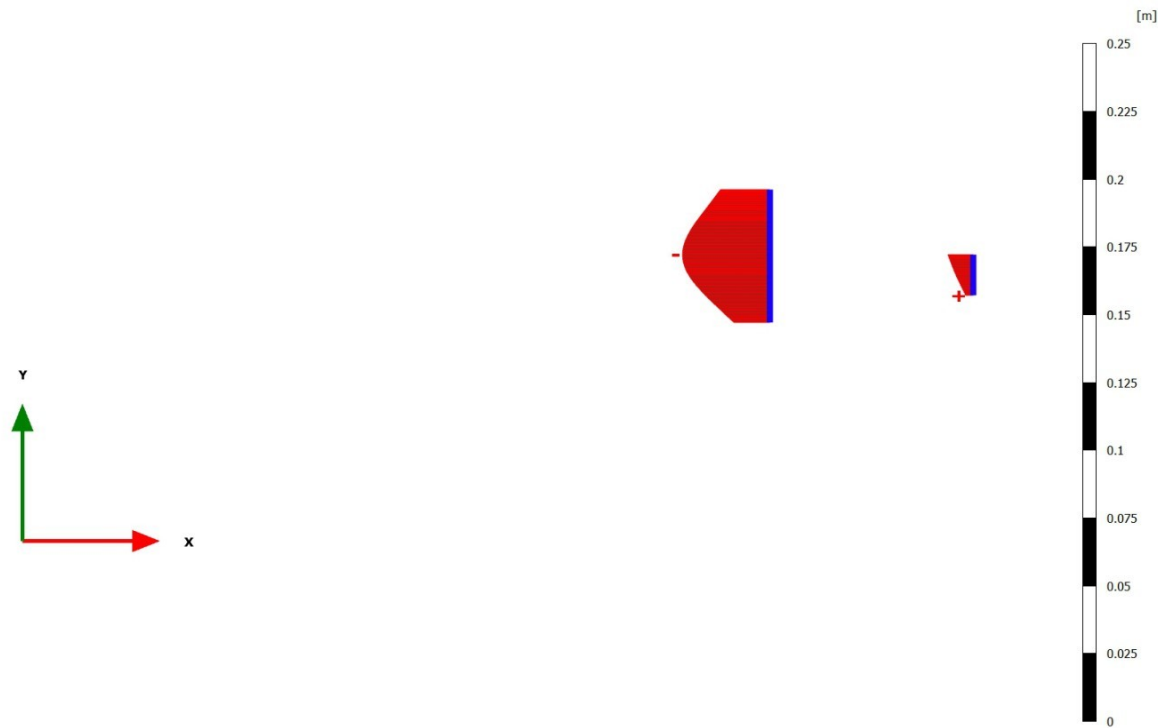


Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = $-3.737 \cdot 10^{-3}$ m (Element 20 at Node 11334)

Minimum value = -0.03670 m (Element 11 at Node 4658)

3.1.1.1.12 Calculation results, Plate, regen + verkeer 6.4 [Phase_18] (18/369), Total displacements u_x

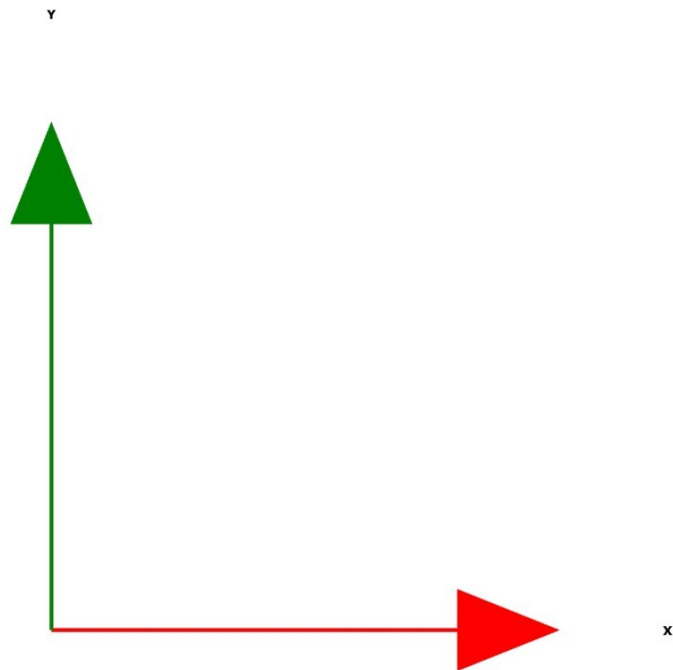


Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = $-2.820 \cdot 10^{-3}$ m (Element 20 at Node 11334)

Minimum value = -0.03222 m (Element 11 at Node 4657)

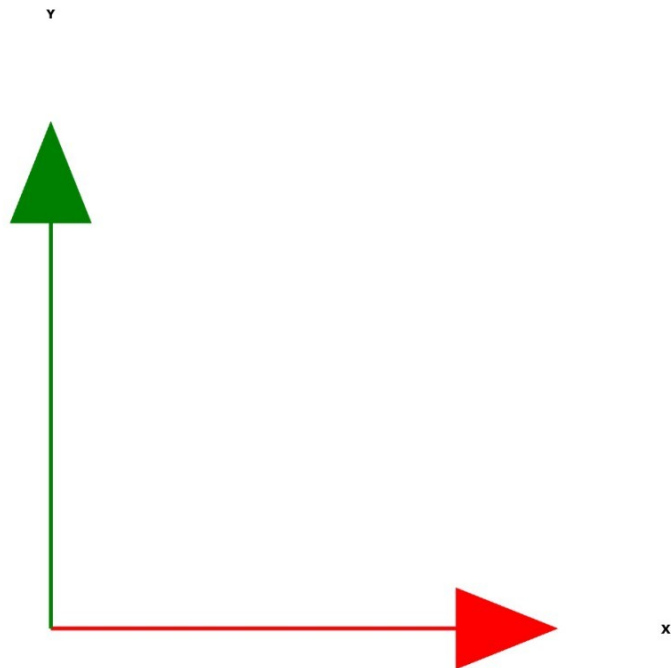
3.1.2.1.1 Calculation results, Plate, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 1.00 times)

No results

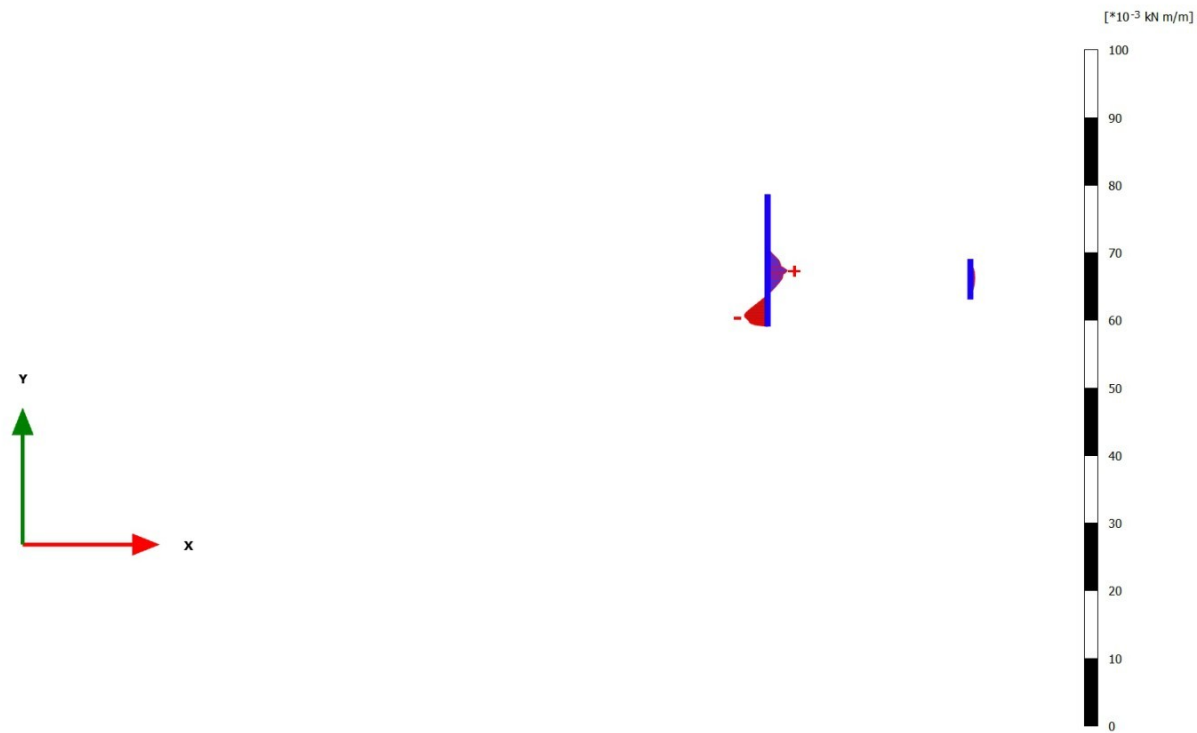
3.1.2.1.2 Calculation results, Plate, 2.a Aanleg bouwplateau [Phase_1] (1/18), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 1.00 times) (Time 3652 day)

No results

3.1.2.1.3 Calculation results, Plate, 2.b Aanbrengen damwanden [Phase_2] (2/21), Bending moments M

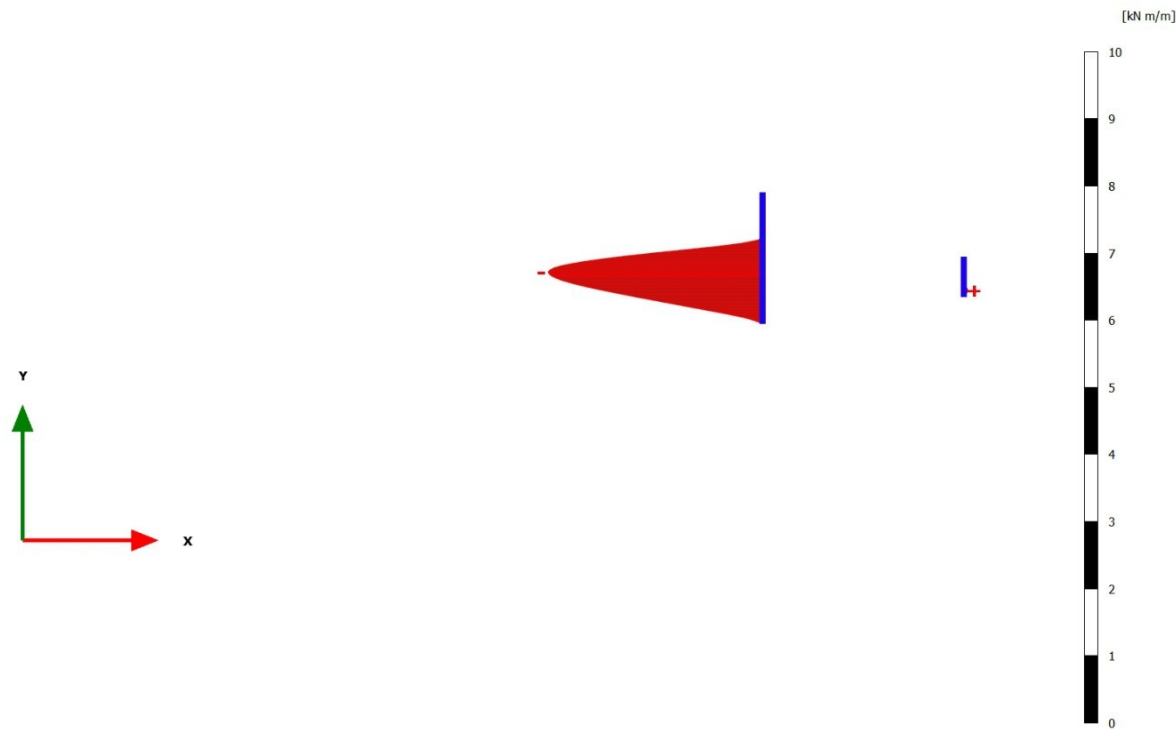


Bending moments M (scaled up 500 times) (Time 3653 day)

Maximum value = $2.925 \cdot 10^{-3}$ kN m/m (Element 12 at Node 4708)

Minimum value = $-3.440 \cdot 10^{-3}$ kN m/m (Element 22 at Node 7932)

3.1.2.1.4 Calculation results, Plate, 2.c1 Ontgraven voor ankers [Phase_3] (3/26), Bending moments M

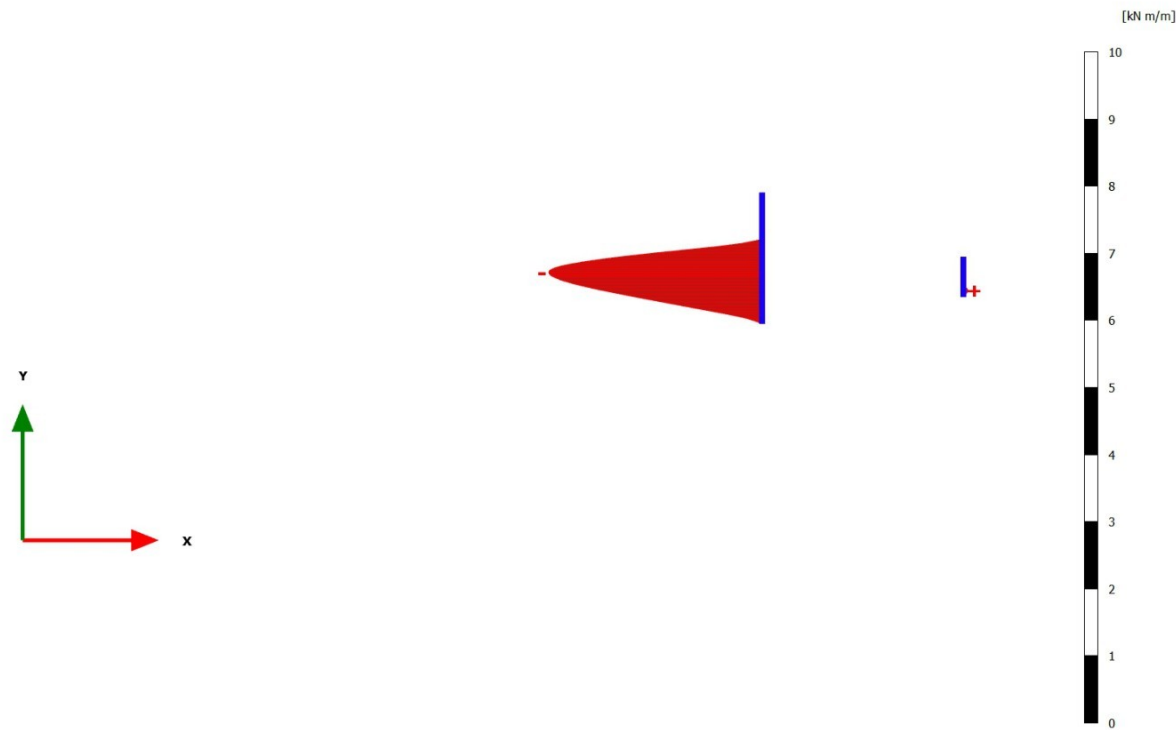


Bending moments M (scaled up 5.00 times) (Time 3654 day)

Maximum value = 0.05985 kN m/m (Element 19 at Node 11178)

Minimum value = -3.192 kN m/m (Element 15 at Node 5338)

3.1.2.1.5 Calculation results, Plate, 2.c2 aanbrengen ankers [Phase_41] (41/29), Bending moments M

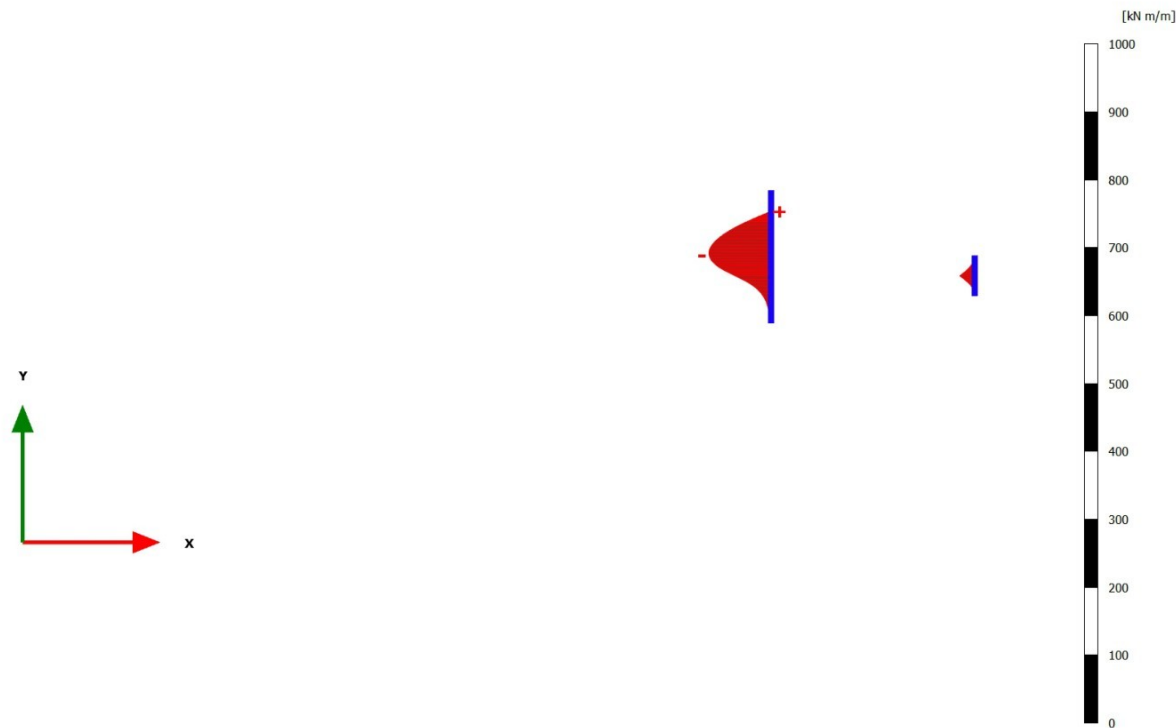


Bending moments M (scaled up 5.00 times) (Time 3655 day)

Maximum value = 0.06748 kN m/m (Element 20 at Node 11178)

Minimum value = -3.182 kN m/m (Element 15 at Node 5338)

3.1.2.1.6 Calculation results, Plate, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/39), Bending moments M

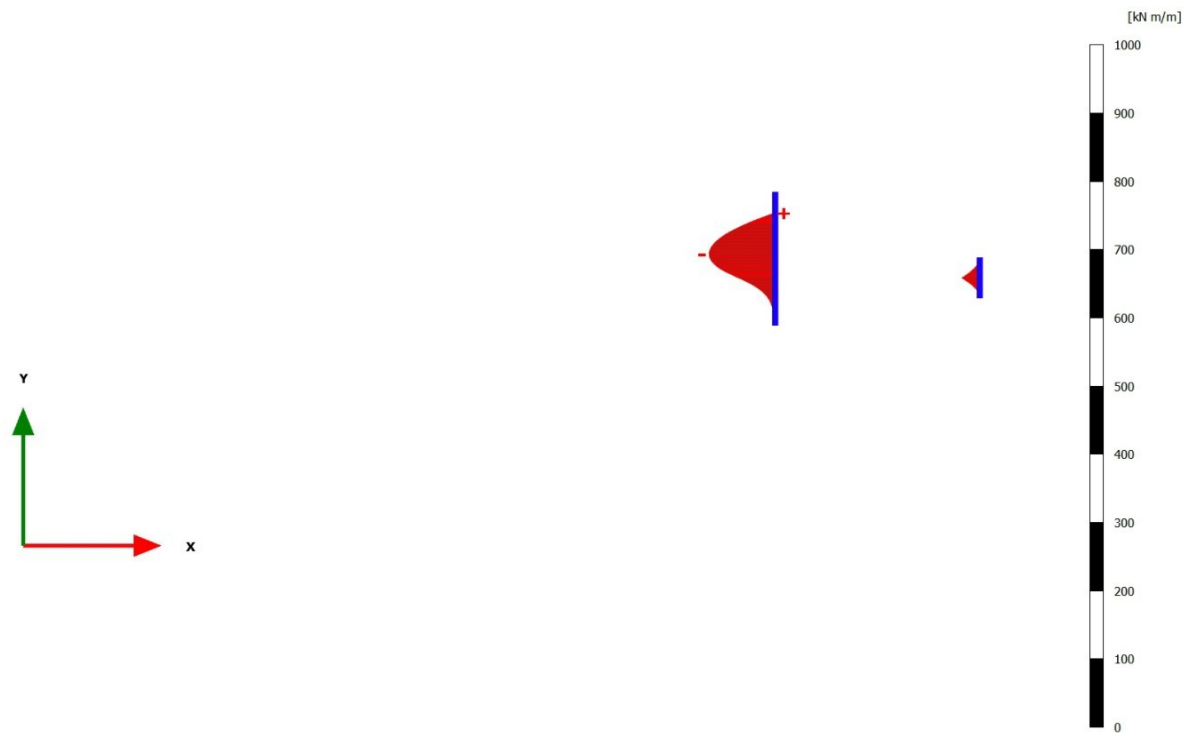


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 2.445 kN m/m (Element 6 at Node 6315)

Minimum value = -91.54 kN m/m (Element 11 at Node 4657)

3.1.2.1.7 Calculation results, Plate, Dagelijks_verkeer [Phase_10] (10/42), Bending moments M

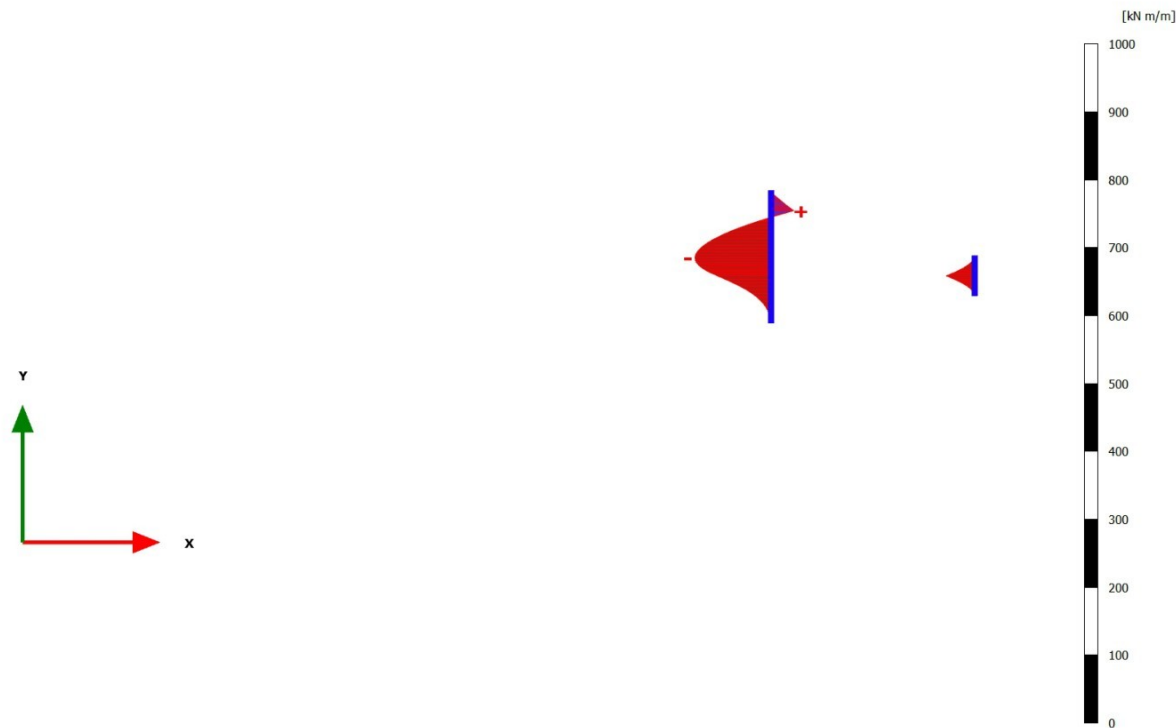


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 2.165 kN m/m (Element 6 at Node 6315)

Minimum value = -96.82 kN m/m (Element 11 at Node 4656)

3.1.2.1.8 Calculation results, Plate, regen + verkeer aanrijding [Phase_19] (19/52), Bending moments M

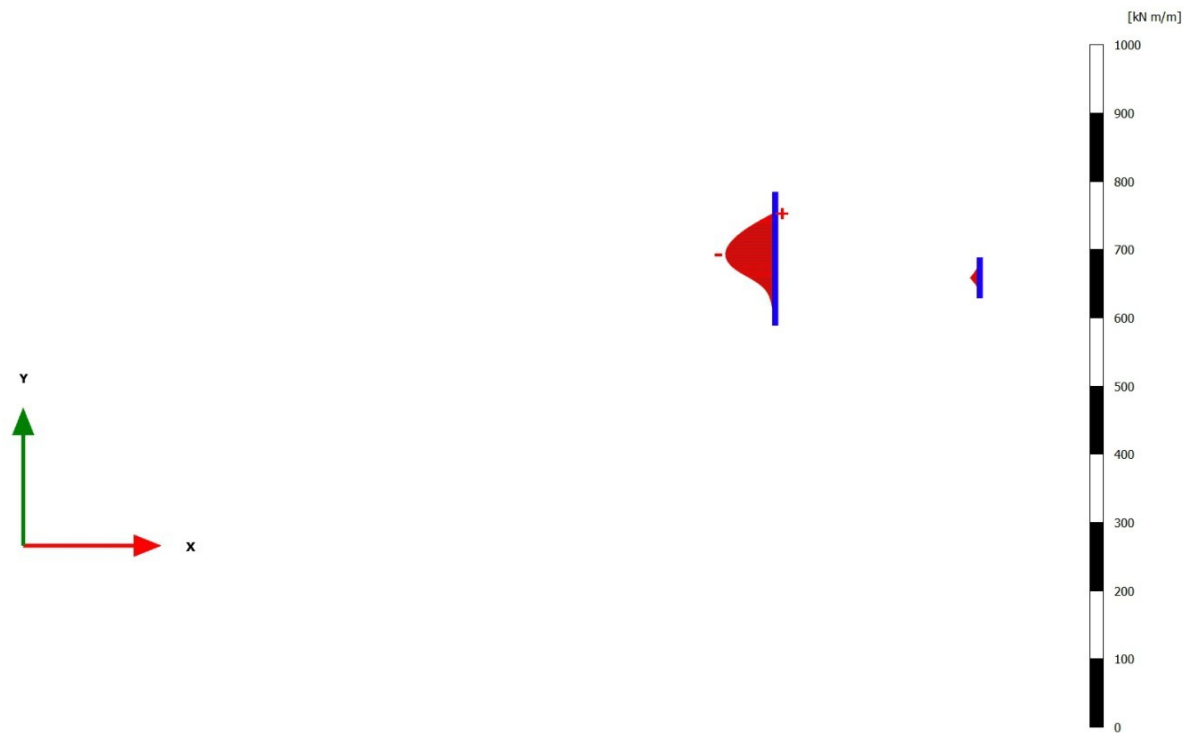


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 33.58 kN m/m (Element 6 at Node 6315)

Minimum value = -112.2 kN m/m (Element 11 at Node 4658)

3.1.2.1.9 Calculation results, Plate, 2.d aanvulling 1 [Phase_42] (42/121), Bending moments M

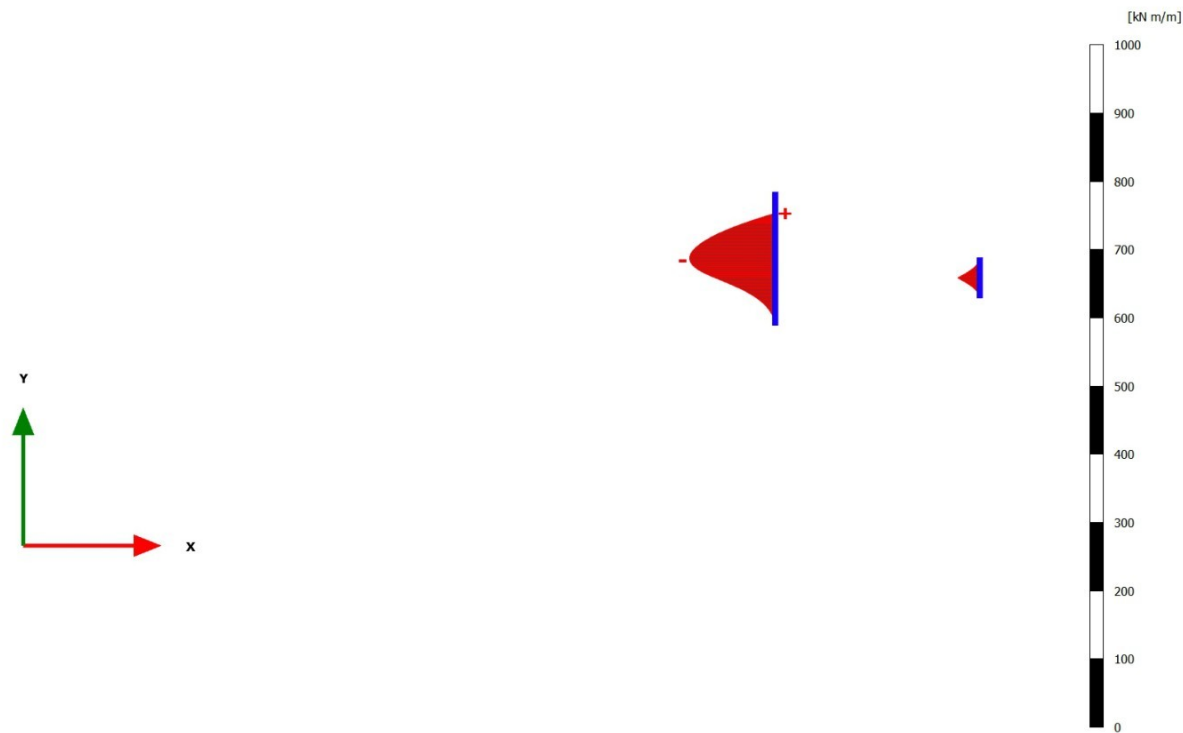


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 3656 day)

Maximum value = 0.01904 kN m/m (Element 7 at Node 6315)

Minimum value = -72.62 kN m/m (Element 11 at Node 4656)

3.1.2.1.10 Calculation results, Plate, regen + verkeer [Phase_16] (16/331), Bending moments M

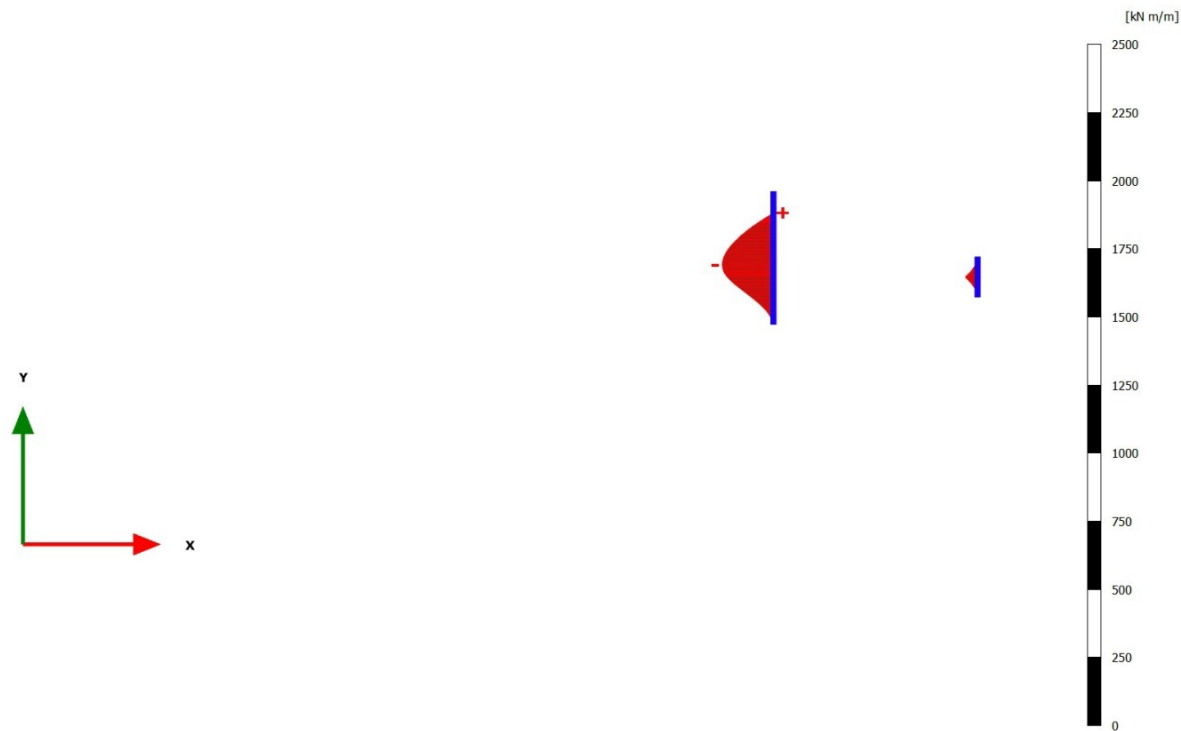


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 4.419 kN m/m (Element 6 at Node 6315)

Minimum value = -125.4 kN m/m (Element 11 at Node 4658)

3.1.2.1.11 Calculation results, Plate, regen + verkeer 6.3 [Phase_17] (17/340), Bending moments M

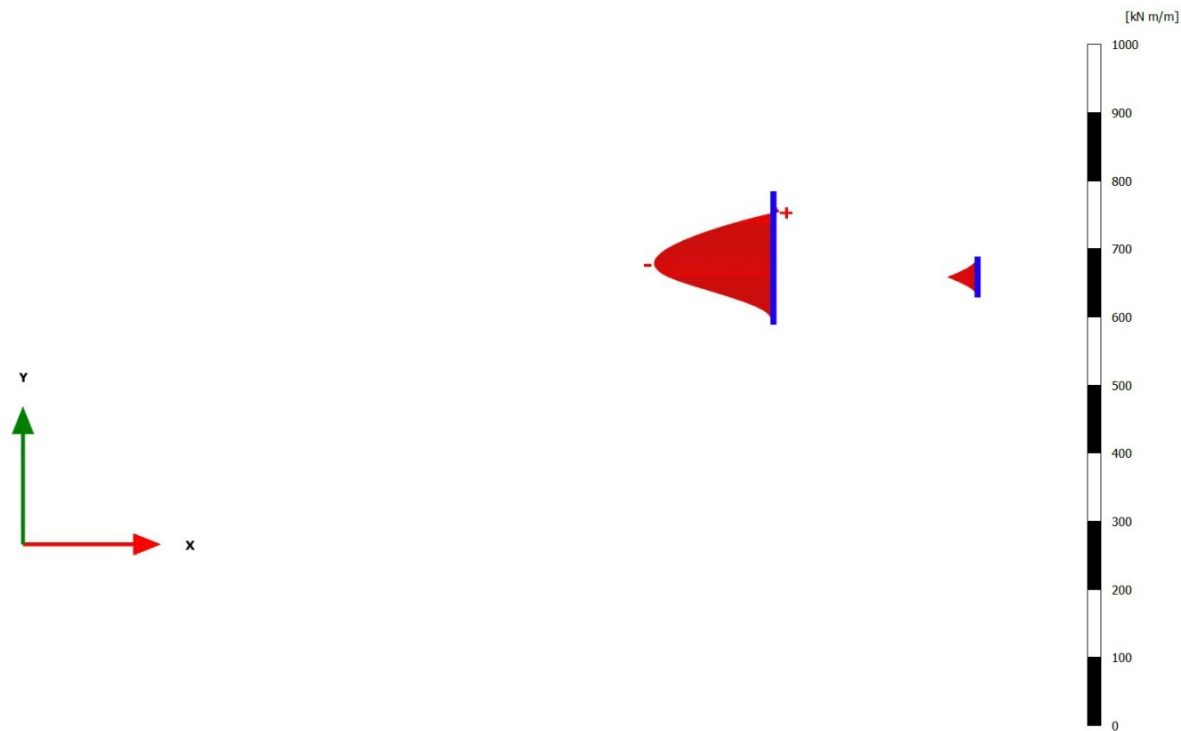


Bending moments M (scaled up 0.0200 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 9.988 kN m/m (Element 7 at Node 6315)

Minimum value = -187.7 kN m/m (Element 12 at Node 4706)

3.1.2.1.12 Calculation results, Plate, regen + verkeer 6.4 [Phase_18] (18/369), Bending moments M

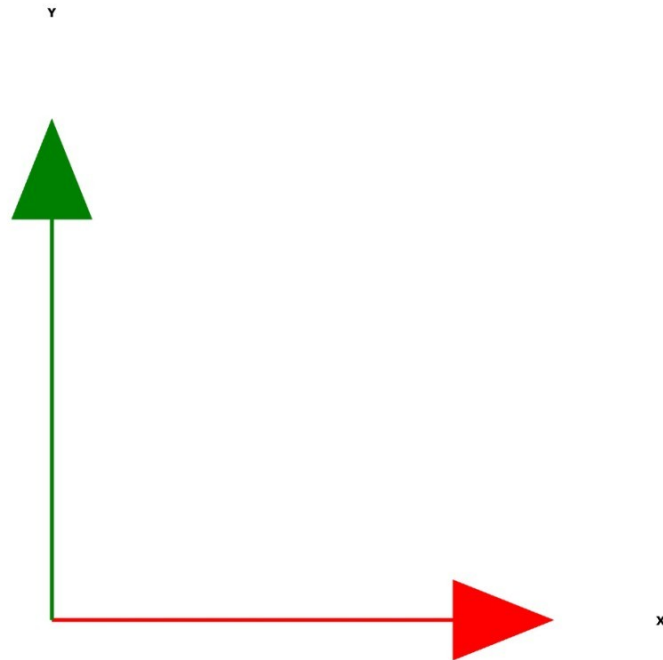


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 8.861 kN m/m (Element 7 at Node 6315)

Minimum value = -174.9 kN m/m (Element 12 at Node 4706)

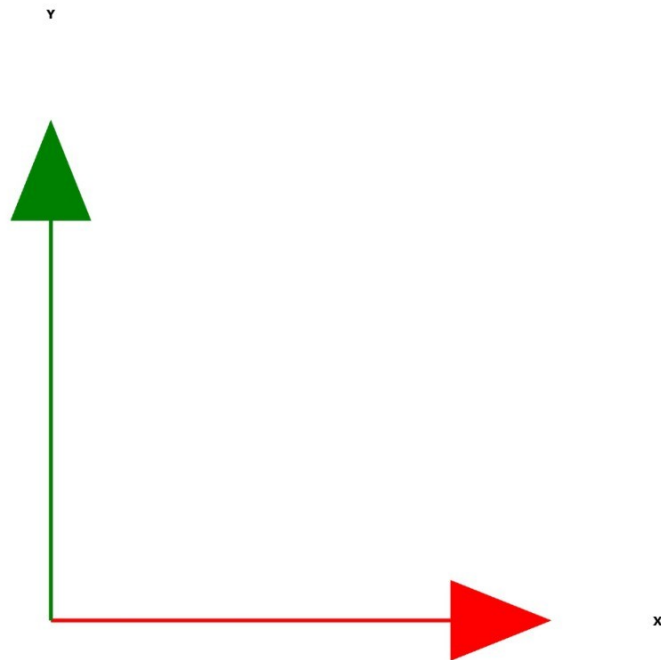
3.2.1.1.1 Calculation results, Node-to-node anchor, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 1.00 times) per structural element

No results

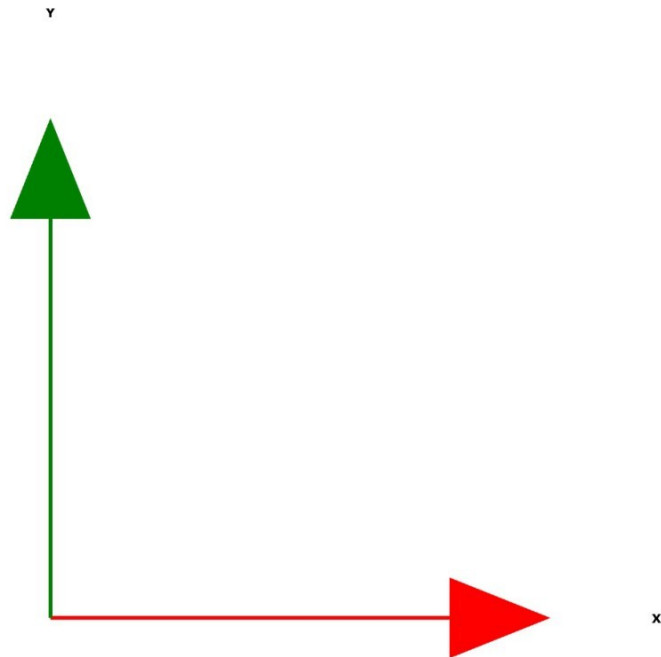
3.2.1.1.2 Calculation results, Node-to-node anchor, 2.a Aanleg bouwplateau [Phase_1] (1/18), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 1.00 times) (Time 3652 day) per structural element

No results

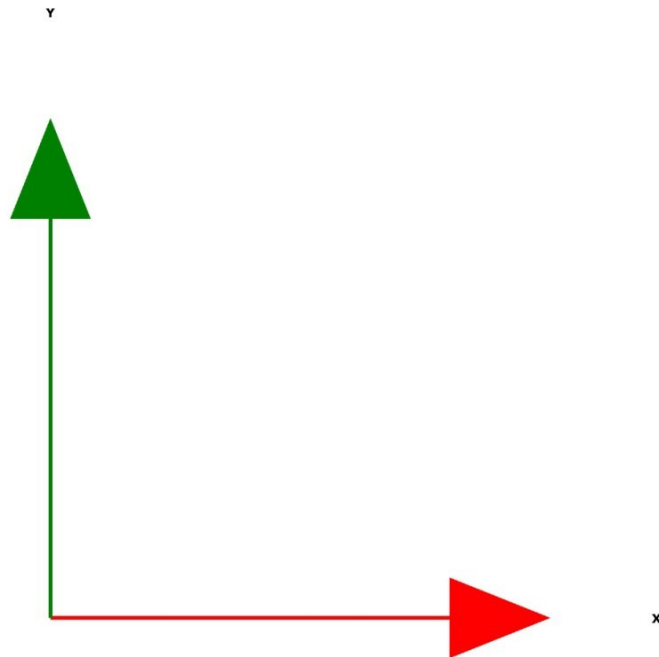
3.2.1.1.3 Calculation results, Node-to-node anchor, 2.b Aanbrengen damwanden [Phase_2] (2/21), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 1.00 times) (Time 3653 day) per structural element

No results

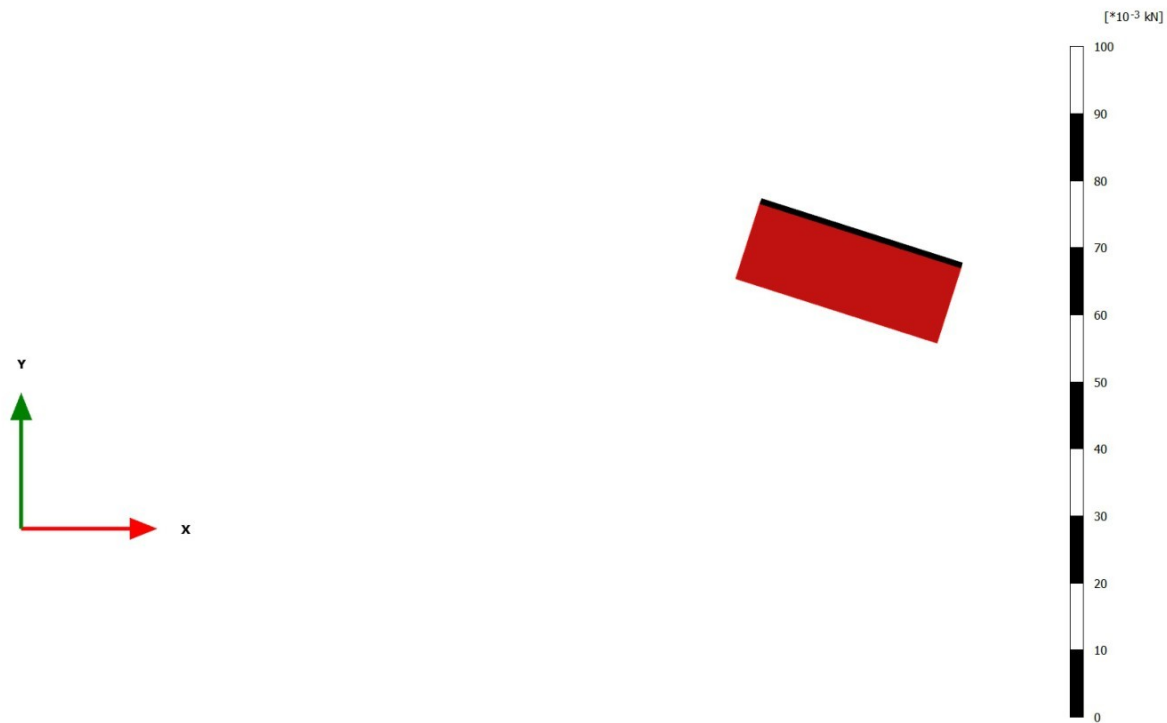
3.2.1.1.4 Calculation results, Node-to-node anchor, 2.c1 Ontgraven voor ankers [Phase_3] (3/26), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 1.00 times) (Time 3654 day) per structural element

No results

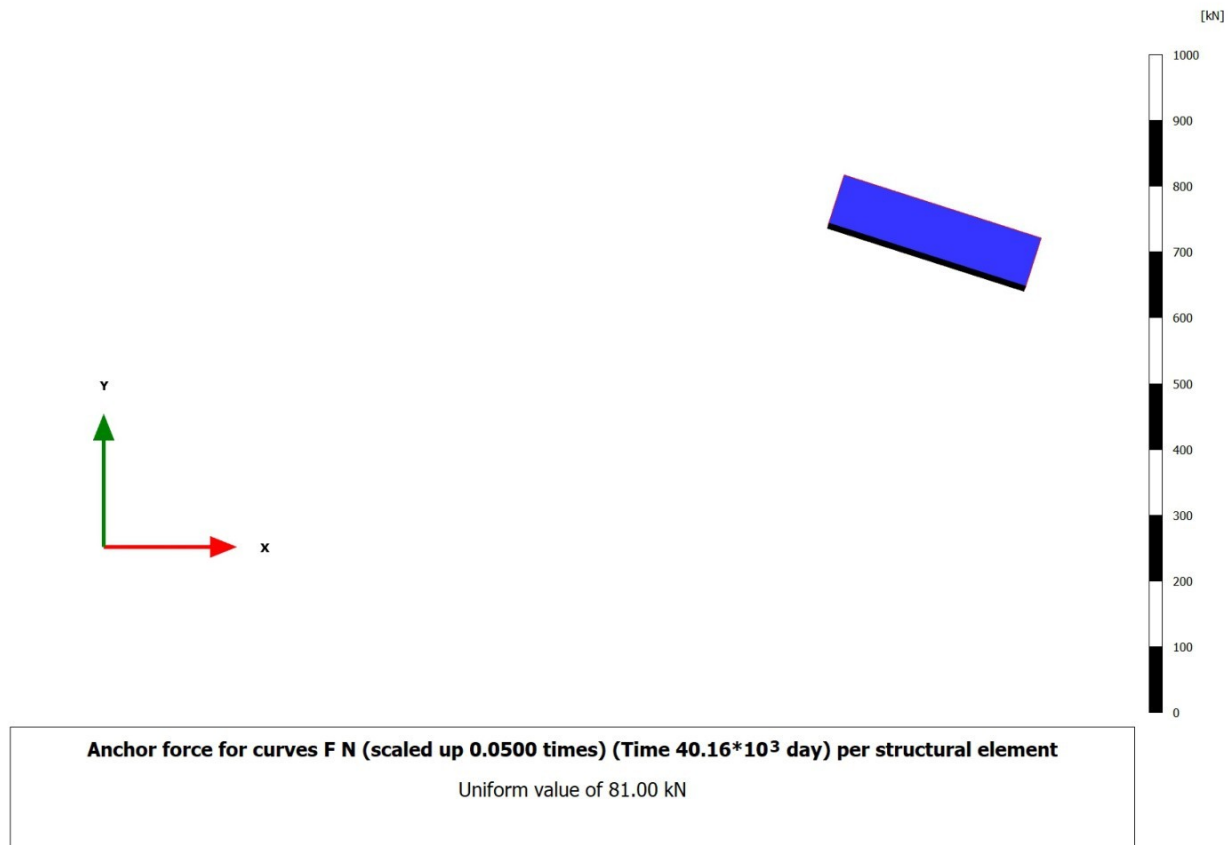
3.2.1.1.5 Calculation results, Node-to-node anchor, 2.c2 aanbrengen ankers [Phase_41] (41/29), Anchor force for curves F N



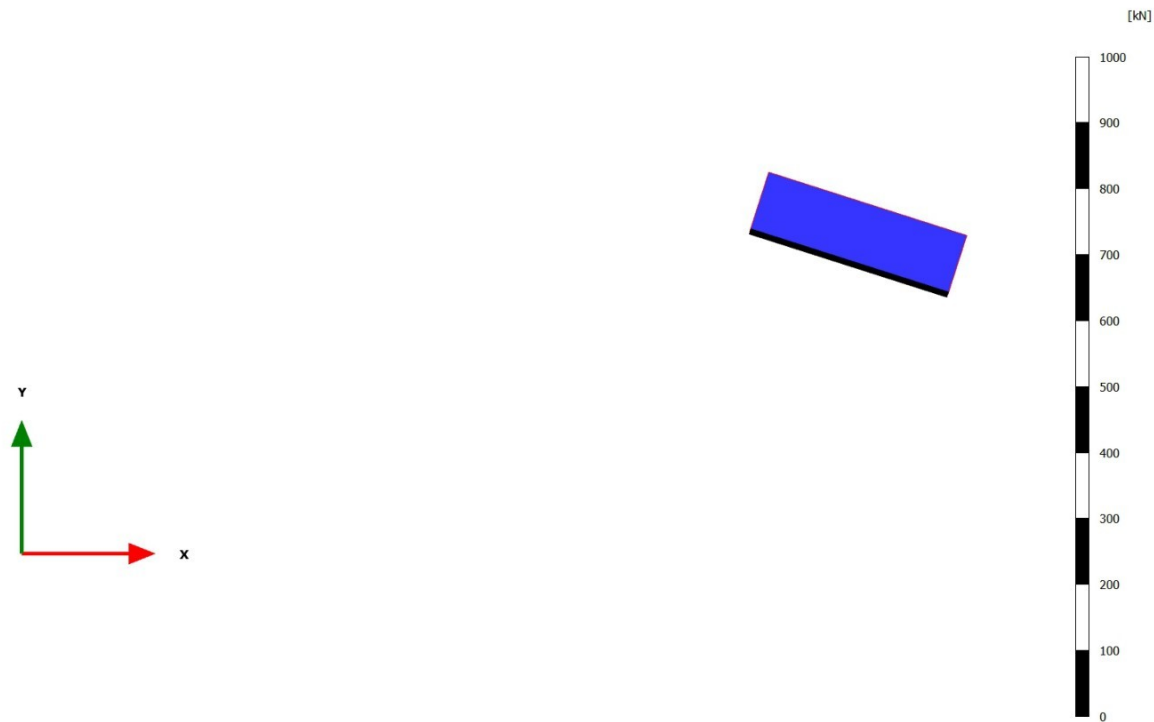
Anchor force for curves F N (scaled up 500 times) (Time 3655 day) per structural element

Uniform value of -0.01215 kN

3.2.1.1.6 Calculation results, Node-to-node anchor, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/39), Anchor force for curves F N



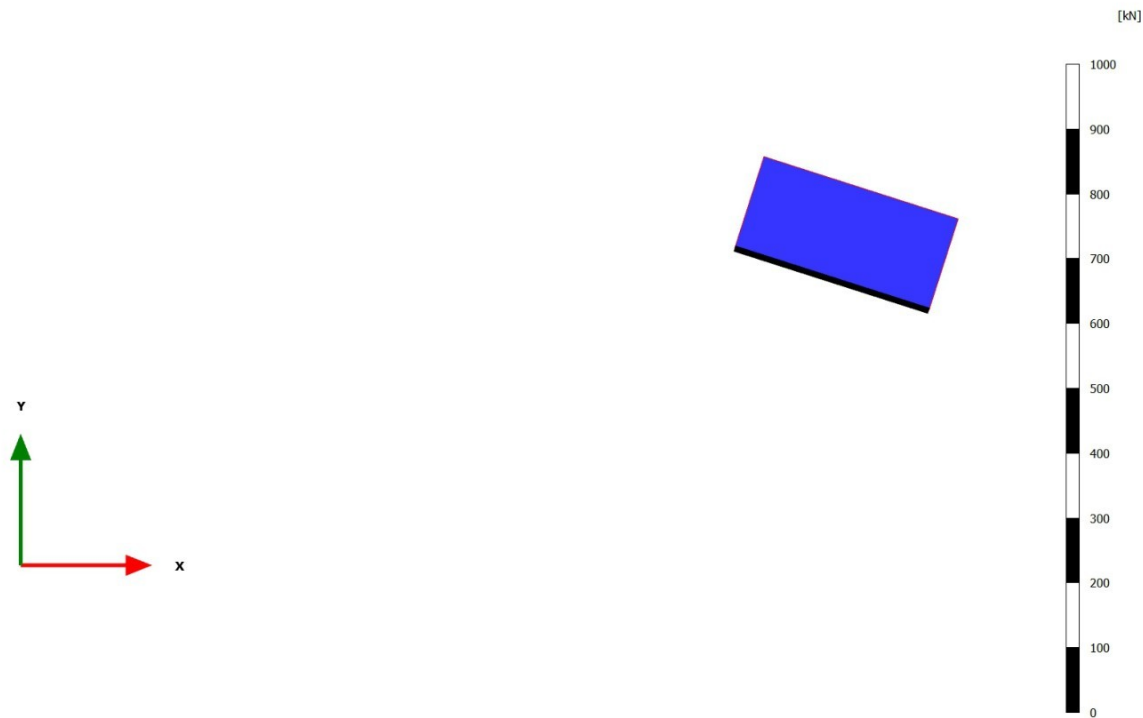
3.2.1.1.7 Calculation results, Node-to-node anchor, Dagelijks_verkeer [Phase_10] (10/42), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day) per structural element

Uniform value of 94.20 kN

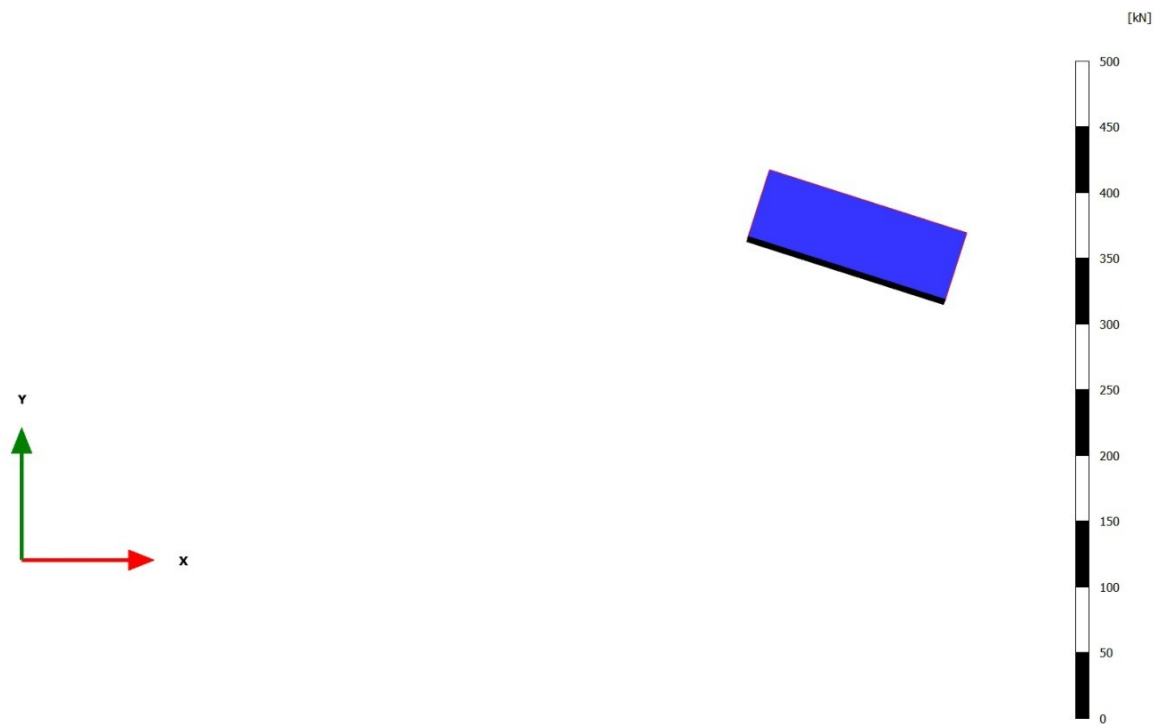
3.2.1.1.8 Calculation results, Node-to-node anchor, regen + verkeer aanrijding [Phase_19] (19/52), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day) per structural element

Uniform value of 148.9 kN

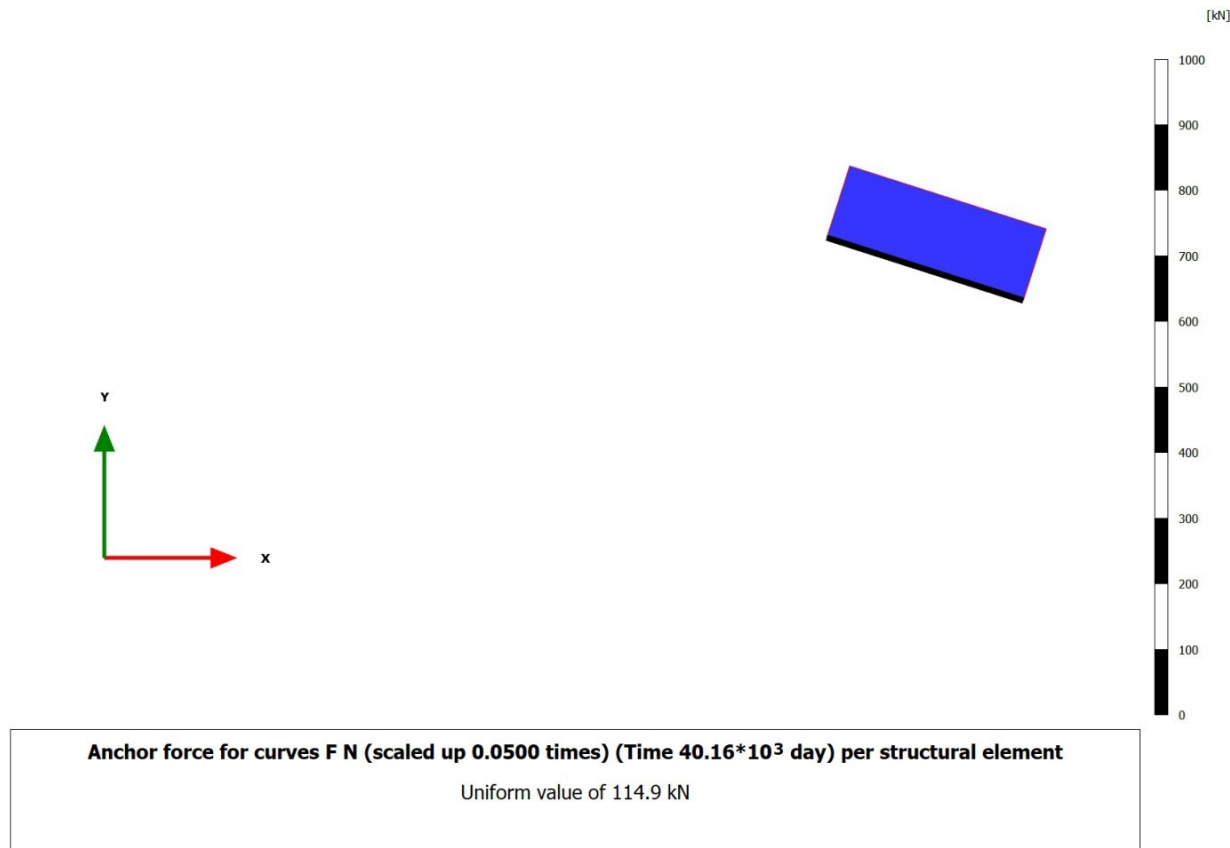
3.2.1.1.9 Calculation results, Node-to-node anchor, 2.d aanvulling 1 [Phase_42] (42/121), Anchor force for curves F N



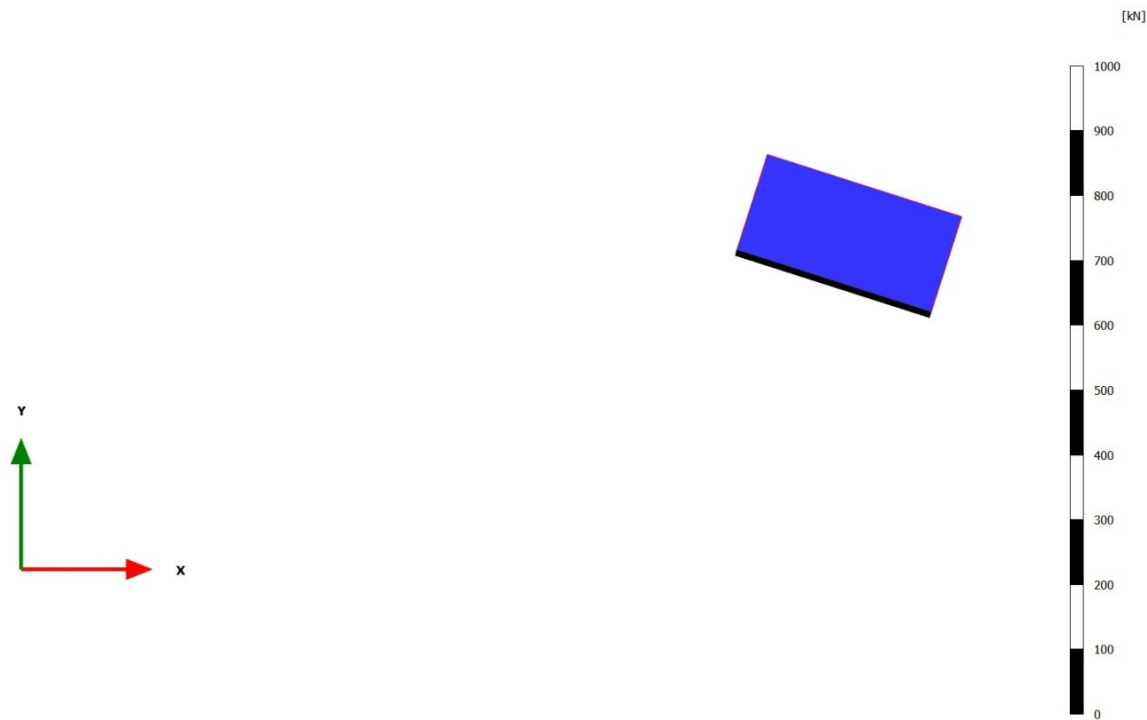
Anchor force for curves F N (scaled up 0.100 times) (Time 3656 day) per structural element

Uniform value of 55.33 kN

3.2.1.1.10 Calculation results, Node-to-node anchor, regen + verkeer [Phase_16] (16/331), Anchor force for curves F N



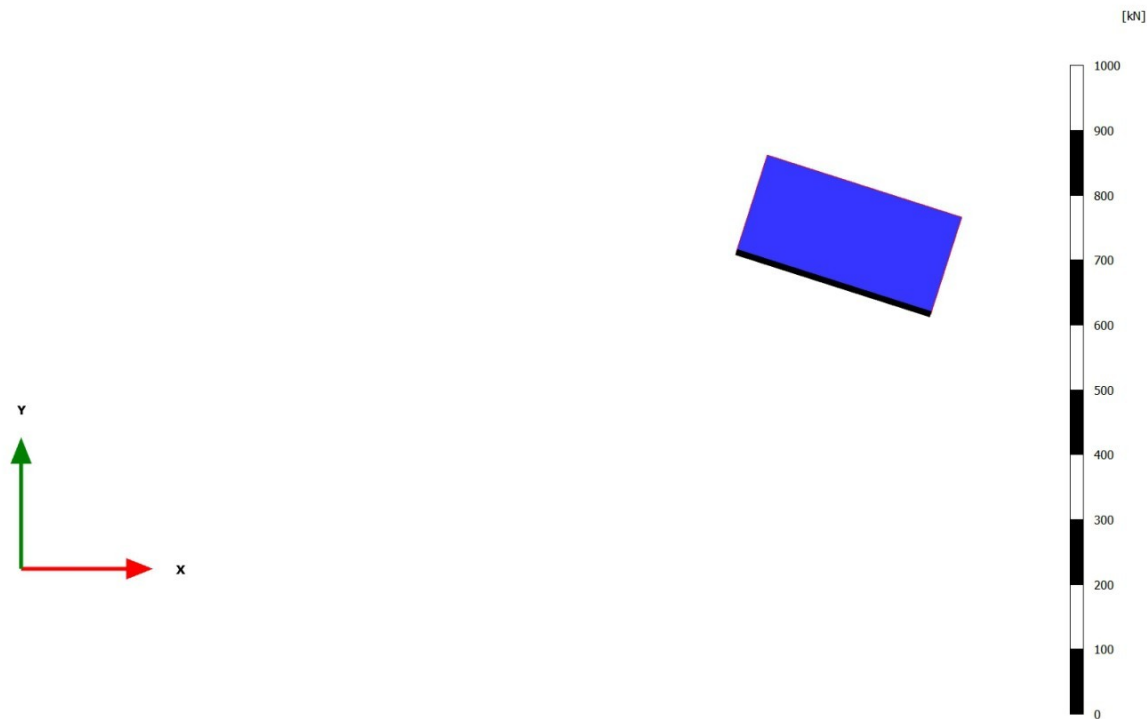
3.2.1.1.11 Calculation results, Node-to-node anchor, regen + verkeer 6.3 [Phase_17] (17/340), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day) per structural element

Uniform value of 159.2 kN

3.2.1.1.12 Calculation results, Node-to-node anchor, regen + verkeer 6.4 [Phase_18] (18/369), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day) per structural element

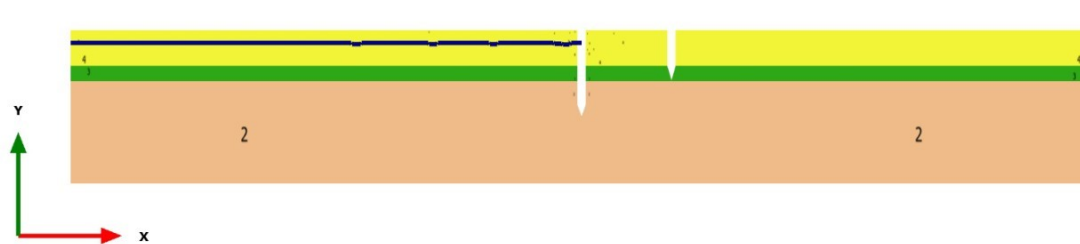
Uniform value of 157.1 kN

D.3 Doorsnede 'Kistdam'

PLAXIS Report

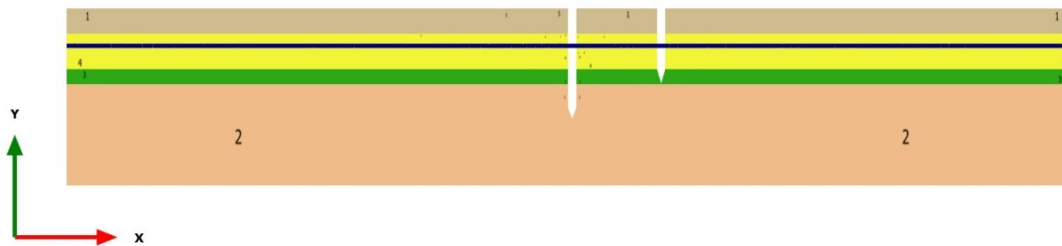
Filename	doorsnede2.p2dx
Directory	C:\Users\ [REDACTED] \OneDrive - Fugro\Documents\Projecten\2423-247385 - Arcen\05 Kistdam\Plaxis\DO\Doorsnede_4_kistdam\
Model	Plane strain
Elements	15-Noded
PLAXIS Version	Version 2024.3.0.95

1.1.1.1 Calculation results, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Materials plot



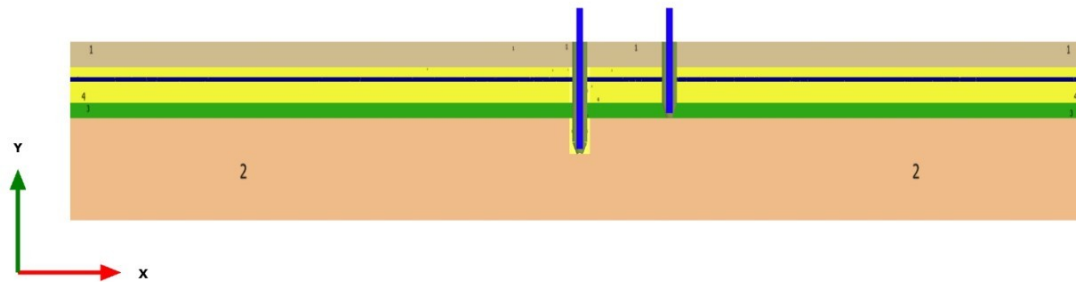
Materials plot

1.1.1.2 Calculation results, Aanbrengen bouwplateau NAP +15 [Phase_51] (51/17), Materials plot



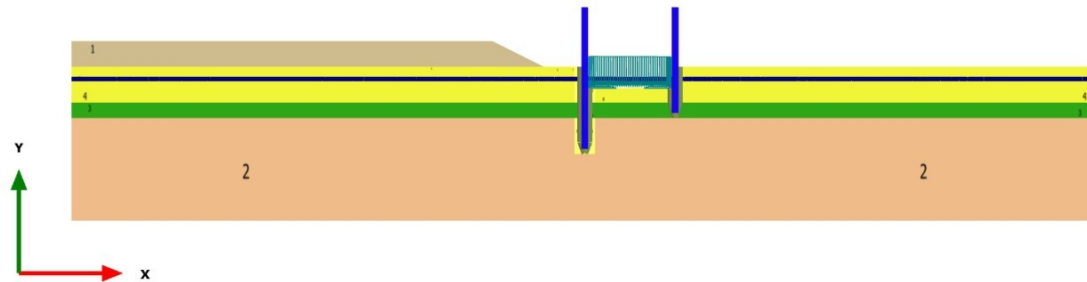
Materials plot

1.1.1.3 Calculation results, 2.a Aanbrengen damwand [Phase_2] (2/20), Materials plot



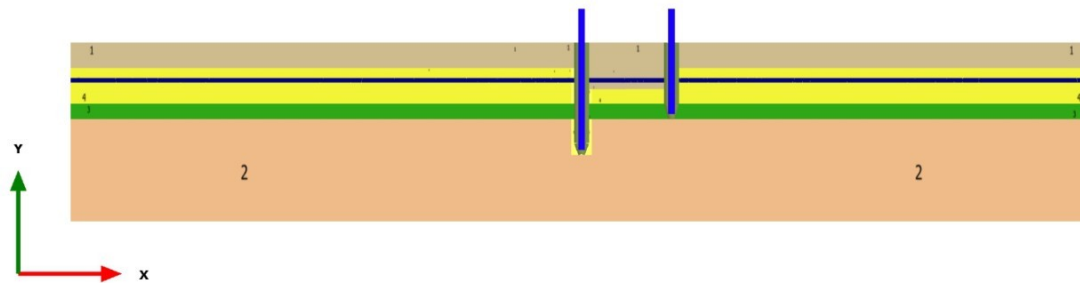
Materials plot

1.1.1.4 Calculation results, 2.b Ontgraving [Phase_1] (1/32), Materials plot



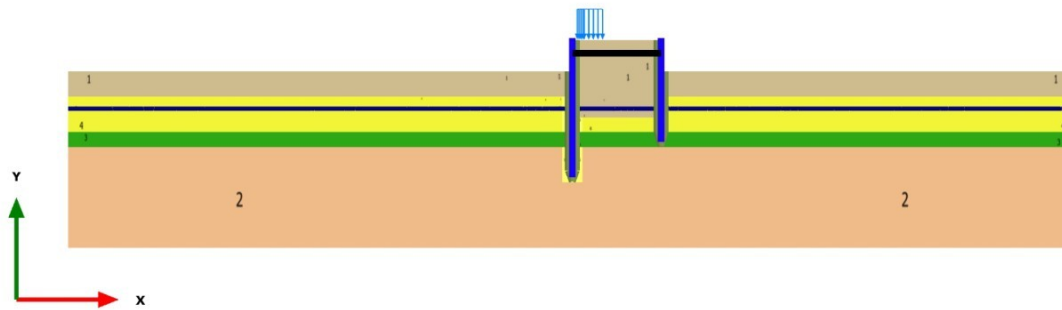
Materials plot

1.1.1.5 Calculation results, 2.c aanvulling tot +15 [Phase_4] (4/59), Materials plot



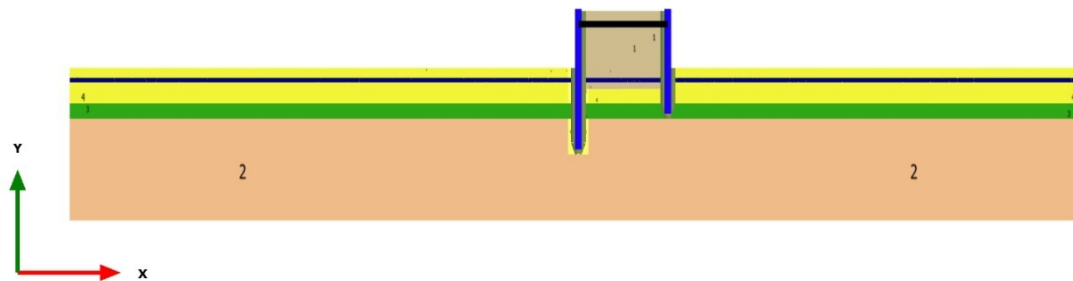
Materials plot

1.1.1.6 Calculation results, 2.d aanbrengen anker en verder aanvullen [Phase_5] (5/87), Materials plot



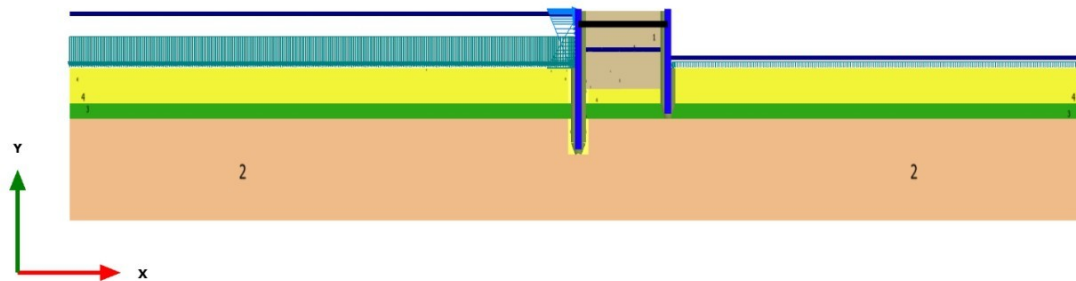
Materials plot

1.1.1.7 Calculation results, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/98), Materials plot



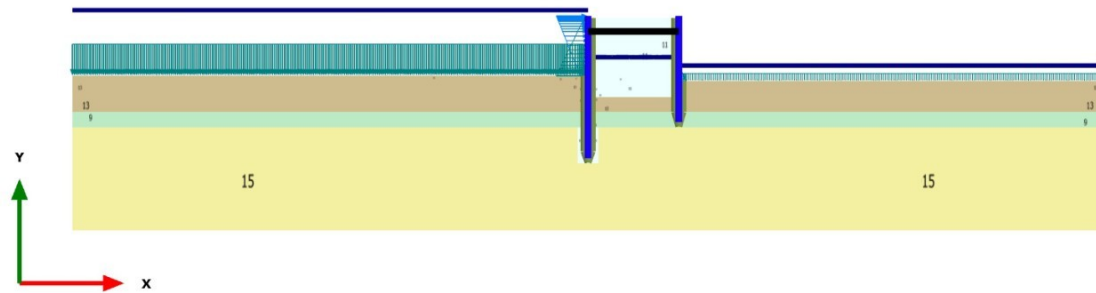
Materials plot

1.1.1.8 Calculation results, BS-1: Hoogwater belasting [Phase_6] (6/108), Materials plot



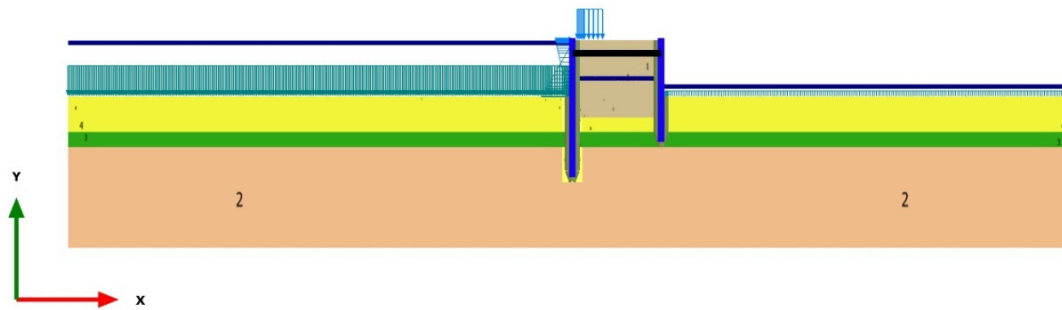
Materials plot

1.1.1.9 Calculation results, 6.4 [Phase_15] (15/299), Materials plot



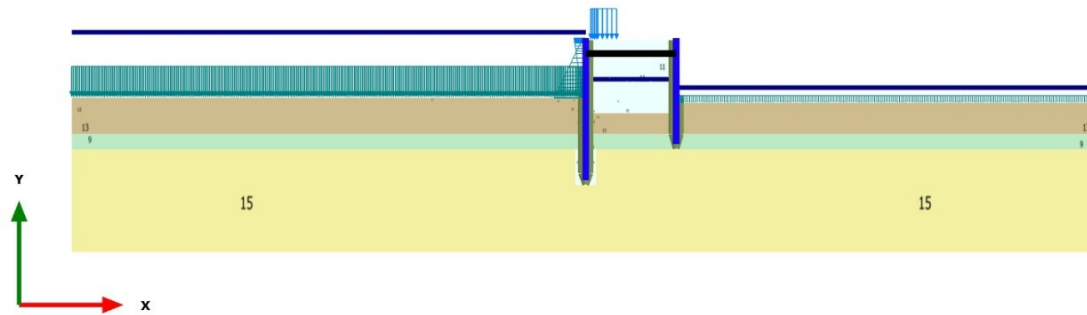
Materials plot

1.1.1.10 Calculation results, BS-2: Hoogwater belasting + Verkeer [Phase_13] (13/402), Materials plot



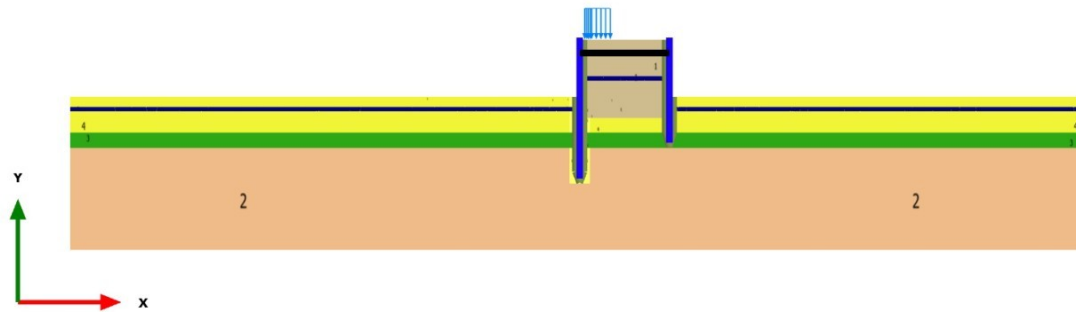
Materials plot

1.1.1.11 Calculation results, 6.4 [Phase_21] (21/491), Materials plot



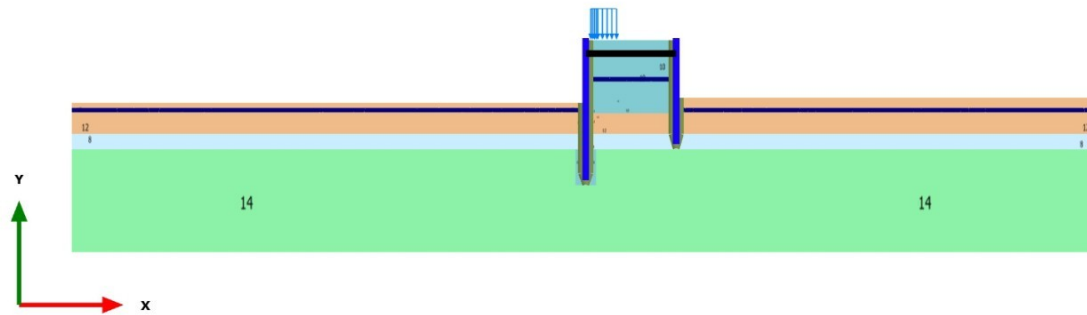
Materials plot

1.1.1.12 Calculation results, BS-7: Kraanbelasting [Phase_33] (33/607), Materials plot



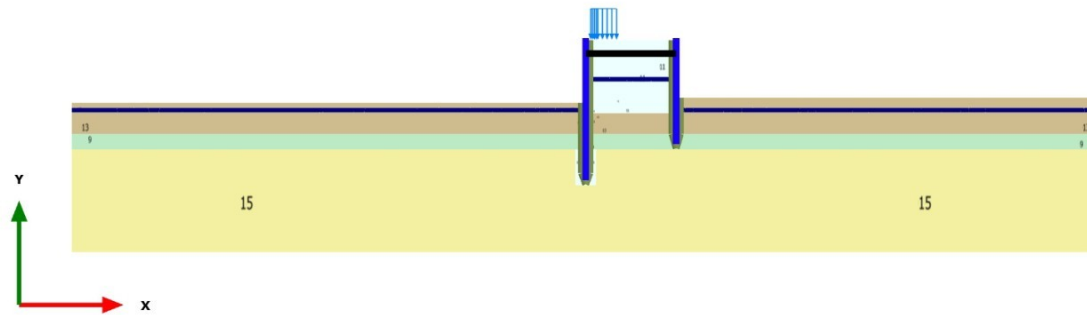
Materials plot

1.1.1.13 Calculation results, 6.3 [Phase_34] (34/616), Materials plot



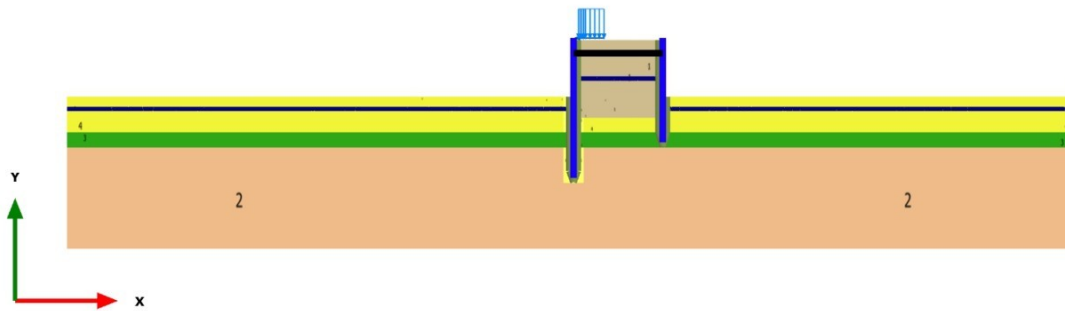
Materials plot

1.1.1.14 Calculation results, 6.4 [Phase_35] (35/628), Materials plot



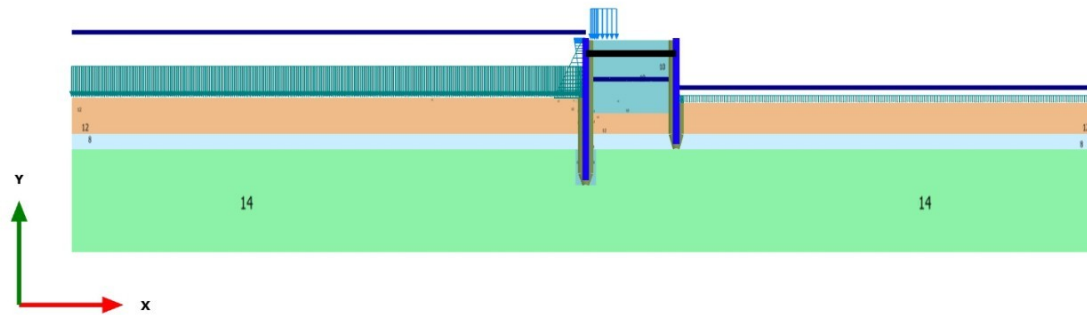
Materials plot

1.1.1.15 Calculation results, BS-8: Verkeer + schampkracht [Phase_37] (37/637), Materials plot



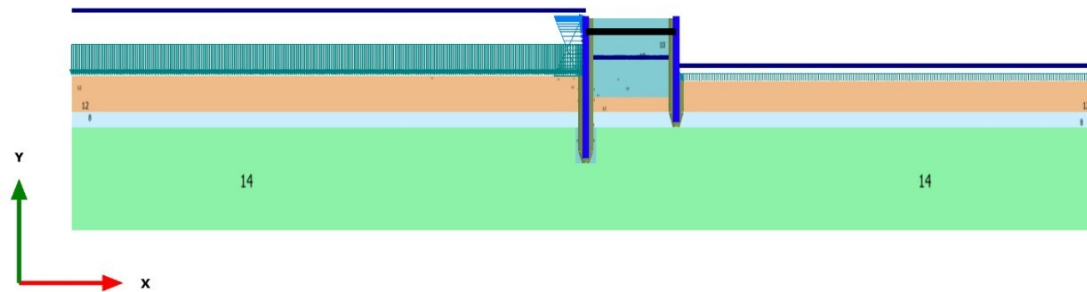
Materials plot

1.1.1.16 Calculation results, 6.3 [Phase_16] (16/667), Materials plot



Materials plot

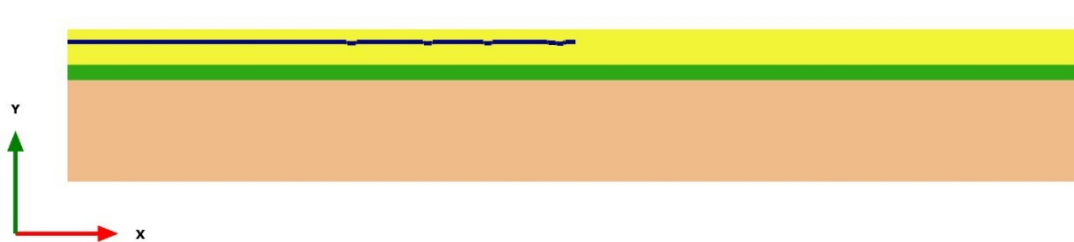
1.1.1.17 Calculation results, 6.3 [Phase_14] (14/1277), Materials plot



Materials plot

2.1.1.1.1 Calculation results, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Total displacements

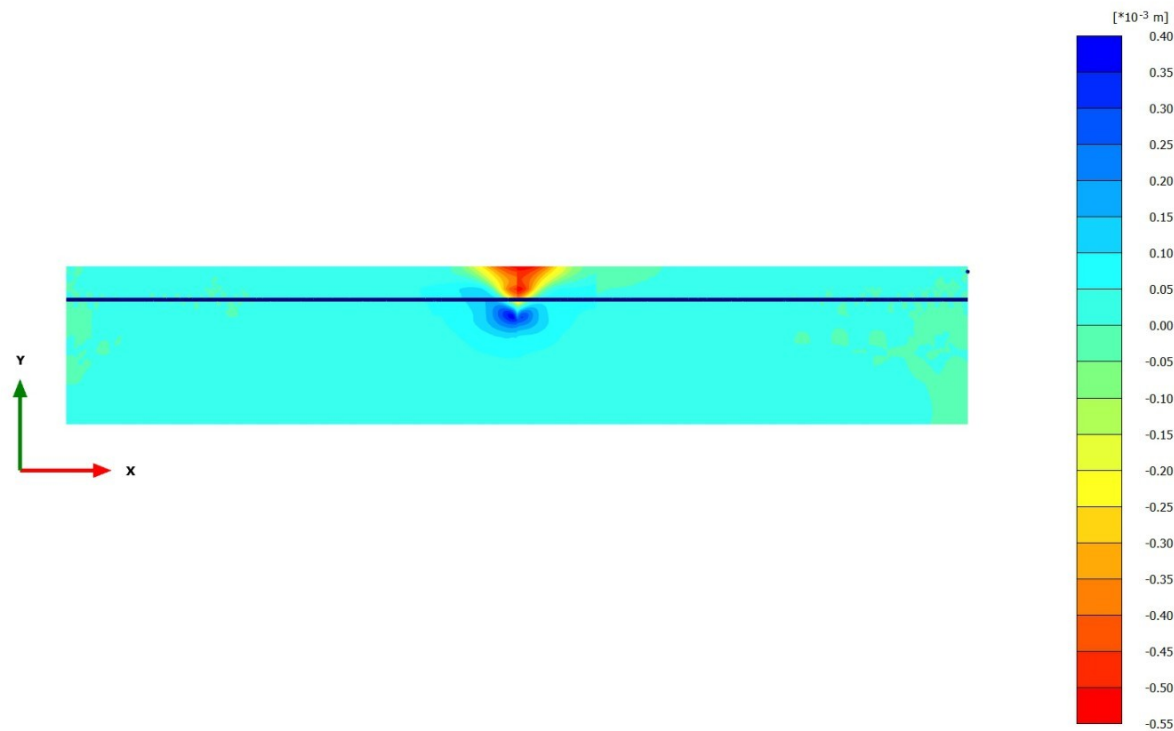
u_x



Total displacements u_x (at true scale)

Uniform value of 0.000 m

2.1.1.1.2 Calculation results, Aanbrengen bouwplateau NAP +15 [Phase_51] (51/17), Total displacements u_x

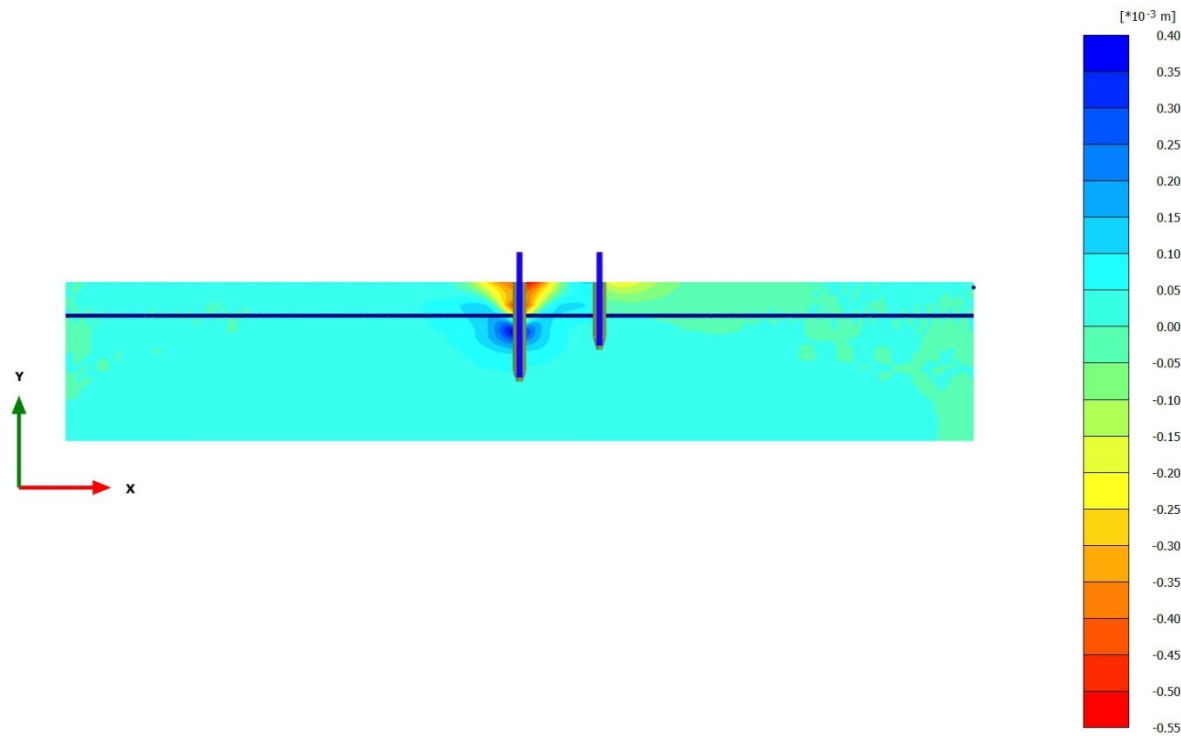


Total displacements u_x (scaled up $5.00 \cdot 10^3$ times) (Time 3652 day)

Maximum value = $0.3758 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ (Element 1223 at Node 7006)

Minimum value = $-0.5479 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ (Element 266 at Node 6991)

2.1.1.1.3 Calculation results, 2.a Aanbrengen damwand [Phase_2] (2/20), Total displacements u_x



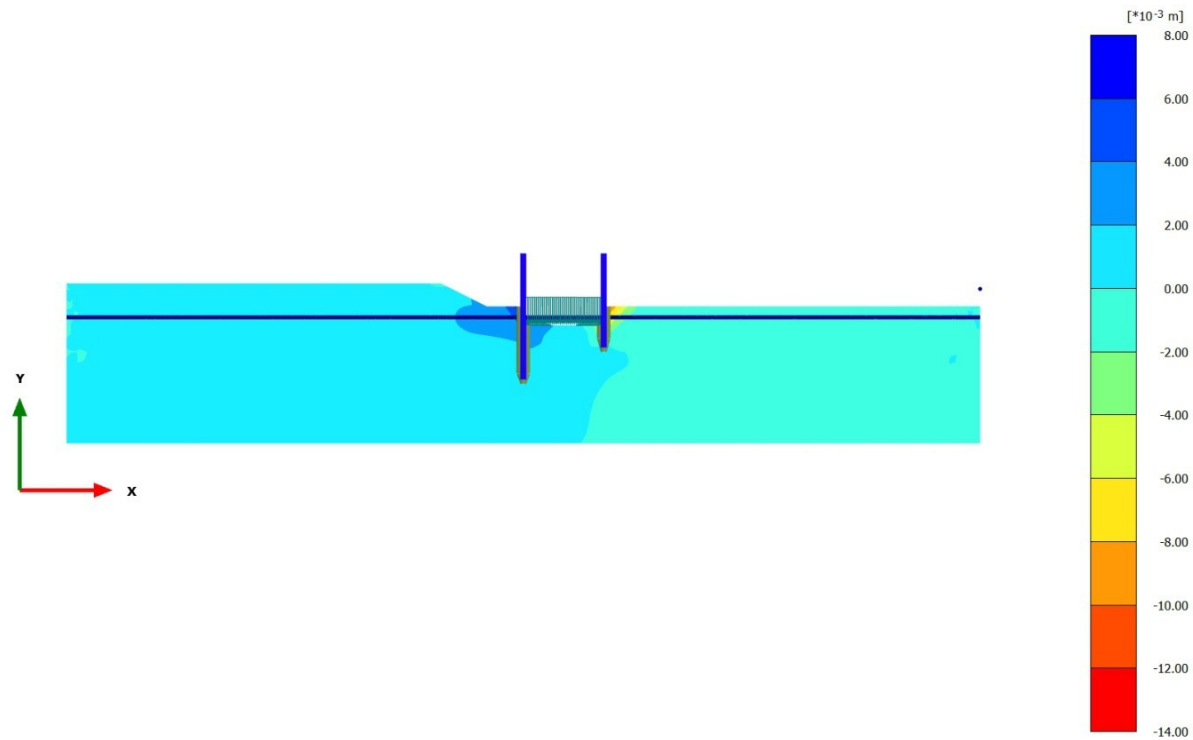
Total displacements u_x (scaled up $5.00 \cdot 10^3$ times) (Time 3653 day)

Maximum value = $0.3812 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1223 at Node 7006)

Minimum value = $-0.5250 \cdot 10^{-3}$ m (Element 249 at Node 6953)

2.1.1.1.4 Calculation results, 2.b Ontgraving [Phase_1] (1/32), Total displacements

u_x

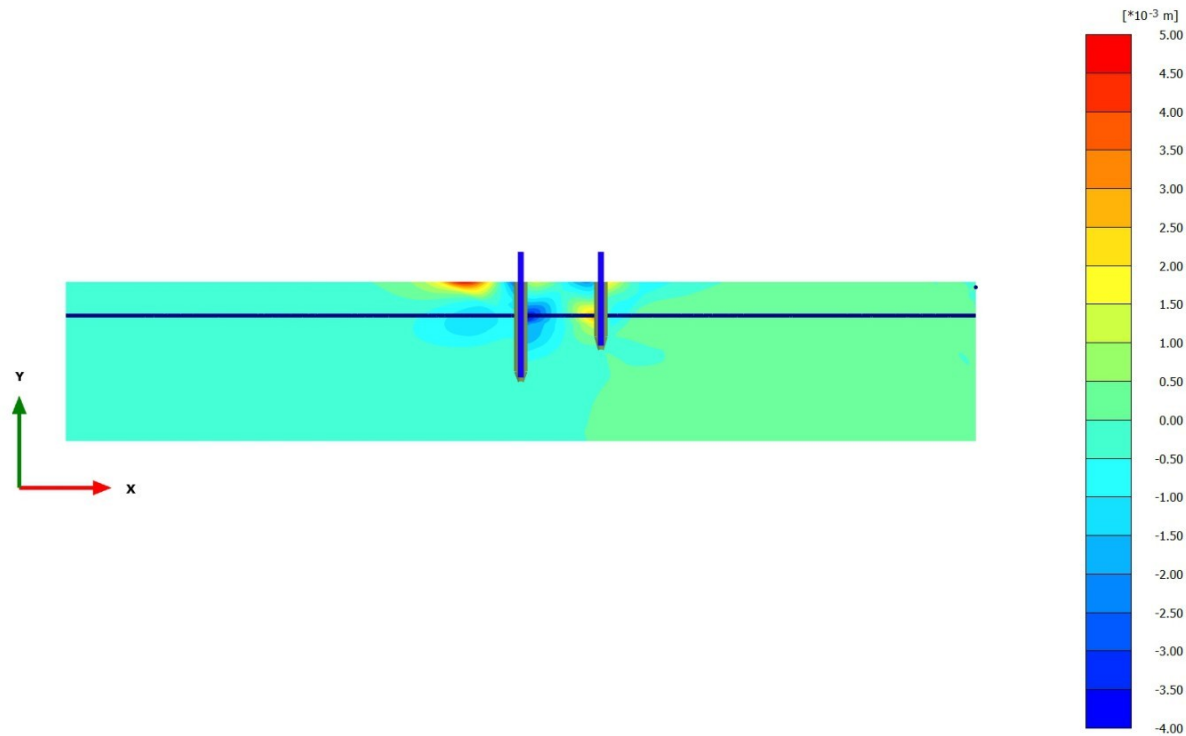


Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time 3654 day)

Maximum value = 7.513×10^{-3} m (Element 611 at Node 7033)

Minimum value = -0.01377 m (Element 742 at Node 4358)

2.1.1.1.5 Calculation results, 2.c aanvulling tot +15 [Phase_4] (4/59), Total displacements u_x

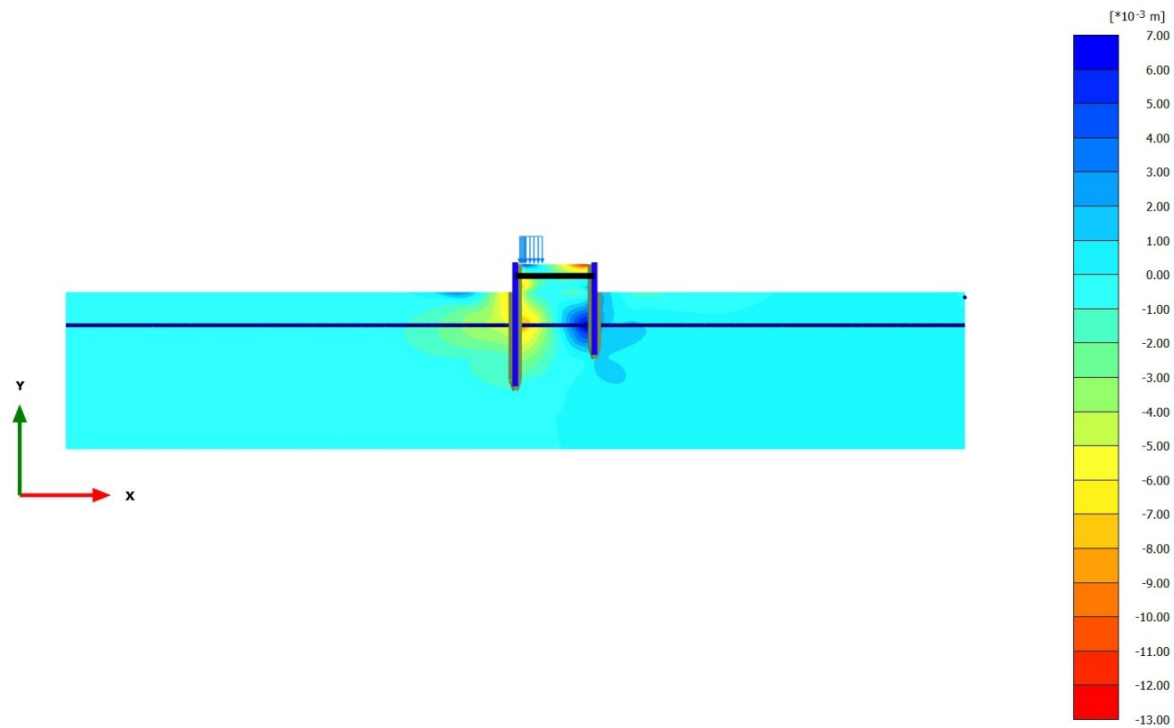


Total displacements u_x (scaled up 500 times) (Time 3655 day)

Maximum value = $4.844 \cdot 10^{-3}$ m (Element 220 at Node 9257)

Minimum value = $-3.550 \cdot 10^{-3}$ m (Element 878 at Node 6327)

2.1.1.1.6 Calculation results, 2.d aanbrengen anker en verder aanvullen [Phase_5] (5/87), Total displacements u_x

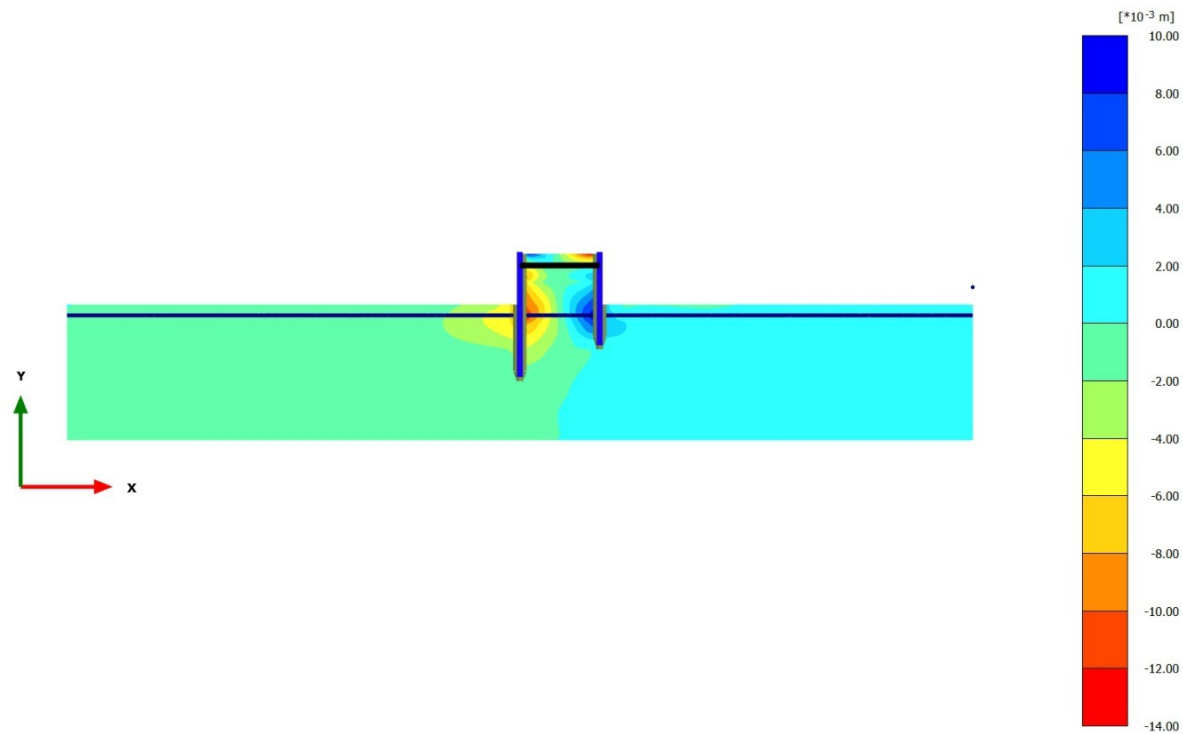


Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time 3656 day)

Maximum value = 6.572 $\times 10^{-3}$ m (Element 882 at Node 4417)

Minimum value = -0.01264 m (Element 207 at Node 5155)

2.1.1.1.7 Calculation results, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/98), Total displacements u_x

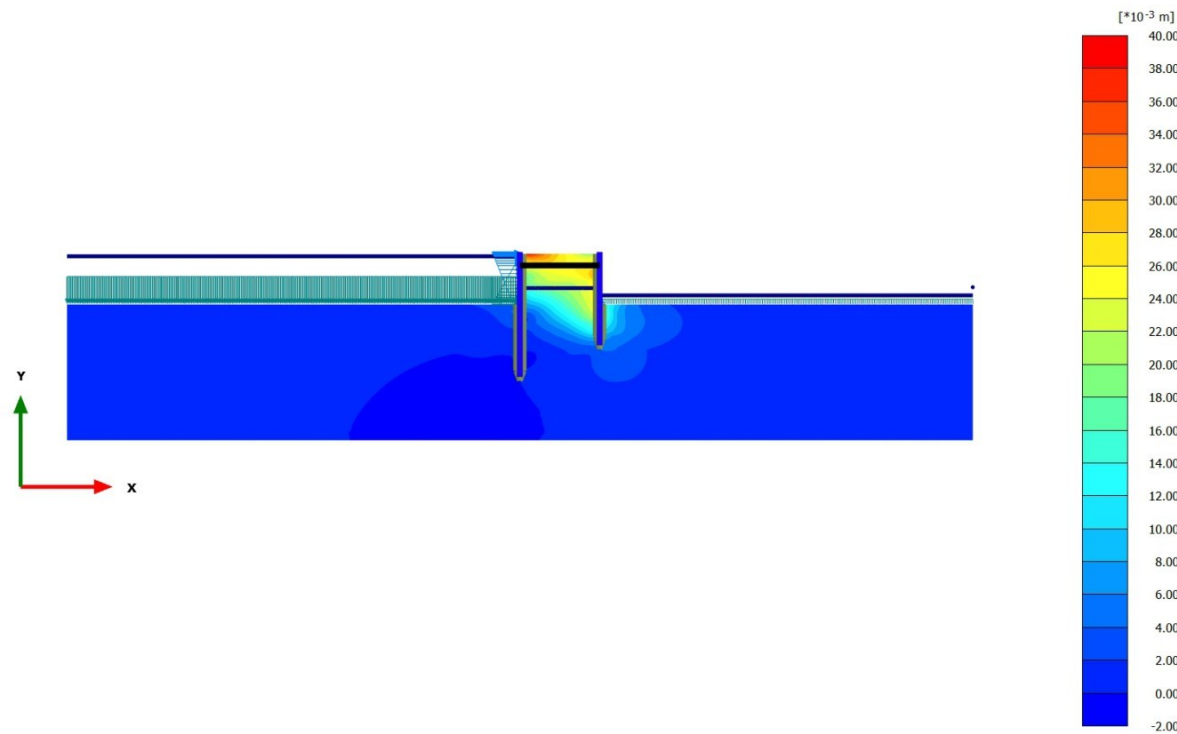


Total displacements u_x (scaled up 100 times) (Time $40.16*10^3$ day)

Maximum value = $8.620*10^{-3}$ m (Element 882 at Node 4397)

Minimum value = -0.01338 m (Element 207 at Node 5155)

2.1.1.1.8 Calculation results, BS-1: Hoogwater belasting [Phase_6] (6/108), Total displacements u_x

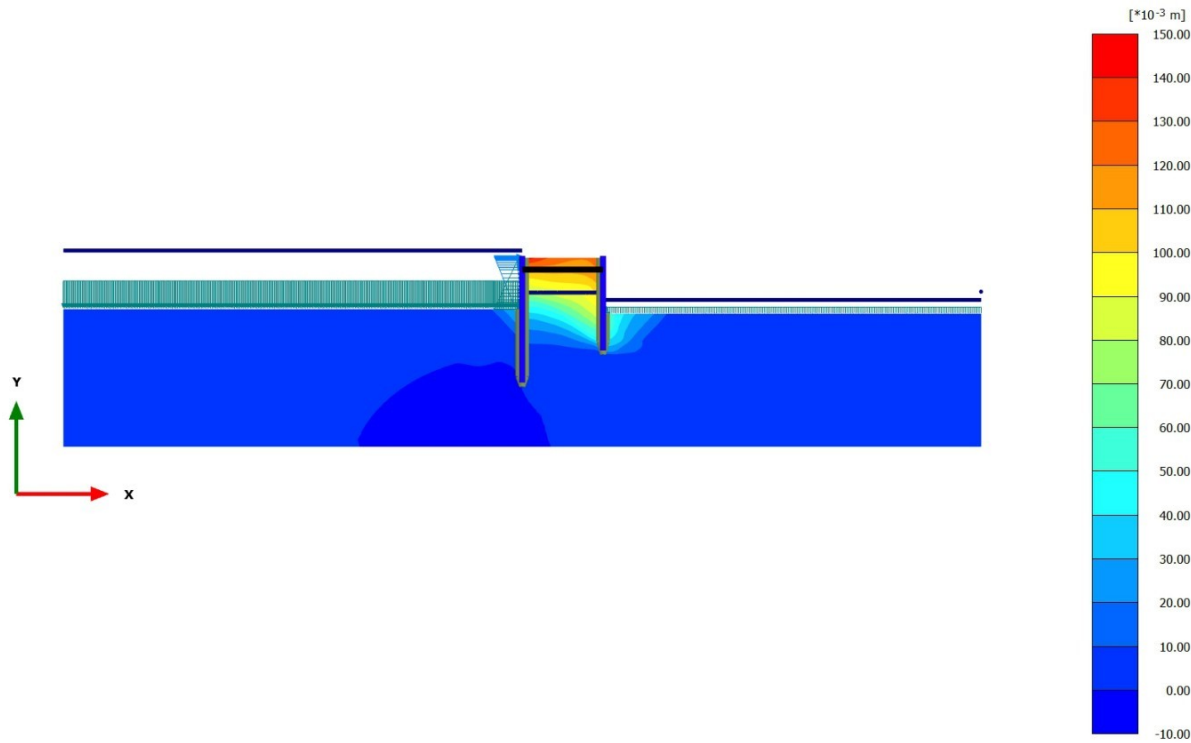


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.03894 m (Element 203 at Node 7085)

Minimum value = $-0.4390 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1453 at Node 7279)

2.1.1.1.9 Calculation results, 6.4 [Phase_15] (15/299), Total displacements u_x

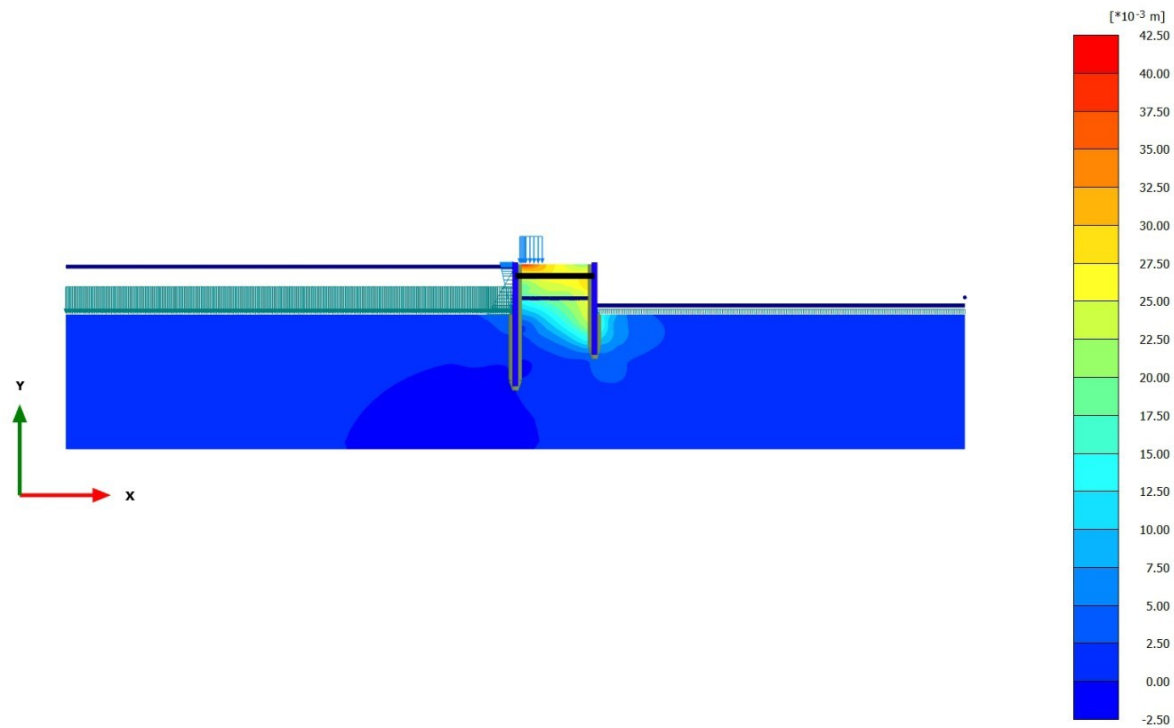


Total displacements u_x (scaled up 20.0 times) (Time 40.16×10^3 day)

Maximum value = 0.1471 m (Element 209 at Node 7163)

Minimum value = -0.5215×10^{-3} m (Element 1453 at Node 7279)

2.1.1.1.10 Calculation results, BS-2: Hoogwater belasting + Verkeer [Phase_13] (13/402), Total displacements u_x

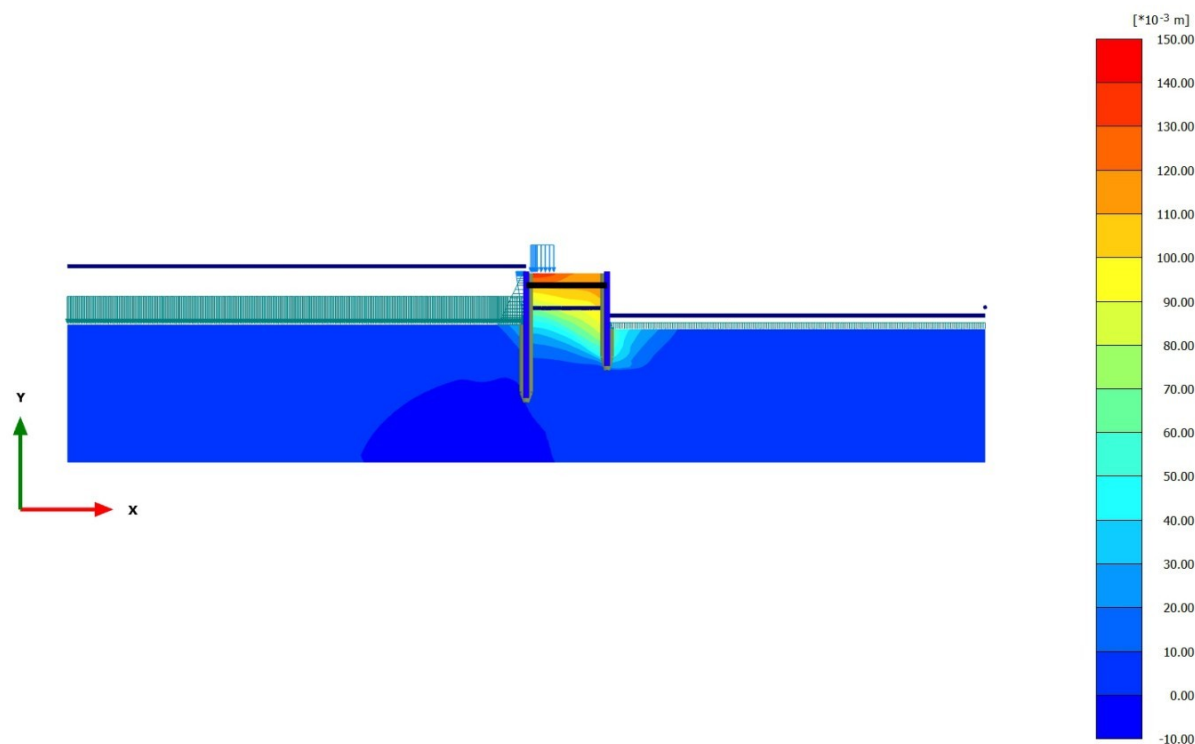


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time 40.16×10^3 day)

Maximum value = 0.04041 m (Element 203 at Node 7159)

Minimum value = -0.4467×10^{-3} m (Element 1453 at Node 7279)

2.1.1.1.11 Calculation results, 6.4 [Phase_21] (21/491), Total displacements u_x

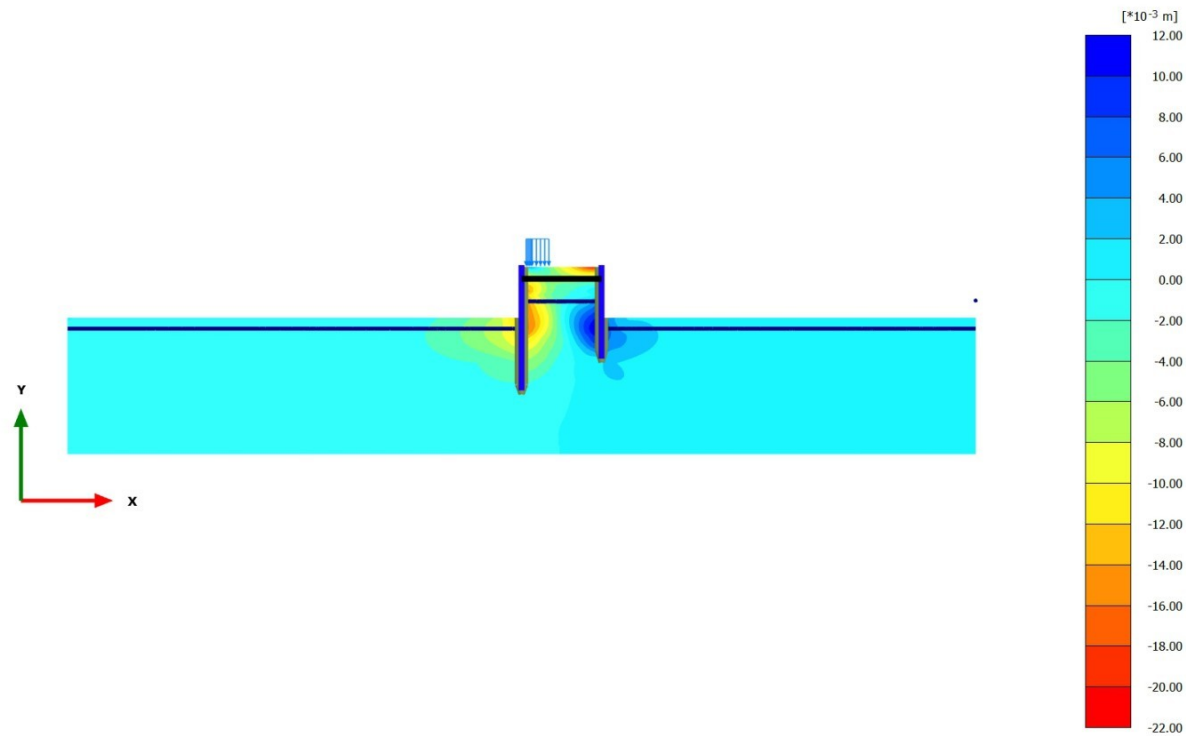


Total displacements u_x (scaled up 20.0 times) (Time 40.16×10^3 day)

Maximum value = 0.1446 m (Element 209 at Node 7165)

Minimum value = -0.5050×10^{-3} m (Element 1453 at Node 7279)

2.1.1.1.12 Calculation results, BS-7: Kraanbelasting [Phase_33] (33/607), Total displacements u_x

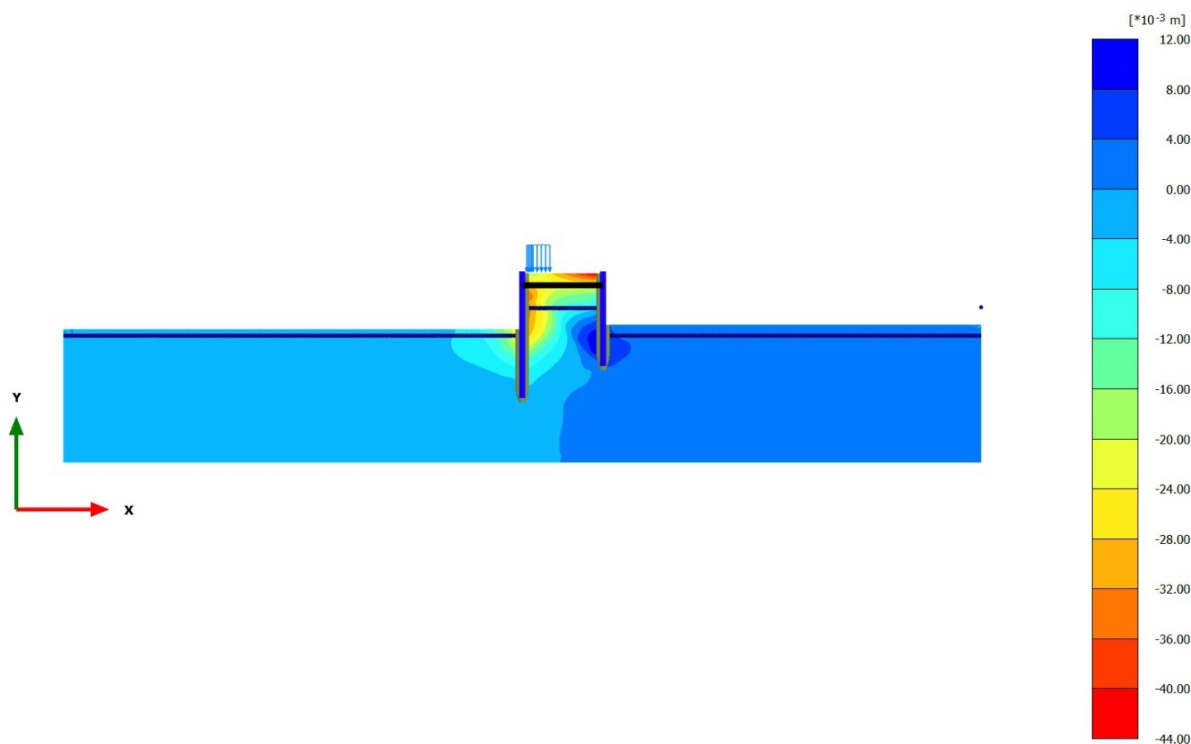


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.01184 m (Element 882 at Node 4397)

Minimum value = -0.02034 m (Element 206 at Node 5152)

2.1.1.1.13 Calculation results, 6.3 [Phase_34] (34/616), Total displacements u_x

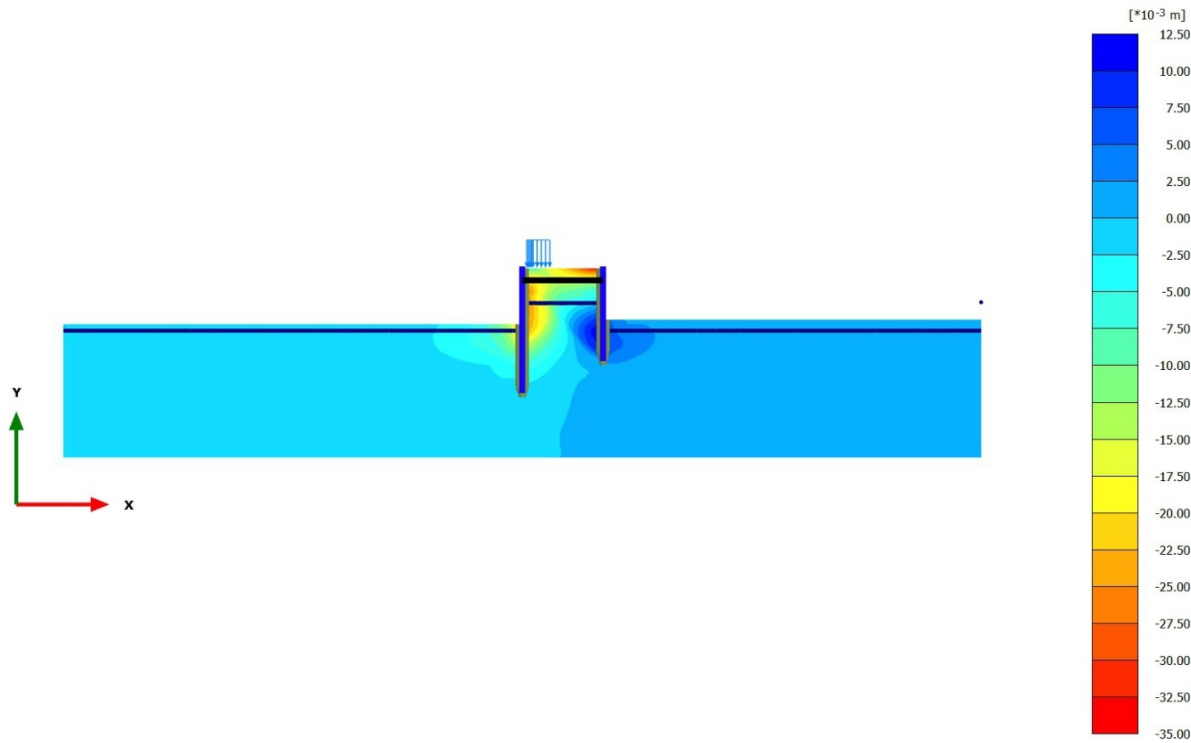


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.01114 m (Element 1131 at Node 4482)

Minimum value = -0.04392 m (Element 206 at Node 5152)

2.1.1.1.14 Calculation results, 6.4 [Phase_35] (35/628), Total displacements u_x

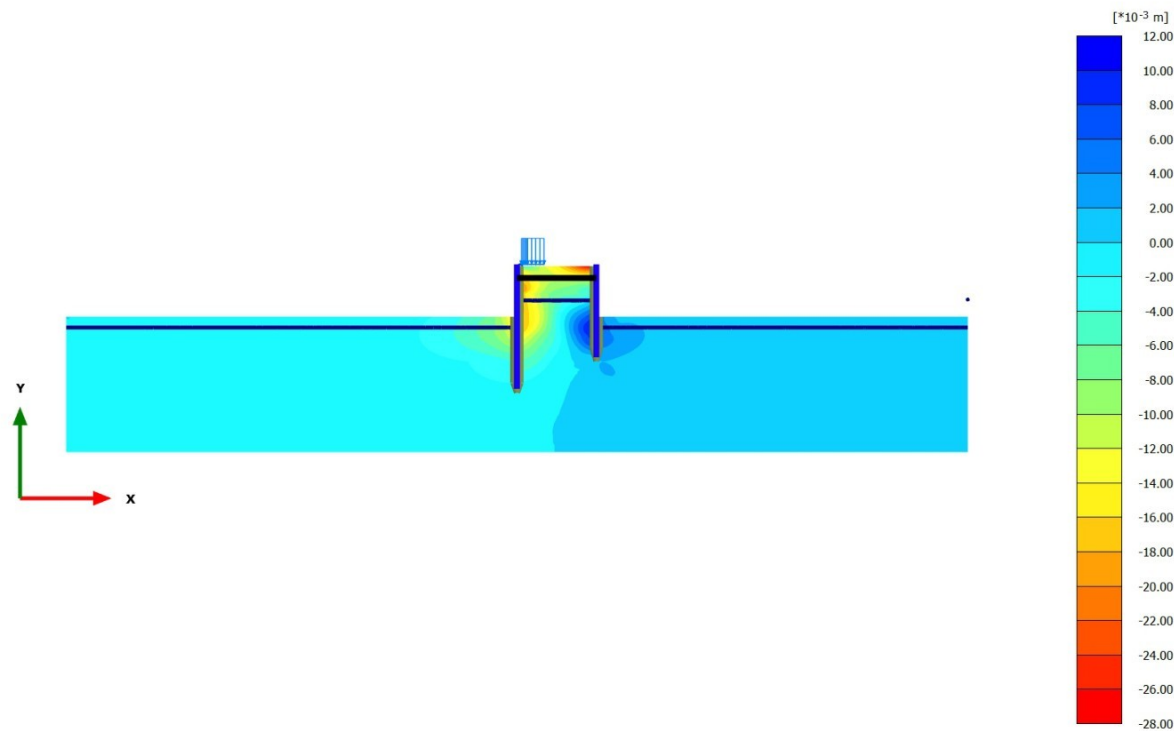


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.01194 m (Element 1133 at Node 4420)

Minimum value = -0.03339 m (Element 206 at Node 5152)

2.1.1.1.15 Calculation results, BS-8: Verkeer + schampkracht [Phase_37] (37/637), Total displacements u_x

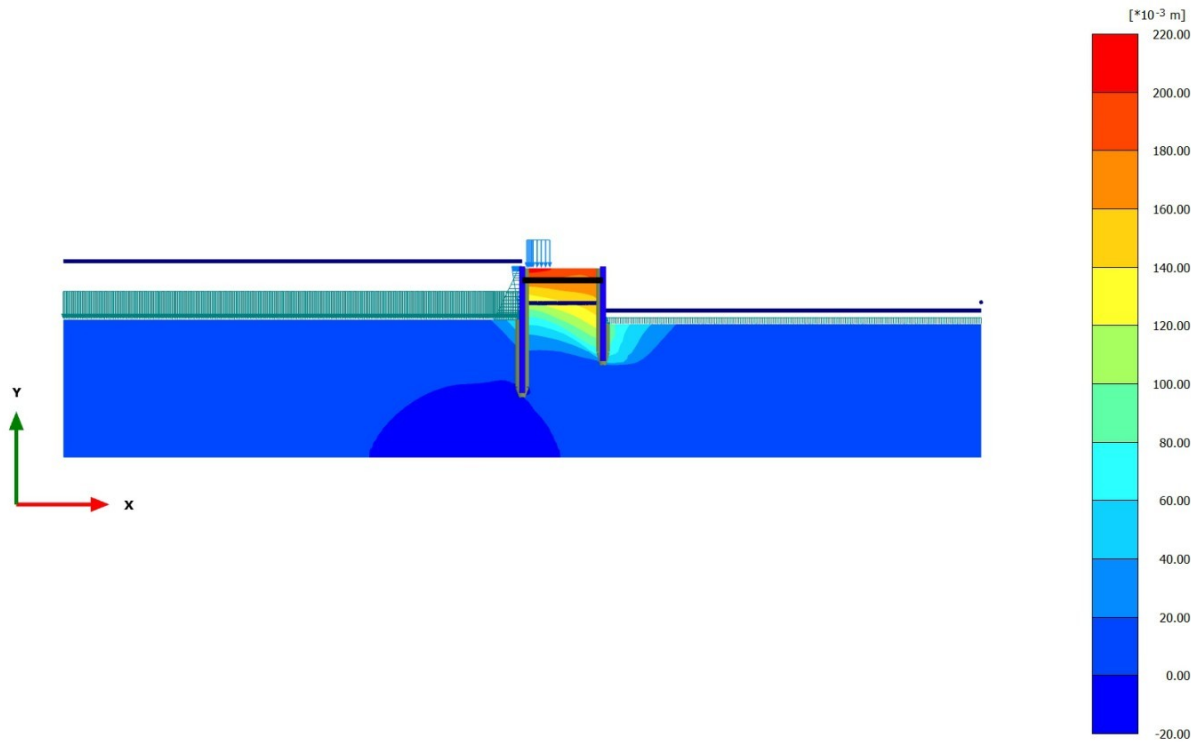


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.01018 m (Element 882 at Node 4418)

Minimum value = -0.02784 m (Element 206 at Node 5152)

2.1.1.1.16 Calculation results, 6.3 [Phase_16] (16/667), Total displacements u_x

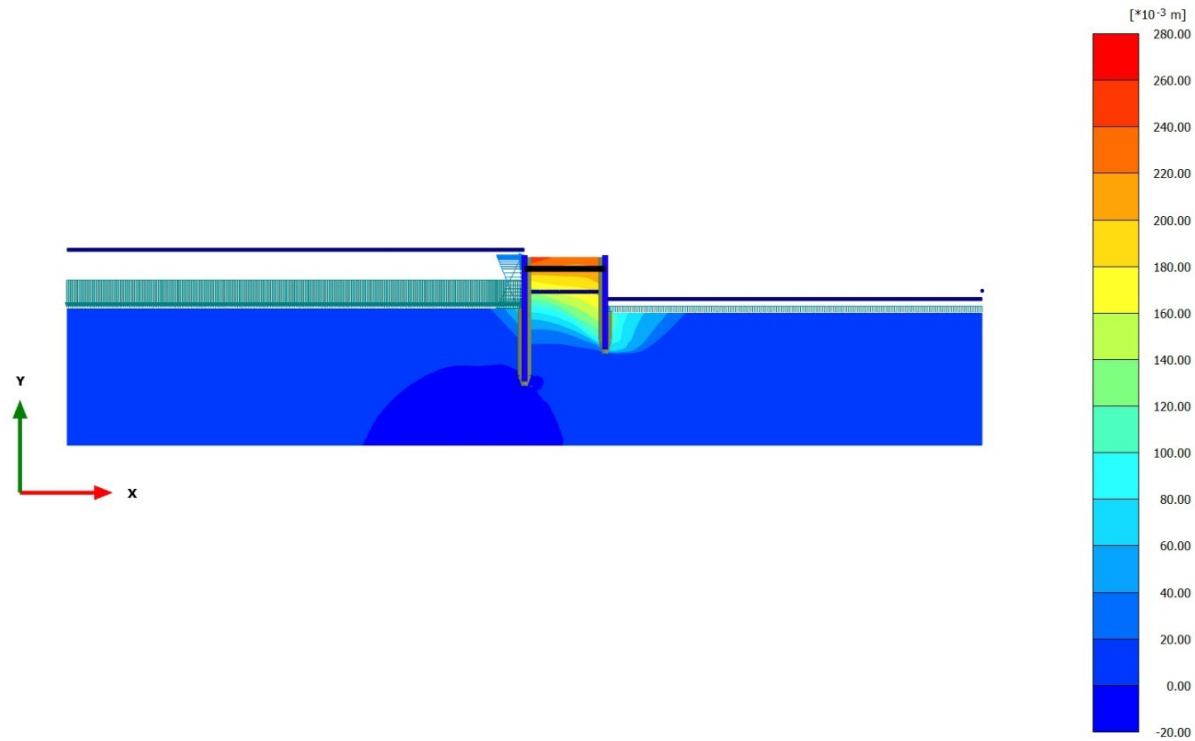


Total displacements u_x (scaled up 10.0 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.2191 m (Element 209 at Node 7163)

Minimum value = -1.791*10⁻³ m (Element 1466 at Node 6795)

2.1.1.1.17 Calculation results, 6.3 [Phase_14] (14/1277), Total displacements u_x

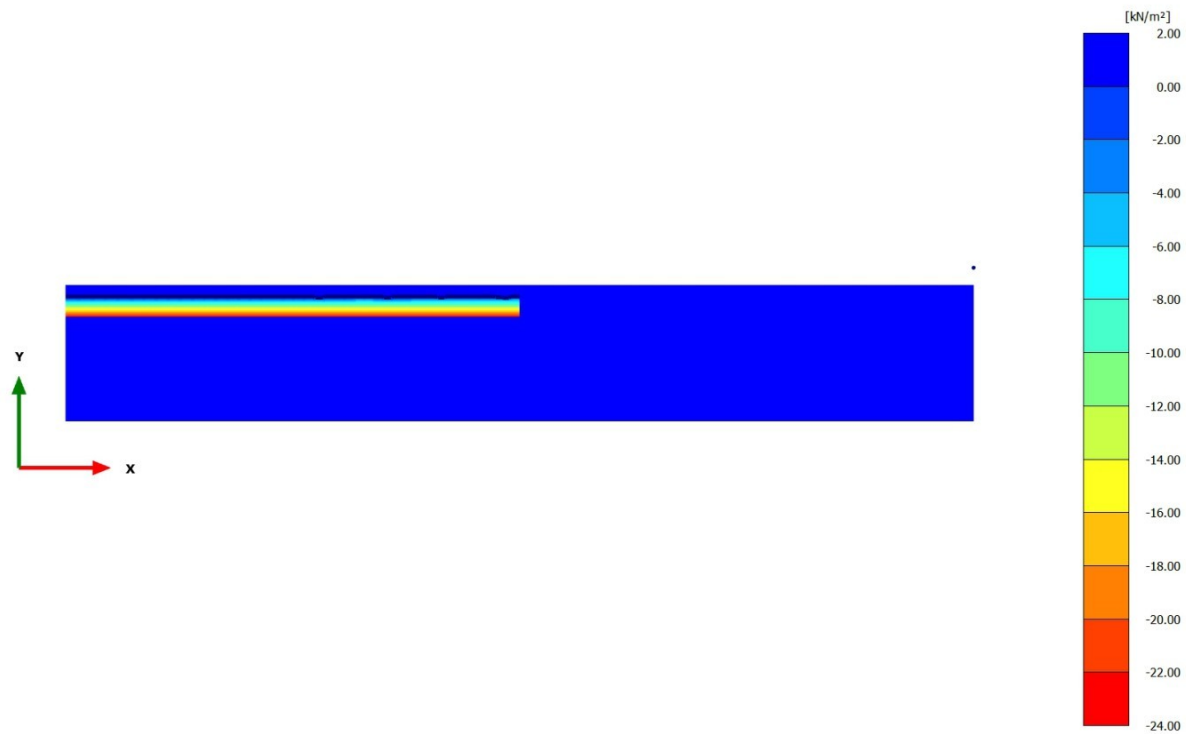


Total displacements u_x (scaled up 10.0 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.2690 m (Element 209 at Node 7163)

Minimum value = $-2.789 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1466 at Node 6795)

2.2.1.1.1 Calculation results, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Active pore pressures p_{active}

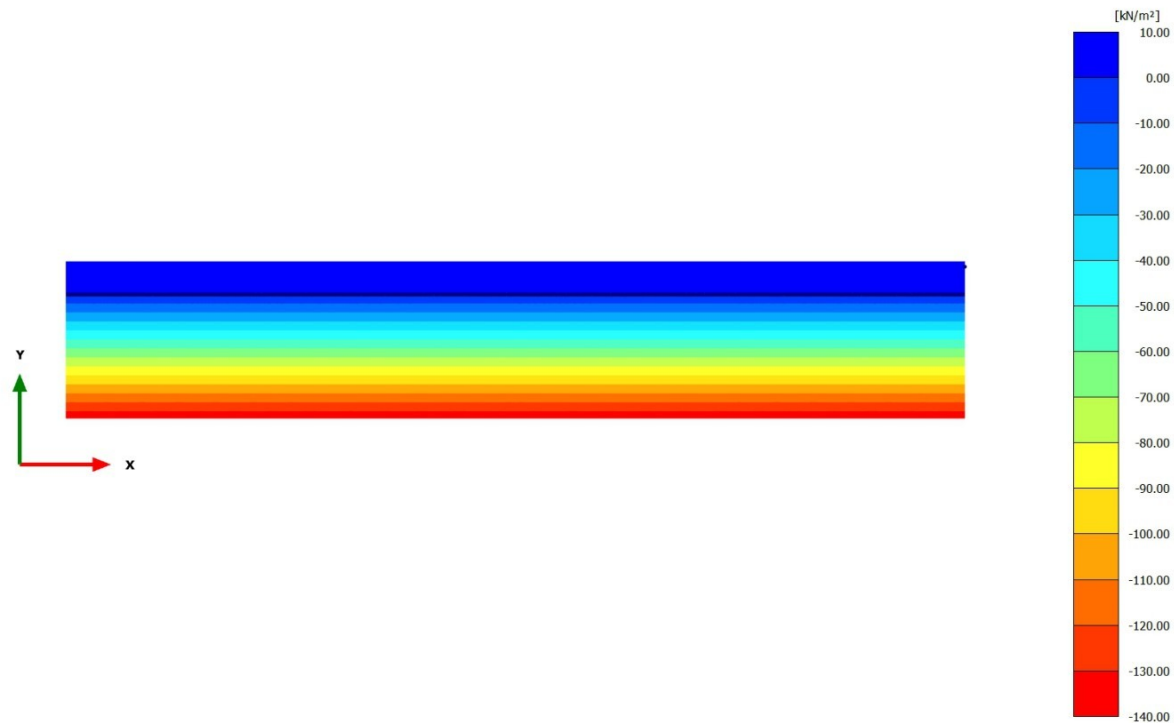


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.100 times) (Pressure = negative)

Maximum value = 0.000 kN/m^2 (Element 602 at Node 7497)

Minimum value = -23.00 kN/m^2 (Element 1161 at Node 9381)

2.2.1.1.2 Calculation results, Aanbrengen bouwplateau NAP +15 [Phase_51] (51/17), Active pore pressures p_{active}

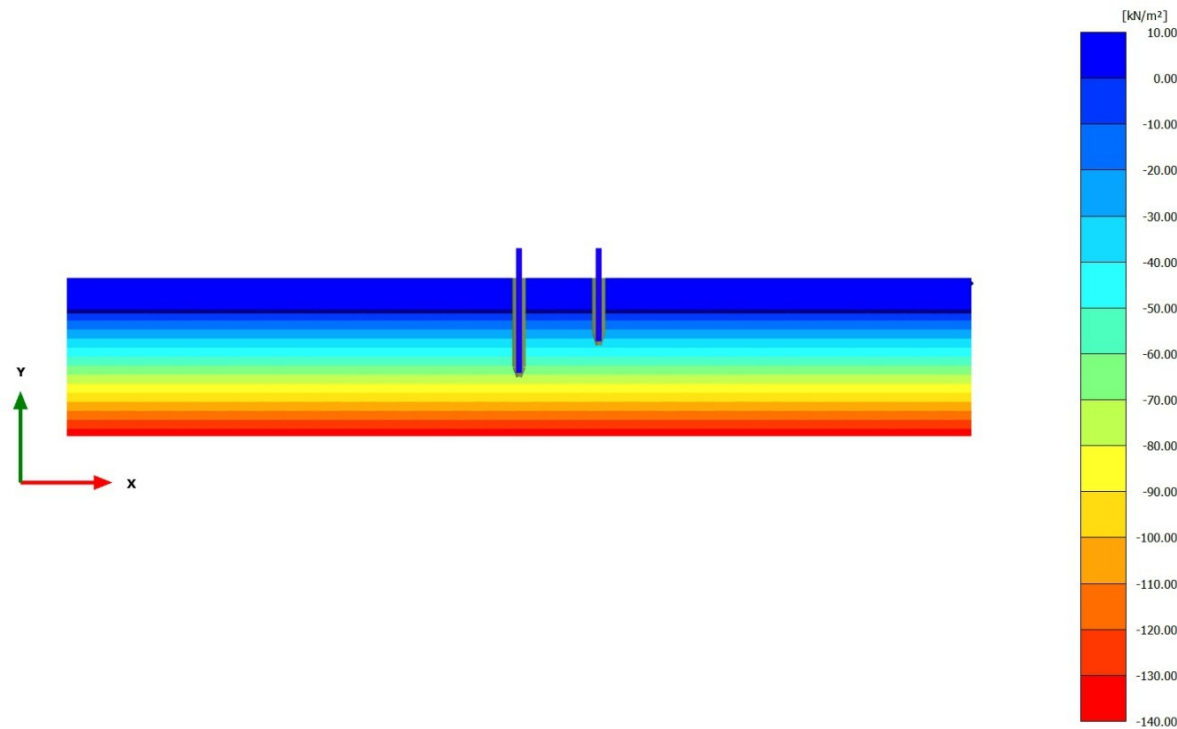


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3652 day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 214 at Node 7843)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 1594 at Node 2221)

2.2.1.1.3 Calculation results, 2.a Aanbrengen damwand [Phase_2] (2/20), Active pore pressures p_{active}



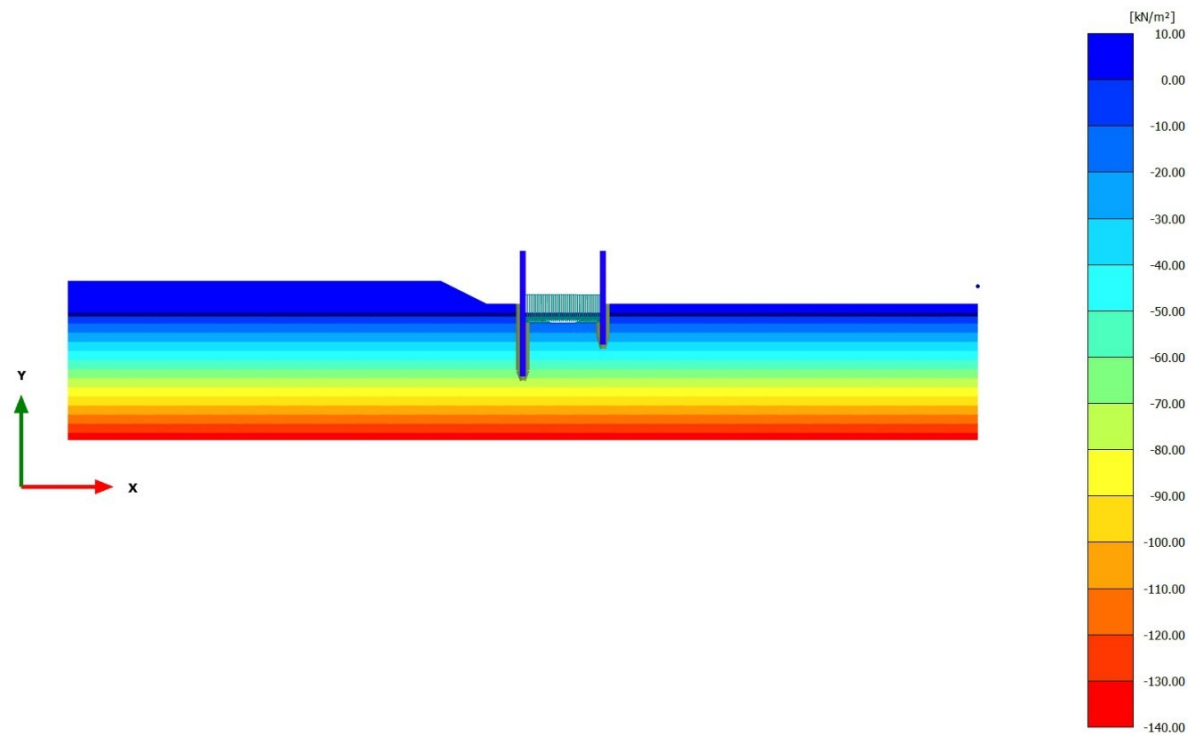
Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3653 day)

Maximum value = 0.000 kN/m^2 (Element 214 at Node 7843)

Minimum value = -138.0 kN/m^2 (Element 1594 at Node 2221)

2.2.1.1.4 Calculation results, 2.b Ontgraving [Phase_1] (1/32), Active pore pressures

p_{active}

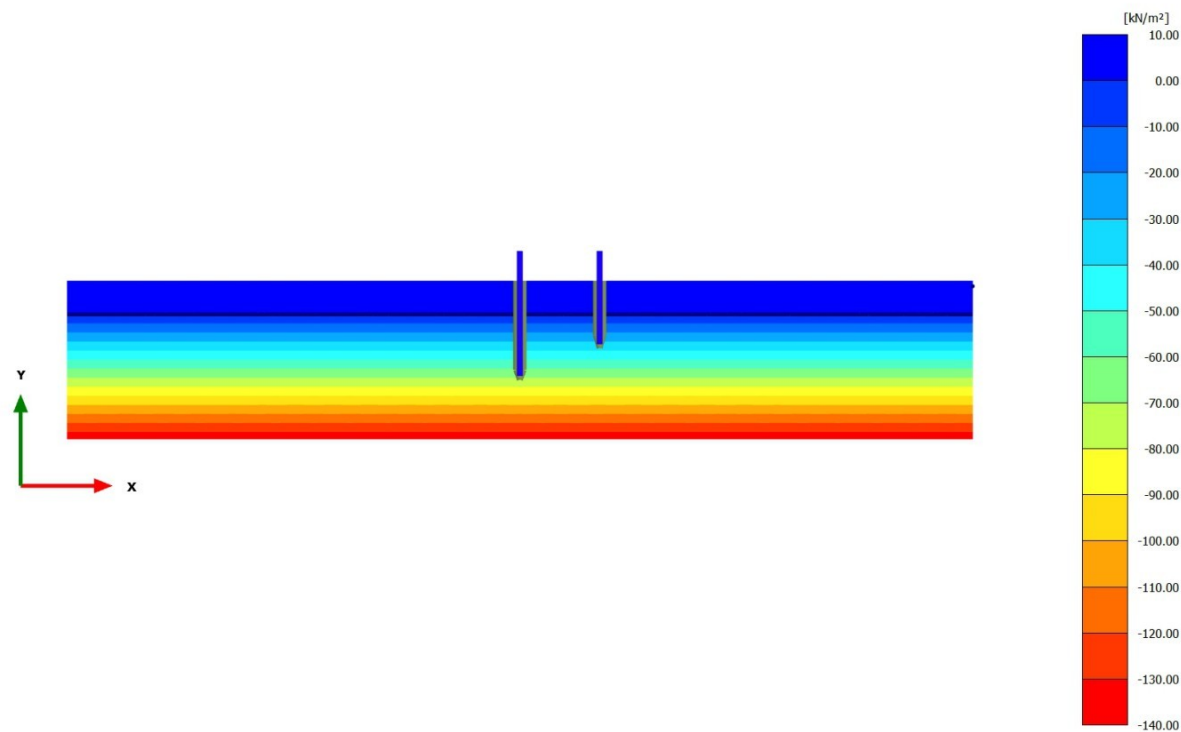


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3654 day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 412 at Node 13977)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 1594 at Node 2221)

2.2.1.1.5 Calculation results, 2.c aanvulling tot +15 [Phase_4] (4/59), Active pore pressures p_{active}

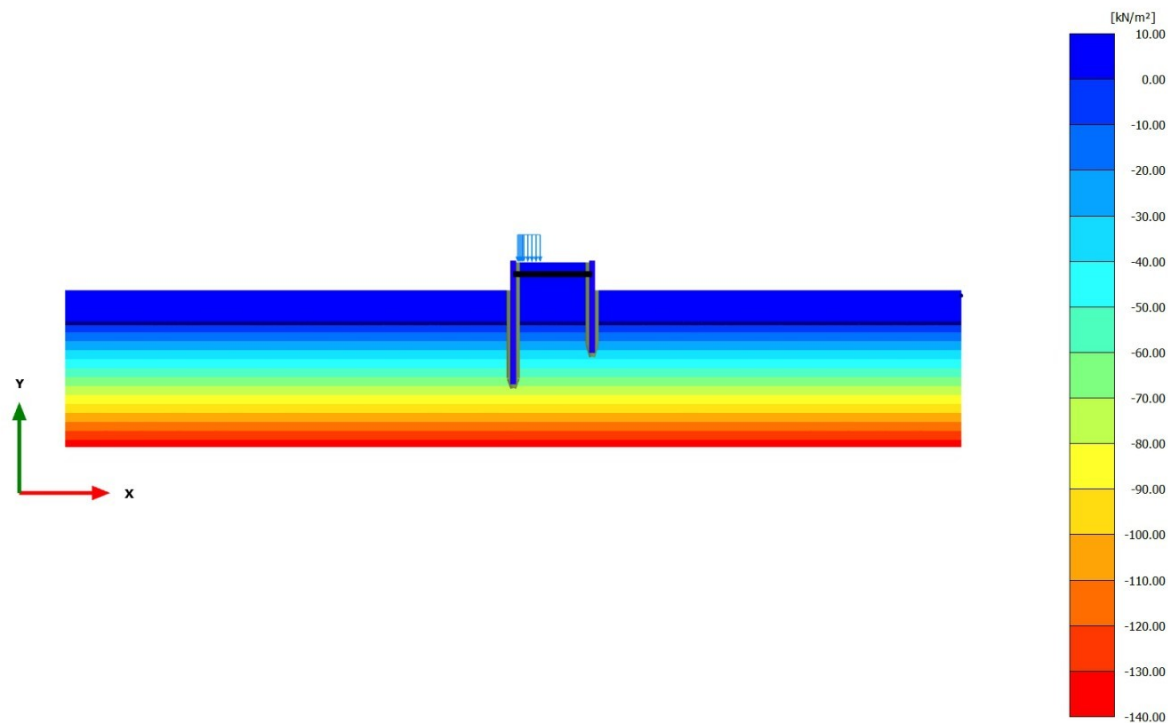


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3655 day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 214 at Node 7843)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 1594 at Node 2221)

2.2.1.1.6 Calculation results, 2.d aanbrengen anker en verder aanvullen [Phase_5] (5/87), Active pore pressures p_{active}

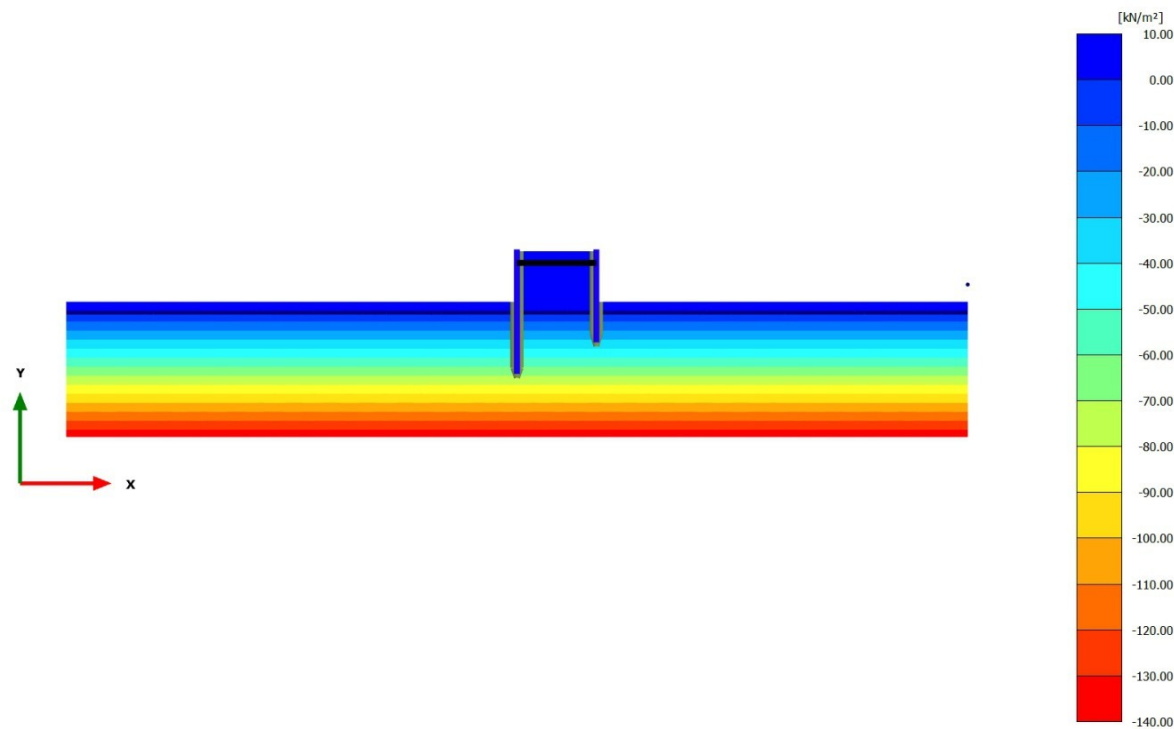


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3656 day)

Maximum value = 0.000 kN/m^2 (Element 186 at Node 6949)

Minimum value = -138.0 kN/m^2 (Element 1594 at Node 2221)

2.2.1.1.7 Calculation results, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/98), Active pore pressures p_{active}

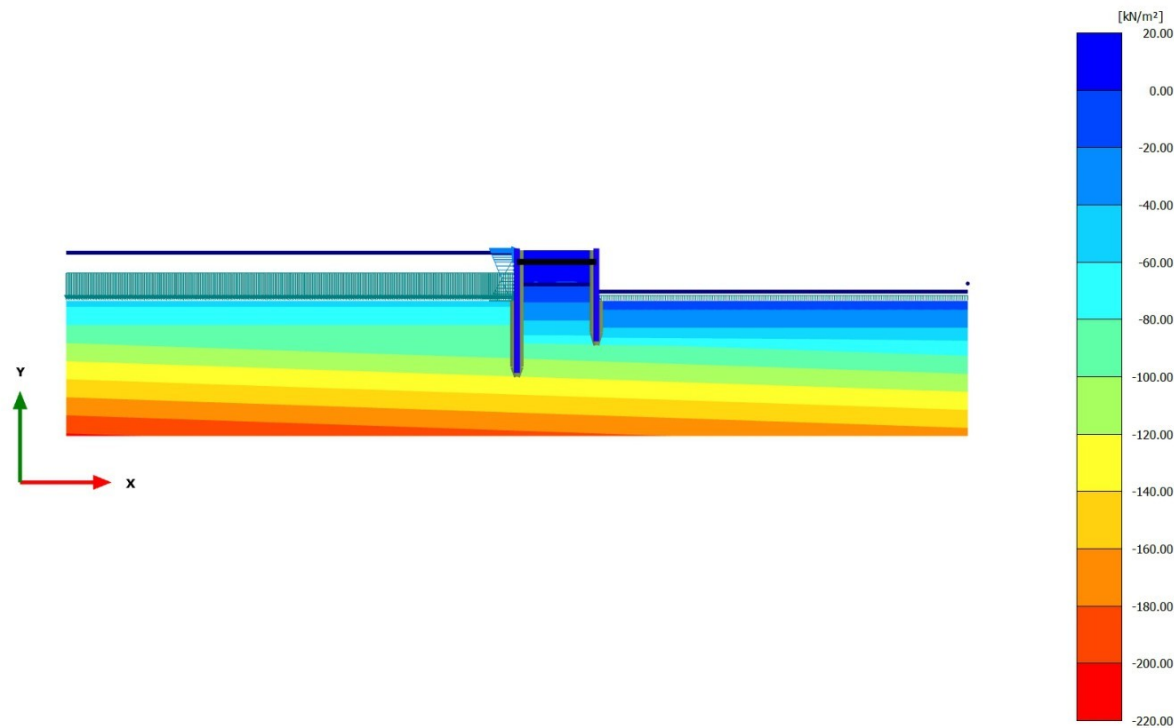


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 186 at Node 6949)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 1594 at Node 2221)

2.2.1.1.8 Calculation results, BS-1: Hoogwater belasting [Phase_6] (6/108), Active pore pressures p_{active}

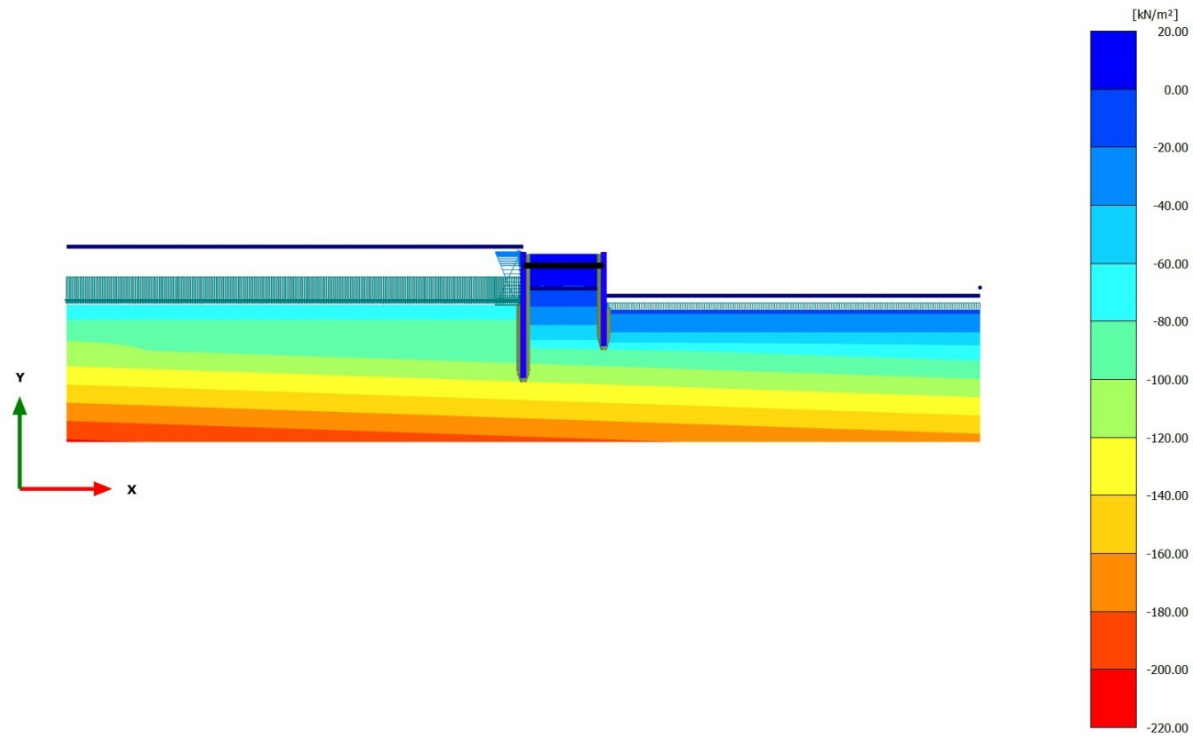


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 186 at Node 6949)

Minimum value = -203.0 kN/m² (Element 1469 at Node 12593)

2.2.1.1.9 Calculation results, 6.4 [Phase_15] (15/299), Active pore pressures p_{active}

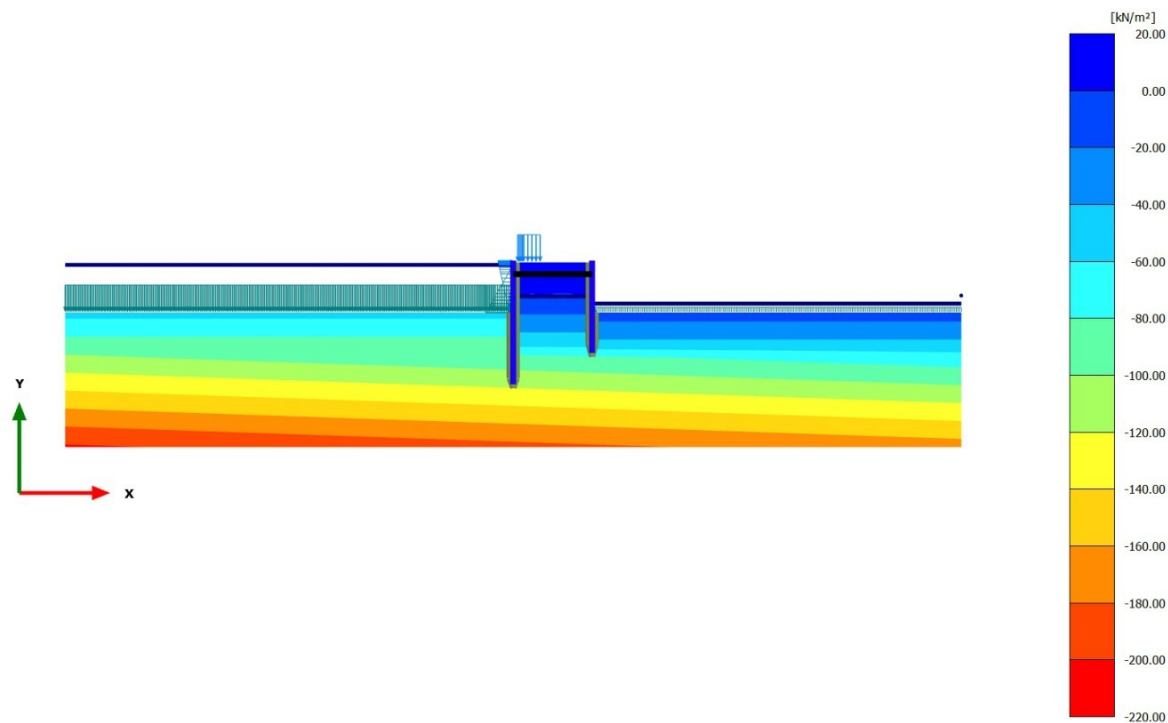


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 186 at Node 6949)

Minimum value = -203.0 kN/m² (Element 1469 at Node 12593)

2.2.1.1.10 Calculation results, BS-2: Hoogwater belasting + Verkeer [Phase_13] (13/402), Active pore pressures p_{active}



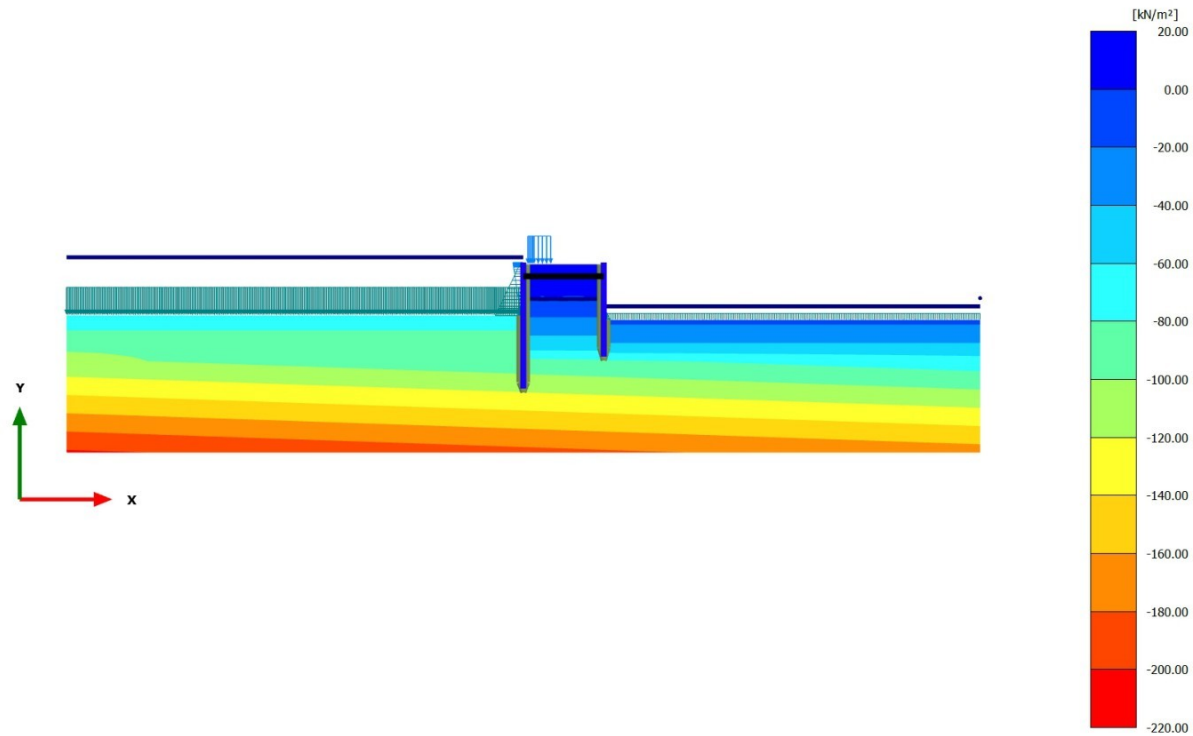
Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.000 kN/m^2 (Element 186 at Node 6949)

Minimum value = -203.0 kN/m^2 (Element 1469 at Node 12593)

2.2.1.1.11 Calculation results, 6.4 [Phase_21] (21/491), Active pore pressures

p_{active}

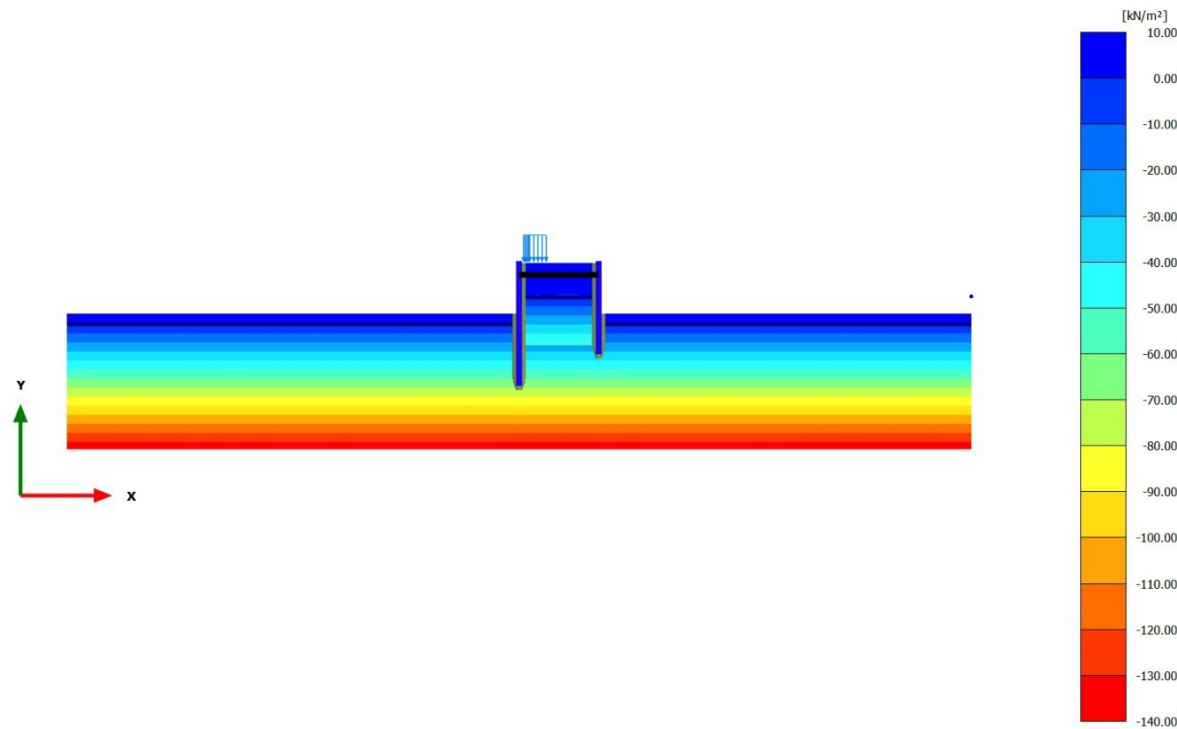


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 186 at Node 6949)

Minimum value = -203.0 kN/m² (Element 1469 at Node 12593)

2.2.1.1.12 Calculation results, BS-7: Kraanbelasting [Phase_33] (33/607), Active pore pressures p_{active}



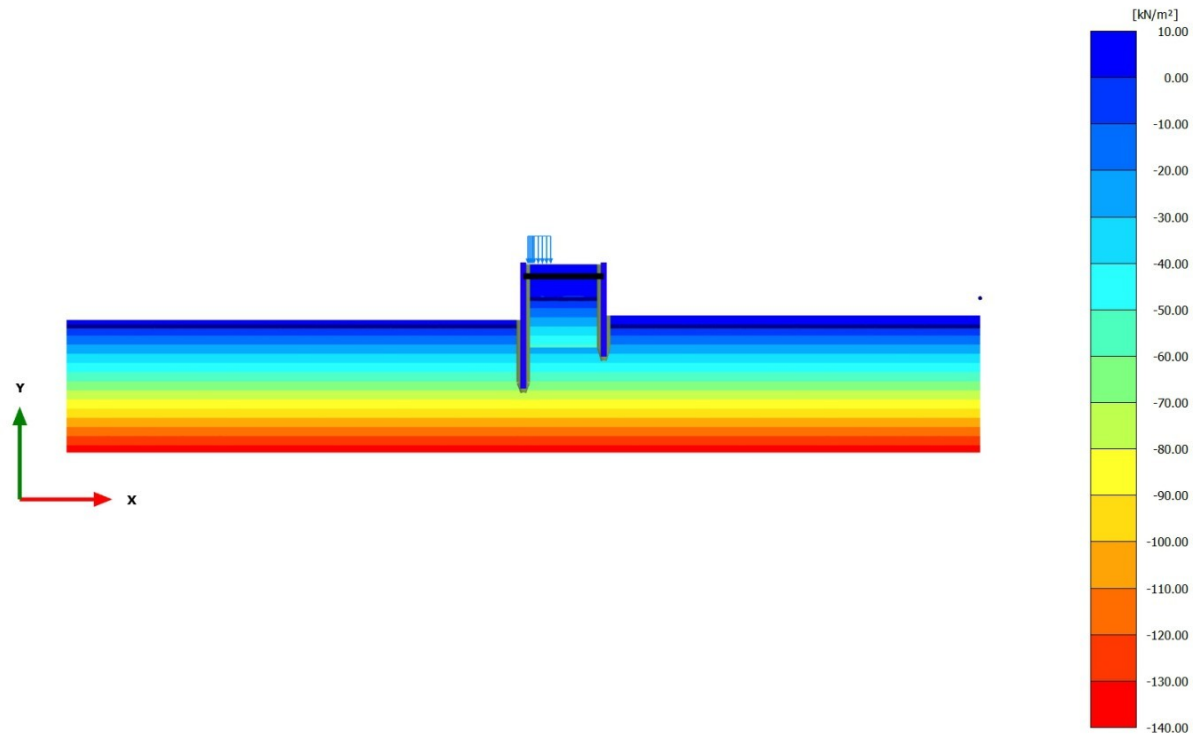
Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 186 at Node 6949)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 1594 at Node 2221)

2.2.1.1.13 Calculation results, 6.3 [Phase_34] (34/616), Active pore pressures

p_{active}



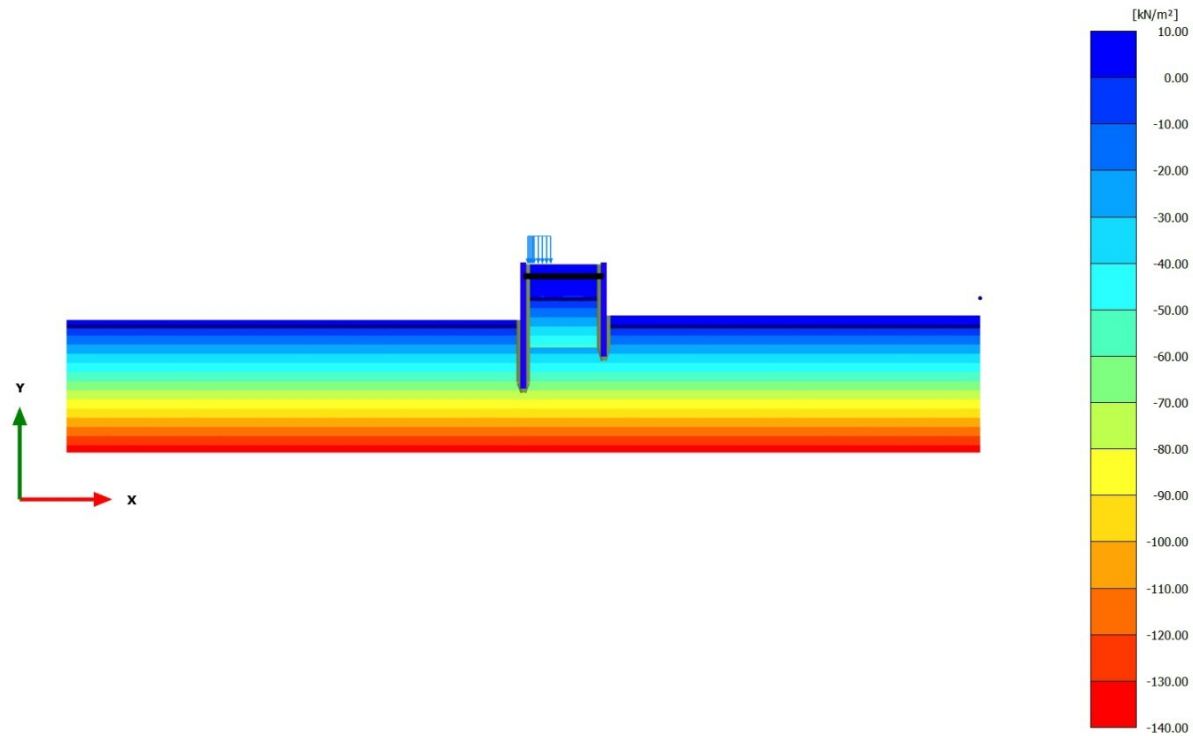
Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 186 at Node 6949)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 1594 at Node 2221)

2.2.1.1.14 Calculation results, 6.4 [Phase_35] (35/628), Active pore pressures

p_{active}

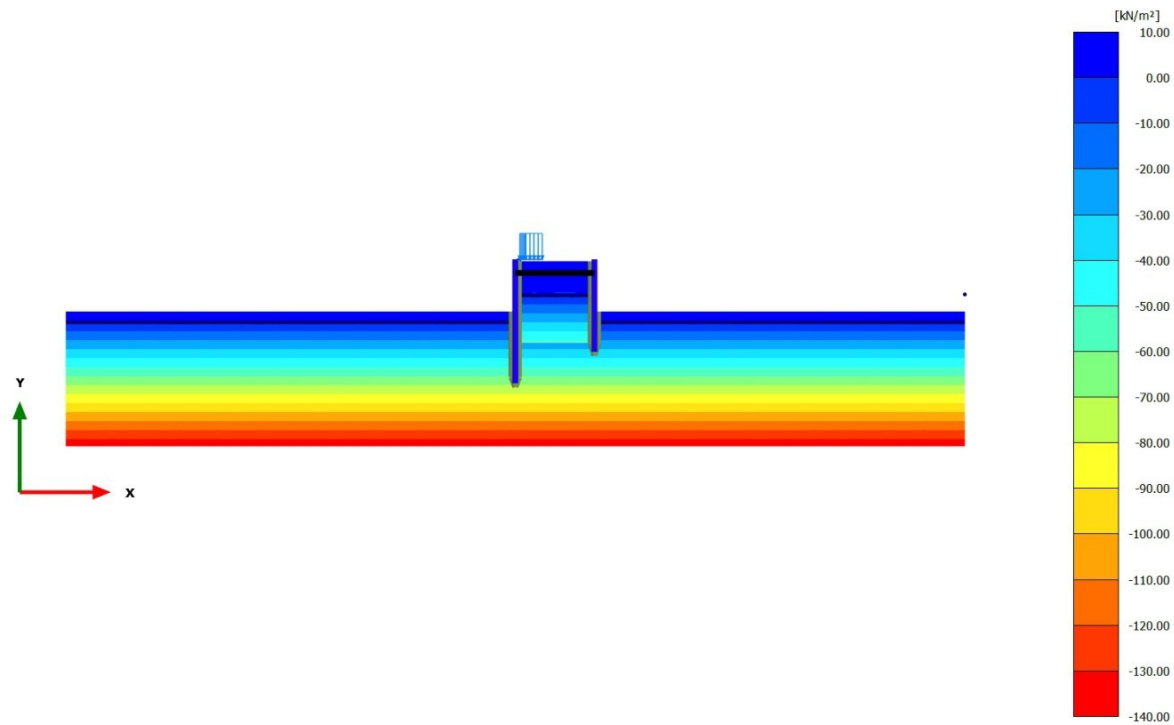


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 186 at Node 6949)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 1594 at Node 2221)

2.2.1.1.15 Calculation results, BS-8: Verkeer + schampkracht [Phase_37] (37/637), Active pore pressures p_{active}



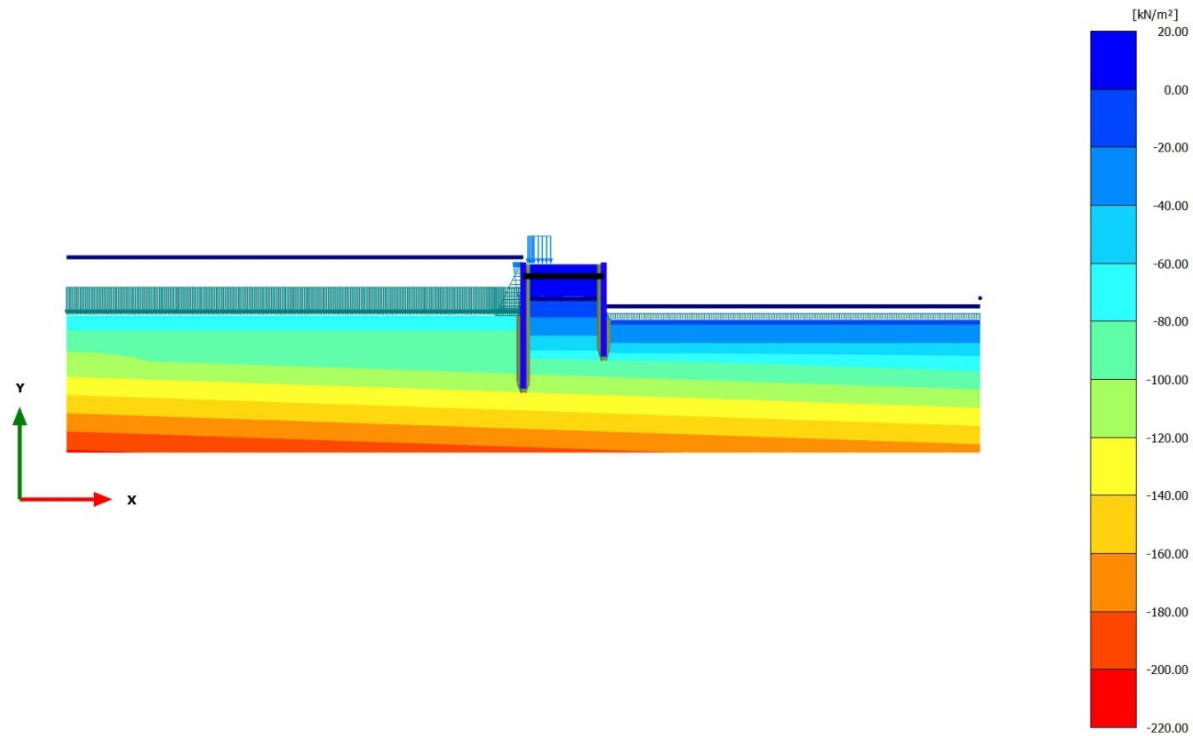
Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 186 at Node 6949)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 1594 at Node 2221)

2.2.1.1.16 Calculation results, 6.3 [Phase_16] (16/667), Active pore pressures

p_{active}



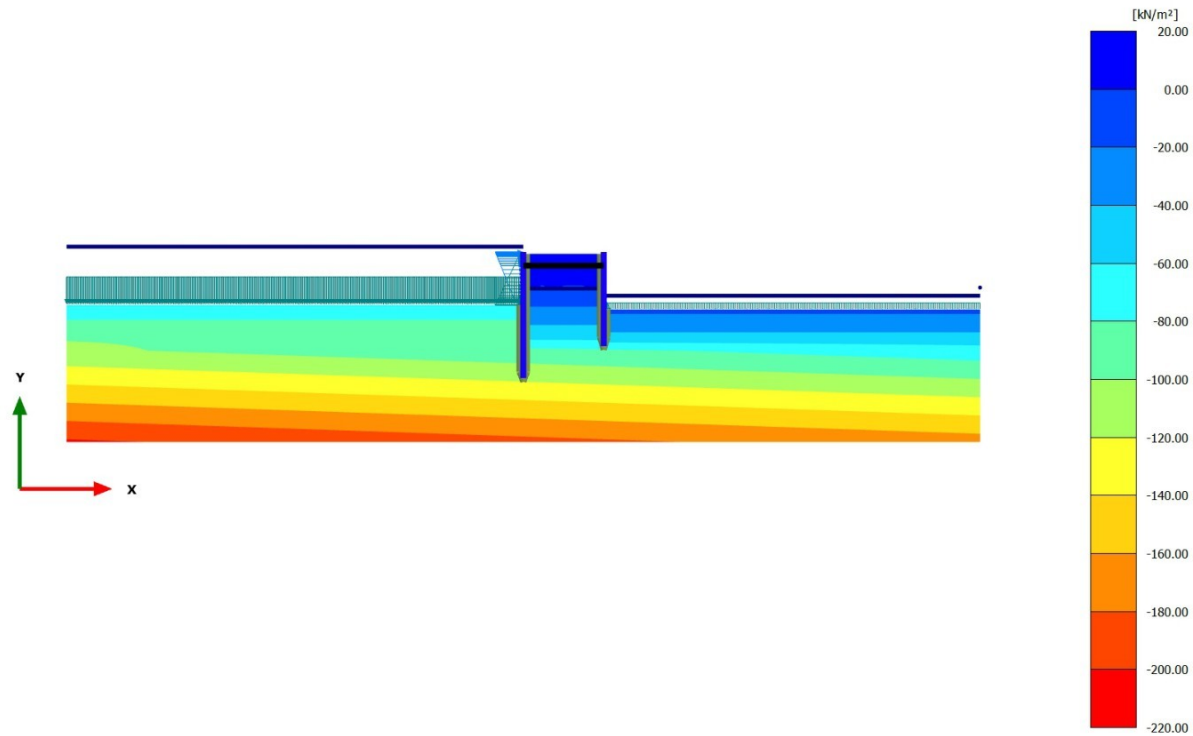
Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 186 at Node 6949)

Minimum value = -203.0 kN/m² (Element 1469 at Node 12593)

2.2.1.1.17 Calculation results, 6.3 [Phase_14] (14/1277), Active pore pressures

p_{active}

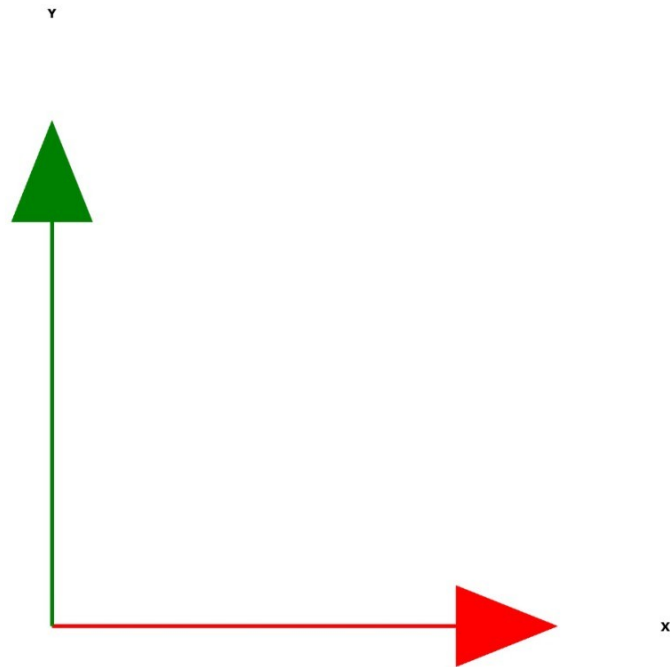


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 186 at Node 6949)

Minimum value = -203.0 kN/m² (Element 1469 at Node 12593)

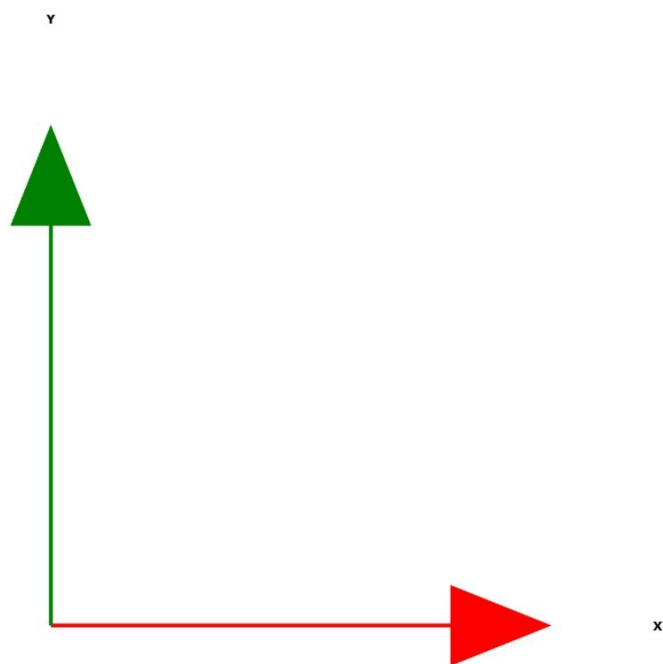
3.1.1.1.1.1 Calculation results, Plate, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Total displacements u_x



Total displacements u_x (at true scale)

No results

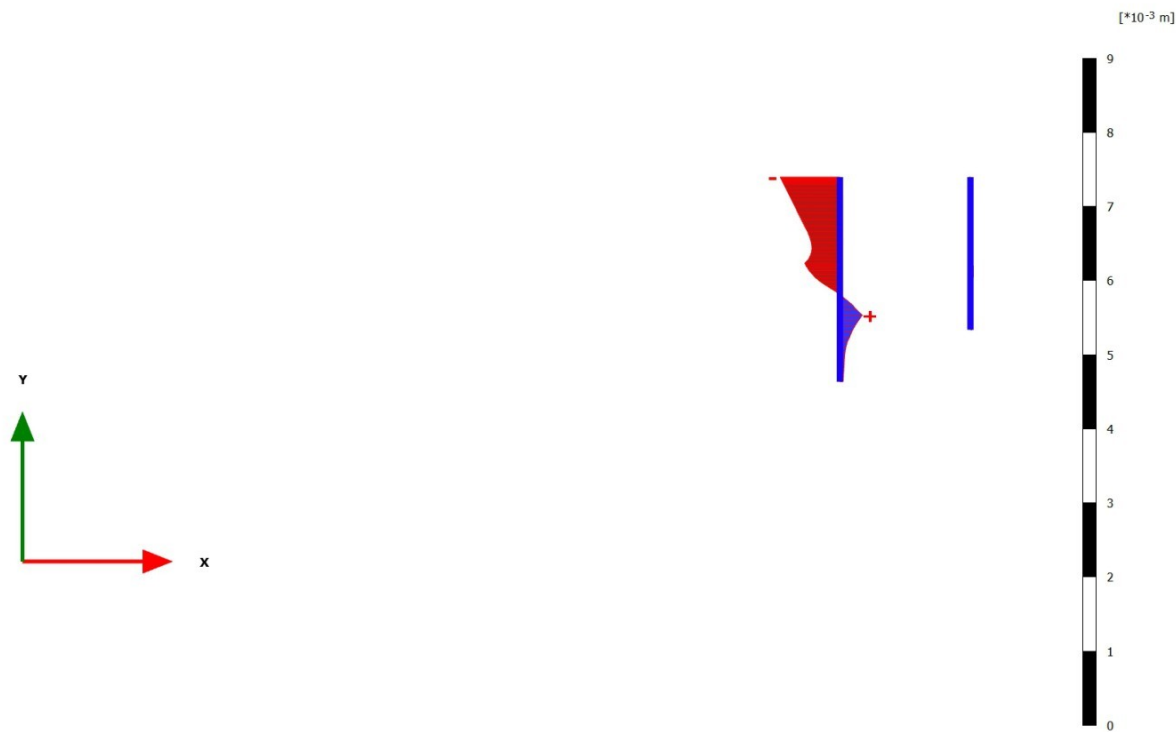
3.1.1.1.1.2 Calculation results, Plate, Aanbrengen bouwplateau NAP +15 [Phase_51] (51/17), Total displacements u_x



Total displacements u_x (at true scale) (Time 3652 day)

No results

3.1.1.1.3 Calculation results, Plate, 2.a Aanbrengen damwand [Phase_2] (2/20), Total displacements u_x



Total displacements u_x (scaled up $5.00 \cdot 10^3$ times) (Time 3653 day)

Maximum value = $0.3039 \cdot 10^{-3}$ m (Element 21 at Node 6394)

Minimum value = $-0.8058 \cdot 10^{-3}$ m (Element 3 at Node 7178)

3.1.1.1.4 Calculation results, Plate, 2.b Ontgraving [Phase_1] (1/32), Total displacements u_x

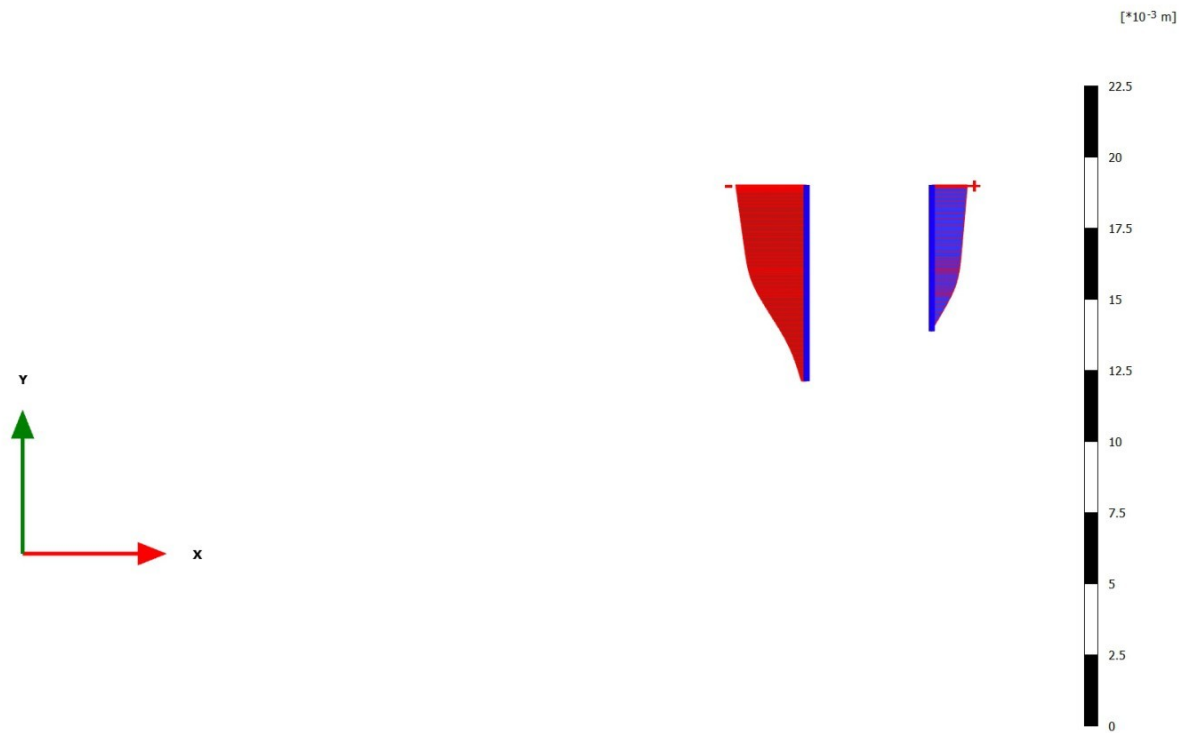


Total displacements u_x (scaled up 100 times) (Time 3654 day)

Maximum value = 0.01774 m (Element 3 at Node 7178)

Minimum value = -0.03619 m (Element 4 at Node 4344)

3.1.1.1.1.5 Calculation results, Plate, 2.c aanvulling tot +15 [Phase_4] (4/59), Total displacements u_x

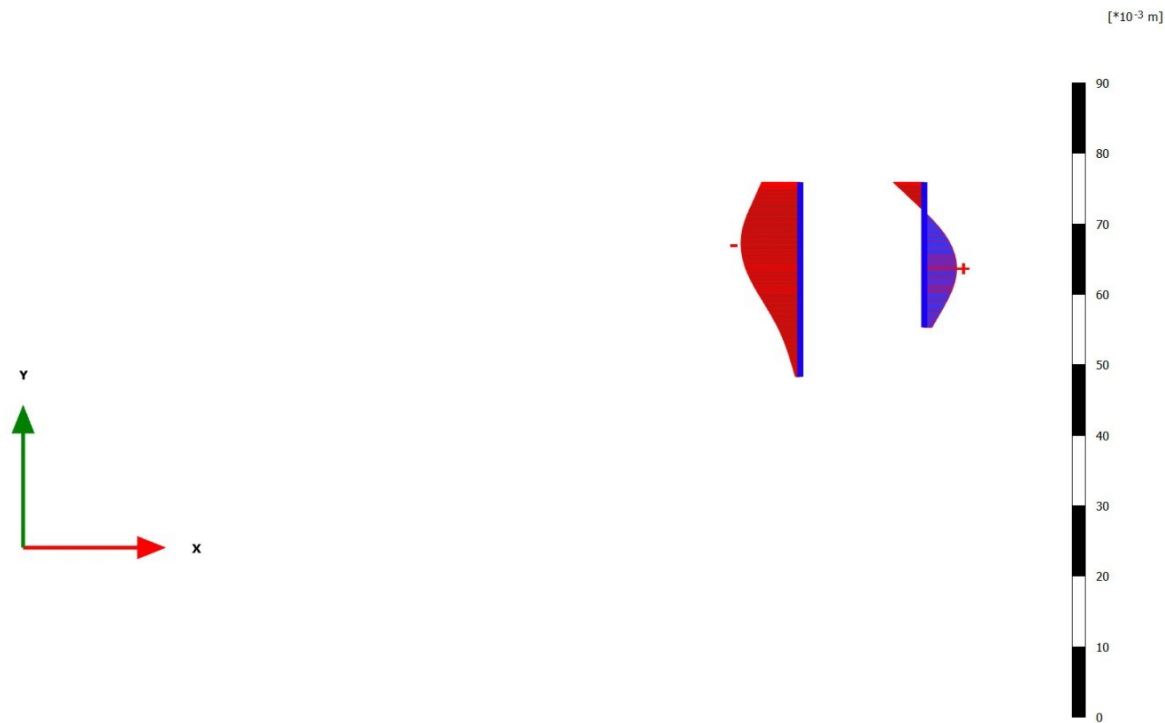


Total displacements u_x (scaled up $2.00 \cdot 10^3$ times) (Time 3655 day)

Maximum value = $1.254 \cdot 10^{-3}$ m (Element 4 at Node 4344)

Minimum value = $-2.496 \cdot 10^{-3}$ m (Element 3 at Node 7178)

3.1.1.1.1.6 Calculation results, Plate, 2.d aanbrengen anker en verder aanvullen [Phase_5] (5/87), Total displacements u_x

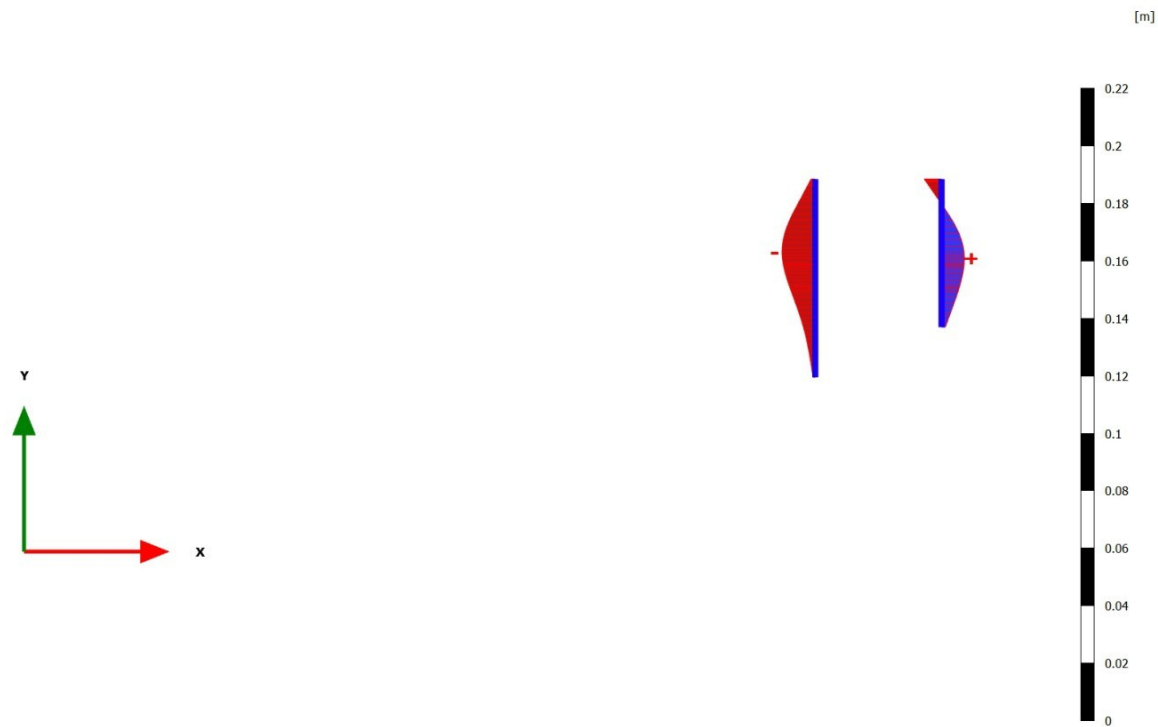


Total displacements u_x (scaled up 500 times) (Time 3656 day)

Maximum value = $4.584 \cdot 10^{-3}$ m (Element 15 at Node 4360)

Minimum value = $-8.408 \cdot 10^{-3}$ m (Element 10 at Node 6978)

3.1.1.1.1.7 Calculation results, Plate, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/98), Total displacements u_x

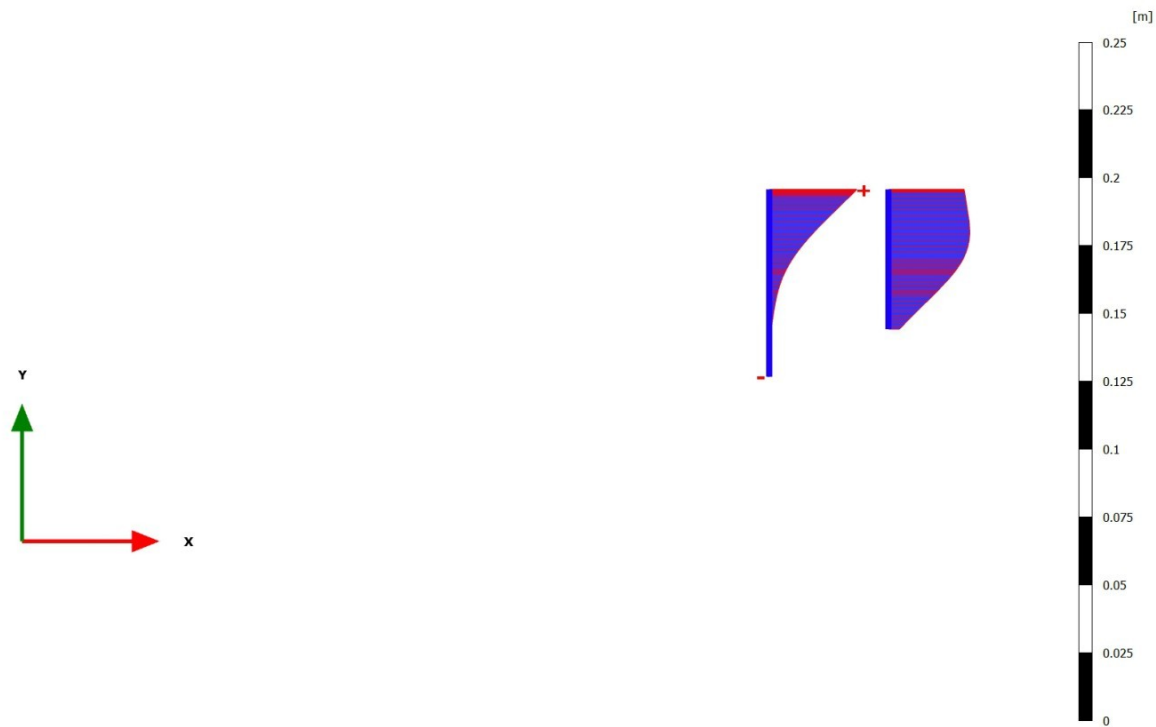


Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 7.945*10⁻³ m (Element 12 at Node 4234)

Minimum value = -0.01157 m (Element 13 at Node 6999)

3.1.1.1.1.8 Calculation results, Plate, BS-1: Hoogwater belasting [Phase_6] (6/108), Total displacements u_x



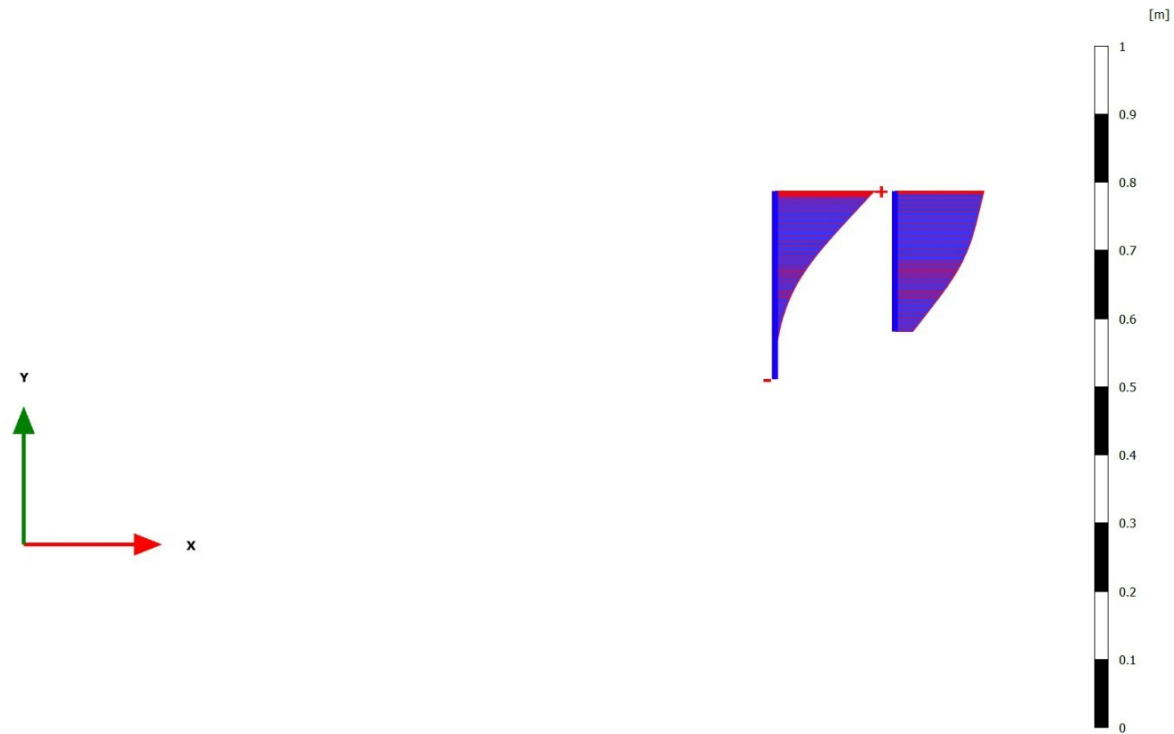
Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.03241 m (Element 3 at Node 7178)

Minimum value = -0.3903*10⁻³ m (Element 26 at Node 6797)

3.1.1.1.1.9 Calculation results, Plate, 6.4 [Phase_15] (15/299), Total displacements

u_x

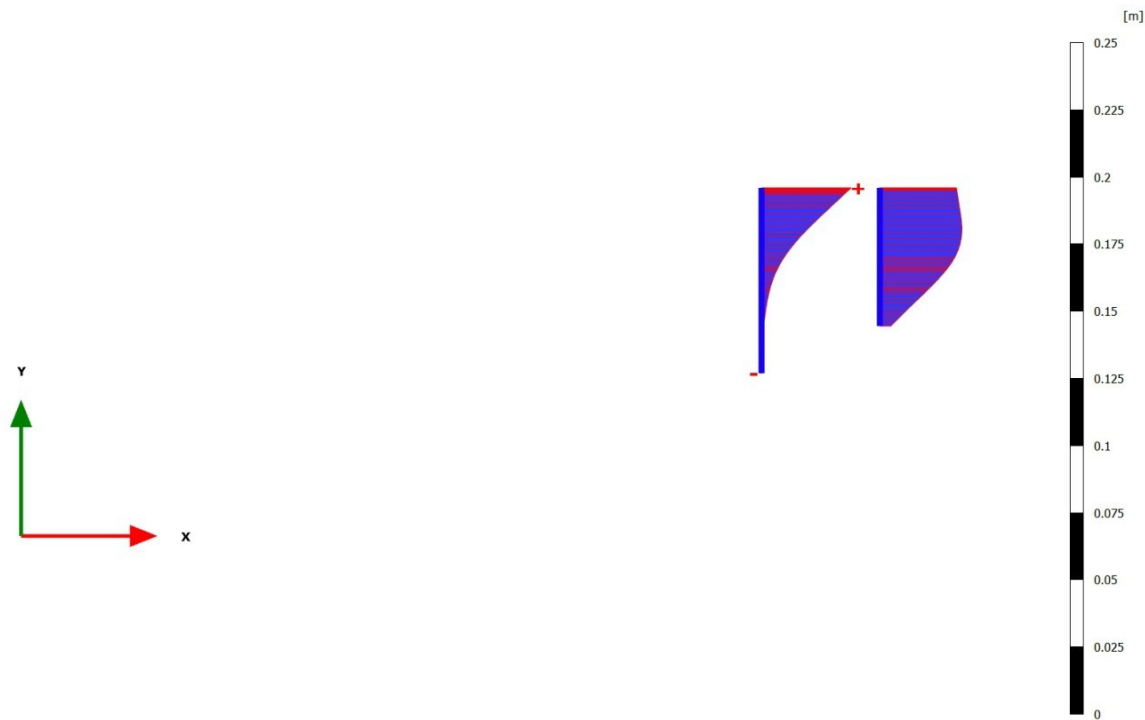


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.1461 m (Element 3 at Node 7178)

Minimum value = -1.105*10⁻³ m (Element 26 at Node 6797)

3.1.1.1.10 Calculation results, Plate, BS-2: Hoogwater belasting + Verkeer [Phase_13] (13/402), Total displacements u_x

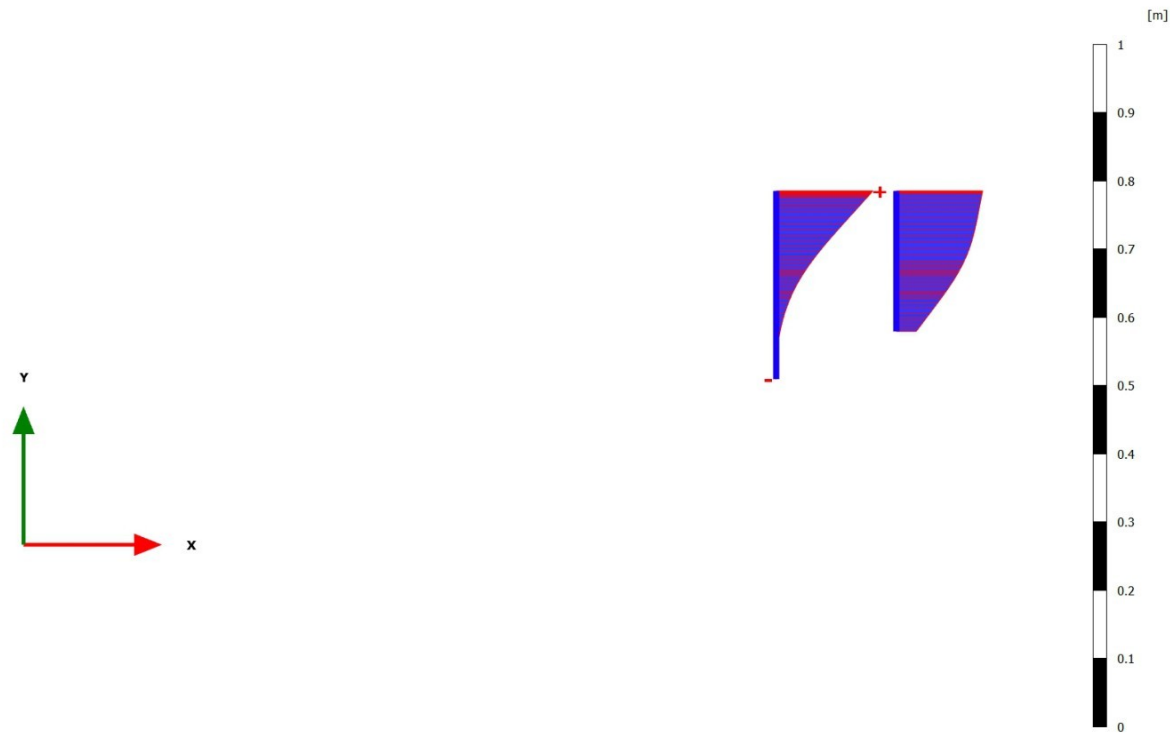


Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.03338 m (Element 3 at Node 7178)

Minimum value = $-0.3844 \cdot 10^{-3}$ m (Element 26 at Node 6797)

3.1.1.1.11 Calculation results, Plate, 6.4 [Phase_21] (21/491), Total displacements

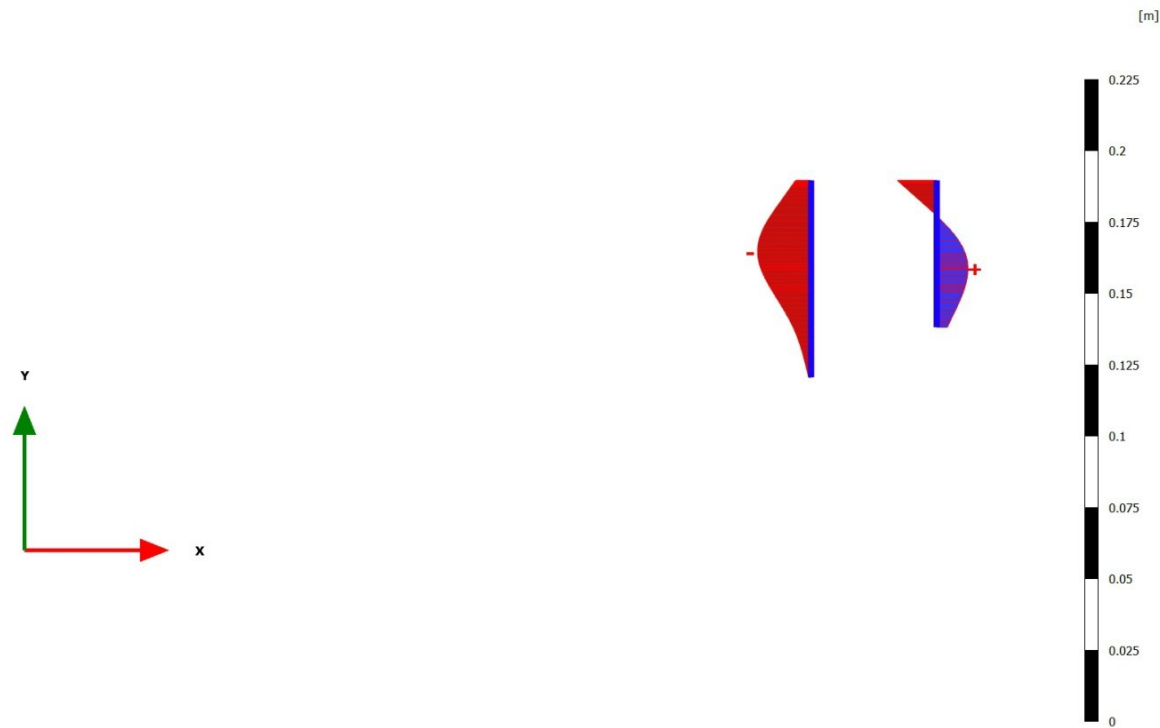
 u_x 

Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.1421 m (Element 3 at Node 7178)

Minimum value = -1.024*10⁻³ m (Element 26 at Node 6797)

3.1.1.1.12 Calculation results, Plate, BS-7: Kraanbelasting [Phase_33] (33/607), Total displacements u_x

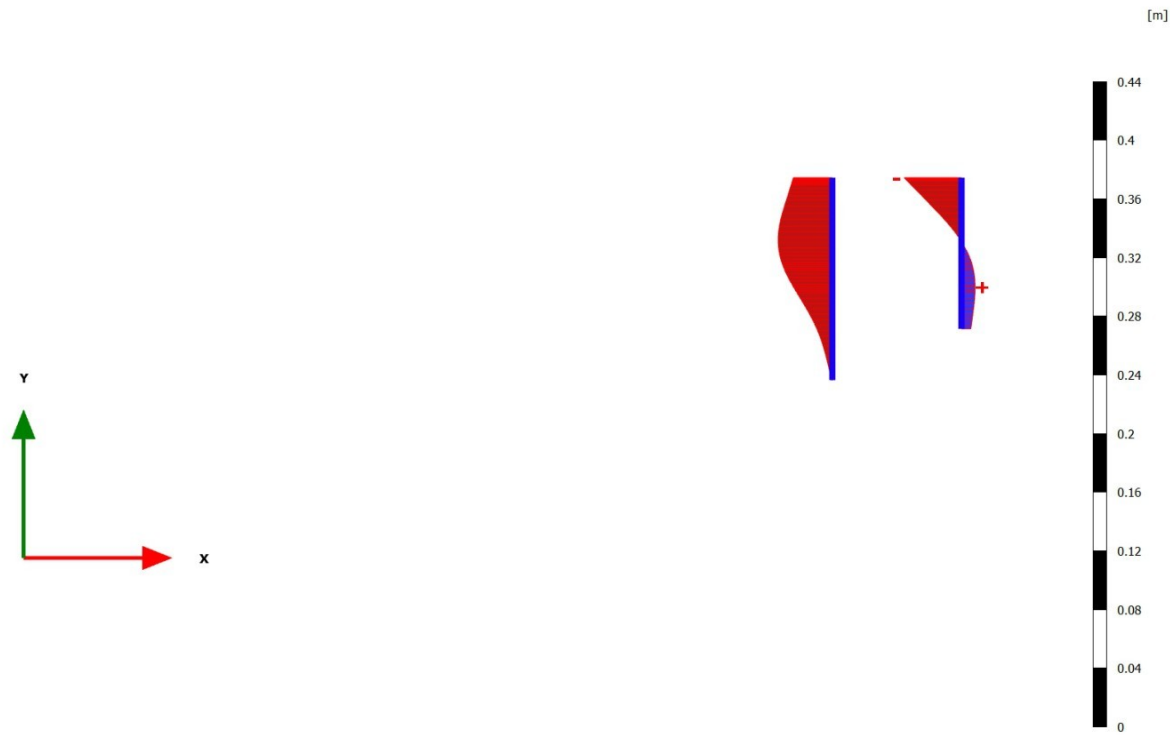


Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.01095 m (Element 15 at Node 4359)

Minimum value = -0.01879 m (Element 13 at Node 6999)

3.1.1.1.13 Calculation results, Plate, 6.3 [Phase_34] (34/616), Total displacements

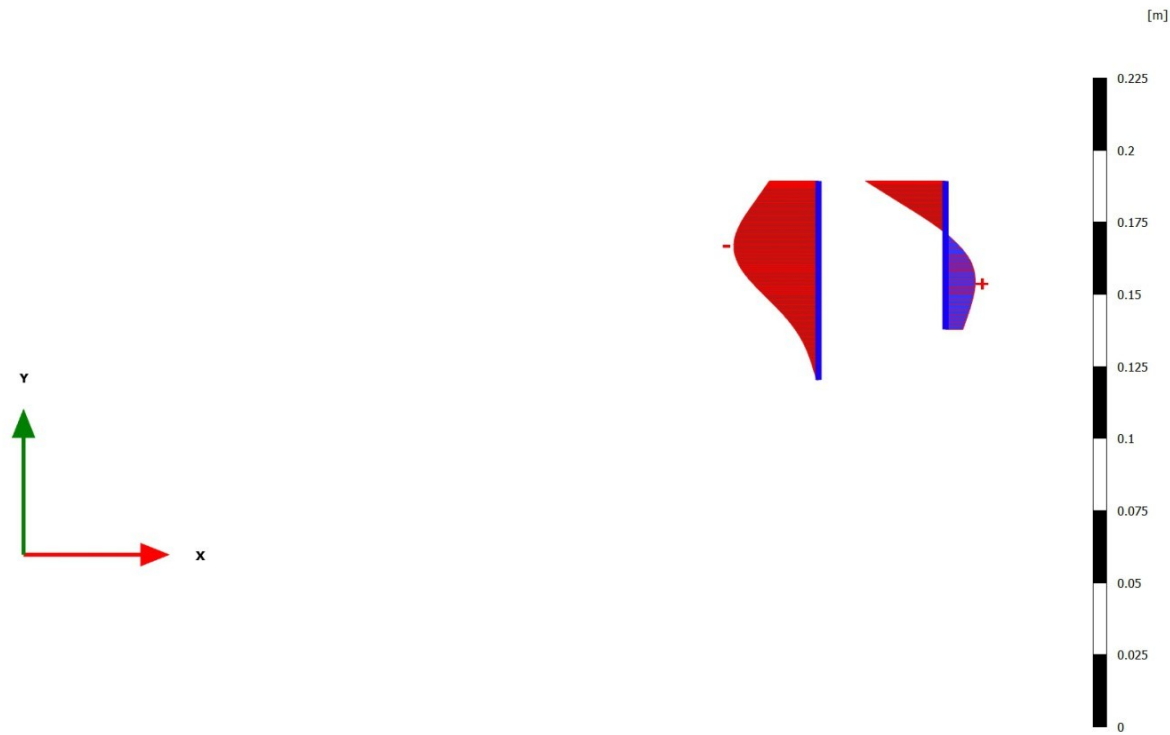
 u_x 

Total displacements u_x (scaled up 100 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 9.314*10⁻³ m (Element 18 at Node 4412)

Minimum value = -0.03912 m (Element 4 at Node 4344)

3.1.1.1.14 Calculation results, Plate, 6.4 [Phase_35] (35/628), Total displacements

 u_x 

Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.01033 m (Element 17 at Node 4373)

Minimum value = -0.02937 m (Element 10 at Node 6978)

3.1.1.1.15 Calculation results, Plate, BS-8: Verkeer + schampkracht [Phase_37] (37/637), Total displacements u_x



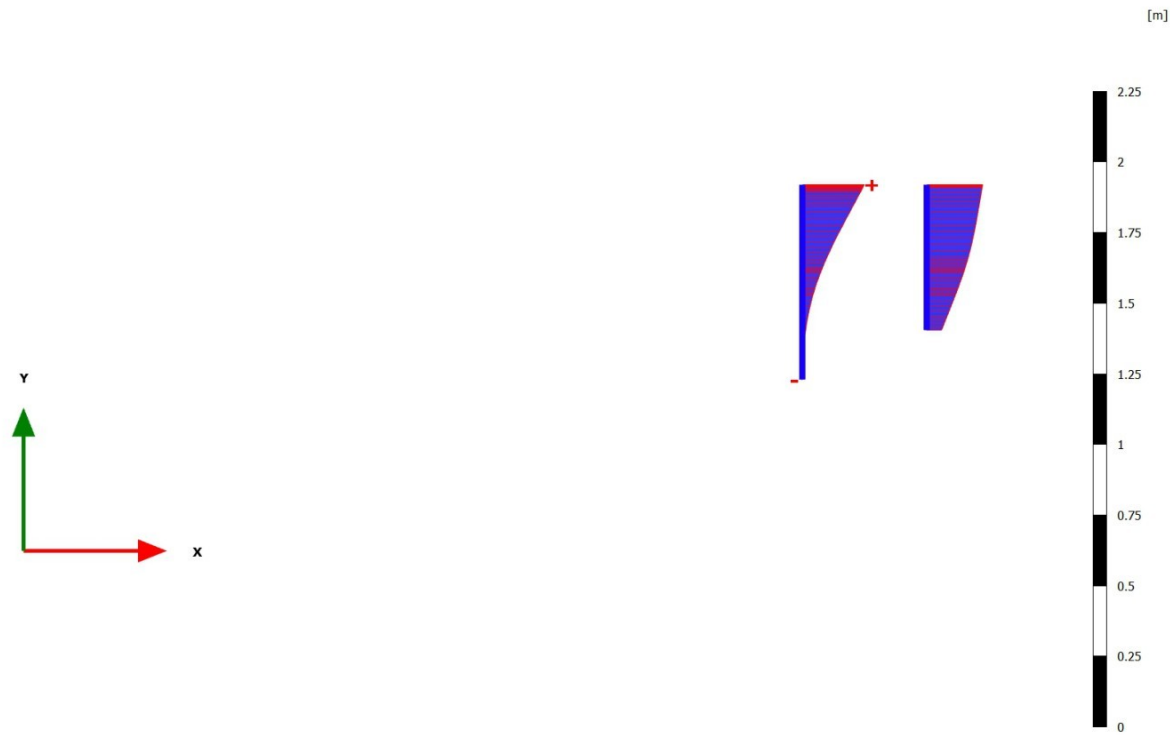
Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 8.761*10⁻³ m (Element 17 at Node 4374)

Minimum value = -0.02271 m (Element 4 at Node 4344)

3.1.1.1.16 Calculation results, Plate, 6.3 [Phase_16] (16/667), Total displacements

u_x



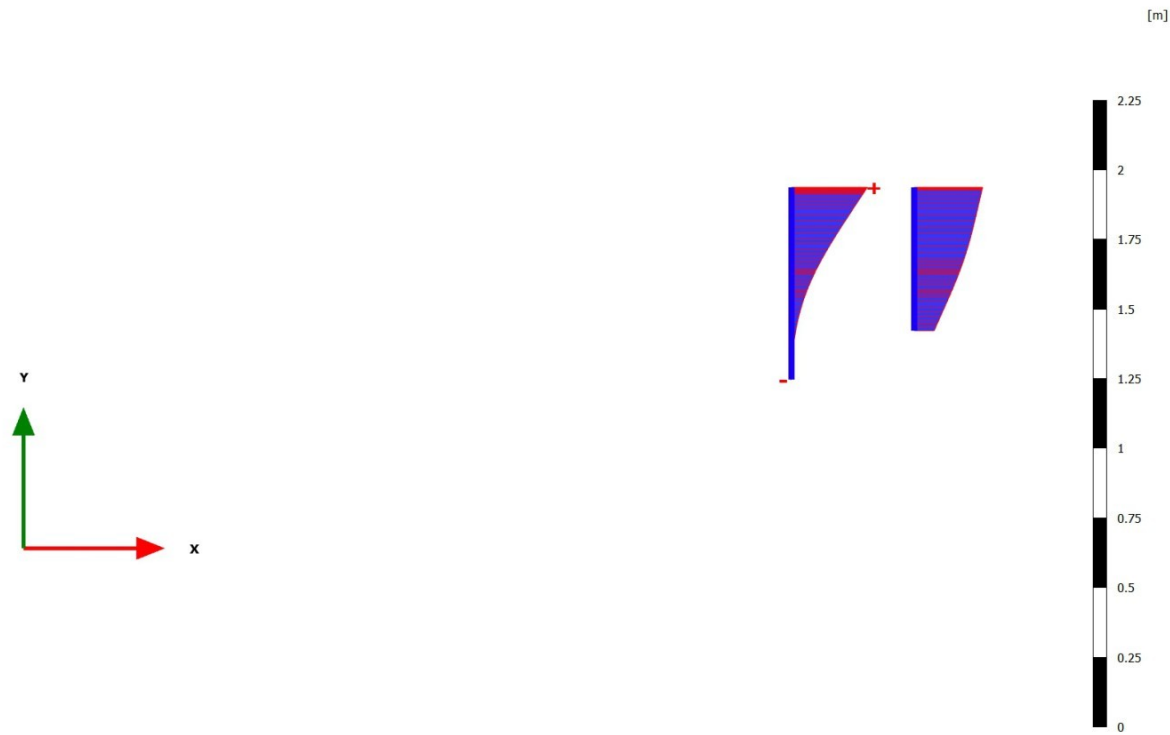
Total displacements u_x (scaled up 20.0 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.2199 m (Element 3 at Node 7178)

Minimum value = -3.155*10⁻³ m (Element 26 at Node 6797)

3.1.1.1.17 Calculation results, Plate, 6.3 [Phase_14] (14/1277), Total displacements

u_x

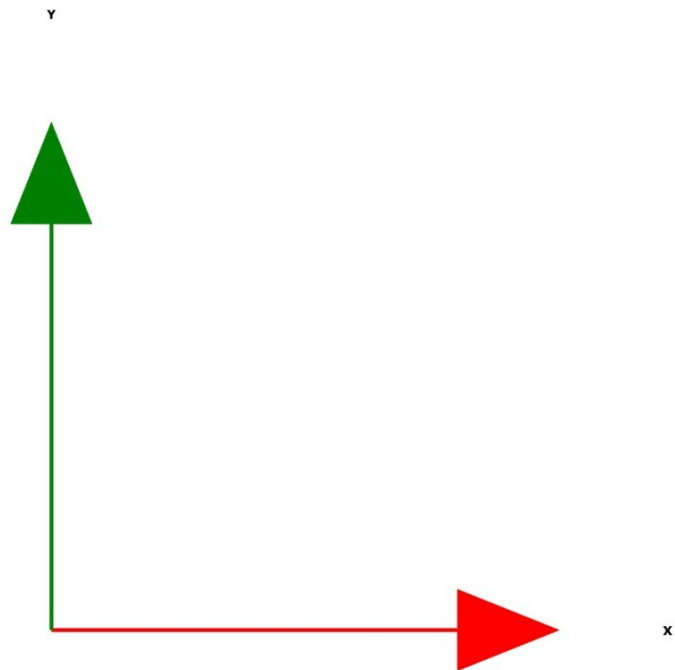


Total displacements u_x (scaled up 20.0 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.2722 m (Element 3 at Node 7178)

Minimum value = -4.512*10⁻³ m (Element 26 at Node 6797)

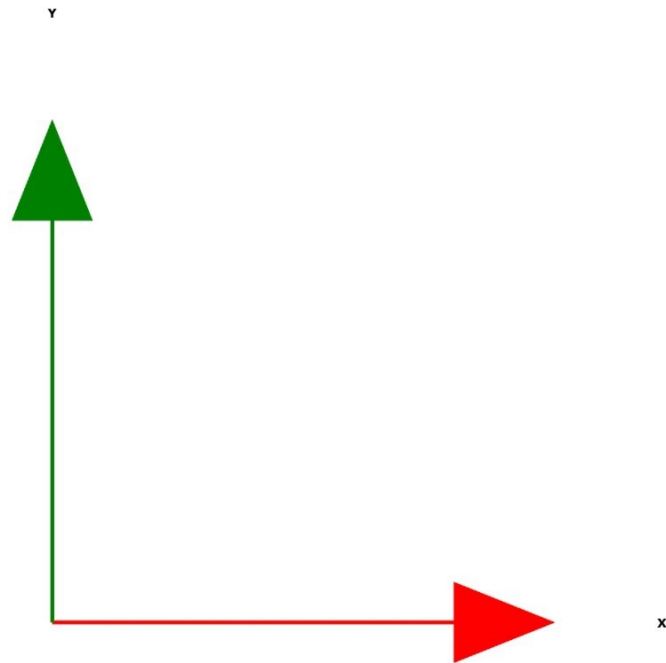
3.1.2.1.1 Calculation results, Plate, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 1.00 times)

No results

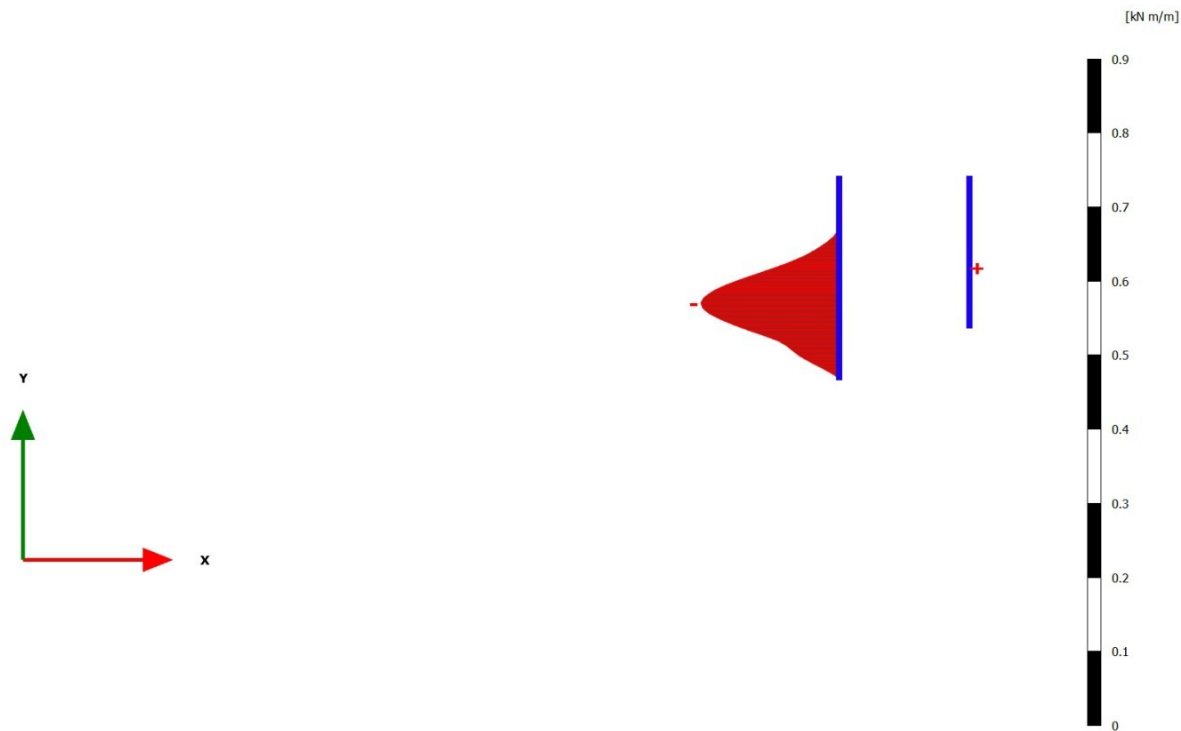
3.1.2.1.2 Calculation results, Plate, Aanbrengen bouwplateau NAP +15 [Phase_51] (51/17), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 1.00 times) (Time 3652 day)

No results

3.1.2.1.3 Calculation results, Plate, 2.a Aanbrengen damwand [Phase_2] (2/20), Bending moments M

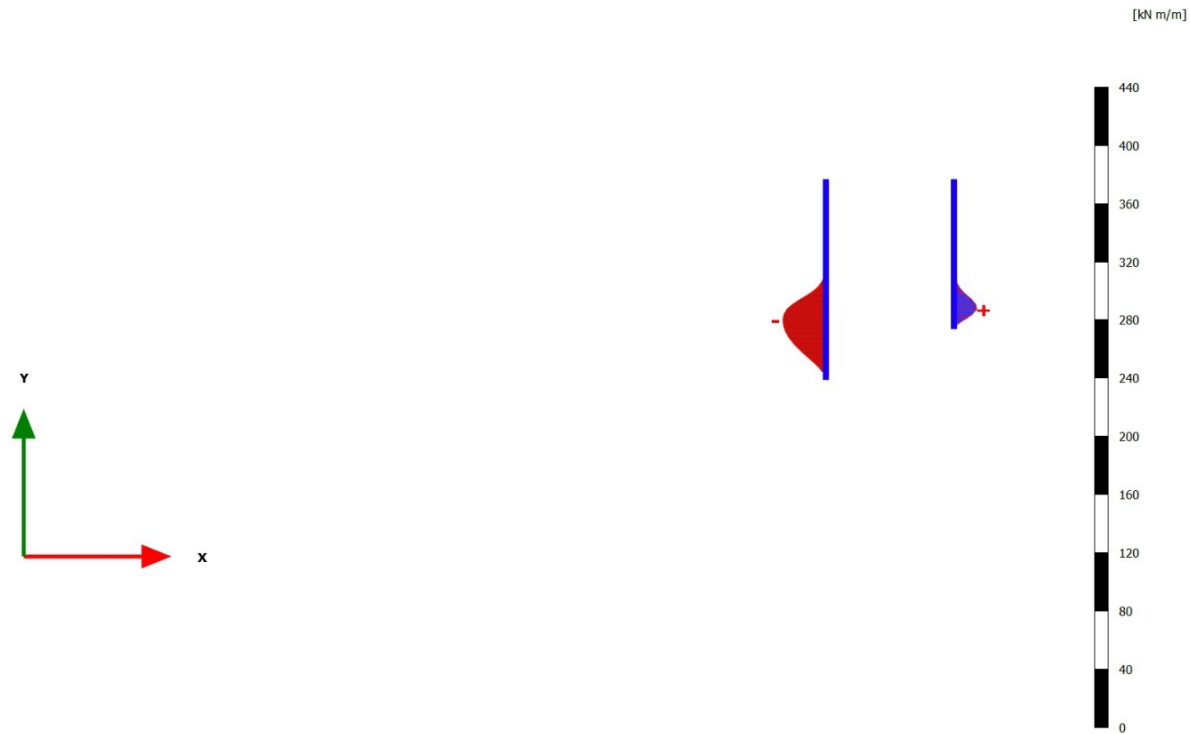


Bending moments M (scaled up 50.0 times) (Time 3653 day)

Maximum value = $0.8630 \cdot 10^{-3}$ kN m/m (Element 15 at Node 4359)

Minimum value = -0.1867 kN m/m (Element 21 at Node 6382)

3.1.2.1.4 Calculation results, Plate, 2.b Ontgraving [Phase_1] (1/32), Bending moments M

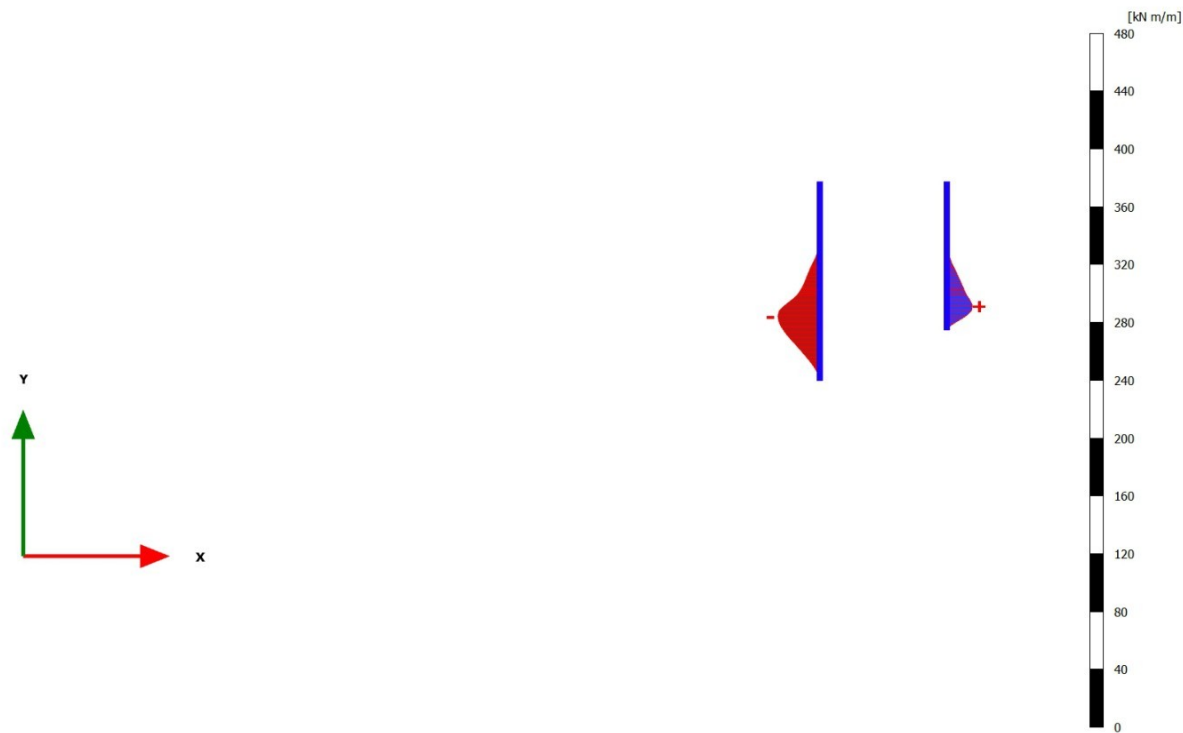


Bending moments M (scaled up 0.100 times) (Time 3654 day)

Maximum value = 15.57 kN m/m (Element 20 at Node 4800)

Minimum value = -29.41 kN m/m (Element 23 at Node 6397)

3.1.2.1.5 Calculation results, Plate, 2.c aanvulling tot +15 [Phase_4] (4/59), Bending moments M

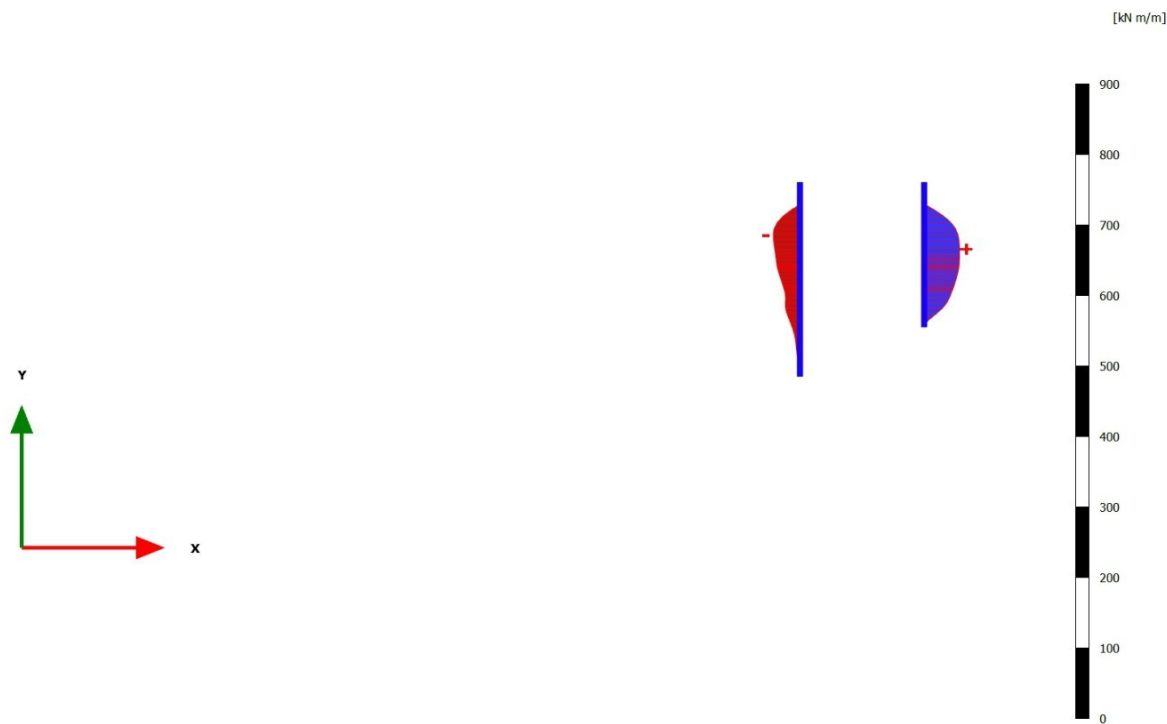


Bending moments M (scaled up 0.100 times) (Time 3655 day)

Maximum value = 17.64 kN m/m (Element 20 at Node 4801)

Minimum value = -29.01 kN m/m (Element 23 at Node 6394)

3.1.2.1.6 Calculation results, Plate, 2.d aanbrengen anker en verder aanvullen [Phase_5] (5/87), Bending moments M

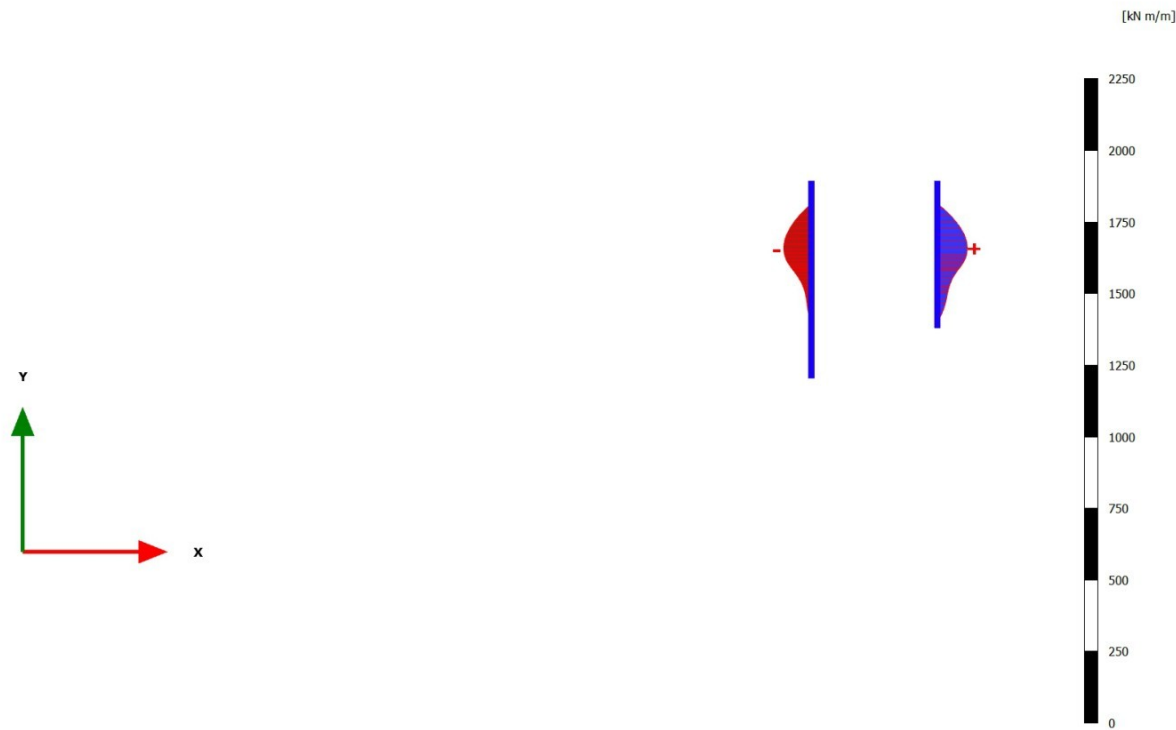


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 3656 day)

Maximum value = 50.12 kN m/m (Element 11 at Node 4194)

Minimum value = -37.74 kN m/m (Element 10 at Node 6980)

3.1.2.1.7 Calculation results, Plate, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/98), Bending moments M

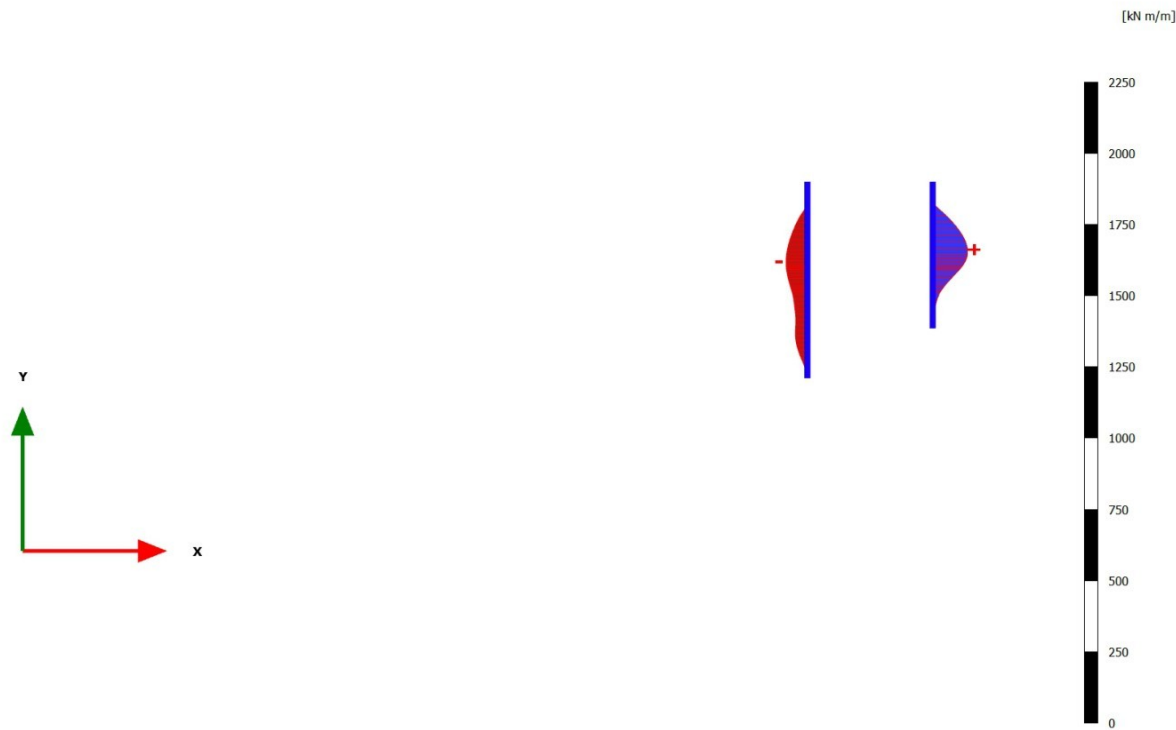


Bending moments M (scaled up 0.0200 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 105.4 kN m/m (Element 11 at Node 4194)

Minimum value = -96.60 kN m/m (Element 13 at Node 7000)

3.1.2.1.8 Calculation results, Plate, BS-1: Hoogwater belasting [Phase_6] (6/108), Bending moments M

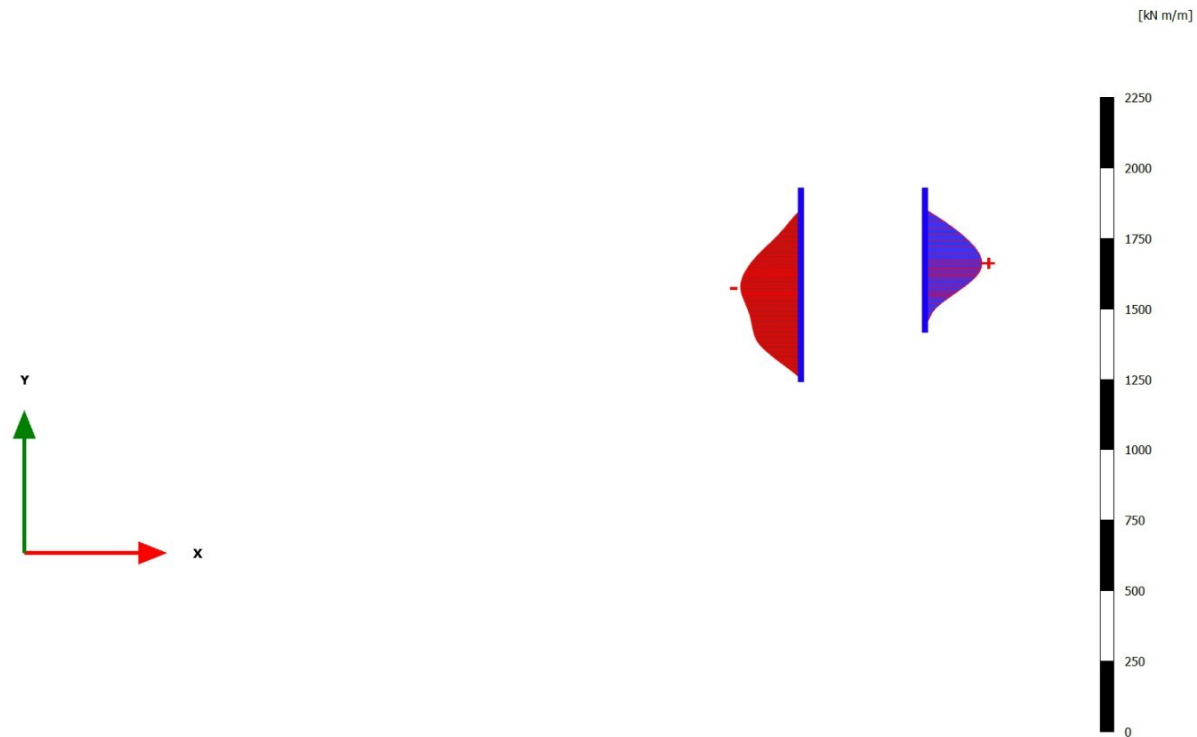


Bending moments M (scaled up 0.0200 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 122.0 kN m/m (Element 11 at Node 4194)

Minimum value = -74.93 kN m/m (Element 13 at Node 6997)

3.1.2.1.9 Calculation results, Plate, 6.4 [Phase_15] (15/299), Bending moments M

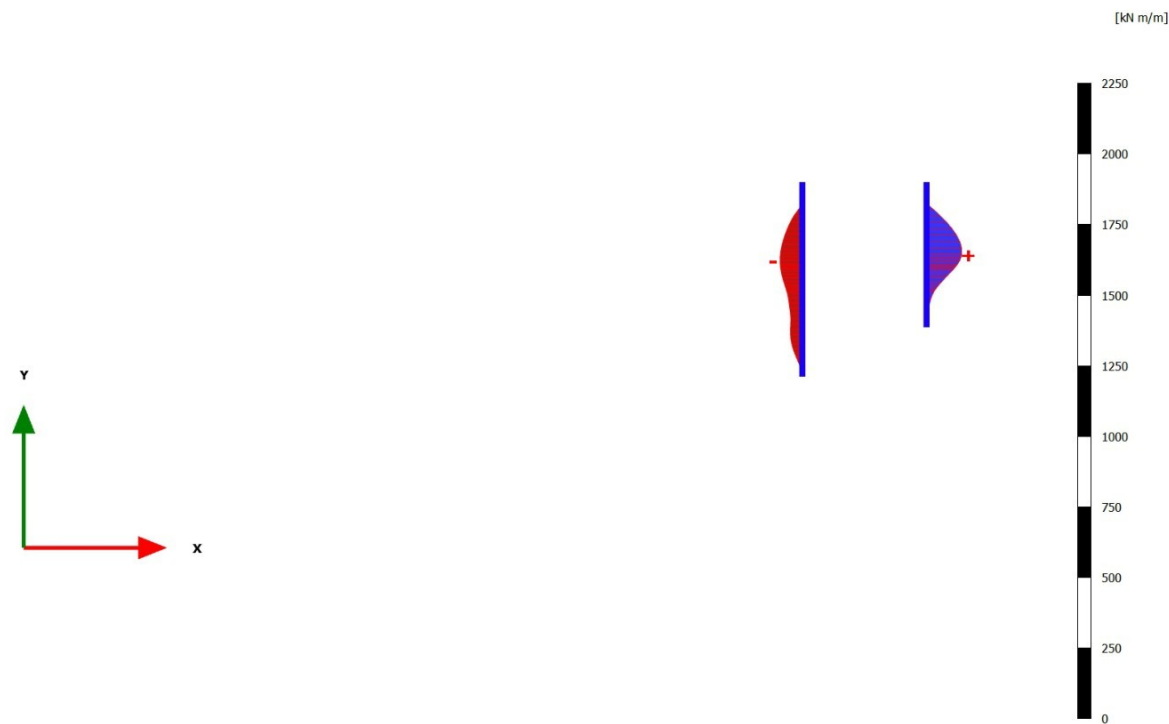


Bending moments M (scaled up 0.0200 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 202.4 kN m/m (Element 12 at Node 4235)

Minimum value = -213.9 kN m/m (Element 16 at Node 6366)

3.1.2.1.10 Calculation results, Plate, BS-2: Hoogwater belasting + Verkeer [Phase_13] (13/402), Bending moments M

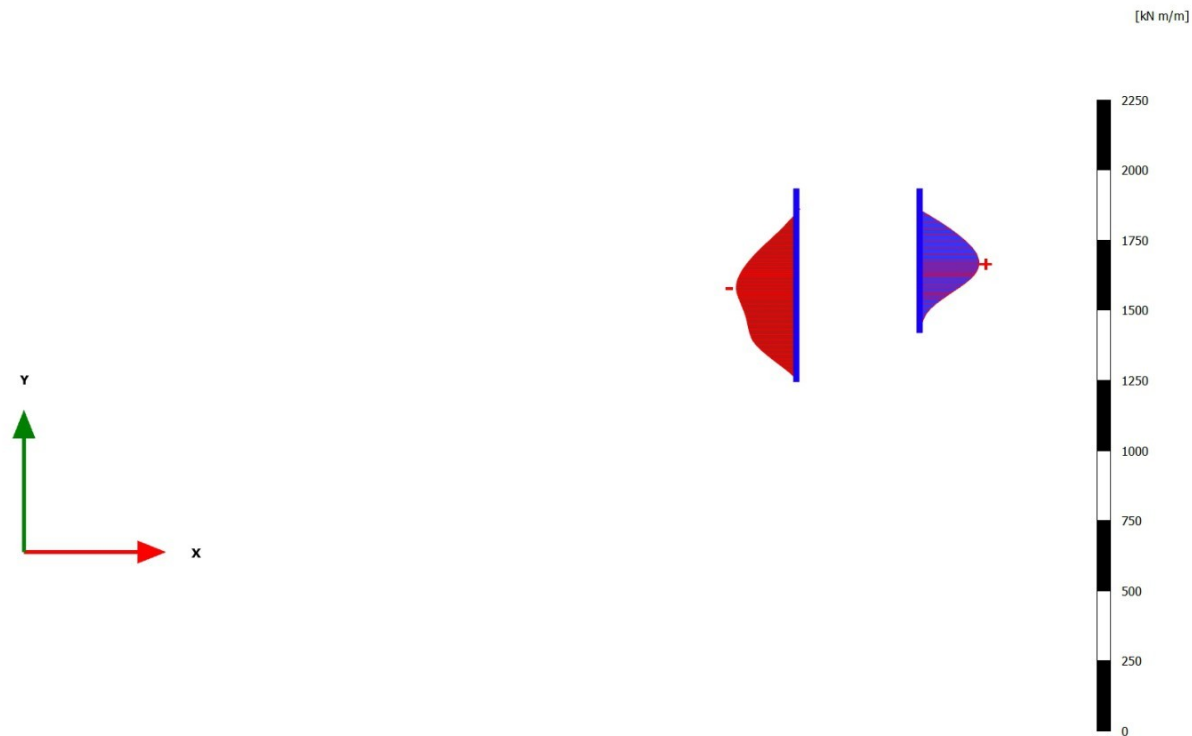


Bending moments M (scaled up 0.0200 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 124.1 kN m/m (Element 12 at Node 4236)

Minimum value = -78.44 kN m/m (Element 13 at Node 6997)

3.1.2.1.11 Calculation results, Plate, 6.4 [Phase_21] (21/491), Bending moments M

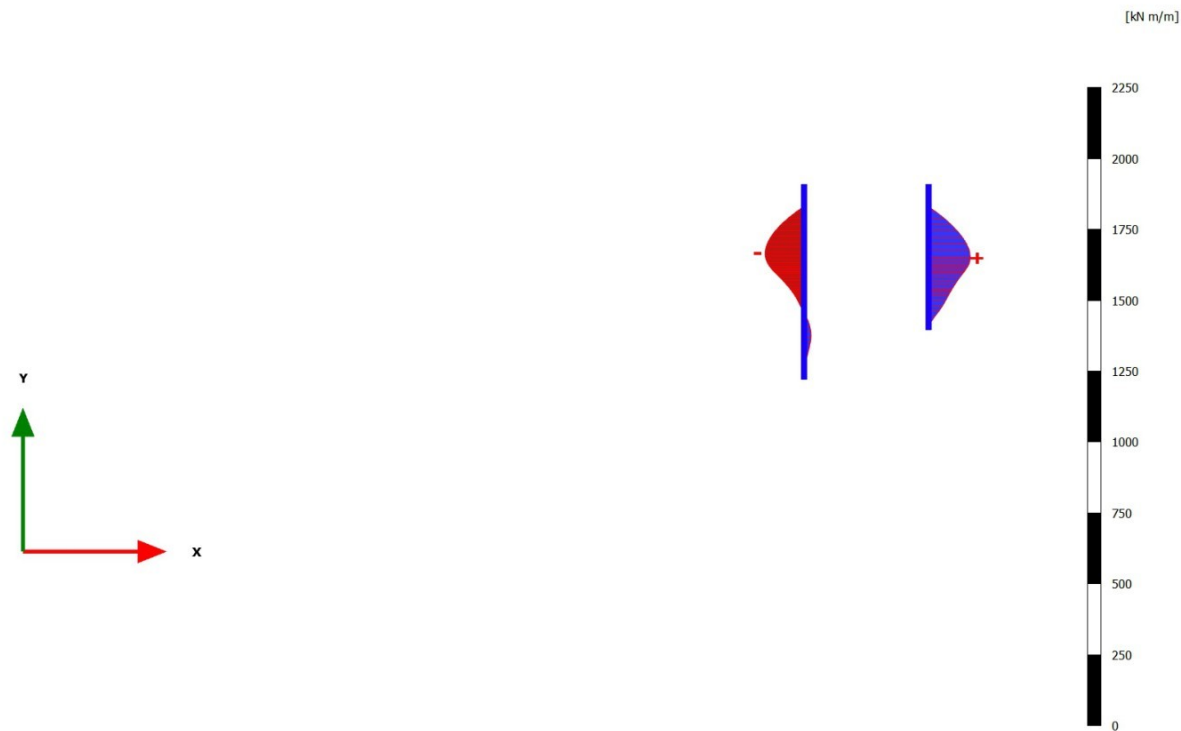


Bending moments M (scaled up 0.0200 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 212.5 kN m/m (Element 12 at Node 4235)

Minimum value = -214.1 kN m/m (Element 16 at Node 6366)

3.1.2.1.12 Calculation results, Plate, BS-7: Kraanbelasting [Phase_33] (33/607), Bending moments M

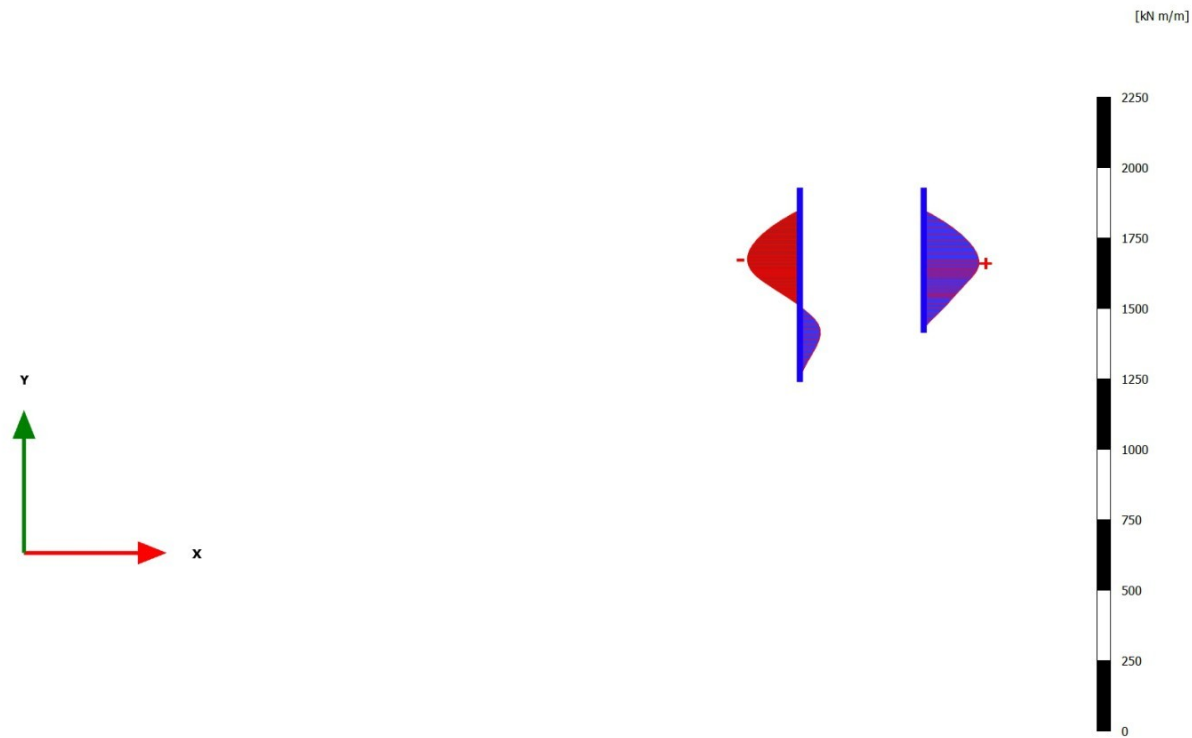


Bending moments M (scaled up 0.0200 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 147.2 kN m/m (Element 12 at Node 4236)

Minimum value = -137.3 kN m/m (Element 13 at Node 7000)

3.1.2.1.13 Calculation results, Plate, 6.3 [Phase_34] (34/616), Bending moments M

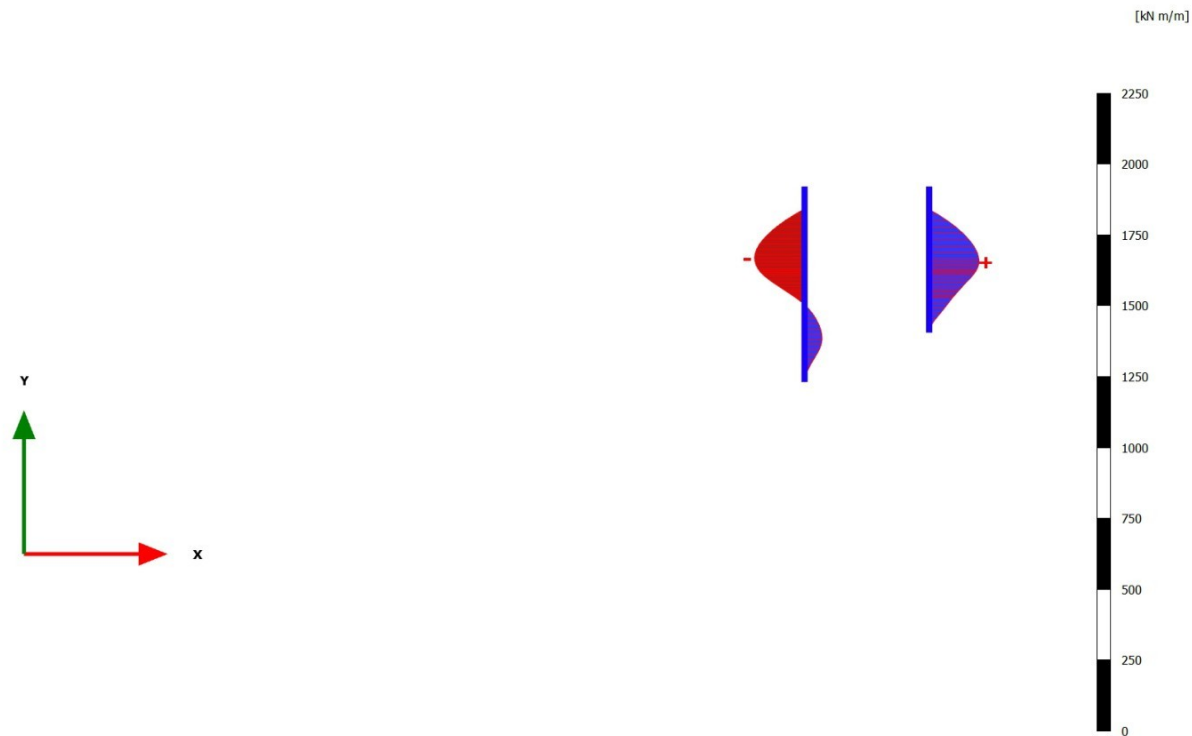


Bending moments M (scaled up 0.0200 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 196.6 kN m/m (Element 12 at Node 4235)

Minimum value = -186.3 kN m/m (Element 13 at Node 6999)

3.1.2.1.14 Calculation results, Plate, 6.4 [Phase_35] (35/628), Bending moments M

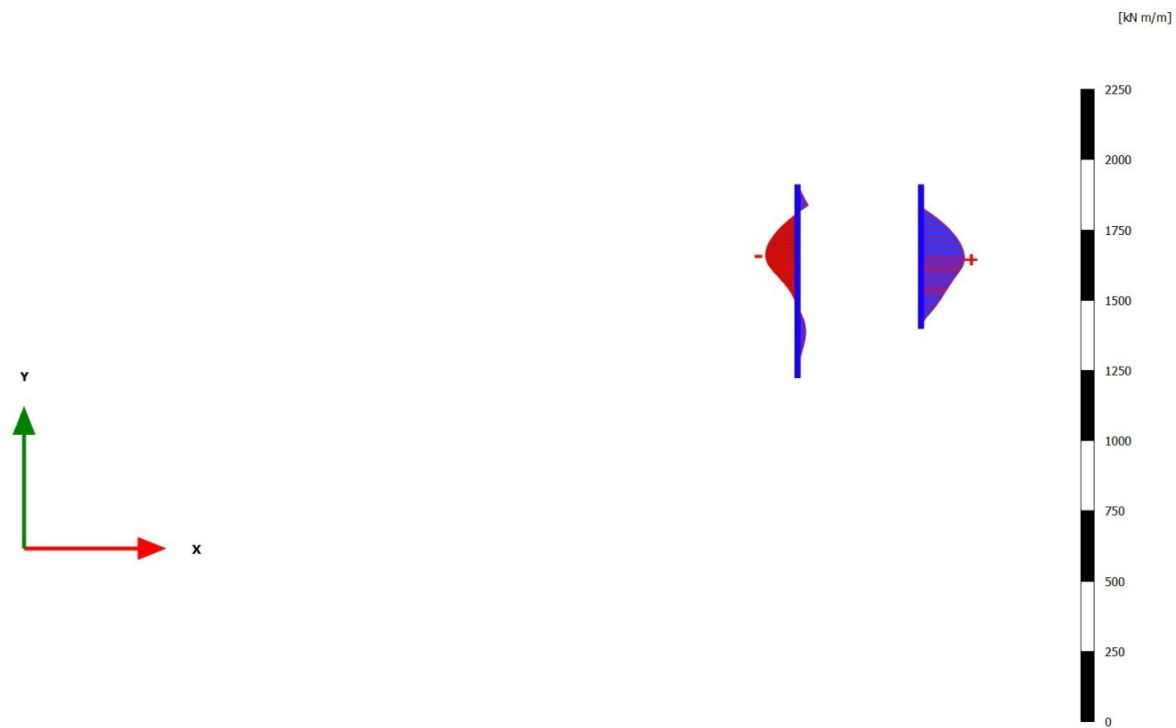


Bending moments M (scaled up 0.0200 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 176.3 kN m/m (Element 12 at Node 4235)

Minimum value = -176.3 kN m/m (Element 13 at Node 6999)

3.1.2.1.15 Calculation results, Plate, BS-8: Verkeer + schampkracht [Phase_37] (37/637), Bending moments M

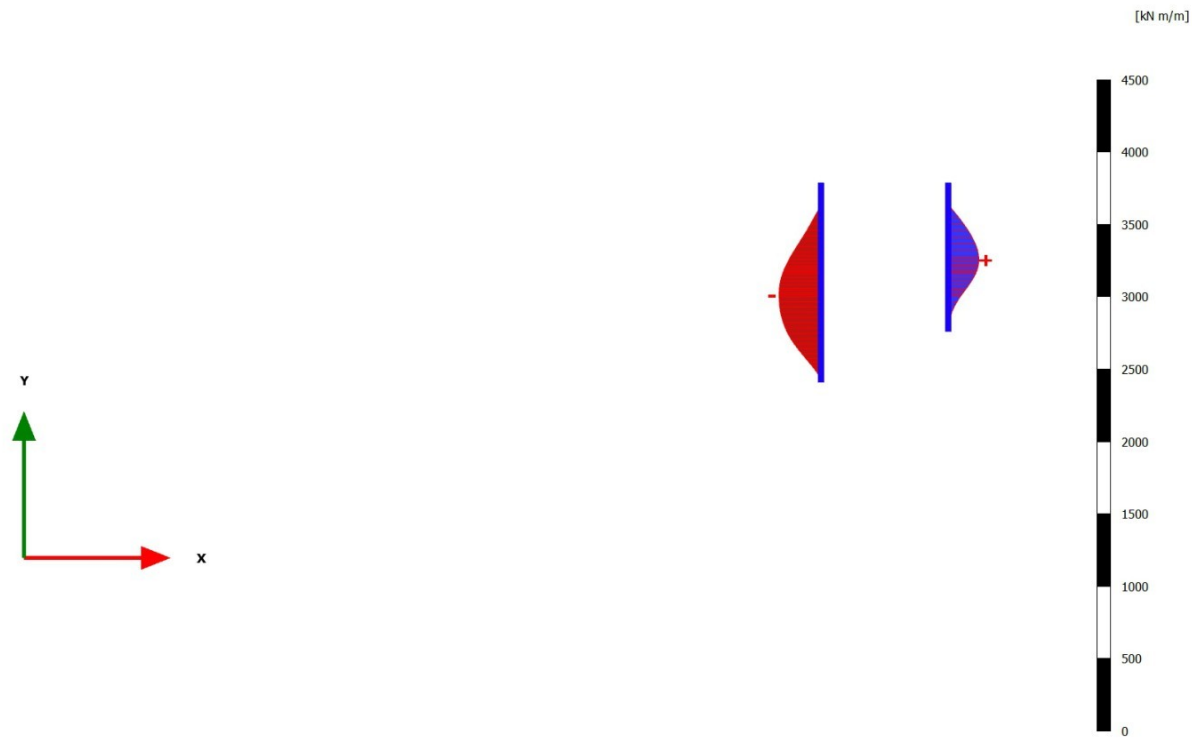


Bending moments M (scaled up 0.0200 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 154.7 kN m/m (Element 12 at Node 4235)

Minimum value = -114.3 kN m/m (Element 13 at Node 6999)

3.1.2.1.16 Calculation results, Plate, 6.3 [Phase_16] (16/667), Bending moments M

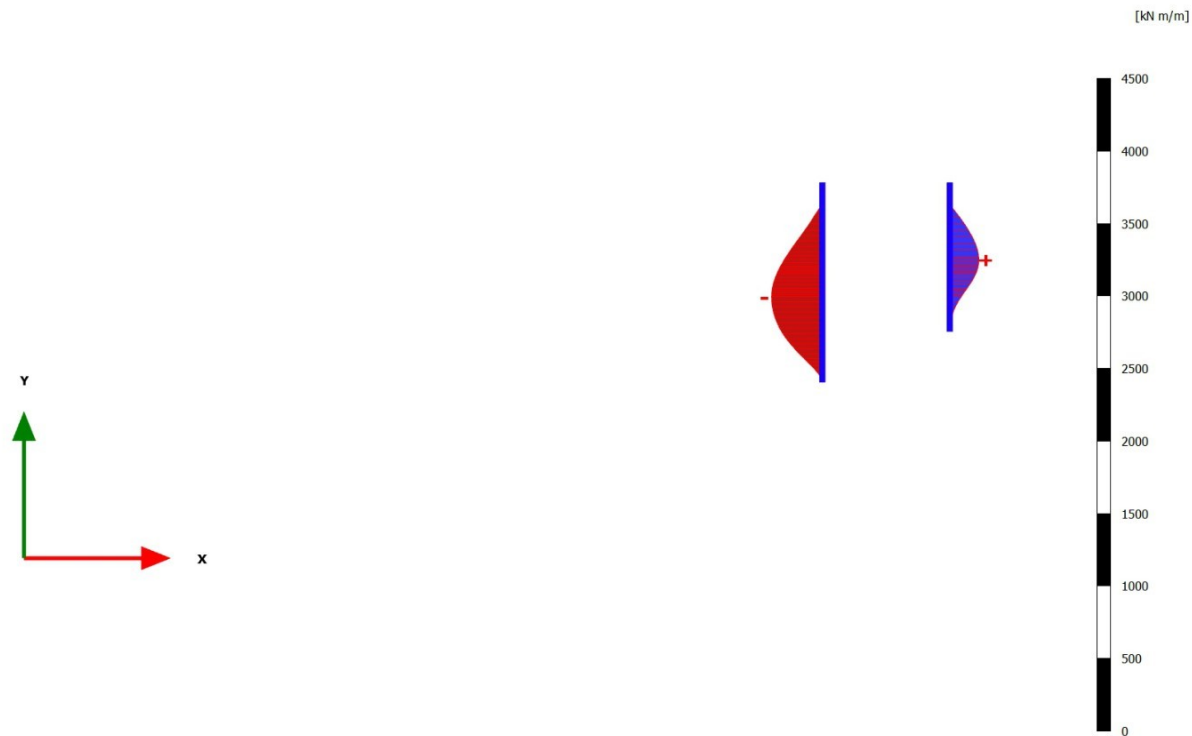


Bending moments M (scaled up 0.0100 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 211.6 kN m/m (Element 12 at Node 4235)

Minimum value = -290.2 kN m/m (Element 19 at Node 6353)

3.1.2.1.17 Calculation results, Plate, 6.3 [Phase_14] (14/1277), Bending moments M

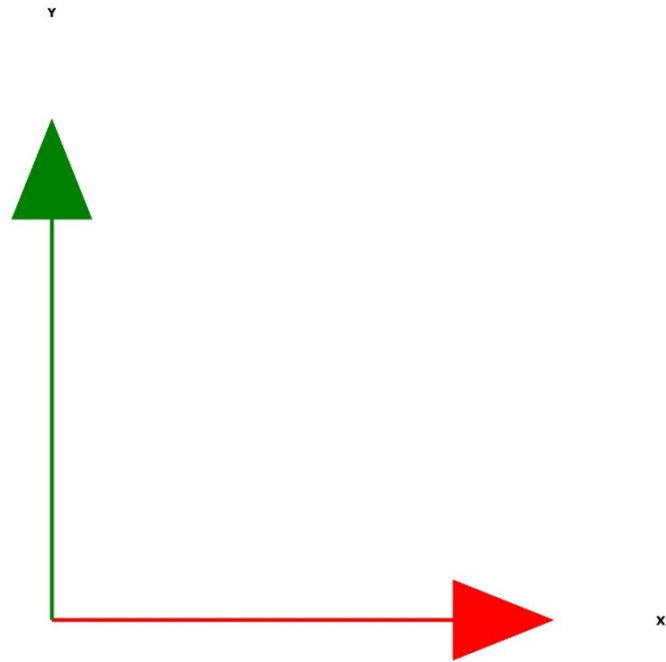


Bending moments M (scaled up 0.0100 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 200.9 kN m/m (Element 12 at Node 4235)

Minimum value = -350.0 kN m/m (Element 19 at Node 6380)

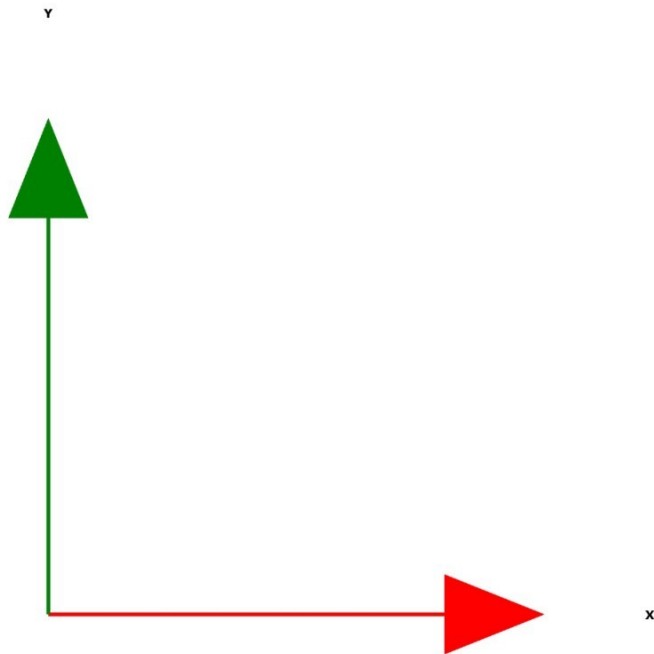
3.2.1.1.1 Calculation results, Node-to-node anchor, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 1.00 times) per structural element

No results

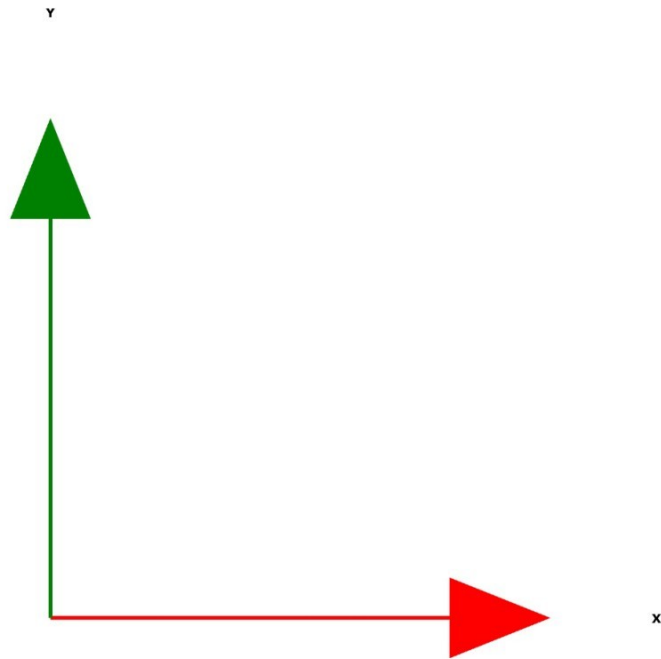
3.2.1.1.2 Calculation results, Node-to-node anchor, Aanbrengen bouwplateau NAP +15 [Phase_51] (51/17), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 1.00 times) (Time 3652 day) per structural element

No results

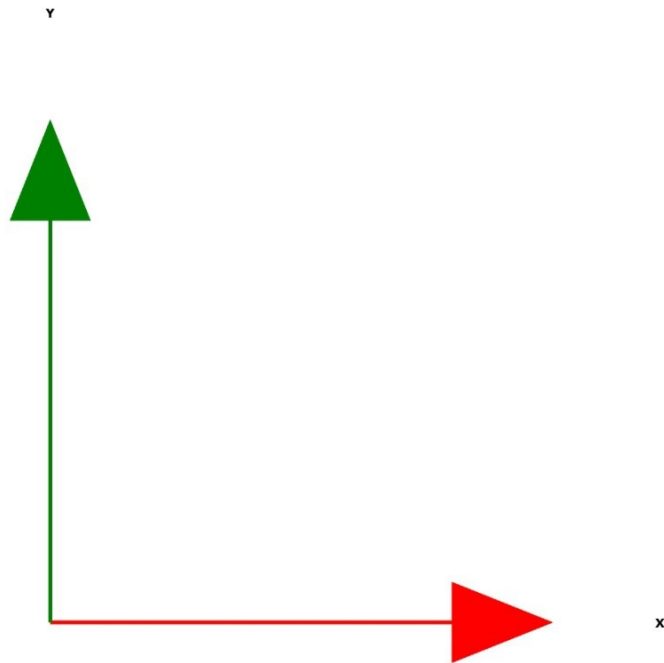
3.2.1.1.3 Calculation results, Node-to-node anchor, 2.a Aanbrengen damwand [Phase_2] (2/20), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 1.00 times) (Time 3653 day) per structural element

No results

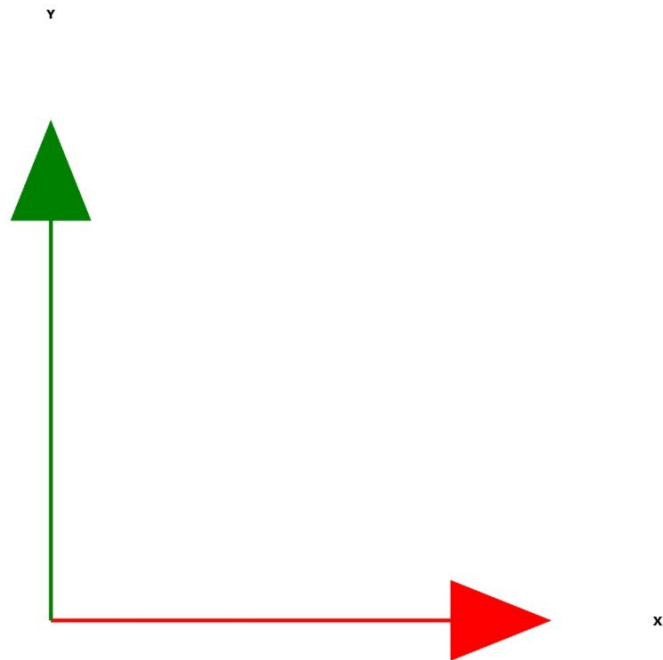
3.2.1.1.4 Calculation results, Node-to-node anchor, 2.b Ontgraving [Phase_1] (1/32), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 1.00 times) (Time 3654 day) per structural element

No results

3.2.1.1.5 Calculation results, Node-to-node anchor, 2.c aanvulling tot +15 [Phase_4] (4/59), Anchor force for curves F N



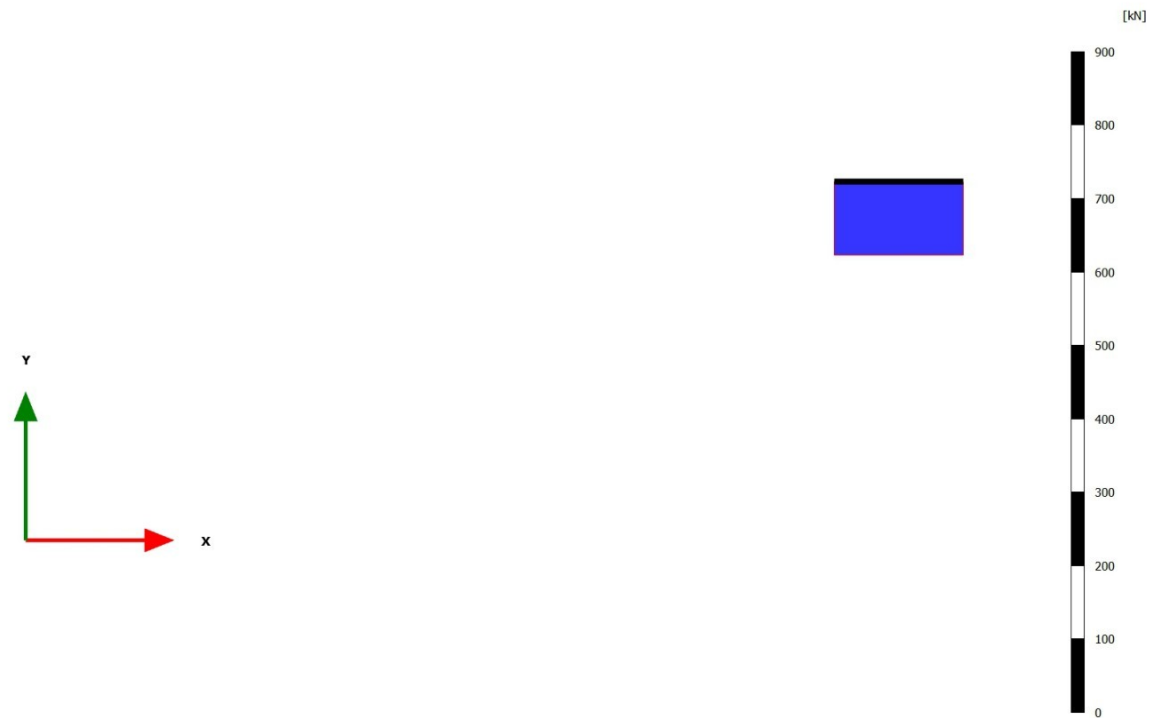
Anchor force for curves F N (scaled up 1.00 times) (Time 3655 day) per structural element

No results

3.2.1.1.6 Calculation results, Node-to-node anchor, 2.d aanbrengen anker en verder aanvullen [Phase_5] (5/87), Anchor force for curves F N



3.2.1.1.7 Calculation results, Node-to-node anchor, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/98), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day) per structural element

Uniform value of 100.0 kN

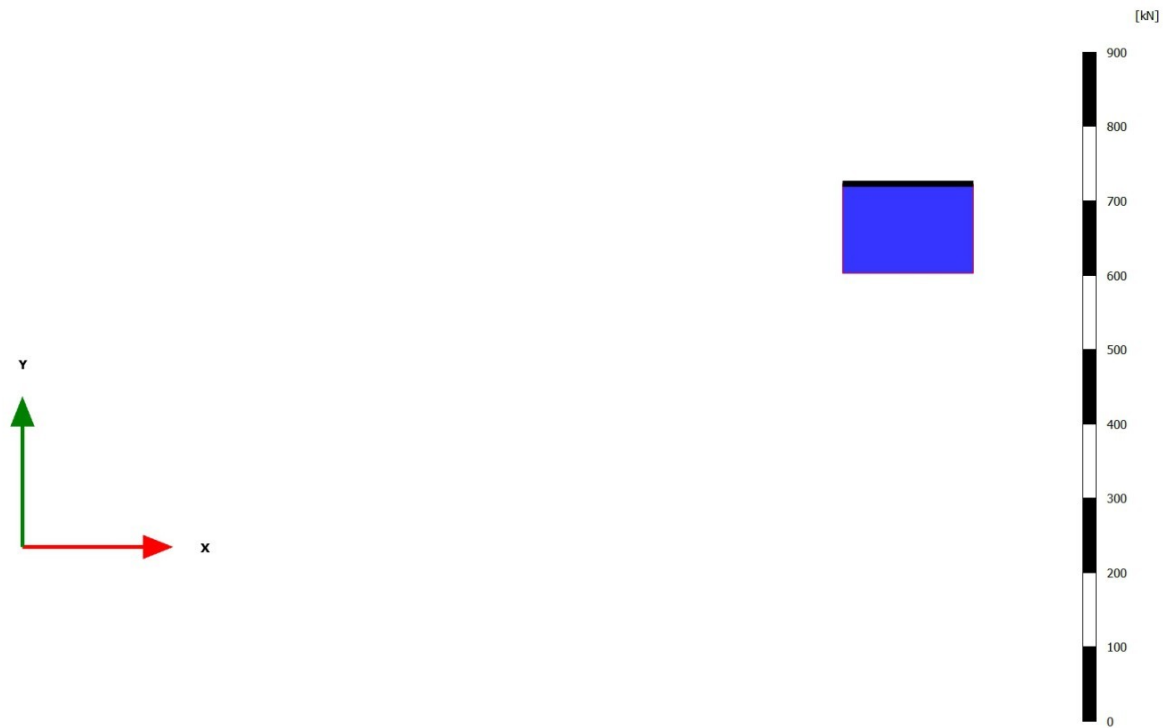
3.2.1.1.8 Calculation results, Node-to-node anchor, BS-1: Hoogwater belasting [Phase_6] (6/108), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 0.0500 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day) per structural element

Uniform value of 90.00 kN

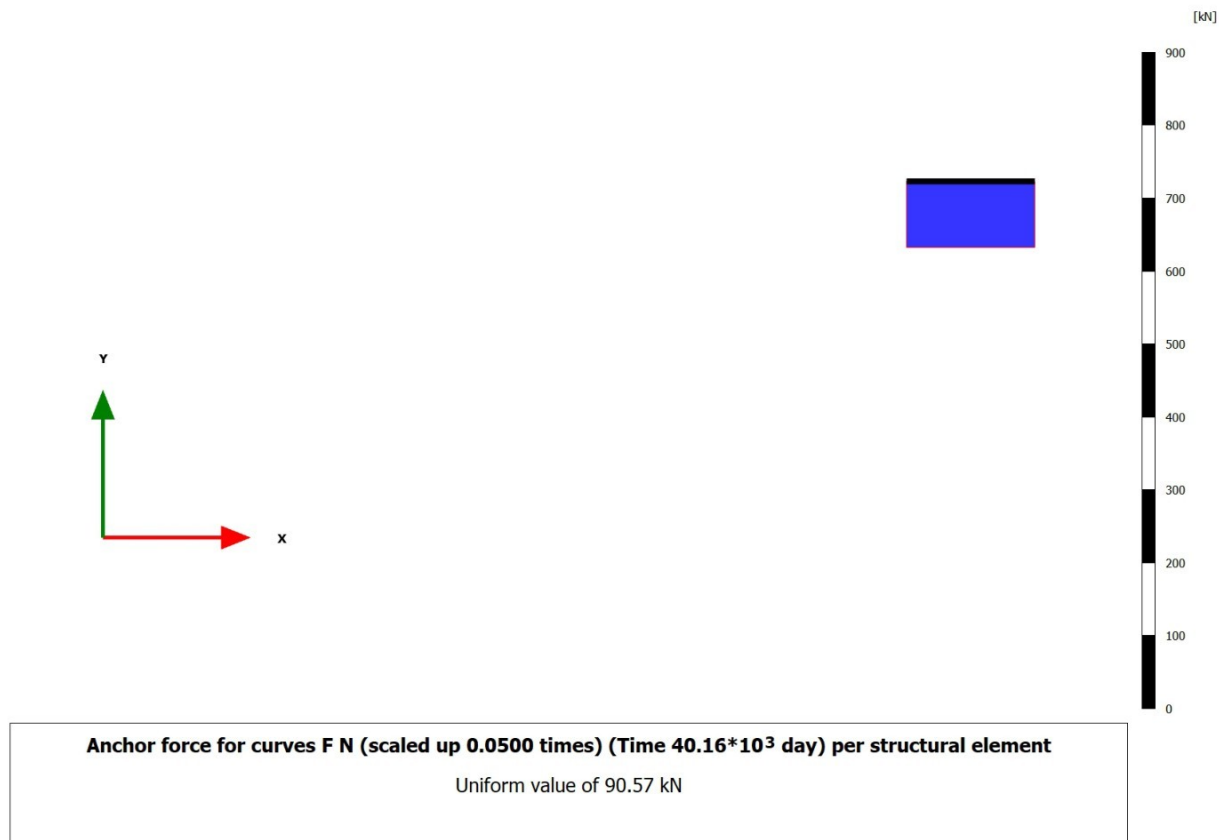
3.2.1.1.9 Calculation results, Node-to-node anchor, 6.4 [Phase_15] (15/299), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 0.0500 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day) per structural element

Uniform value of 120.6 kN

3.2.1.1.10 Calculation results, Node-to-node anchor, BS-2: Hoogwater belasting + Verkeer [Phase_13] (13/402), Anchor force for curves F N



3.2.1.1.11 Calculation results, Node-to-node anchor, 6.4 [Phase_21] (21/491), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 0.0500 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day) per structural element

Uniform value of 128.4 kN

3.2.1.1.12 Calculation results, Node-to-node anchor, BS-7: Kraanbelasting [Phase_33] (33/607), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 0.0500 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day) per structural element

Uniform value of 121.8 kN

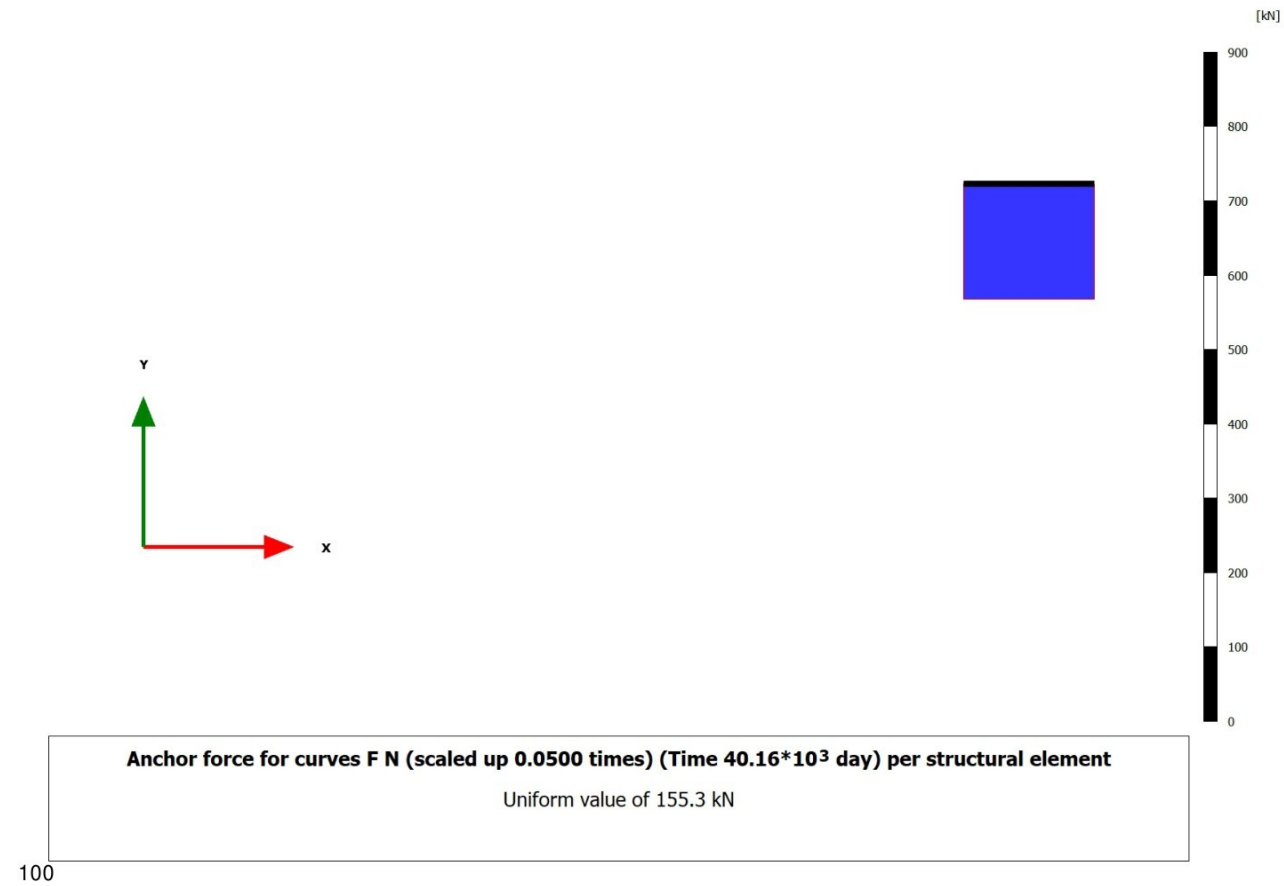
3.2.1.1.13 Calculation results, Node-to-node anchor, 6.3 [Phase_34] (34/616), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 0.0500 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day) per structural element

Uniform value of 160.7 kN

3.2.1.1.14 Calculation results, Node-to-node anchor, 6.4 [Phase_35] (35/628), Anchor force for curves F N



3.2.1.1.15 Calculation results, Node-to-node anchor, BS-8: Verkeer + schampkracht [Phase_37] (37/637), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 0.0500 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day) per structural element

Uniform value of 147.7 kN

3.2.1.1.16 Calculation results, Node-to-node anchor, 6.3 [Phase_16] (16/667), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 0.0500 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day) per structural element

Uniform value of 128.9 kN

3.2.1.1.17 Calculation results, Node-to-node anchor, 6.3 [Phase_14] (14/1277), Anchor force for curves F N



Anchor force for curves F N (scaled up 0.0500 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day) per structural element

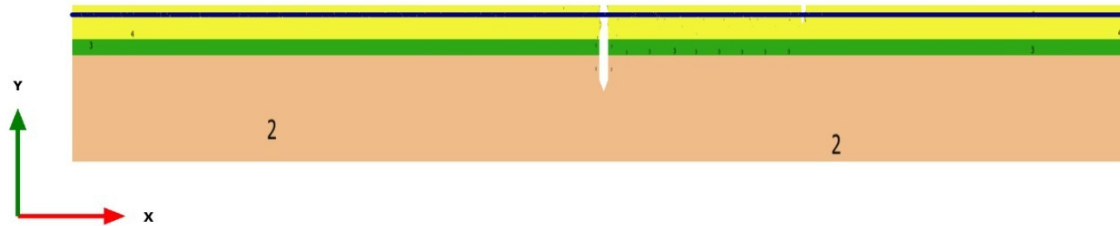
Uniform value of 124.0 kN

D.4 Doorsnede 'Gemaal'

PLAXIS Report

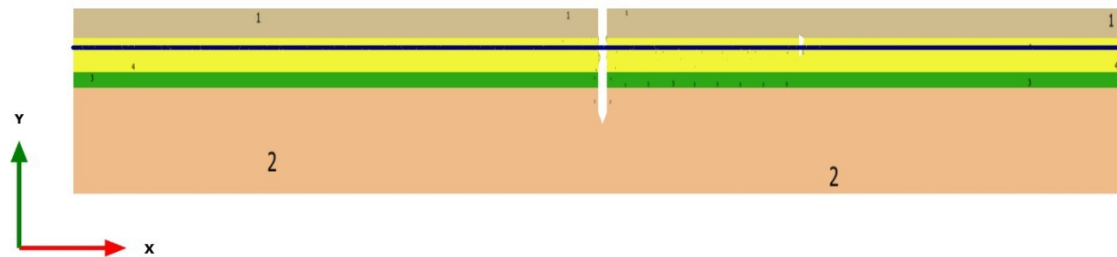
Filename	doorsnede3_gemaal_DO.p2dx
Directory	C:\User [redacted] OneDrive - Fugro\Documents\Projecten\2423-247385 - Arcen\05 Kistdam\Plaxis\DO\Doorsnede_3_gemaal\
Model	Plane strain
Elements	15-Noded
PLAXIS Version	Version 2024.3.0.95

1.1.1.1 Calculation results, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Materials plot



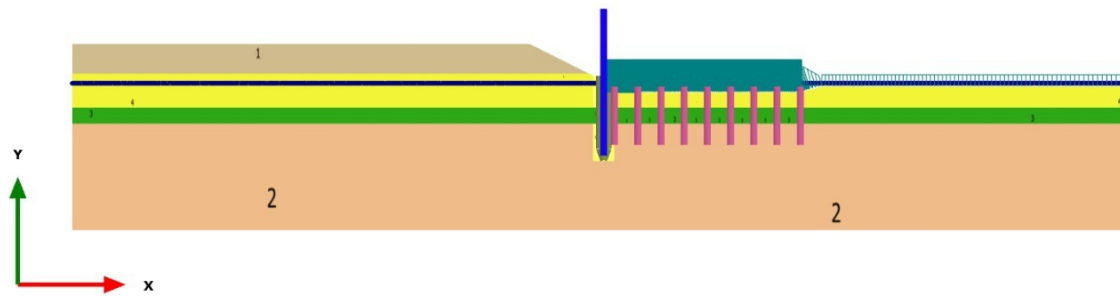
Materials plot

1.1.1.2 Calculation results, Aanbrengen bouwplateau NAP +15 [Phase_51] (51/20), Materials plot



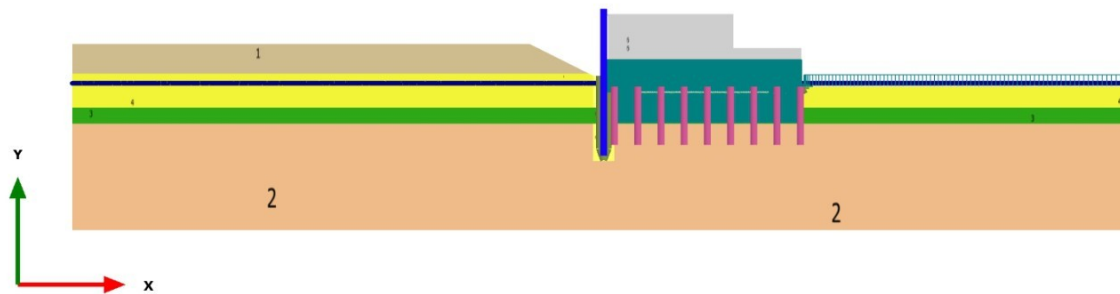
Materials plot

1.1.1.3 Calculation results, 2.a Ontgraving [Phase_1] (1/38), Materials plot



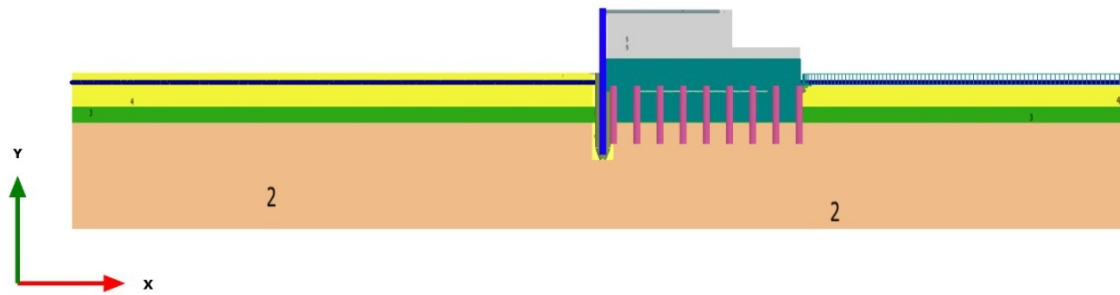
Materials plot

1.1.1.4 Calculation results, 2.d Ruwbouw gemaal [Phase_4] (4/45), Materials plot



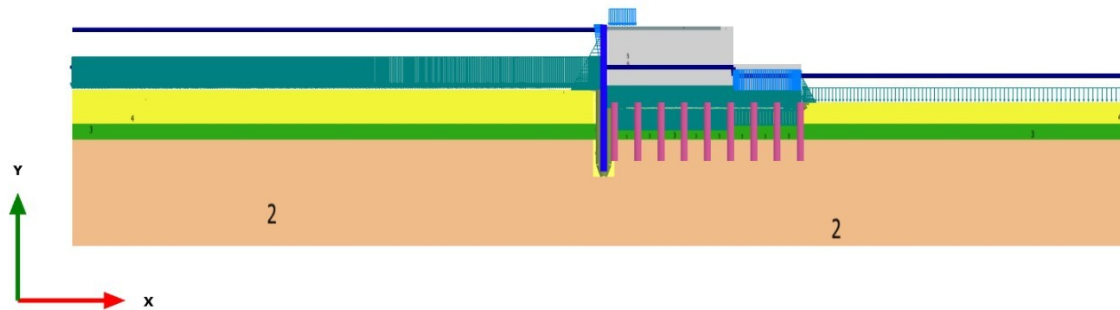
Materials plot

1.1.1.5 Calculation results, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/56), Materials plot



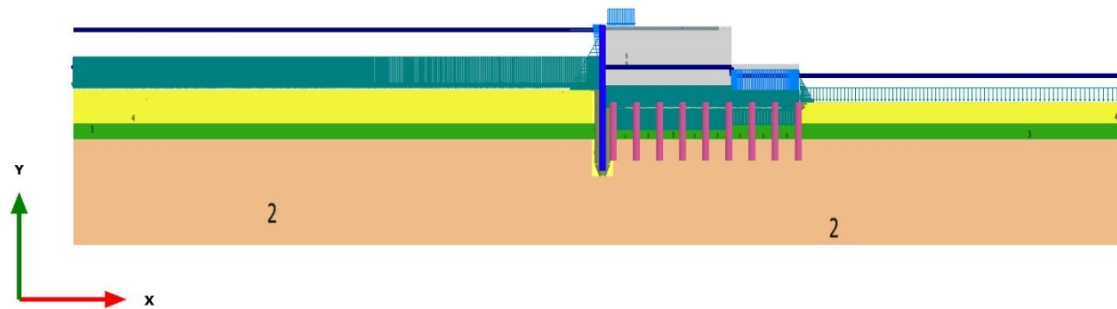
Materials plot

1.1.1.6 Calculation results, Hoogwater_verkeer [Phase_6] (6/88), Materials plot



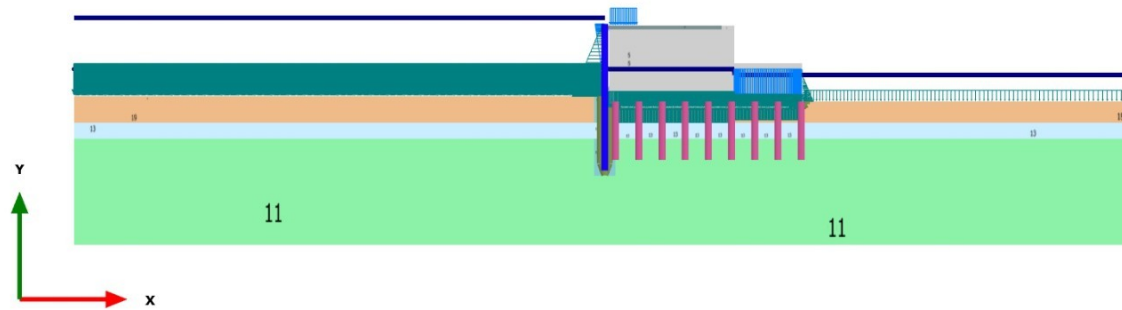
Materials plot

1.1.1.7 Calculation results, Hoogwater_boomstam_verkeer [Phase_10] (10/91), Materials plot



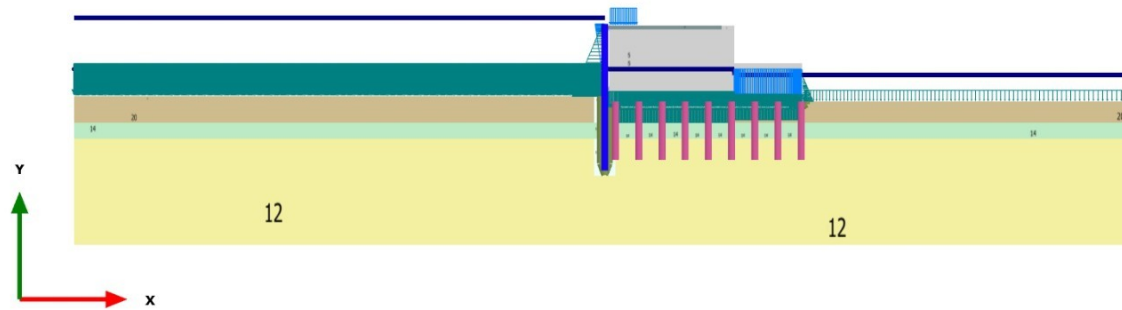
Materials plot

1.1.1.8 Calculation results, Hoogwater_verkeer 6.3 [Phase_13] (13/99), Materials plot



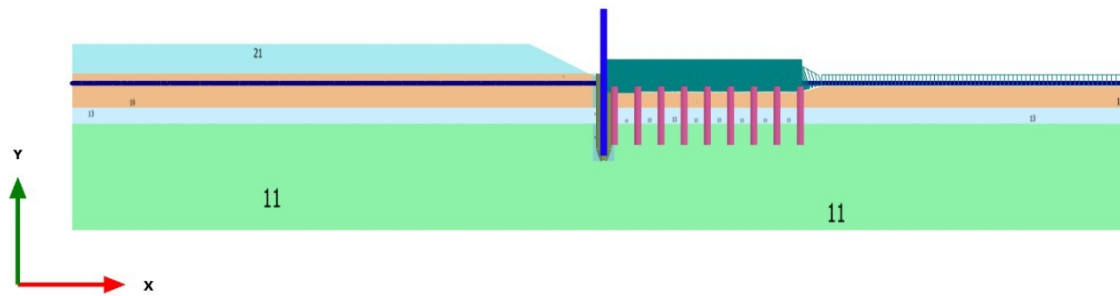
Materials plot

1.1.1.9 Calculation results, Hoogwater_verkeer 6.4 [Phase_14] (14/106), Materials plot



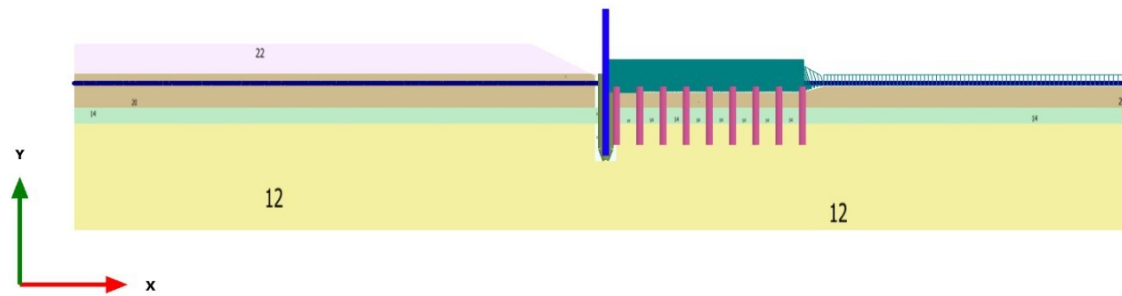
Materials plot

1.1.1.10 Calculation results, ontgraving 6.3 [Phase_17] (17/219), Materials plot



Materials plot

1.1.1.11 Calculation results, ontgraving 6.4 [Phase_18] (18/223), Materials plot



Materials plot

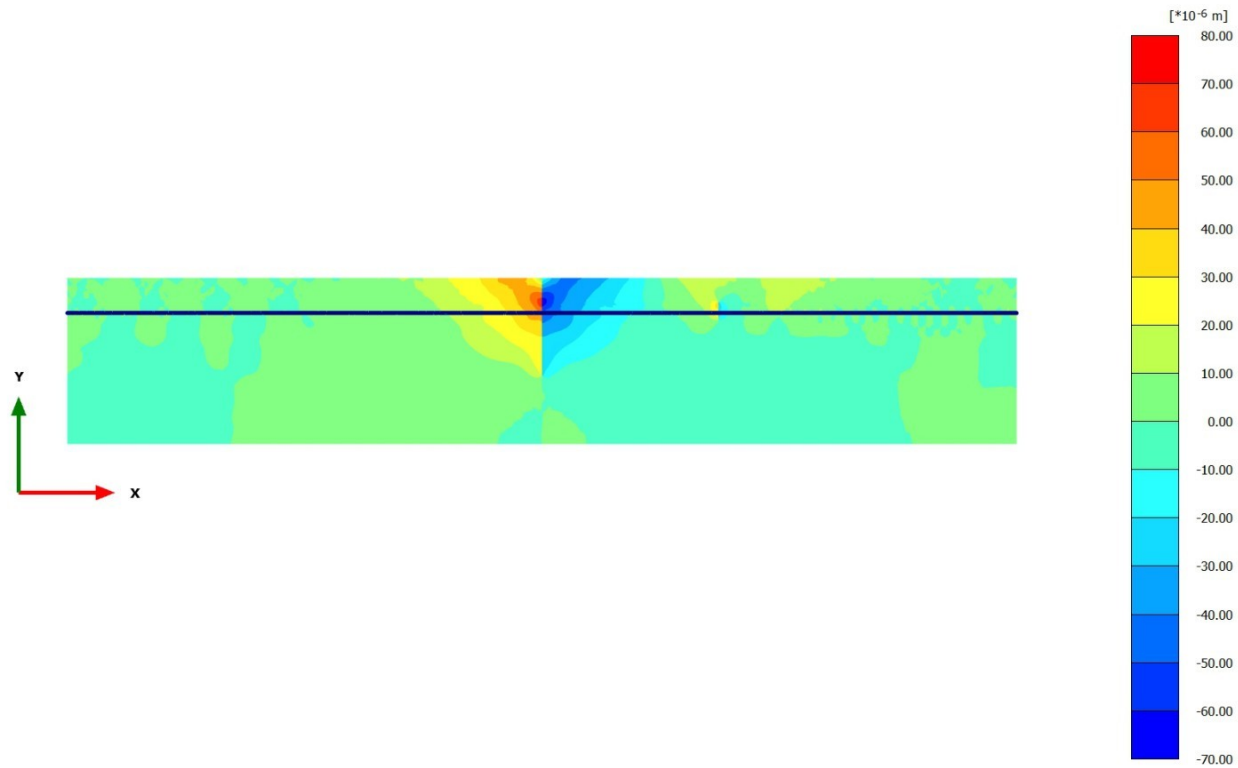
2.1.1.1.1 Calculation results, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Total displacements u_x



Total displacements u_x (at true scale)

Uniform value of 0.000 m

2.1.1.1.2 Calculation results, Aanbrengen bouwplateau NAP +15 [Phase_51] (51/20), Total displacements u_x

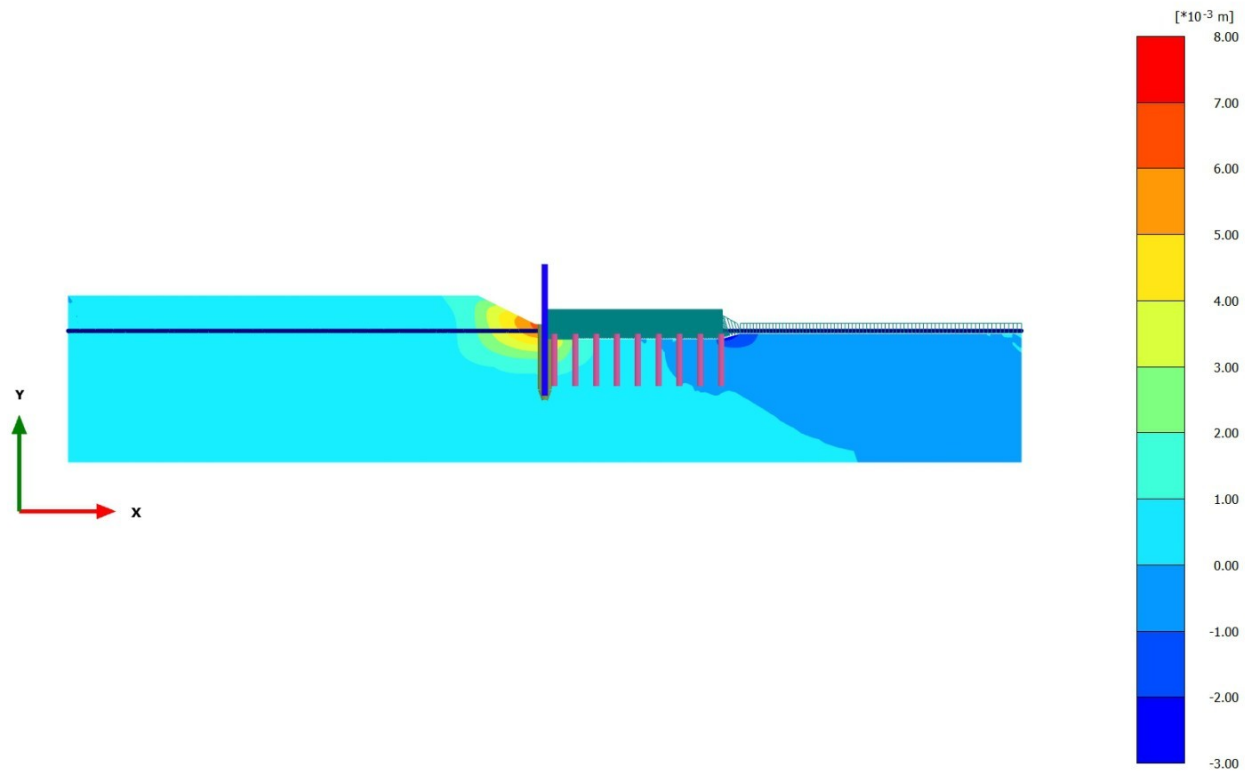


Total displacements u_x (scaled up $20.0 \cdot 10^3$ times) (Time 3652 day)

Maximum value = $0.07144 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ (Element 376 at Node 8383)

Minimum value = $-0.06953 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ (Element 983 at Node 8371)

2.1.1.1.3 Calculation results, 2.a Ontgraving [Phase_1] (1/38), Total displacements u_x

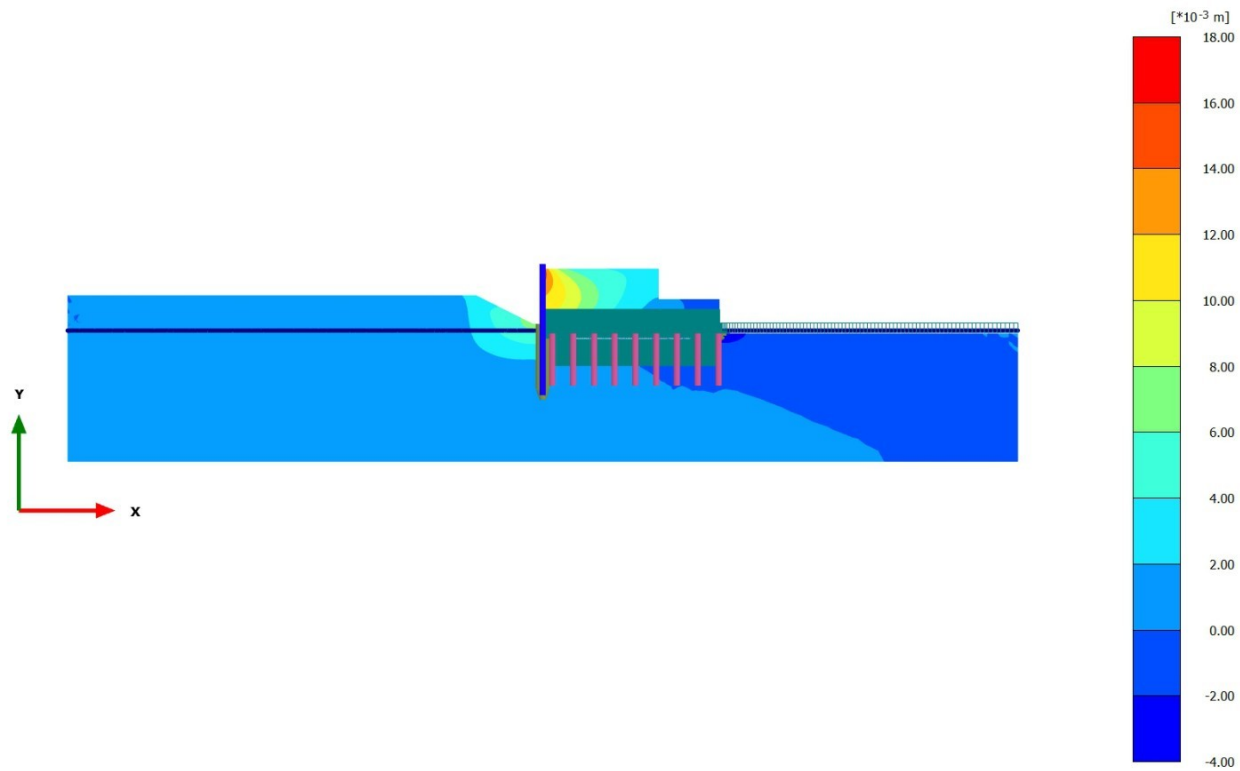


Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time 3655 day)

Maximum value = $7.325 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1465 at Node 8870)

Minimum value = $-2.767 \cdot 10^{-3}$ m (Element 2605 at Node 29529)

2.1.1.1.4 Calculation results, 2.d Ruwbouw gemaal [Phase_4] (4/45), Total displacements u_x



Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time 3656 day)

Maximum value = 0.01661 m (Element 352 at Node 11576)

Minimum value = $-3.750 \cdot 10^{-3}$ m (Element 2056 at Node 30201)

2.1.1.1.5 Calculation results, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/56), Total displacements u_x

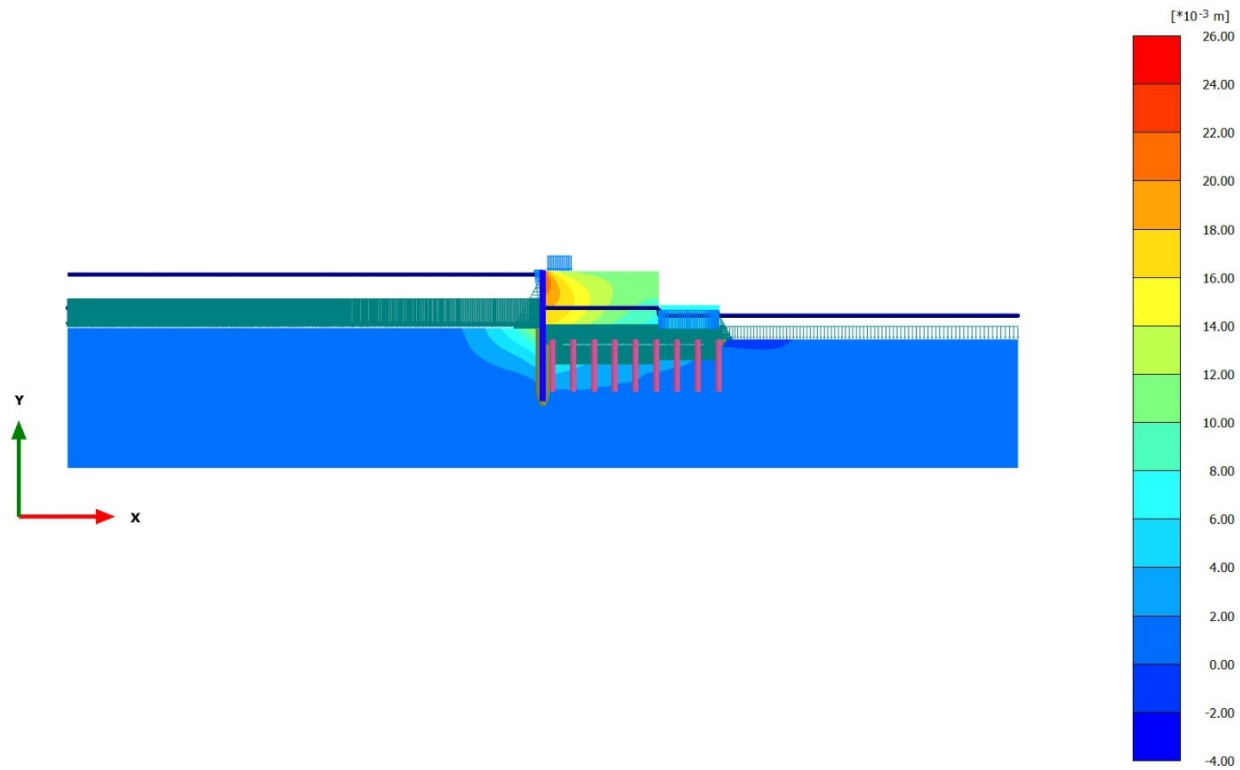


Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.01646 m (Element 38 at Node 13421)

Minimum value = $-4.106 \cdot 10^{-3}$ m (Element 2056 at Node 30201)

2.1.1.1.6 Calculation results, Hoogwater_verkeer [Phase_6] (6/88), Total displacements u_x

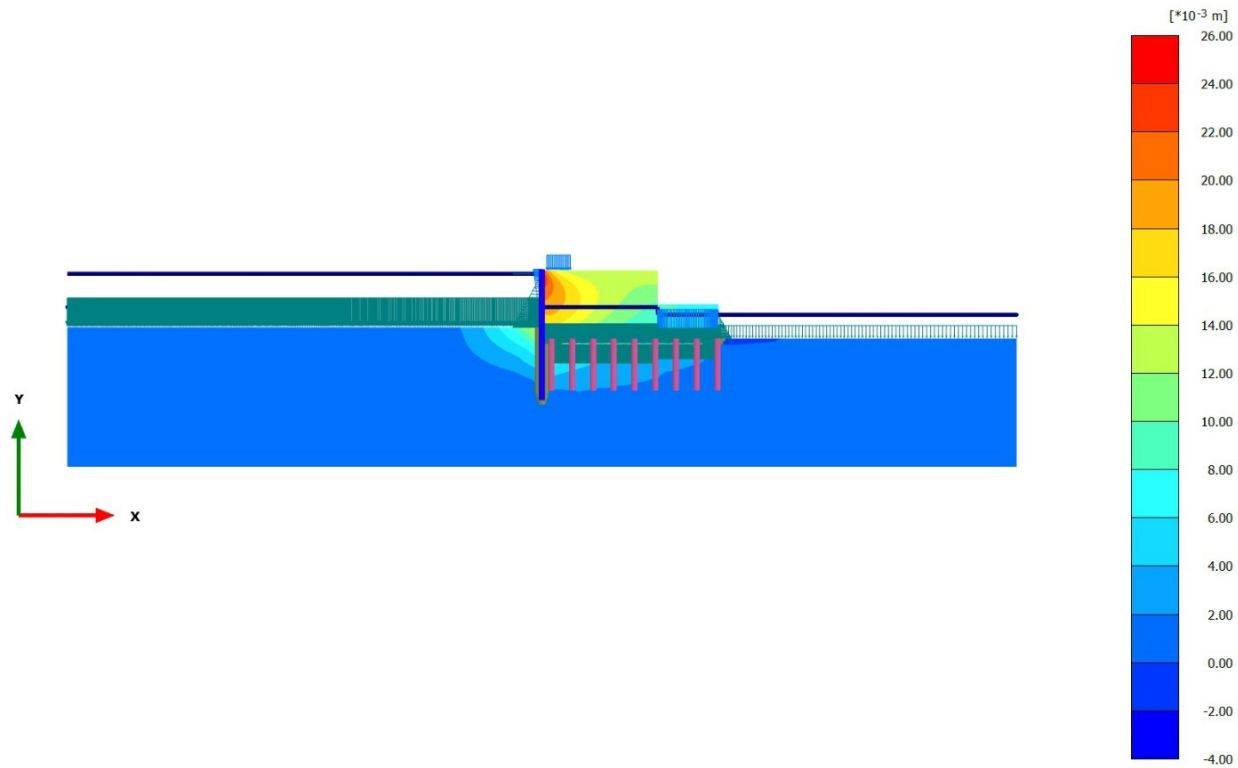


Total displacements u_x (scaled up 100 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.02479 m (Element 38 at Node 13421)

Minimum value = $-3.893 \cdot 10^{-3}$ m (Element 2058 at Node 30592)

2.1.1.1.7 Calculation results, Hoogwater_boomstam_verkeer [Phase_10] (10/91), Total displacements u_x

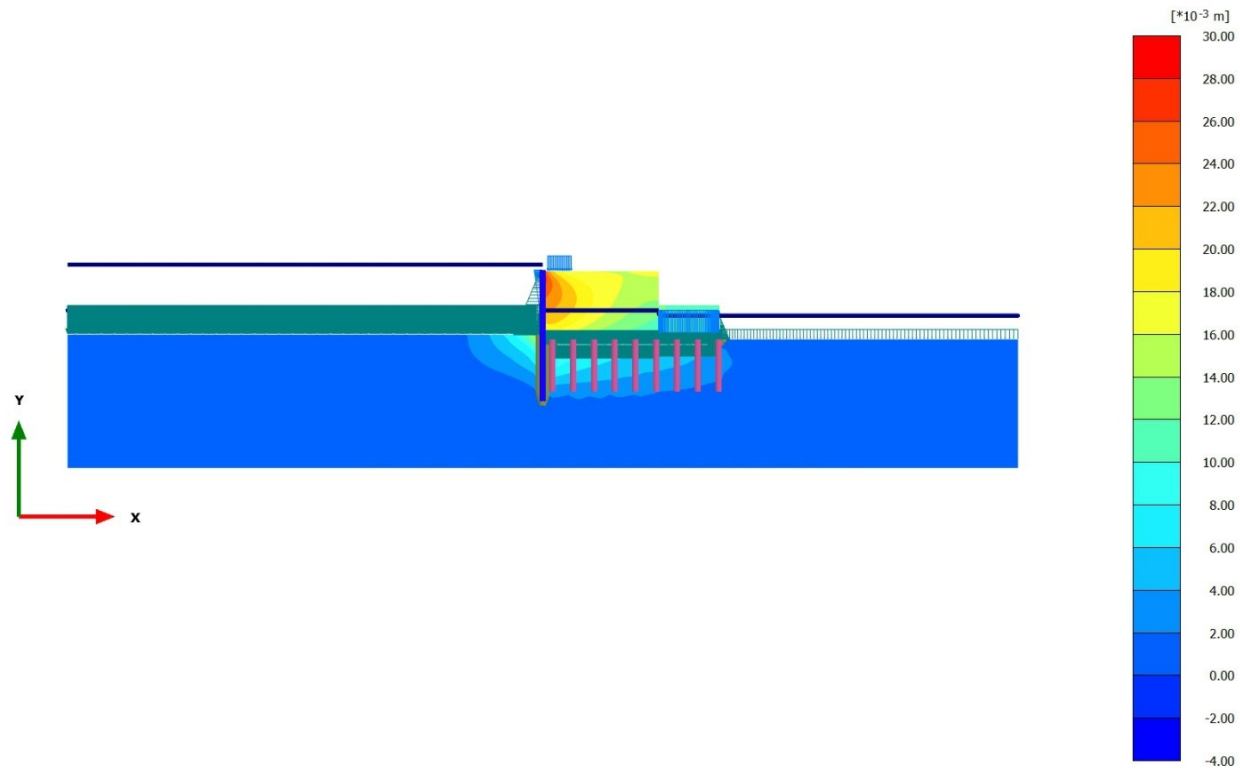


Total displacements u_x (scaled up 100 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.02580 m (Element 38 at Node 13421)

Minimum value = $-3.549 \cdot 10^{-3}$ m (Element 2058 at Node 30592)

2.1.1.1.8 Calculation results, Hoogwater_verkeer 6.3 [Phase_13] (13/99), Total displacements u_x

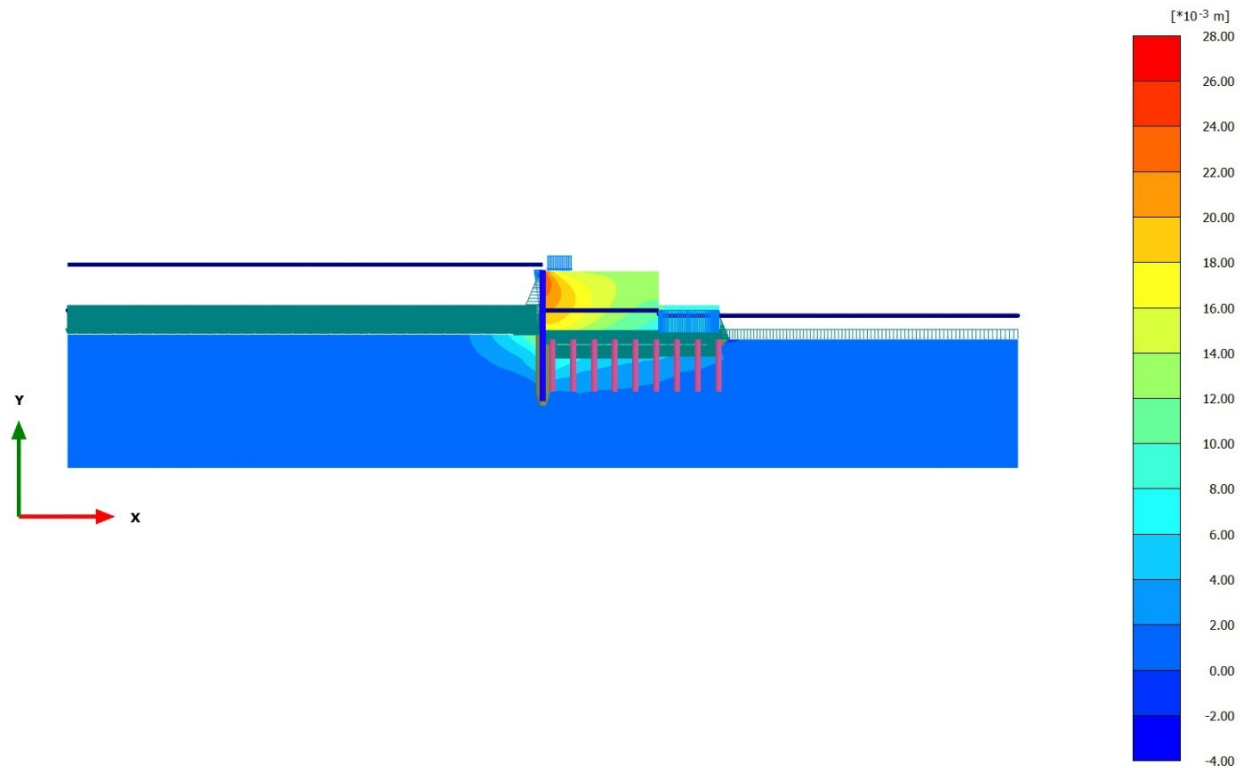


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.02936 m (Element 38 at Node 13421)

Minimum value = $-2.852 \cdot 10^{-3}$ m (Element 2058 at Node 30592)

2.1.1.1.9 Calculation results, Hoogwater_verkeer 6.4 [Phase_14] (14/106), Total displacements u_x

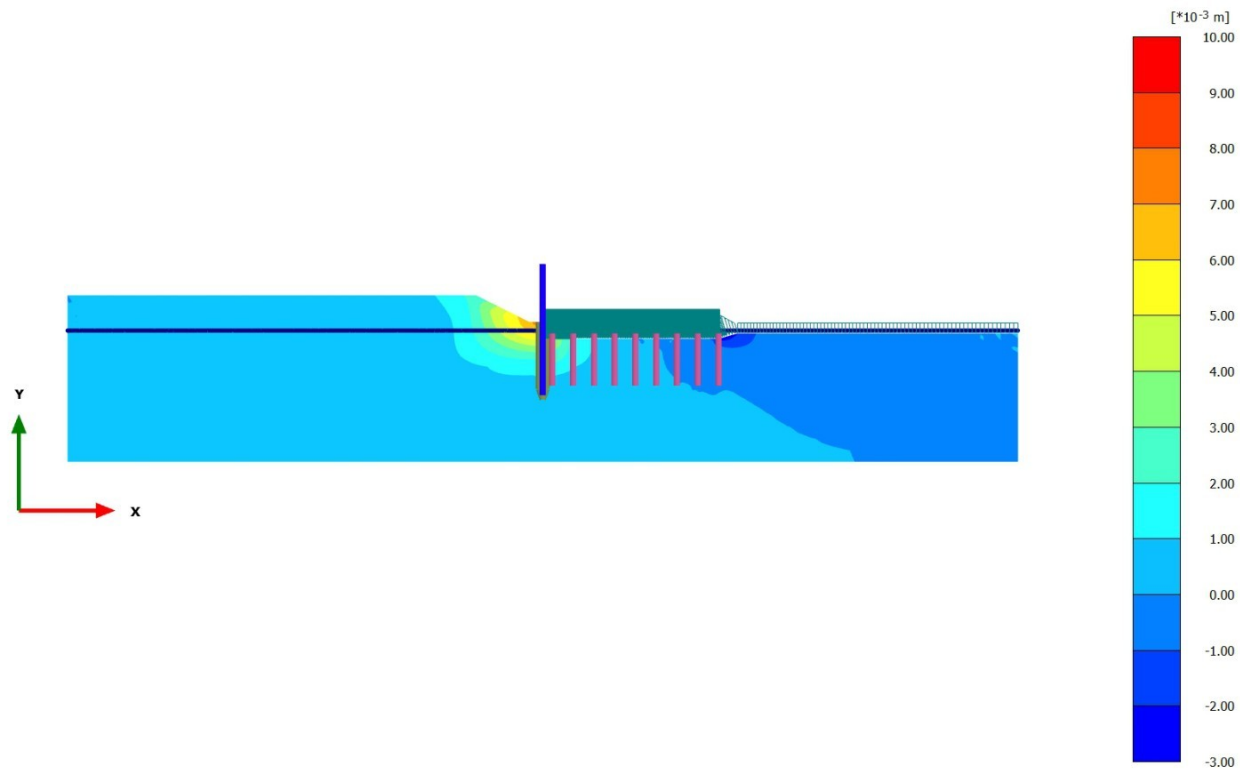


Total displacements u_x (scaled up 100 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.02704 m (Element 38 at Node 13421)

Minimum value = $-3.255 \cdot 10^{-3}$ m (Element 2058 at Node 30592)

2.1.1.1.10 Calculation results, ontgraving 6.3 [Phase_17] (17/219), Total displacements u_x

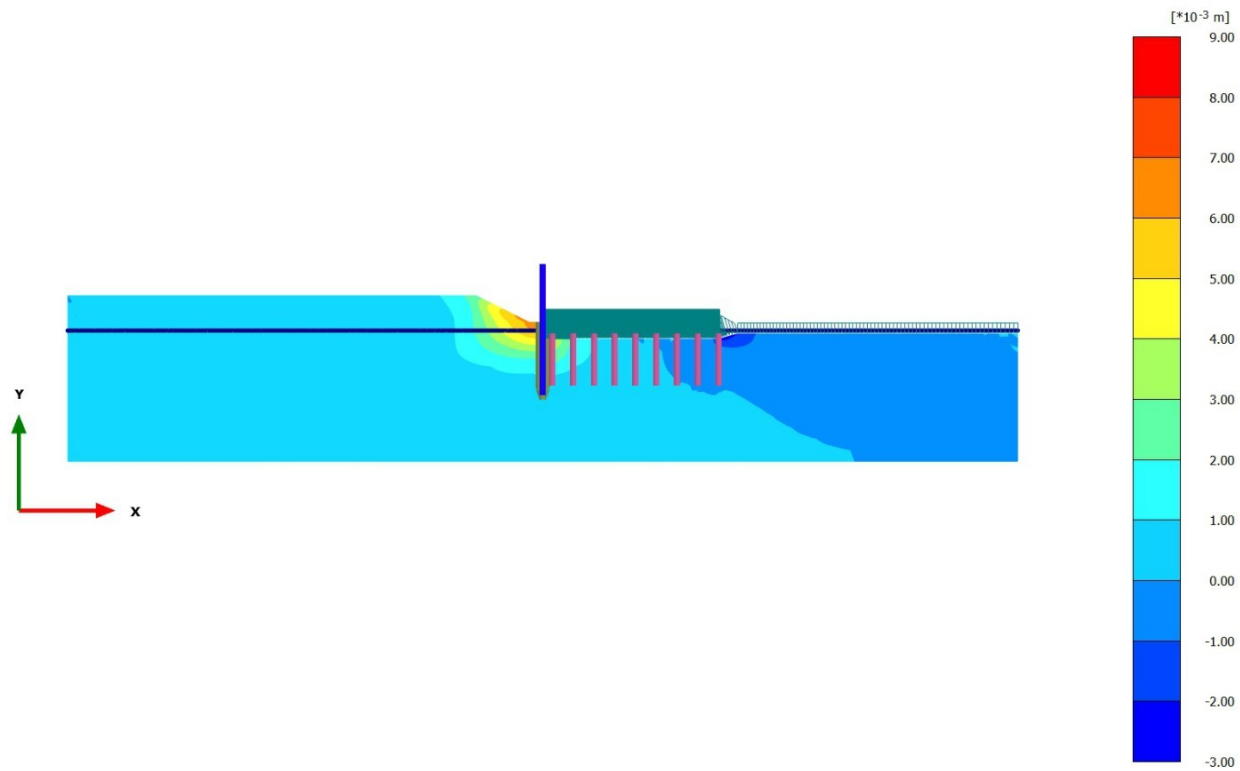


Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time 3656 day)

Maximum value = 9.376 $\times 10^{-3}$ m (Element 991 at Node 8383)

Minimum value = -2.956 $\times 10^{-3}$ m (Element 2605 at Node 29530)

2.1.1.1.11 Calculation results, ontgraving 6.4 [Phase_18] (18/223), Total displacements u_x

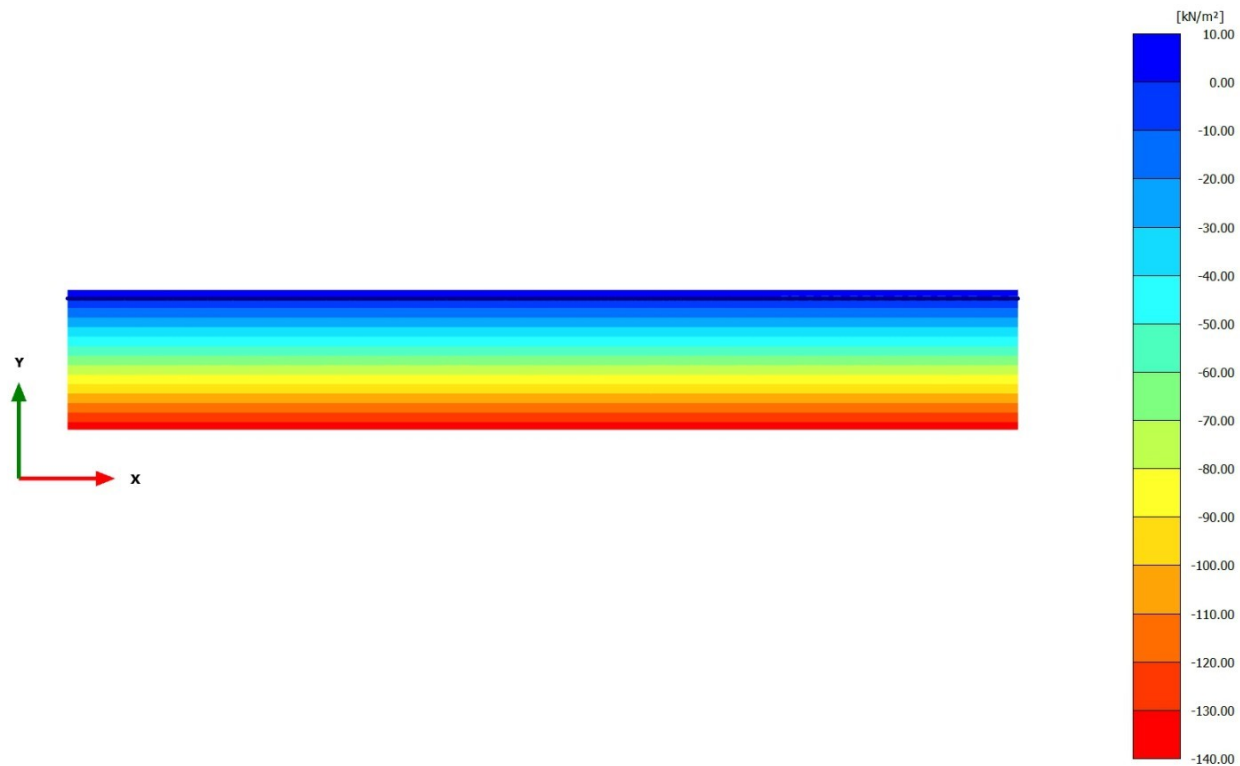


Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time 3656 day)

Maximum value = $8.985 \cdot 10^{-3}$ m (Element 991 at Node 8383)

Minimum value = $-2.830 \cdot 10^{-3}$ m (Element 2605 at Node 29530)

2.2.1.1.1 Calculation results, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Active pore pressures p_{active}

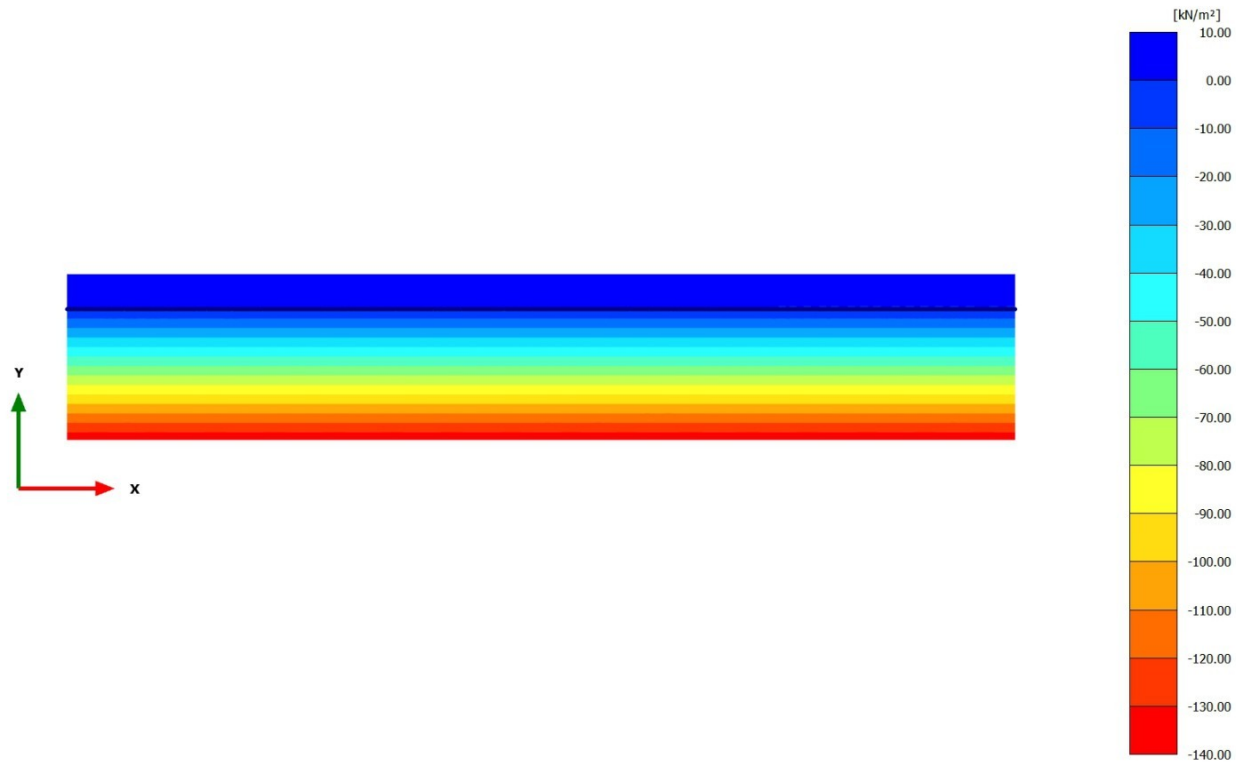


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 986 at Node 8779)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 4217 at Node 26809)

2.2.1.1.2 Calculation results, Aanbrengen bouwplateau NAP +15 [Phase_51] (51/20), Active pore pressures p_{active}

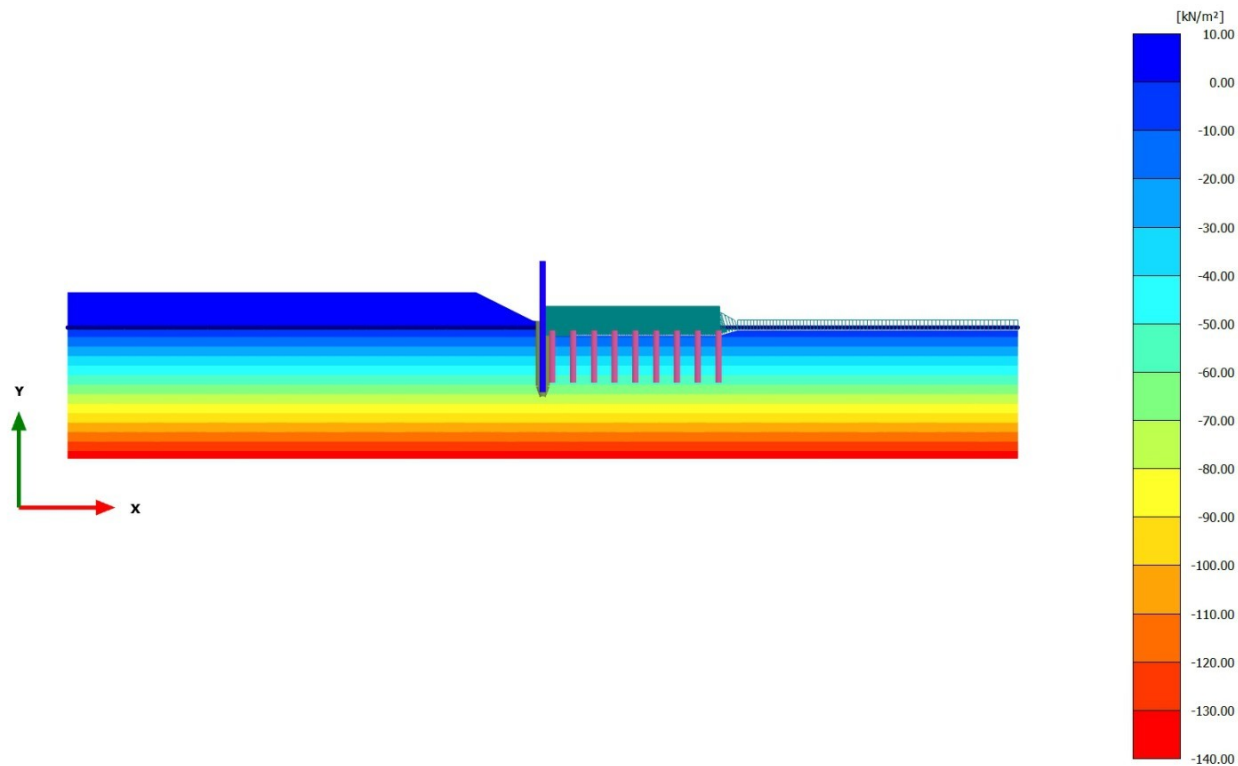


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3652 day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 355 at Node 12007)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 4217 at Node 26809)

2.2.1.1.3 Calculation results, 2.a Ontgraving [Phase_1] (1/38), Active pore pressures p_{active}

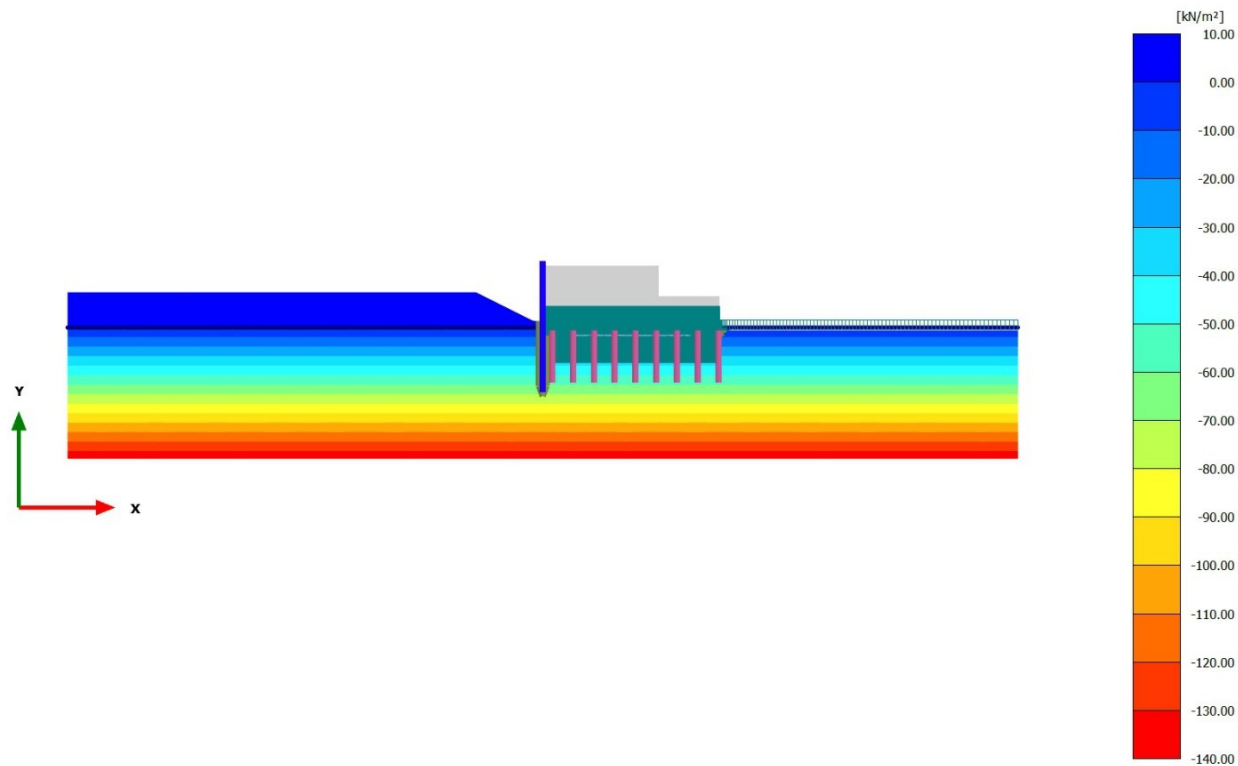


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3655 day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 487 at Node 681)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 4217 at Node 26809)

2.2.1.1.4 Calculation results, 2.d Ruwbouw gemaal [Phase_4] (4/45), Active pore pressures p_{active}

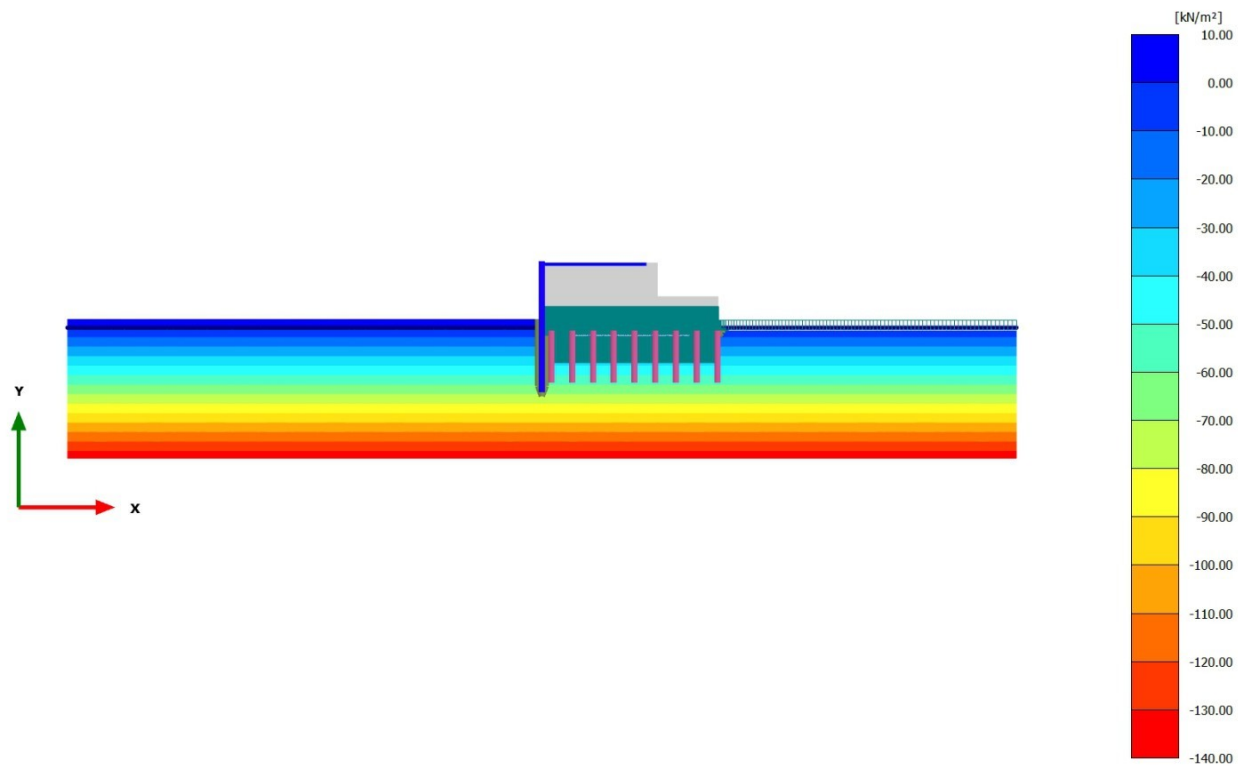


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3656 day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 487 at Node 681)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 4217 at Node 26809)

2.2.1.1.5 Calculation results, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/56), Active pore pressures p_{active}

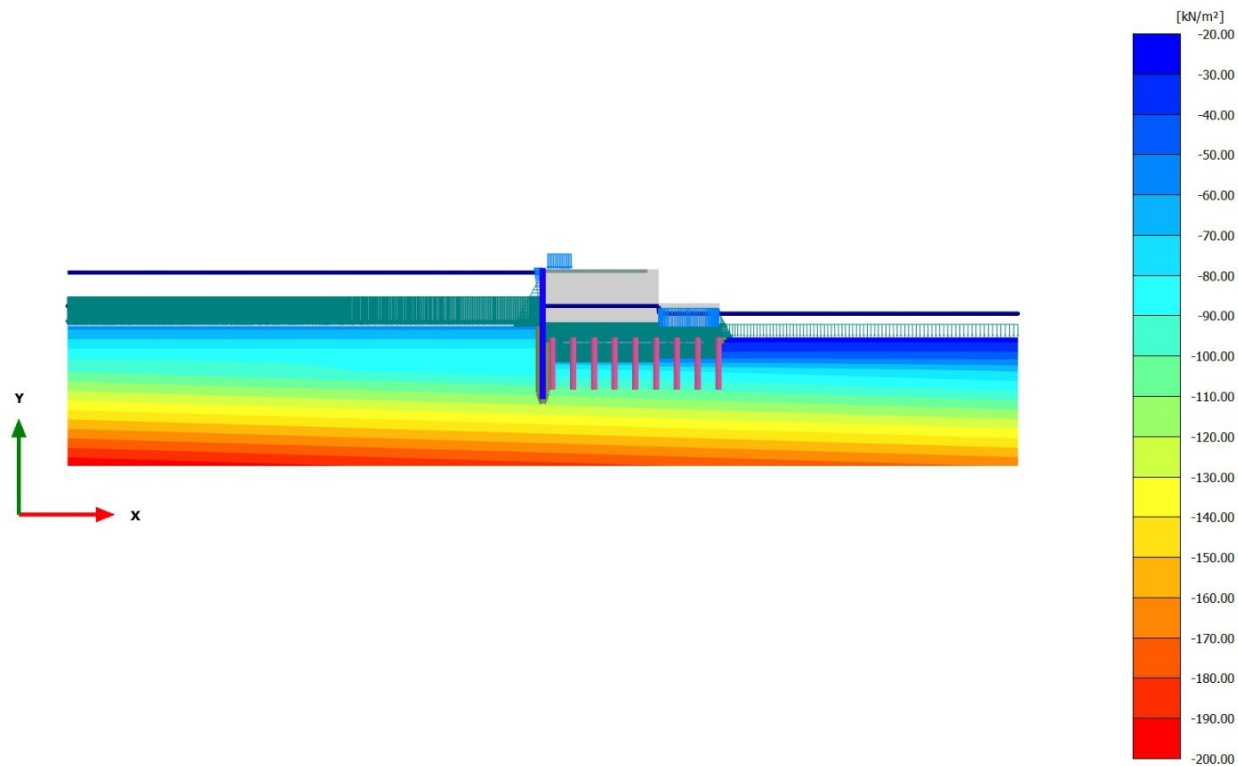


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 1 at Node 17468)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 4217 at Node 26809)

2.2.1.1.6 Calculation results, Hoogwater_verkeer [Phase_6] (6/88), Active pore pressures p_{active}

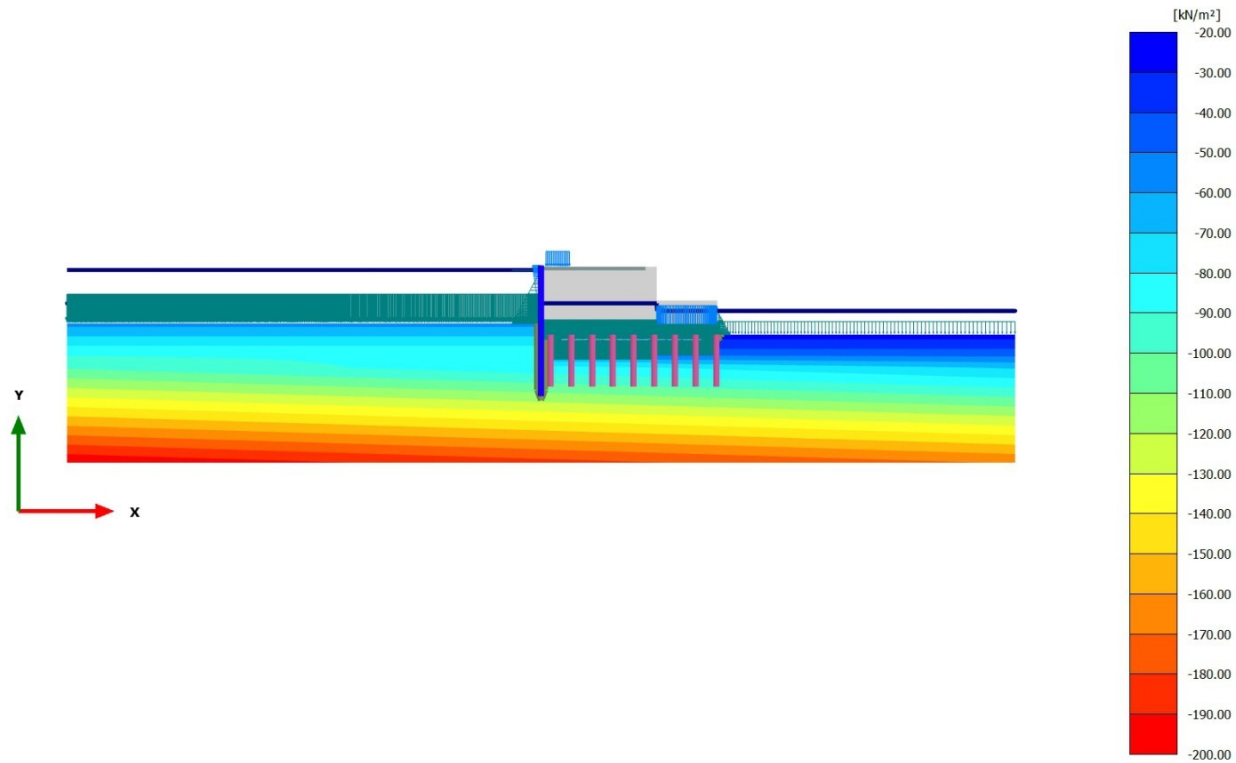


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = -25.00 kN/m² (Element 2513 at Node 24087)

Minimum value = -198.9 kN/m² (Element 4136 at Node 9707)

2.2.1.1.7 Calculation results, Hoogwater_boomstam_verkeer [Phase_10] (10/91), Active pore pressures p_{active}

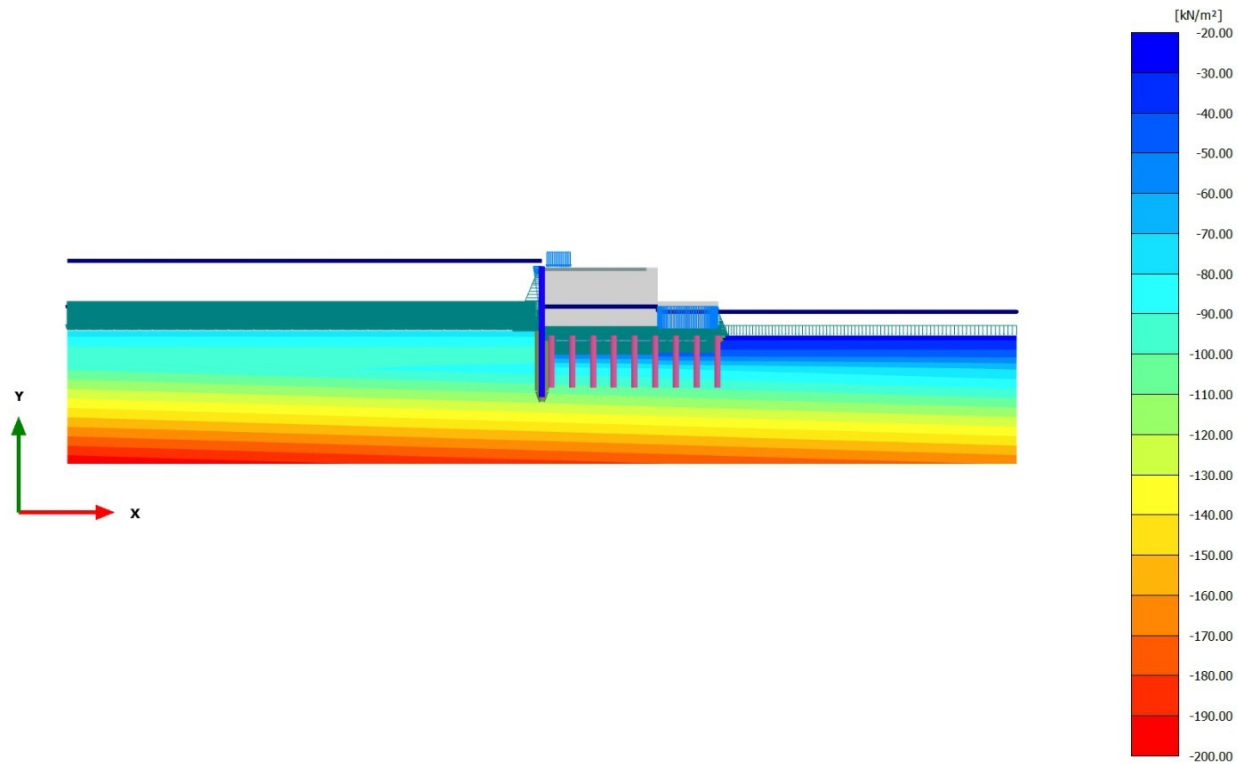


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = -25.00 kN/m² (Element 2513 at Node 24087)

Minimum value = -198.9 kN/m² (Element 4136 at Node 9707)

2.2.1.1.8 Calculation results, Hoogwater_verkeer 6.3 [Phase_13] (13/99), Active pore pressures p_{active}

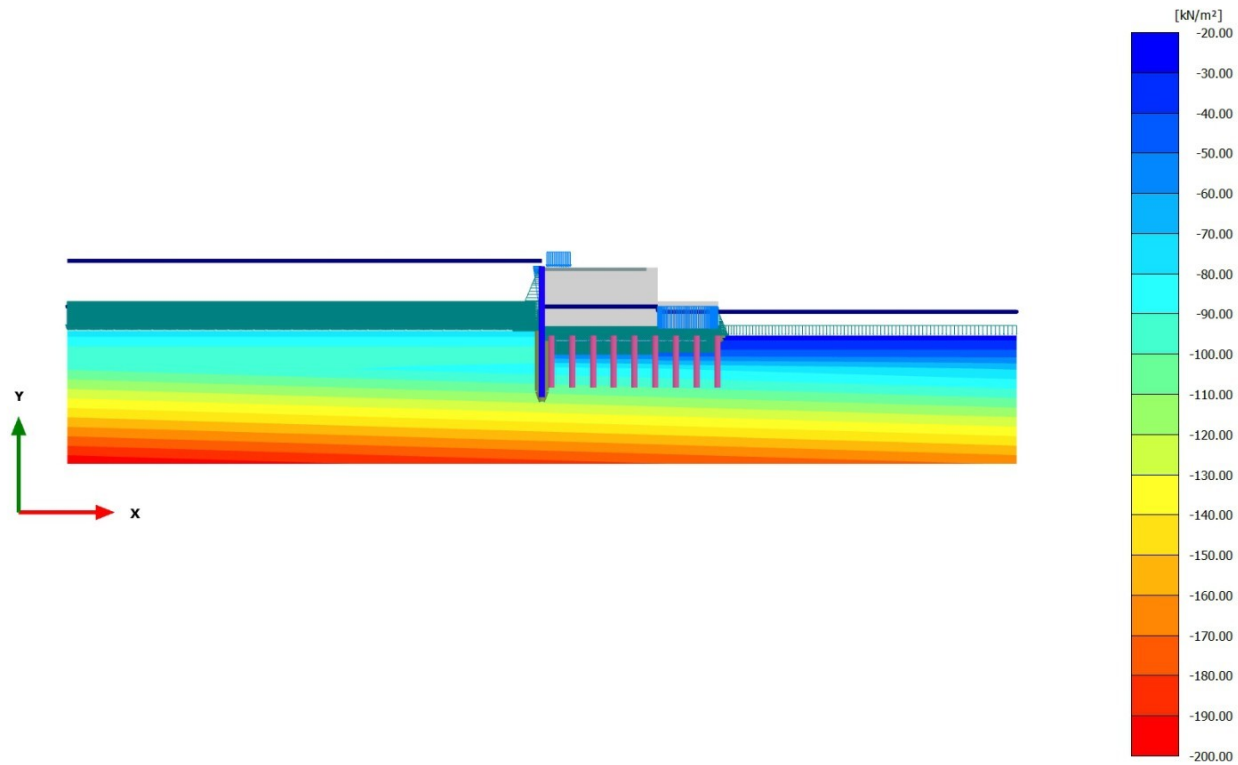


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = -25.00 kN/m^2 (Element 2513 at Node 24087)

Minimum value = -198.9 kN/m^2 (Element 4136 at Node 9707)

2.2.1.1.9 Calculation results, Hoogwater_verkeer 6.4 [Phase_14] (14/106), Active pore pressures p_{active}

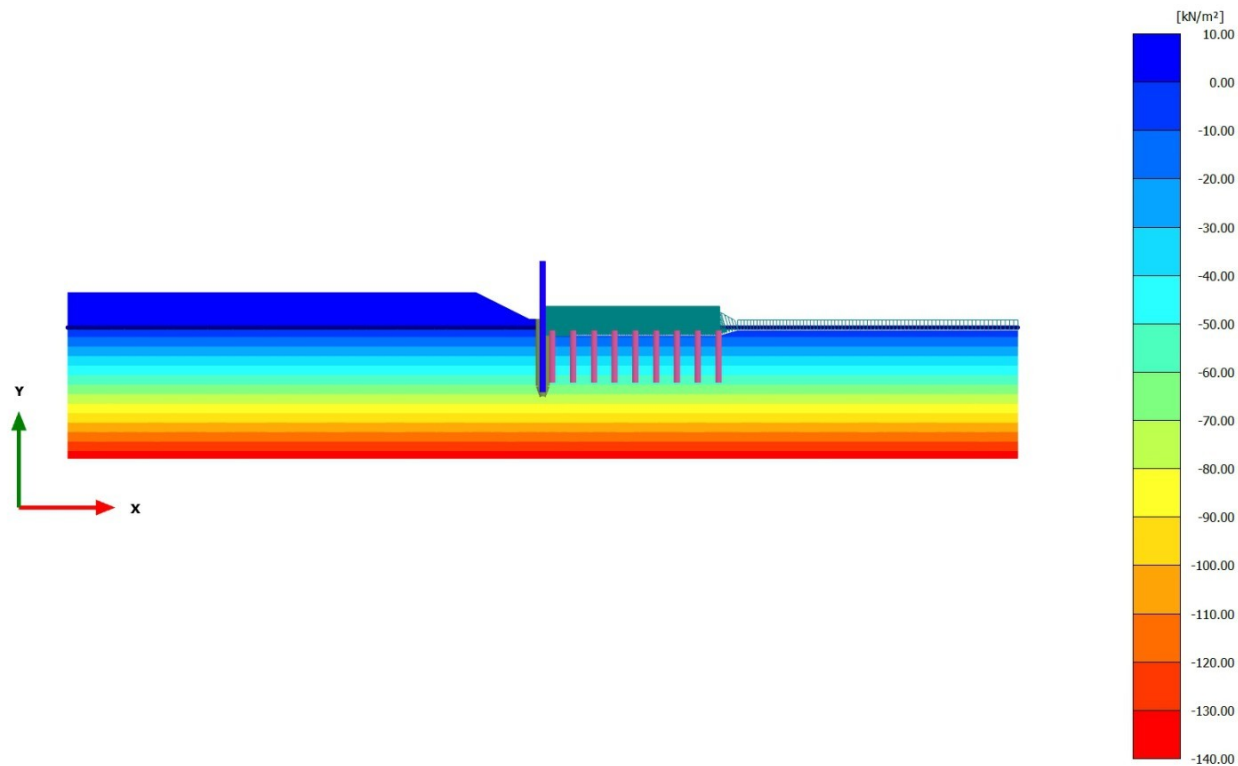


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = -25.00 kN/m² (Element 2513 at Node 24087)

Minimum value = -198.9 kN/m² (Element 4136 at Node 9707)

2.2.1.1.10 Calculation results, ontgraving 6.3 [Phase_17] (17/219), Active pore pressures p_{active}

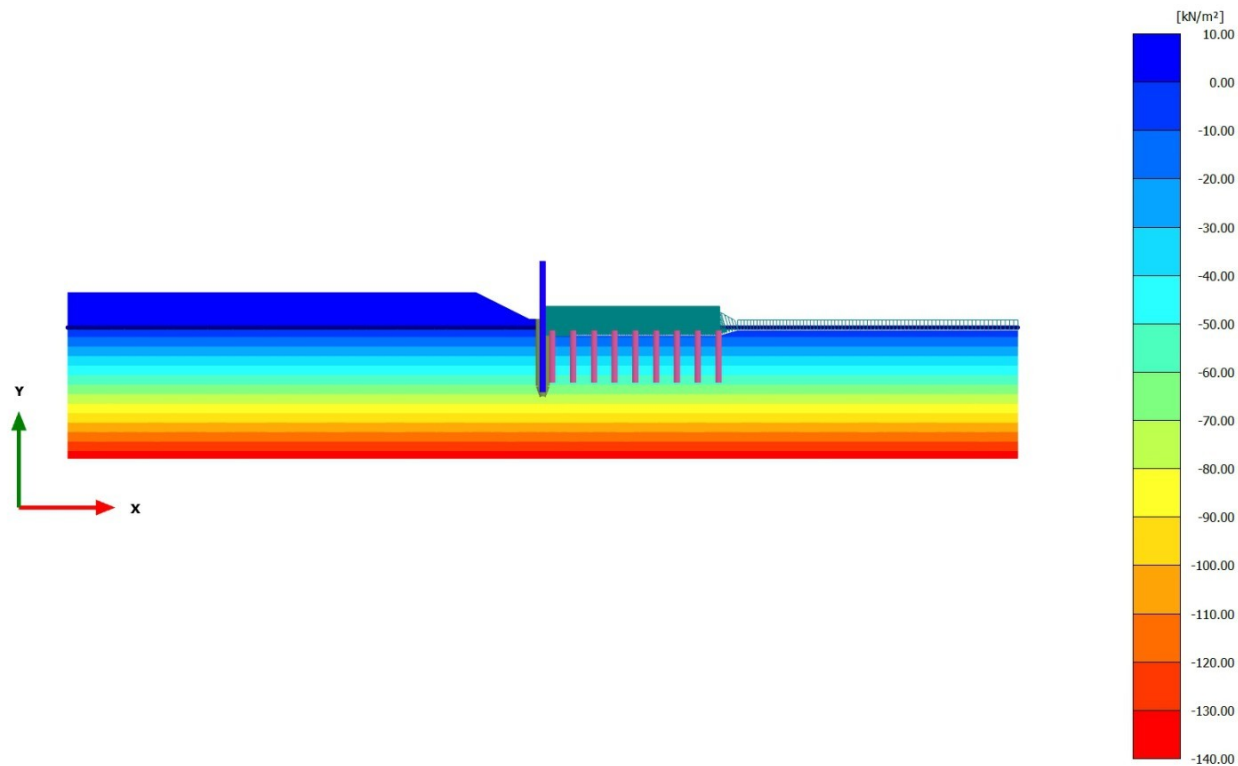


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3656 day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 487 at Node 681)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 4217 at Node 26809)

2.2.1.1.11 Calculation results, ontgraving 6.4 [Phase_18] (18/223), Active pore pressures p_{active}

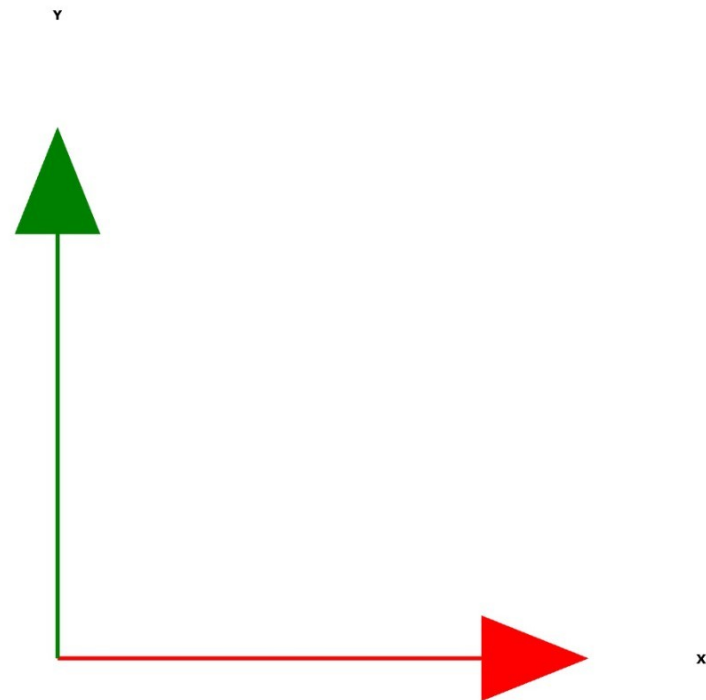


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3656 day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 487 at Node 681)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 4217 at Node 26809)

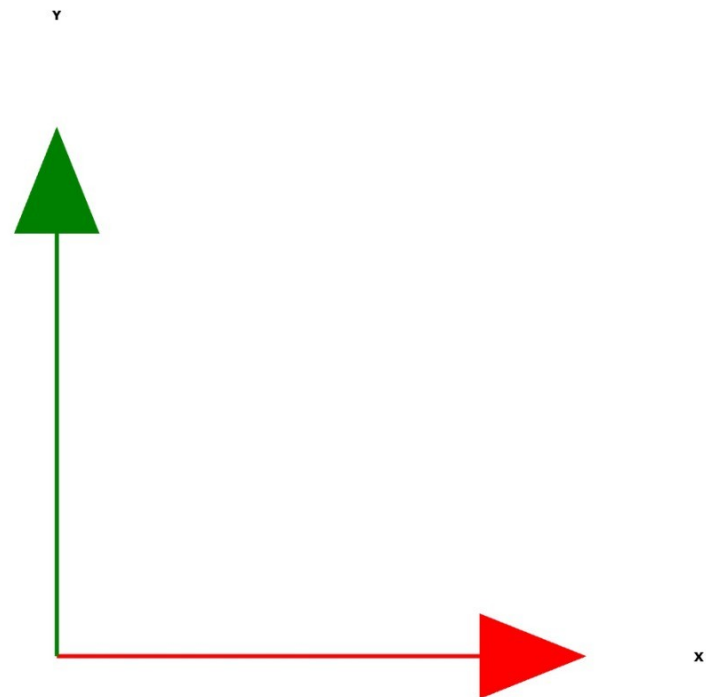
3.1.1.1.1 Calculation results, Plate, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Total displacements u_x



Total displacements u_x (at true scale)

No results

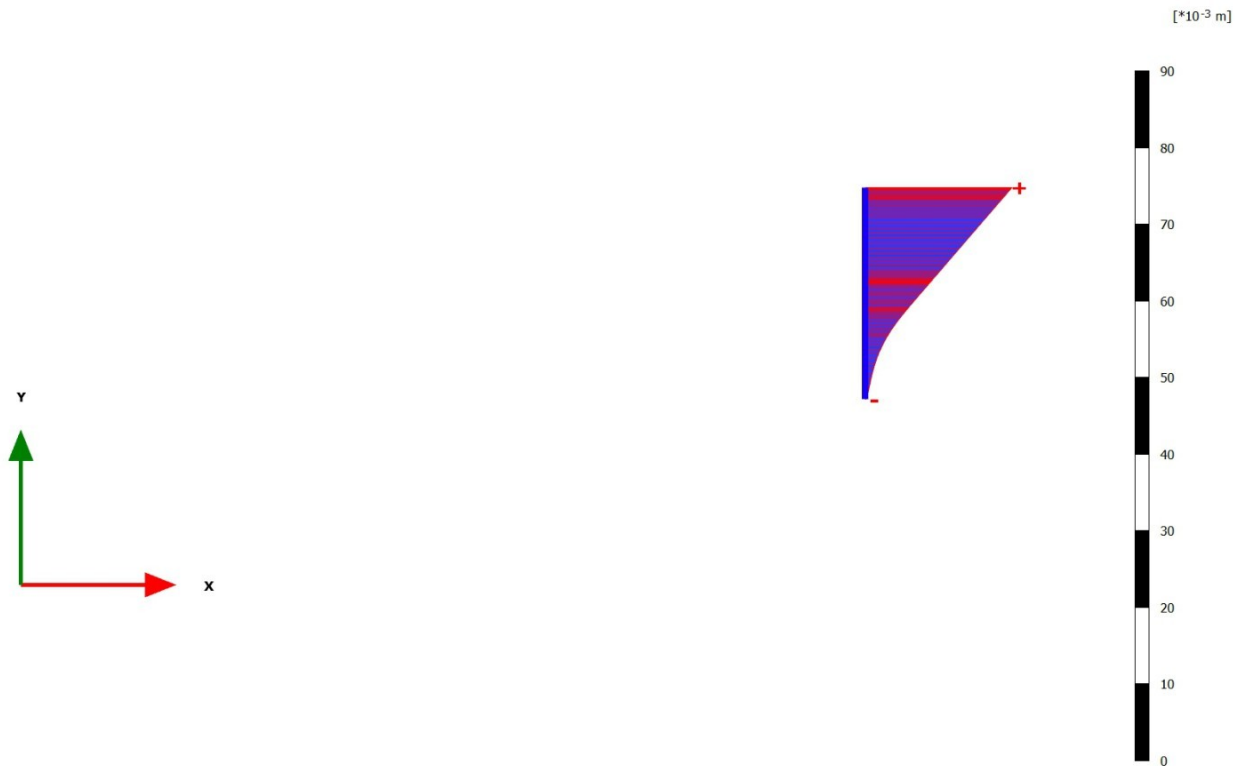
3.1.1.1.2 Calculation results, Plate, Aanbrengen bouwplateau NAP +15 [Phase_51] (51/20), Total displacements u_x



Total displacements u_x (at true scale) (Time 3652 day)

No results

3.1.1.1.3 Calculation results, Plate, 2.a Ontgraving [Phase_1] (1/38), Total displacements u_x

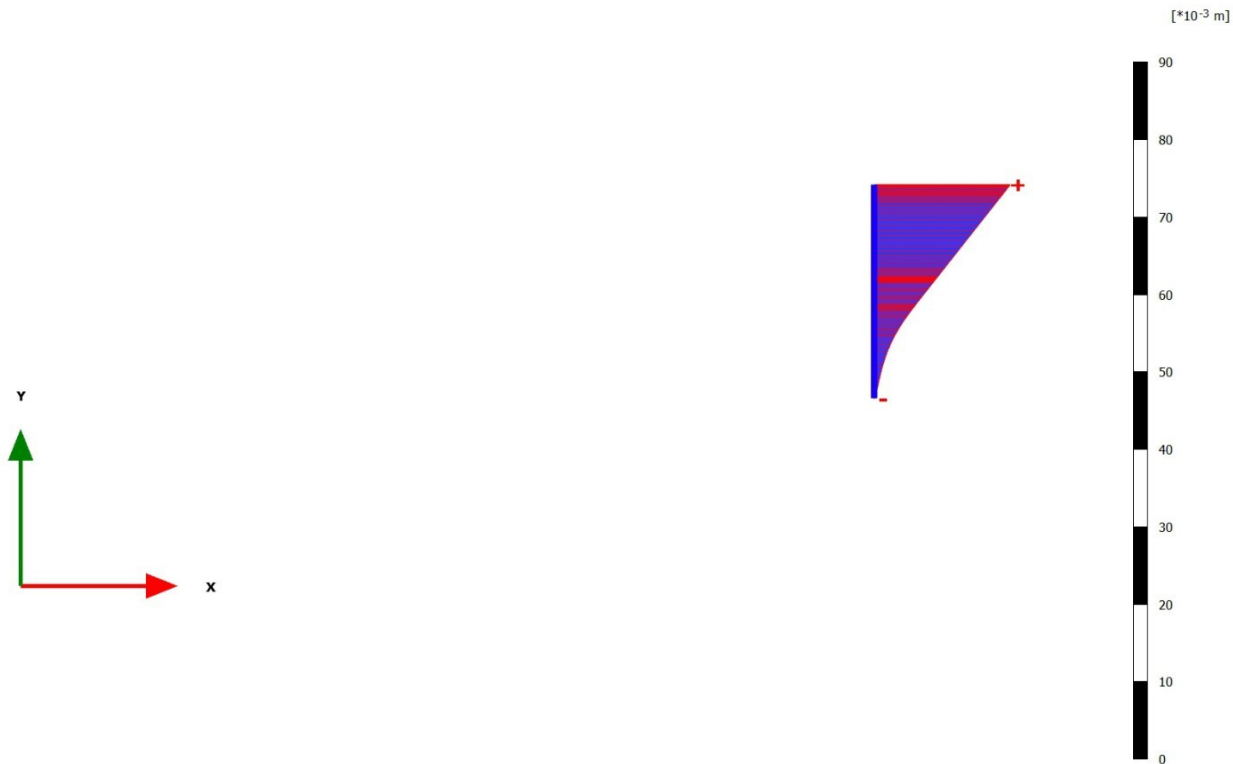


Total displacements u_x (scaled up 500 times) (Time 3655 day)

Maximum value = 0.01919 m (Element 1 at Node 13442)

Minimum value = 0.2071*10⁻³ m (Element 25 at Node 19502)

3.1.1.1.4 Calculation results, Plate, 2.d Ruwbouw gemaal [Phase_4] (4/45), Total displacements u_x

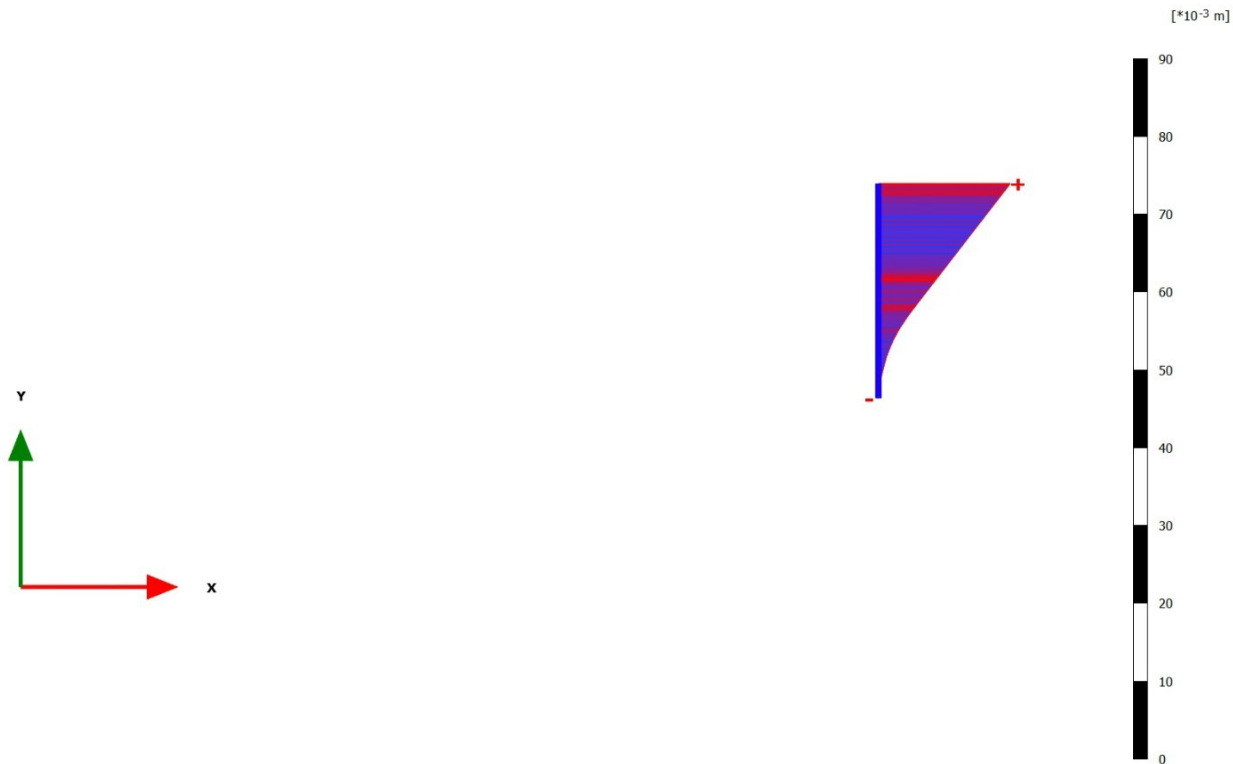


Total displacements u_x (scaled up 500 times) (Time 3656 day)

Maximum value = 0.01763 m (Element 1 at Node 13442)

Minimum value = $0.1593 \cdot 10^{-3}$ m (Element 25 at Node 19502)

3.1.1.1.1.5 Calculation results, Plate, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/56), Total displacements u_x

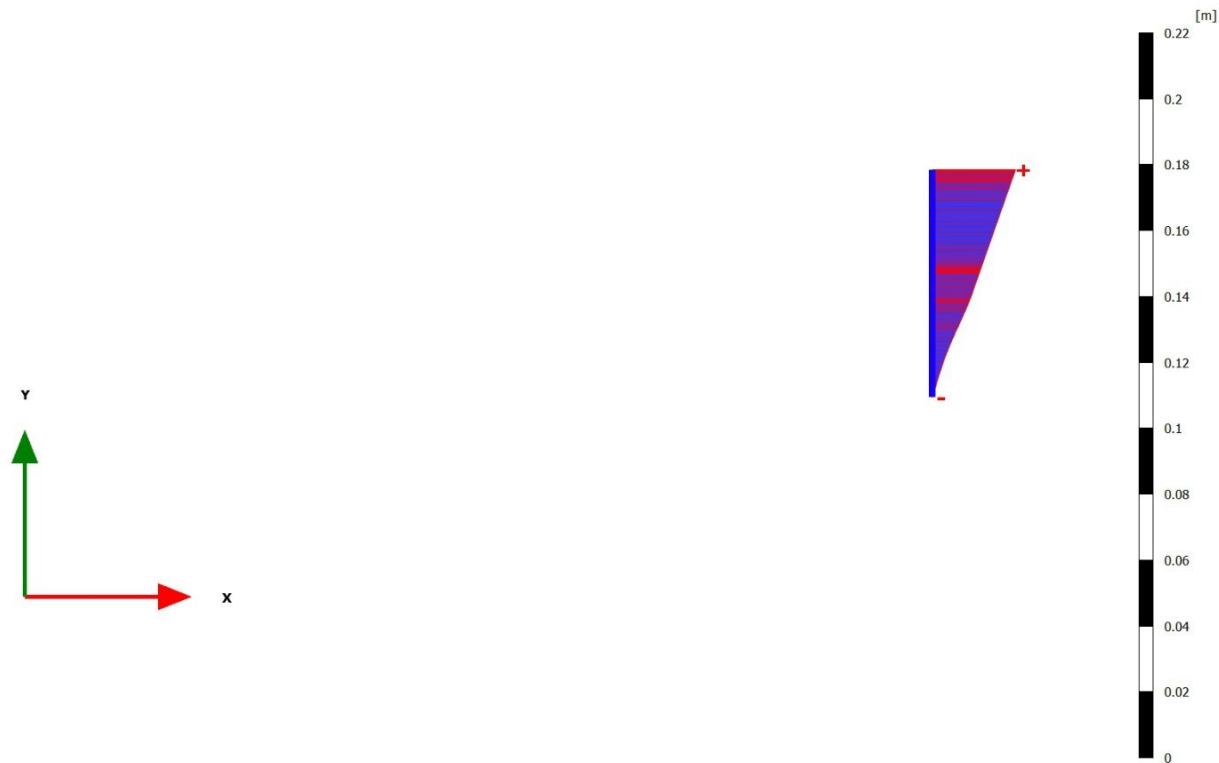


Total displacements u_x (scaled up 500 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.01698 m (Element 1 at Node 13442)

Minimum value = $-0.1413 \cdot 10^{-3}$ m (Element 25 at Node 19502)

3.1.1.1.6 Calculation results, Plate, Hoogwater_verkeer [Phase_6] (6/88), Total displacements u_x

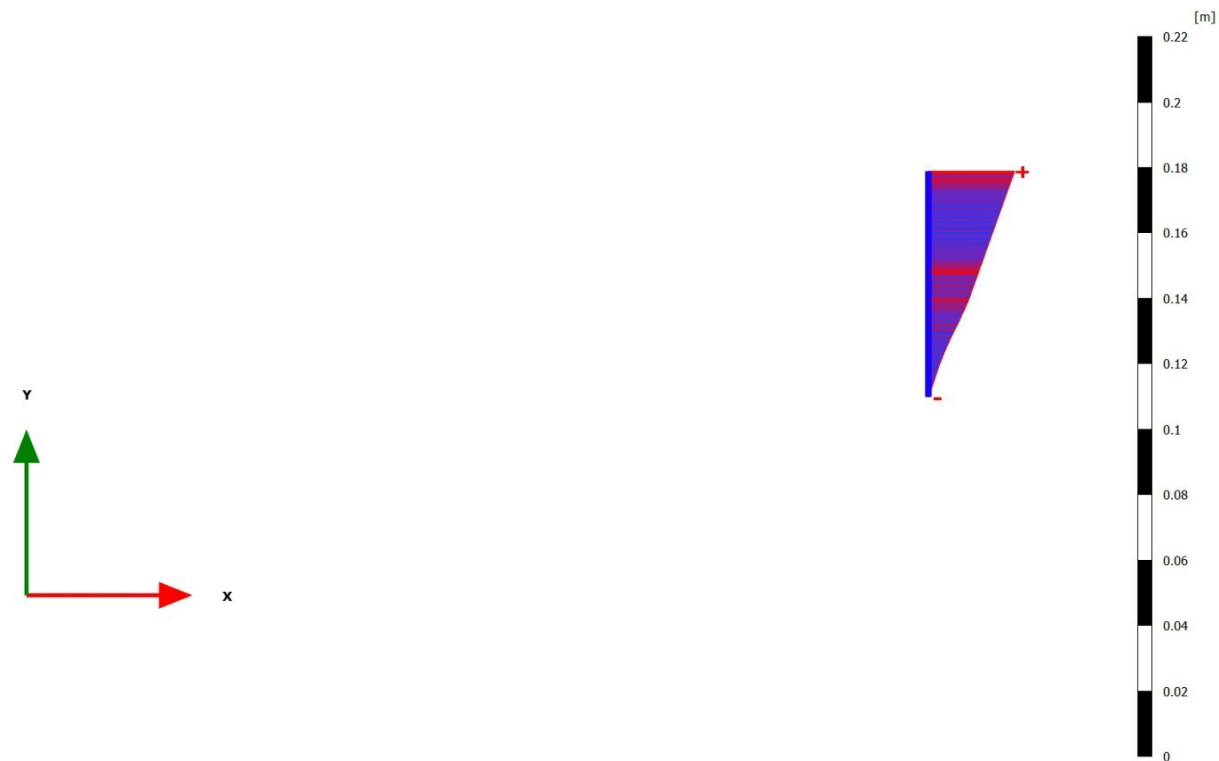


Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.02534 m (Element 1 at Node 13442)

Minimum value = $0.1623 \cdot 10^{-3}$ m (Element 25 at Node 19502)

3.1.1.1.7 Calculation results, Plate, Hoogwater_boomstam_verkeer [Phase_10] (10/91), Total displacements u_x

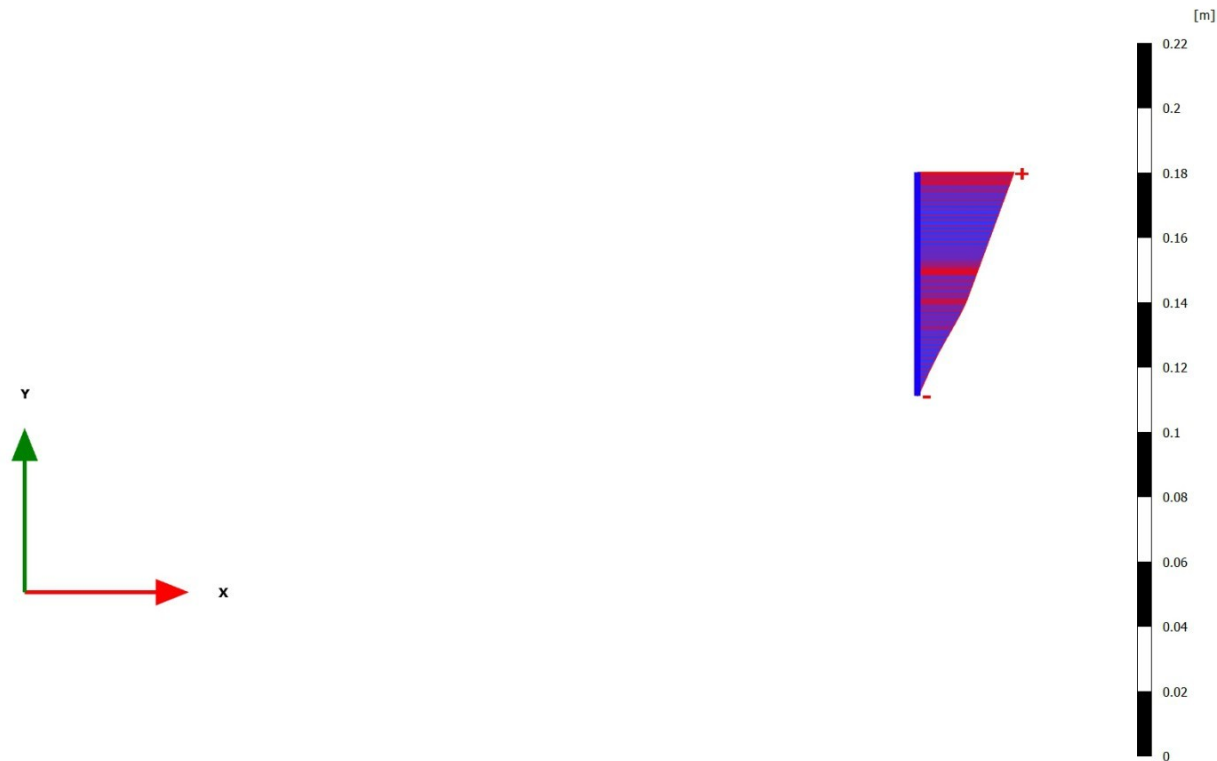


Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.02636 m (Element 1 at Node 13442)

Minimum value = $0.1736 \cdot 10^{-3}$ m (Element 25 at Node 19502)

3.1.1.1.8 Calculation results, Plate, Hoogwater_verkeer 6.3 [Phase_13] (13/99), Total displacements u_x

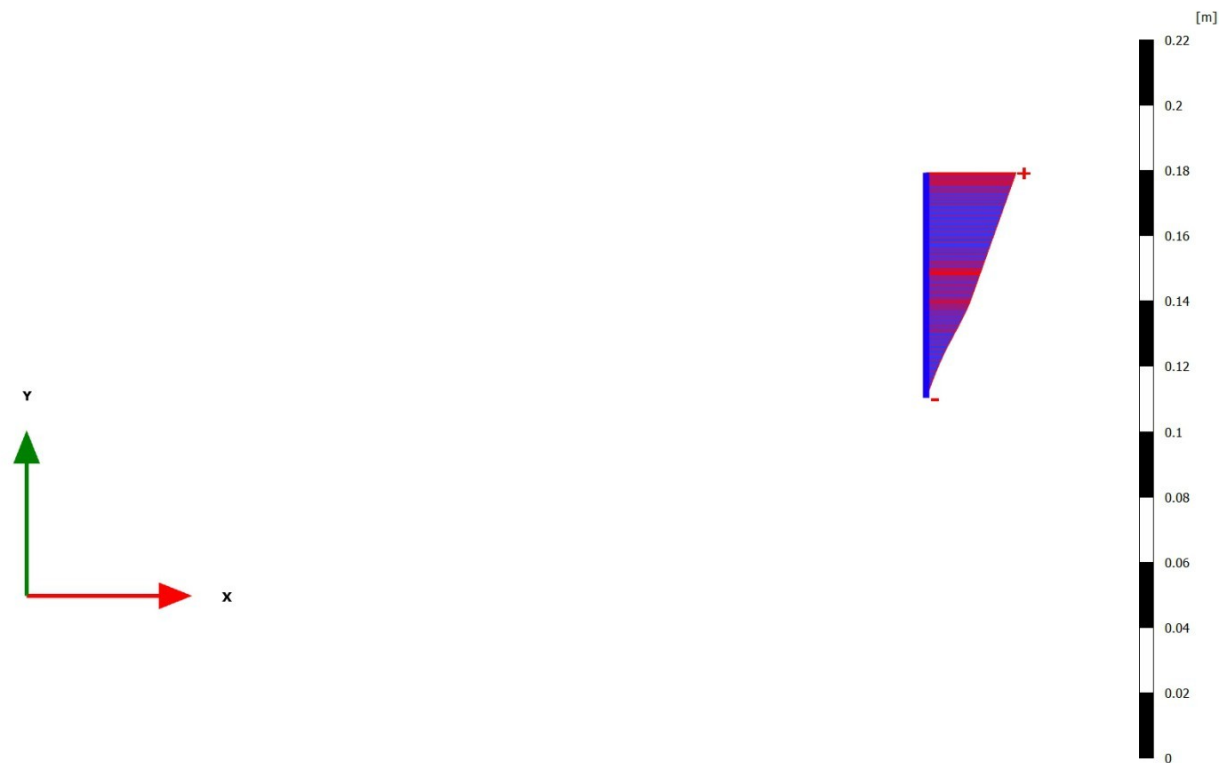


Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.02993 m (Element 1 at Node 13442)

Minimum value = $0.3694 \cdot 10^{-3}$ m (Element 25 at Node 19502)

3.1.1.1.9 Calculation results, Plate, Hoogwater_verkeer 6.4 [Phase_14] (14/106), Total displacements u_x

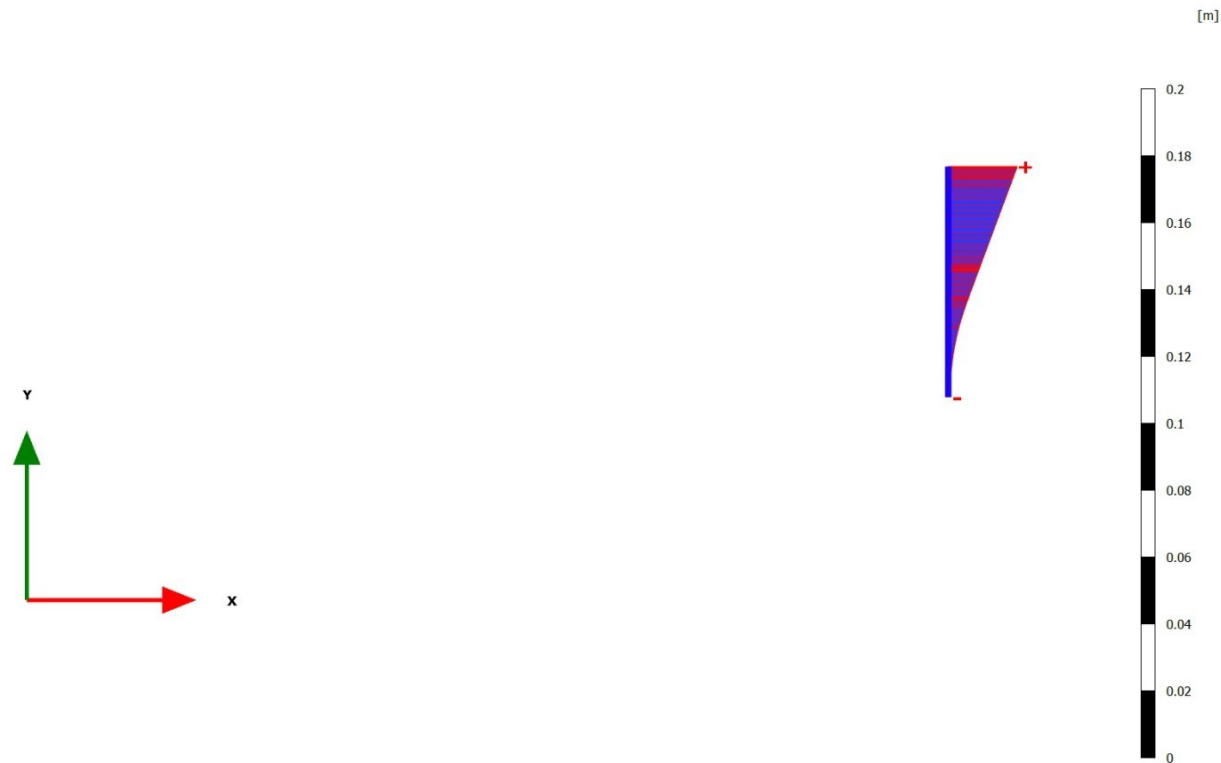


Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.02760 m (Element 1 at Node 13442)

Minimum value = $0.07018 \cdot 10^{-3}$ m (Element 25 at Node 19502)

3.1.1.1.10 Calculation results, Plate, ontgraving 6.3 [Phase_17] (17/219), Total displacements u_x

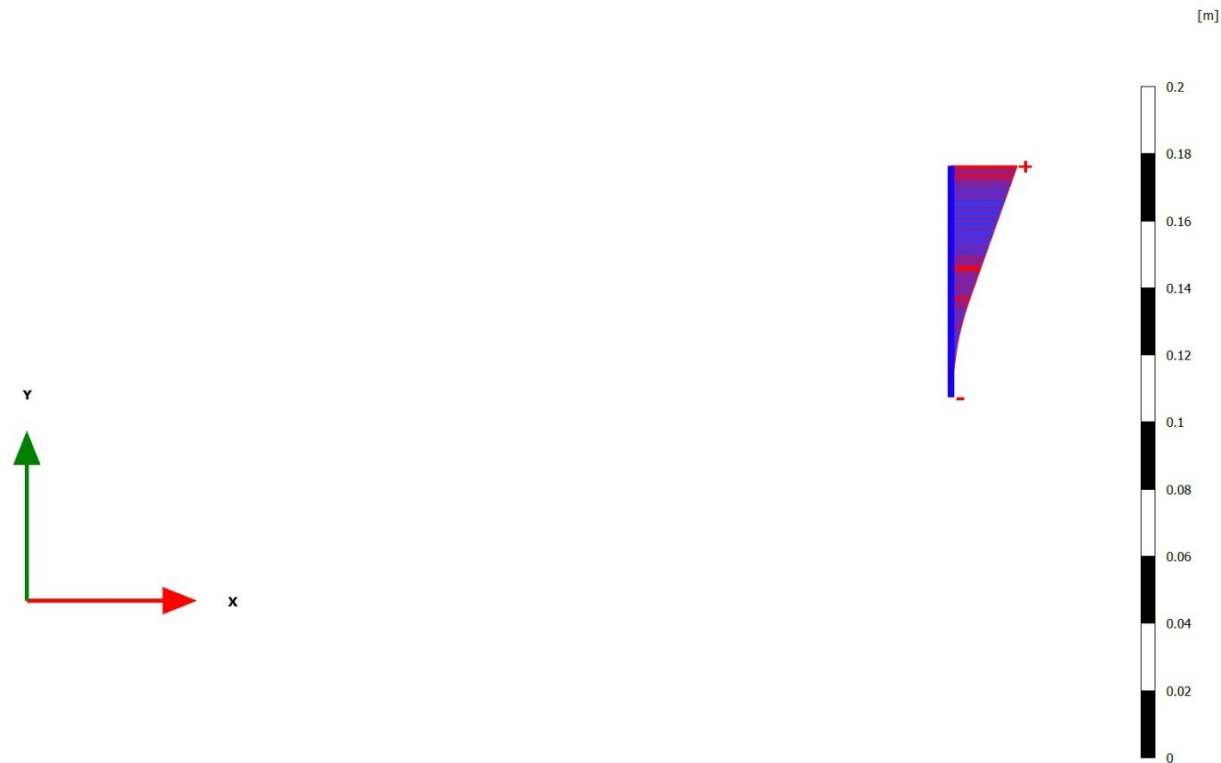


Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time 3656 day)

Maximum value = 0.02070 m (Element 1 at Node 13442)

Minimum value = $0.1703 \cdot 10^{-3}$ m (Element 25 at Node 19502)

3.1.1.1.11 Calculation results, Plate, ontgraving 6.4 [Phase_18] (18/223), Total displacements u_x

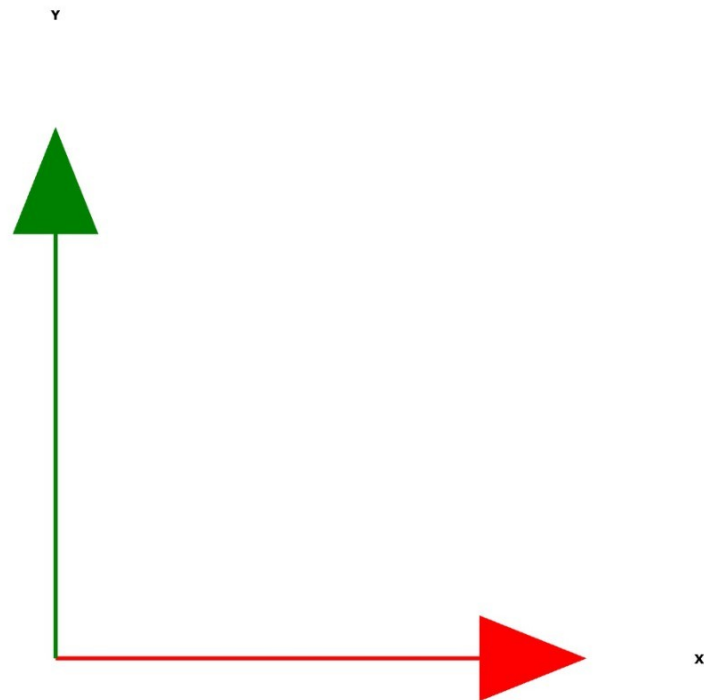


Total displacements u_x (scaled up 200 times) (Time 3656 day)

Maximum value = 0.01979 m (Element 1 at Node 13442)

Minimum value = $0.1992 \cdot 10^{-3}$ m (Element 25 at Node 19502)

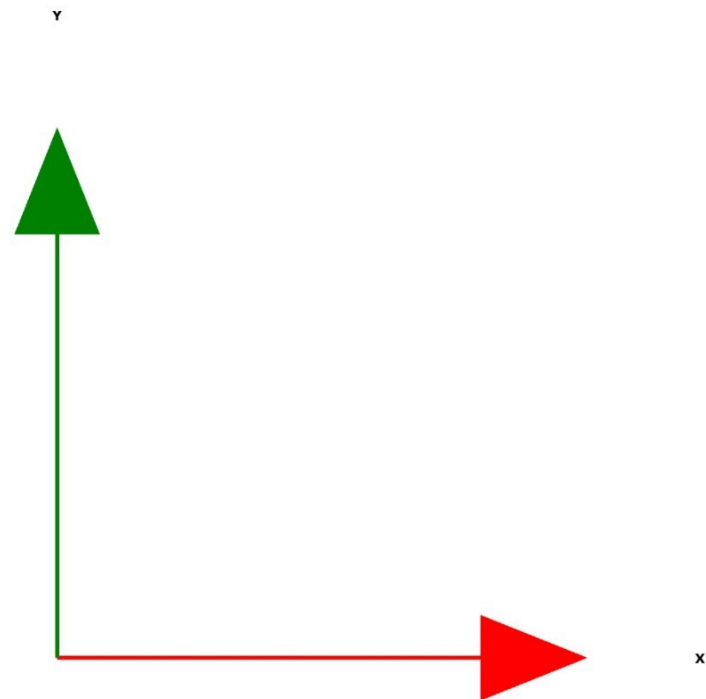
3.1.2.1.1 Calculation results, Plate, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 1.00 times)

No results

3.1.2.1.2 Calculation results, Plate, Aanbrengen bouwplateau NAP +15 [Phase_51] (51/20), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 1.00 times) (Time 3652 day)

No results

3.1.2.1.3 Calculation results, Plate, 2.a Ontgraving [Phase_1] (1/38), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 0.200 times) (Time 3655 day)

Maximum value = $0.4087 \cdot 10^{-12}$ kN m/m (Element 1 at Node 13441)

Minimum value = -28.79 kN m/m (Element 22 at Node 17014)

3.1.2.1.4 Calculation results, Plate, 2.d Ruwbouw gemaal [Phase_4] (4/45), Bending moments M

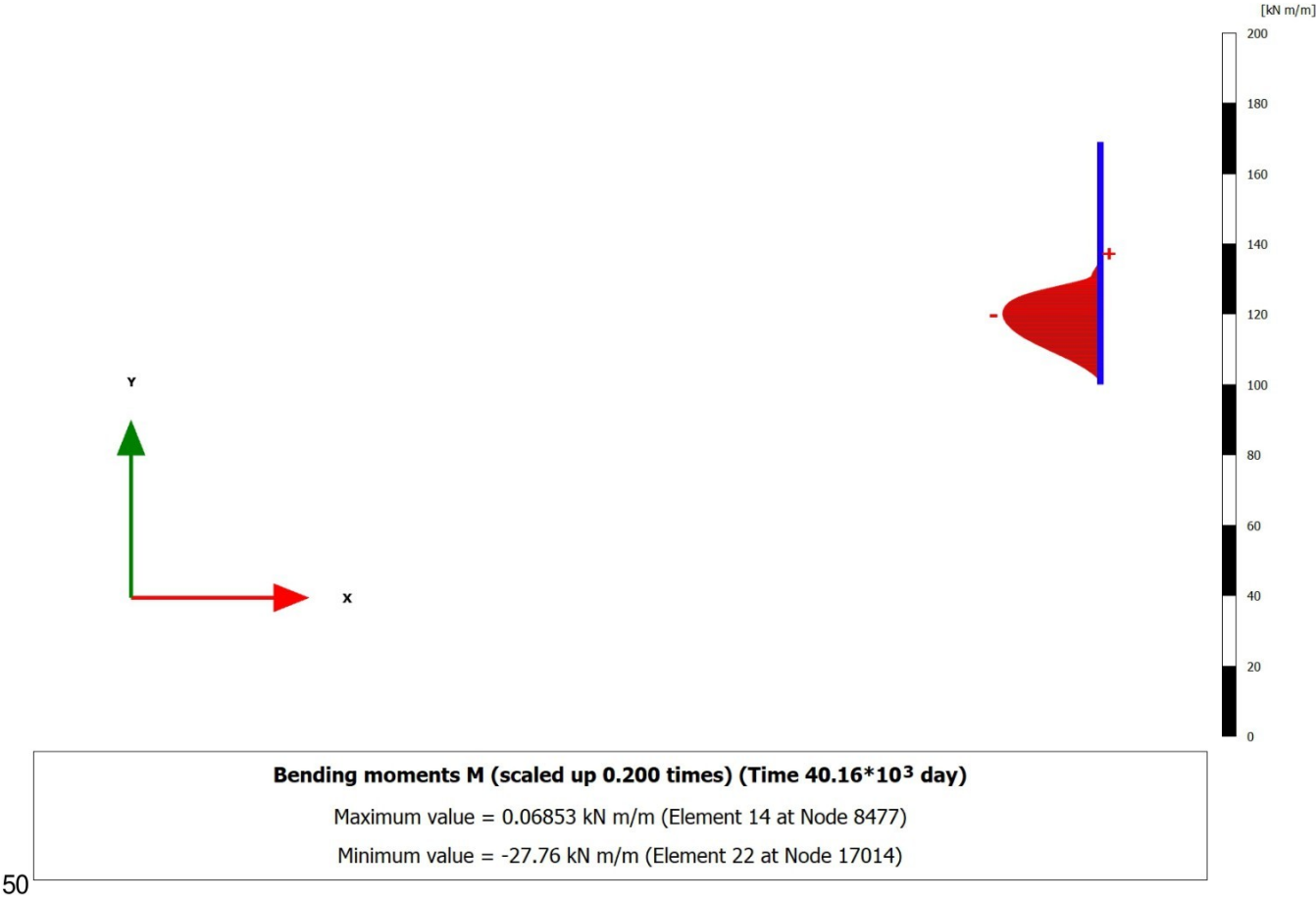


Bending moments M (scaled up 0.200 times) (Time 3656 day)

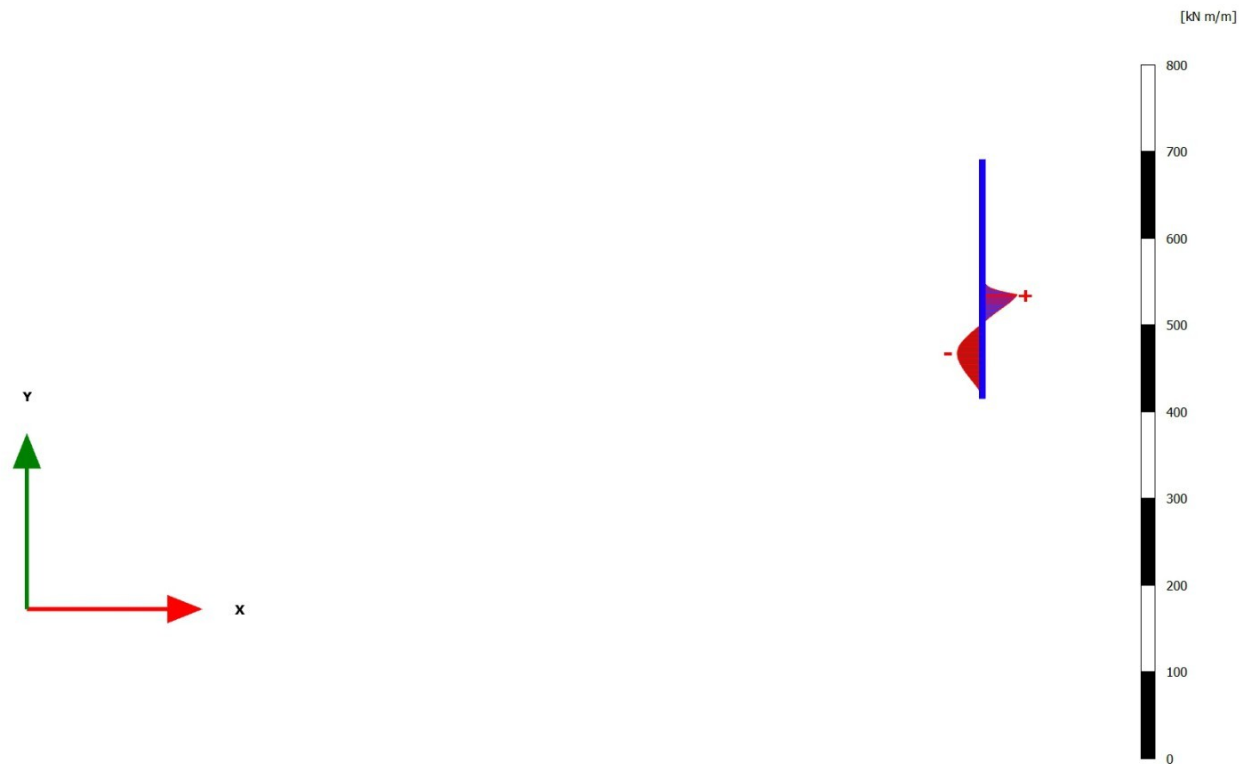
Maximum value = 0.02621 kN m/m (Element 13 at Node 8477)

Minimum value = -25.46 kN m/m (Element 21 at Node 17014)

3.1.2.1.5 Calculation results, Plate, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/56), Bending moments M



3.1.2.1.6 Calculation results, Plate, Hoogwater_verkeer [Phase_6] (6/88), Bending moments M

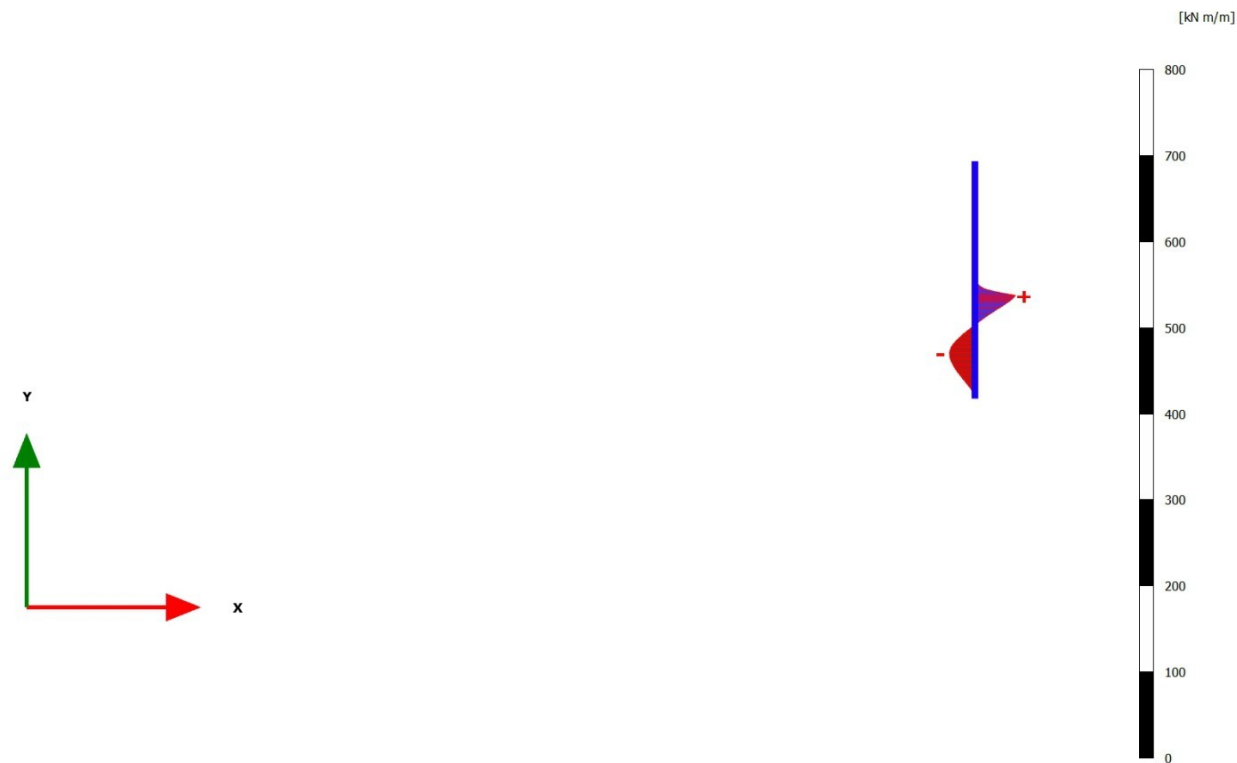


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 40.04 kN m/m (Element 16 at Node 11187)

Minimum value = -29.13 kN m/m (Element 23 at Node 17157)

3.1.2.1.7 Calculation results, Plate, Hoogwater_boomstam_verkeer [Phase_10] (10/91), Bending moments M

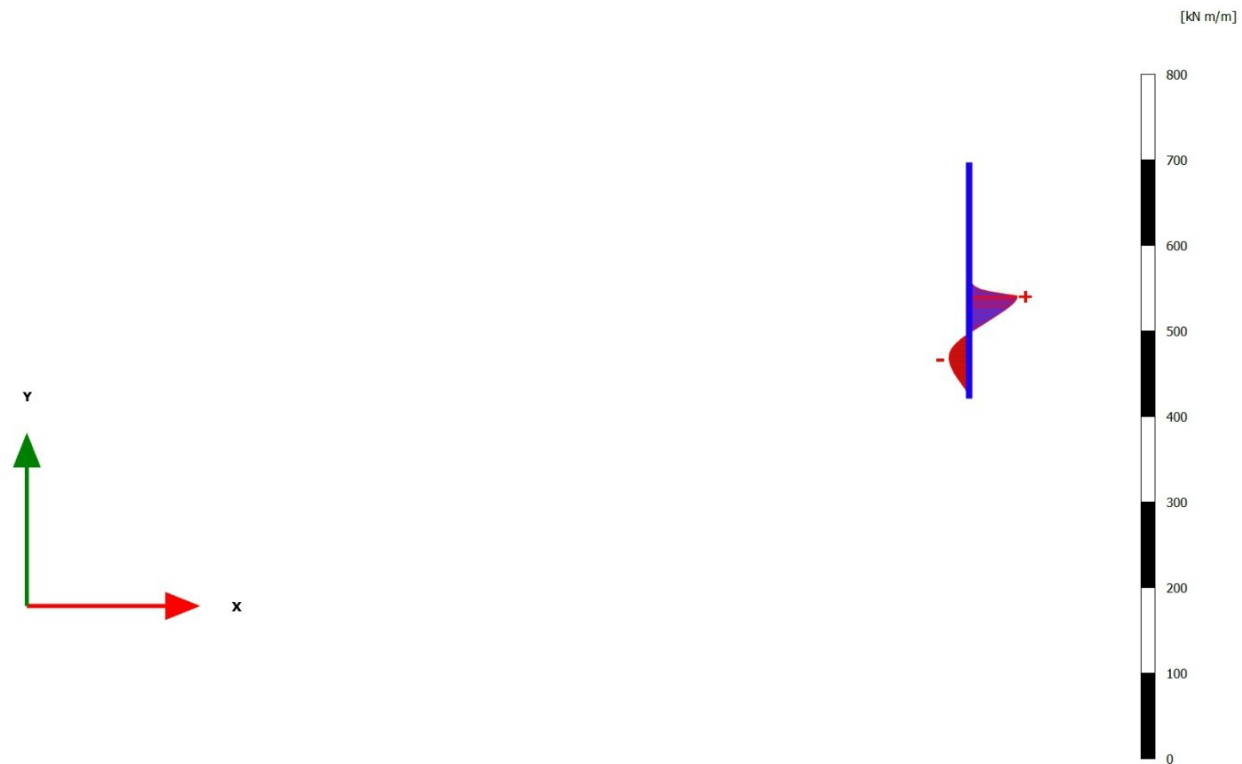


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 47.35 kN m/m (Element 17 at Node 11187)

Minimum value = -29.69 kN m/m (Element 23 at Node 17157)

3.1.2.1.8 Calculation results, Plate, Hoogwater_verkeer 6.3 [Phase_13] (13/99), Bending moments M

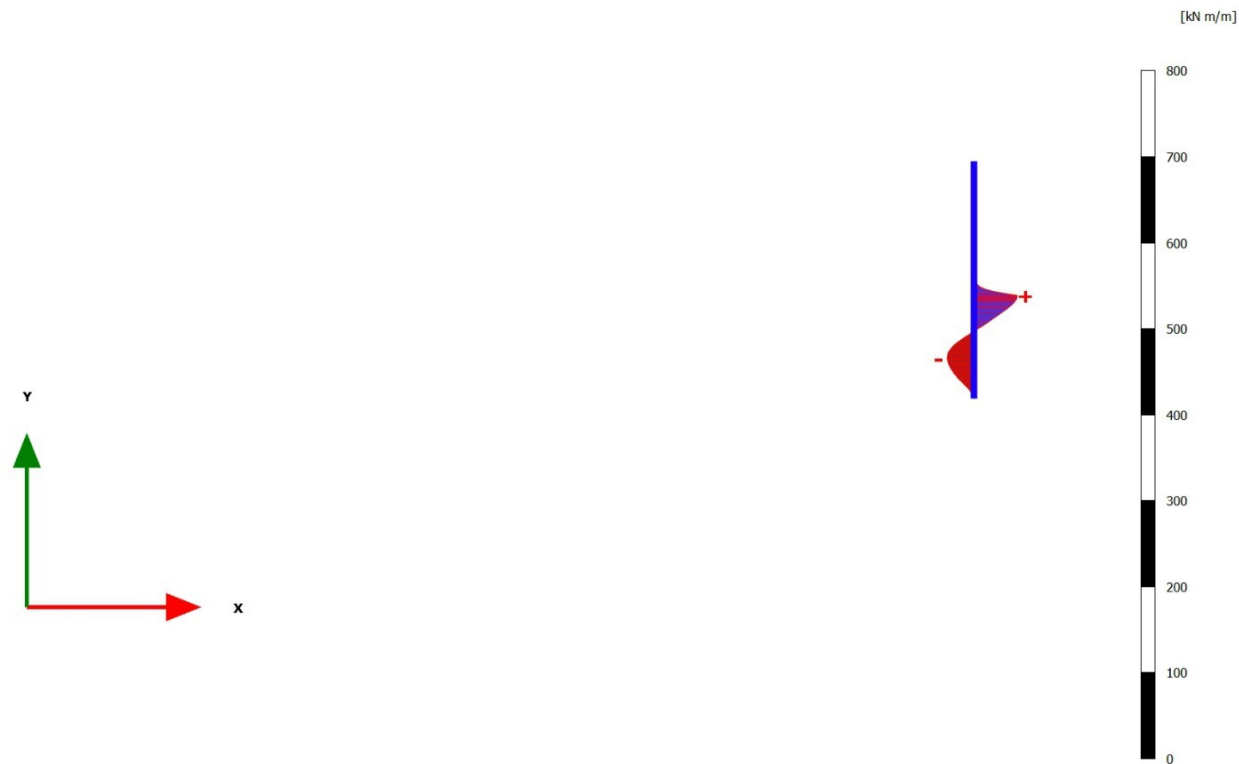


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 56.15 kN m/m (Element 16 at Node 11187)

Minimum value = -23.69 kN m/m (Element 23 at Node 17158)

3.1.2.1.9 Calculation results, Plate, Hoogwater_verkeer 6.4 [Phase_14] (14/106), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 50.20 kN m/m (Element 17 at Node 11189)

Minimum value = -31.22 kN m/m (Element 23 at Node 17158)

3.1.2.1.10 Calculation results, Plate, ontgraving 6.3 [Phase_17] (17/219), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 0.200 times) (Time 3656 day)

Maximum value = $0.3343 \cdot 10^{-12}$ kN m/m (Element 1 at Node 13445)

Minimum value = -31.54 kN m/m (Element 22 at Node 17014)

3.1.2.1.11 Calculation results, Plate, ontgraving 6.4 [Phase_18] (18/223), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 0.200 times) (Time 3656 day)

Maximum value = $0.2177 \cdot 10^{-12}$ kN m/m (Element 1 at Node 13441)

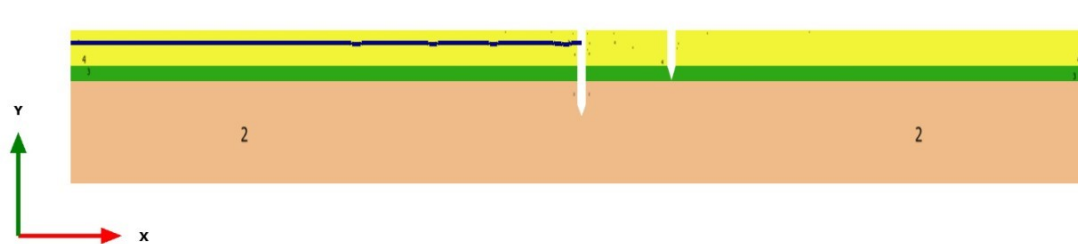
Minimum value = -29.92 kN m/m (Element 21 at Node 17014)

D.5 Doorsnede 'Kistdam onverankerd'

PLAXIS Report

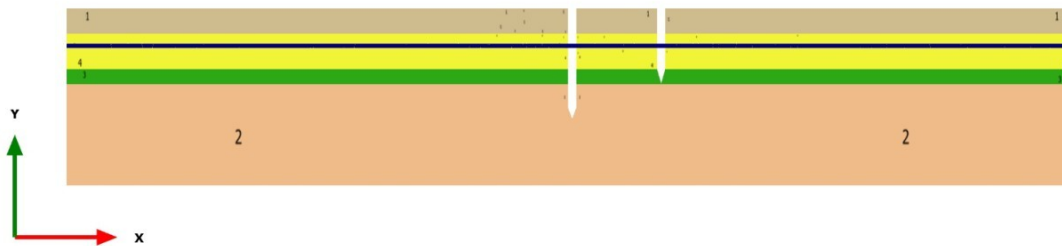
Filename	doorsnede2vrijstaand14.p2dx
Directory	C:\Users\ [redacted] \OneDrive - Fugro\Documents\Projecten\2423-247385 - Arcen\05 Kistdam\Plaxis\DO\Doorsnede_4_kistdam\
Model	Plane strain
Elements	15-Noded
PLAXIS Version	Version 2024.3.0.95

1.1.1.1 Calculation results, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Materials plot



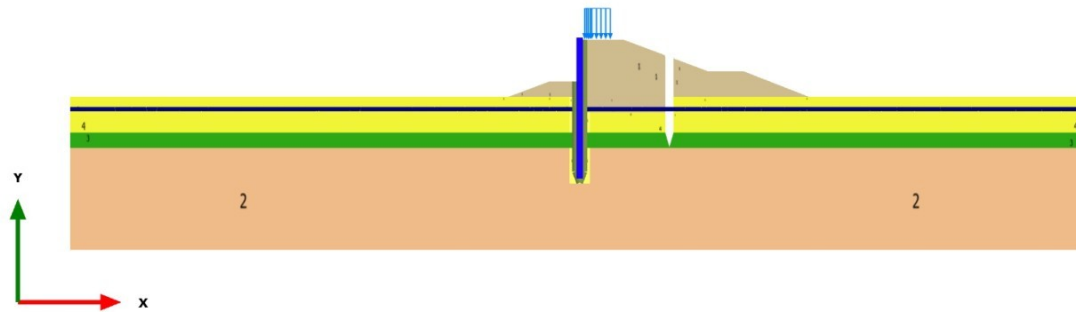
Materials plot

1.1.1.2 Calculation results, Aanbrengen bouwplateau NAP +15 [Phase_51] (51/17), Materials plot



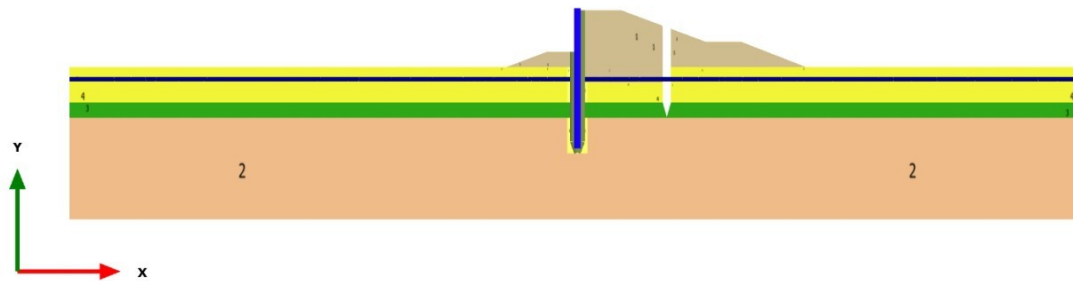
Materials plot

1.1.1.3 Calculation results, 2.e verwijderen plateau [Phase_3] (3/113), Materials plot



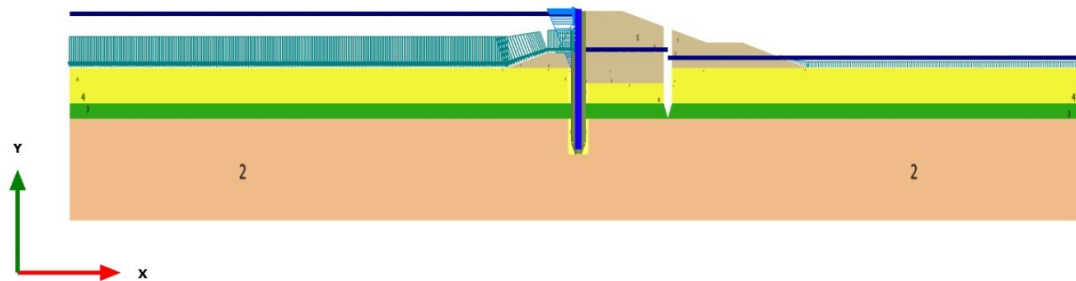
Materials plot

1.1.1.4 Calculation results, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/116), Materials plot



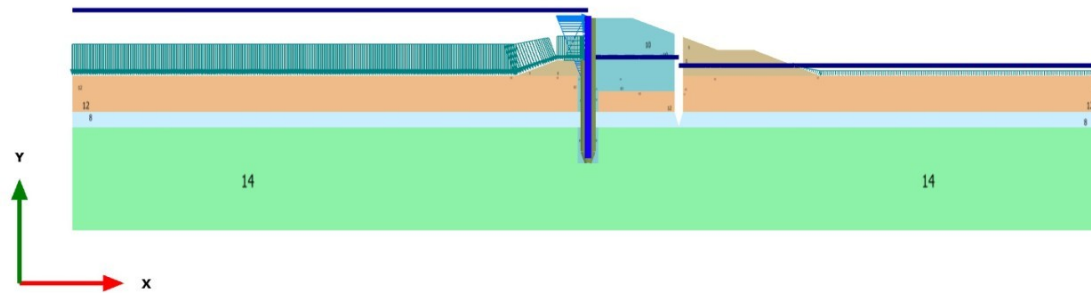
Materials plot

1.1.1.5 Calculation results, BS-1: Hoogwater belasting [Phase_6] (6/120), Materials plot



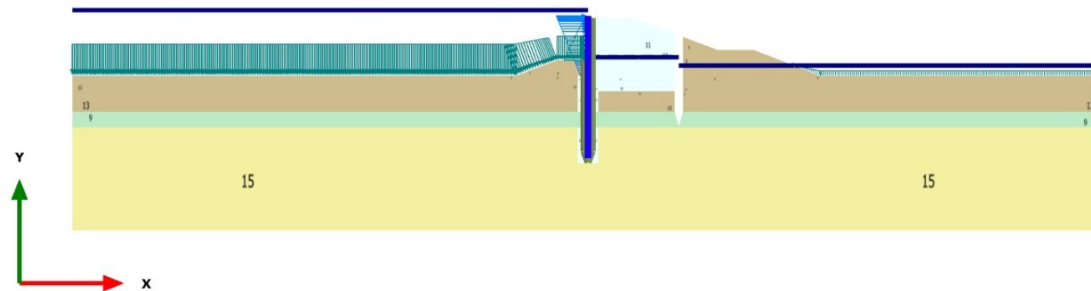
Materials plot

1.1.1.6 Calculation results, 6.3 [Phase_14] (14/126), Materials plot



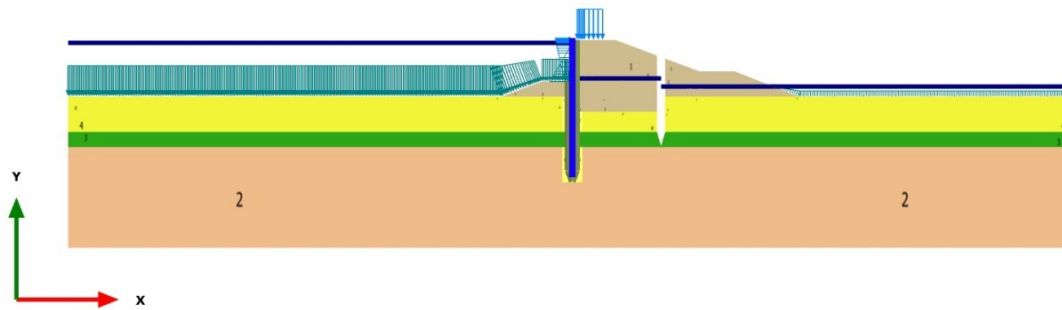
Materials plot

1.1.1.7 Calculation results, 6.4 [Phase_15] (15/231), Materials plot



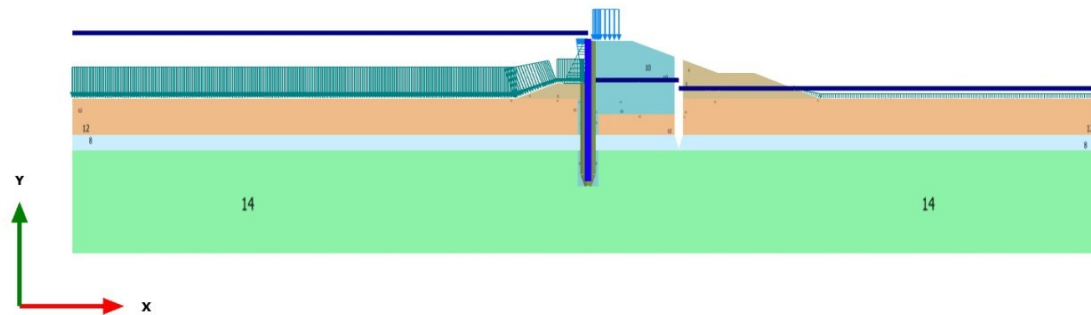
Materials plot

1.1.1.8 Calculation results, BS-2: Hoogwater belasting + Verkeer [Phase_13] (13/334), Materials plot



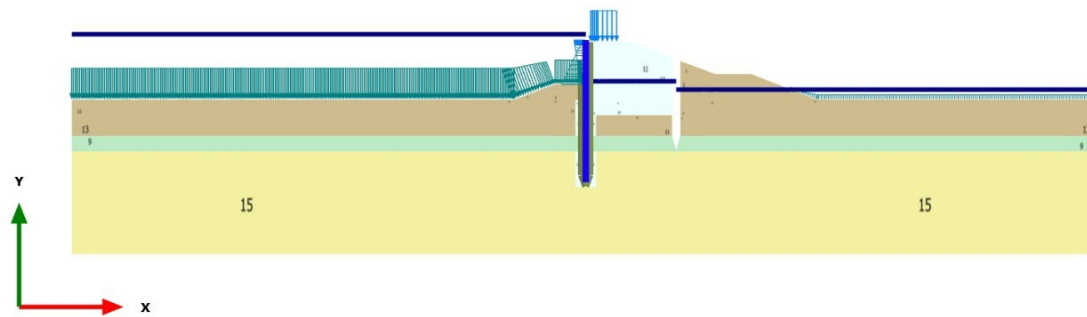
Materials plot

1.1.1.9 Calculation results, 6.3 [Phase_16] (16/339), Materials plot



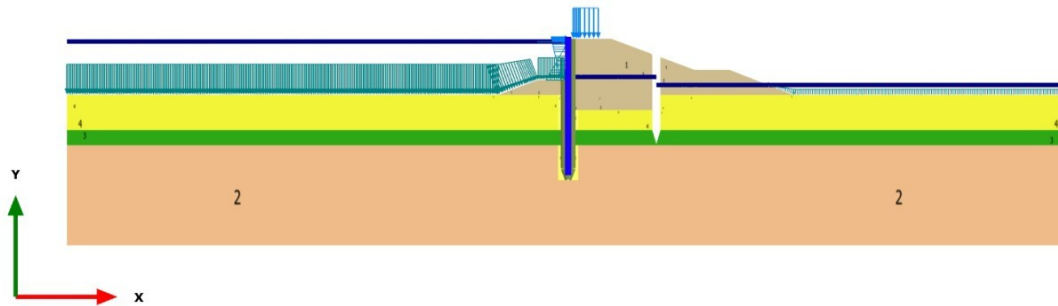
Materials plot

1.1.1.10 Calculation results, 6.4 [Phase_21] (21/442), Materials plot



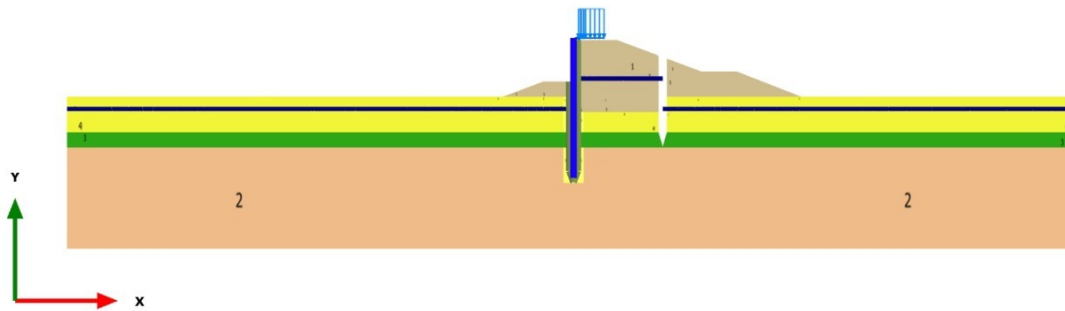
Materials plot

1.1.1.11 Calculation results, BS-4: Hoogwater belasting + Boomstam + verkeer [Phase_19] (19/545), Materials plot



Materials plot

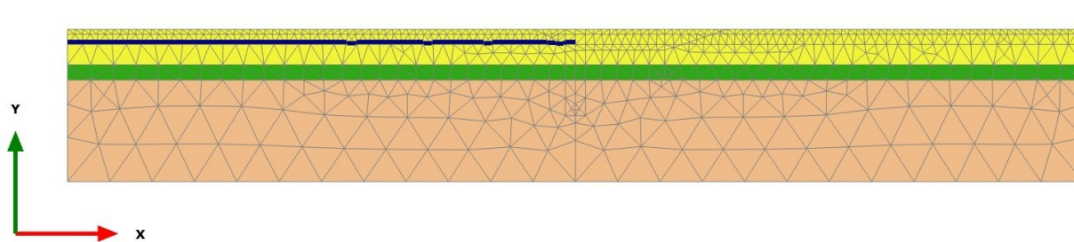
1.1.1.12 Calculation results, BS-8: Verkeer + schampkracht [Phase_37] (37/1035), Materials plot



Materials plot

2.1.1.1.1 Calculation results, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Total displacements

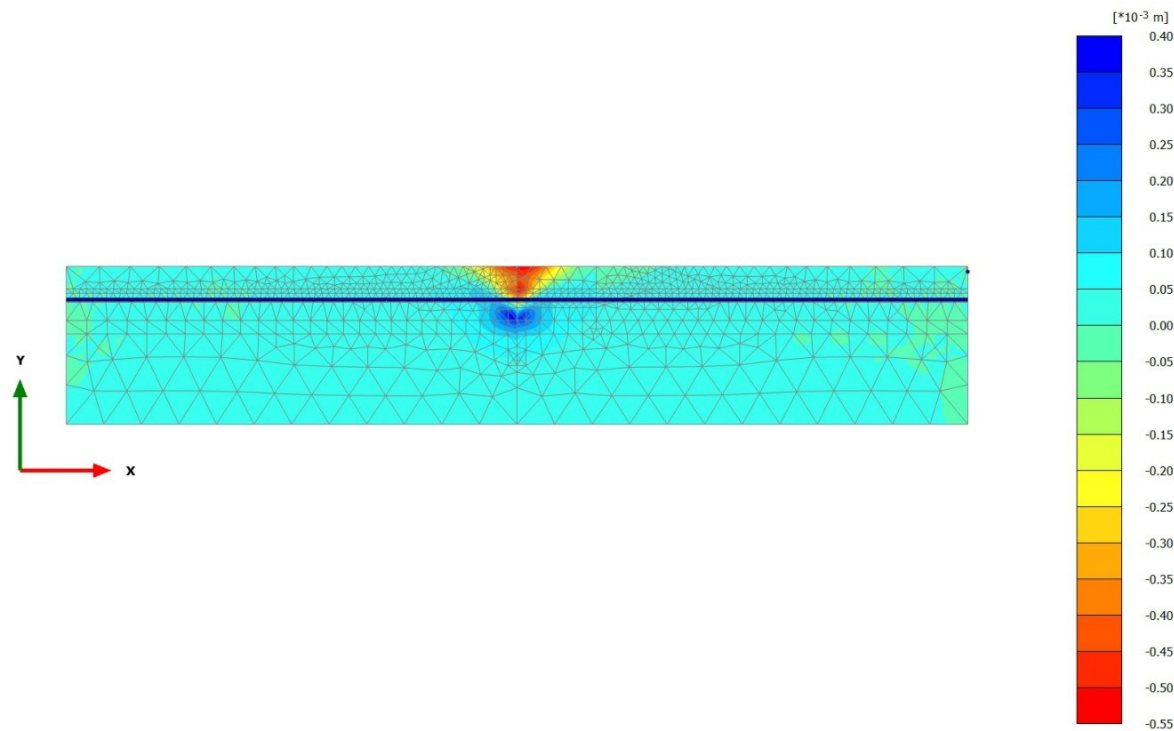
u_x



Total displacements u_x (at true scale)

Uniform value of 0.000 m

2.1.1.1.2 Calculation results, Aanbrengen bouwplateau NAP +15 [Phase_51] (51/17), Total displacements u_x

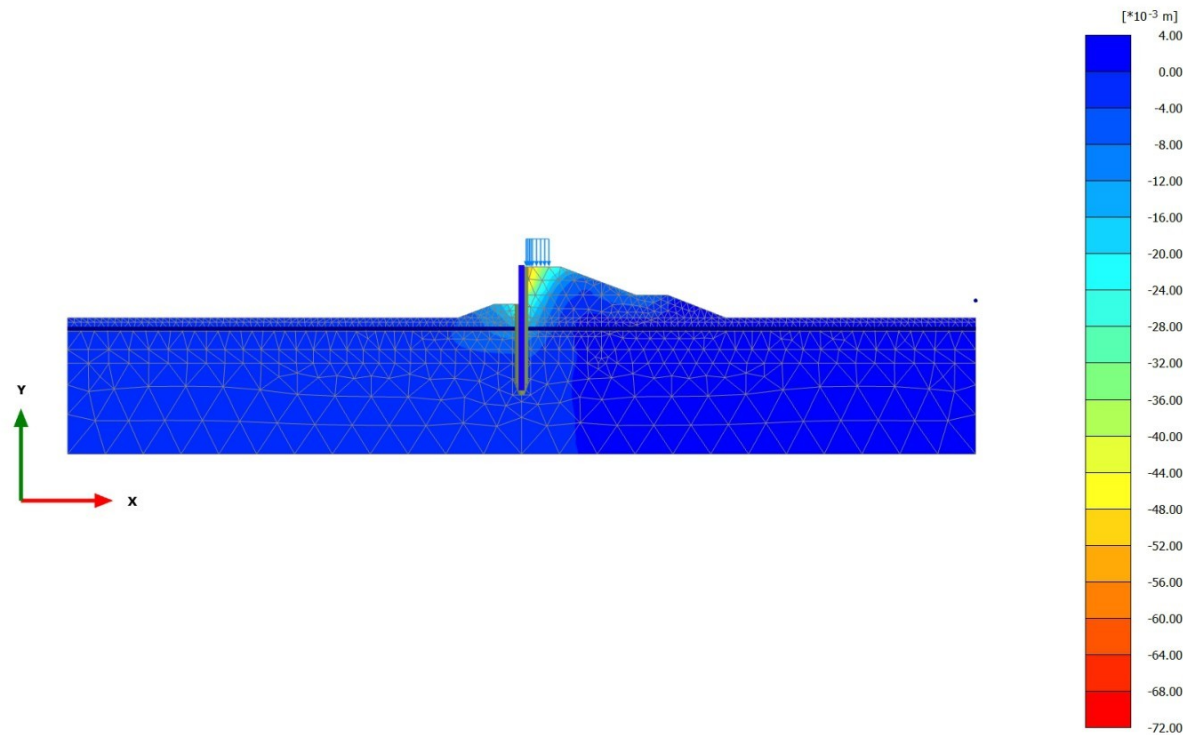


Total displacements u_x (scaled up $5.00 \cdot 10^3$ times) (Time 3652 day)

Maximum value = $0.3732 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1473 at Node 8608)

Minimum value = $-0.5440 \cdot 10^{-3}$ m (Element 697 at Node 8679)

2.1.1.1.3 Calculation results, 2.e verwijderen plateau [Phase_3] (3/113), Total displacements u_x

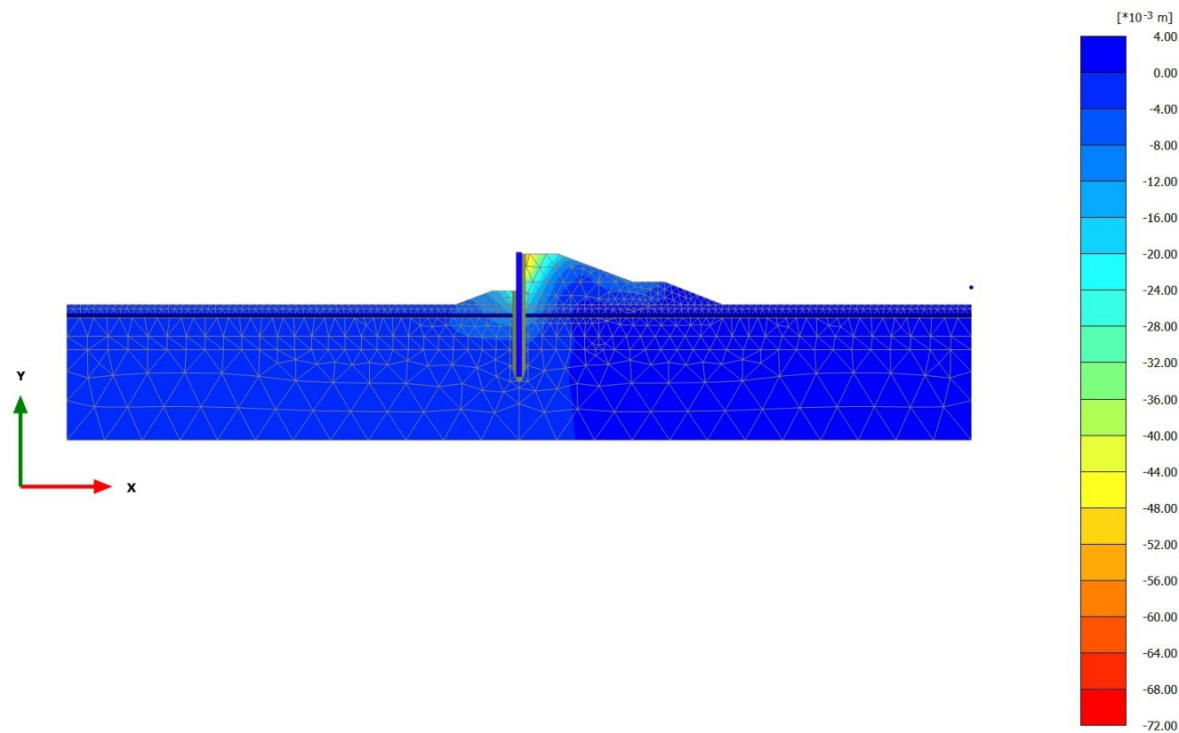


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time 3657 day)

Maximum value = $3.492 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1362 at Node 5942)

Minimum value = -0.07164 m (Element 336 at Node 9220)

2.1.1.1.4 Calculation results, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/116), Total displacements u_x

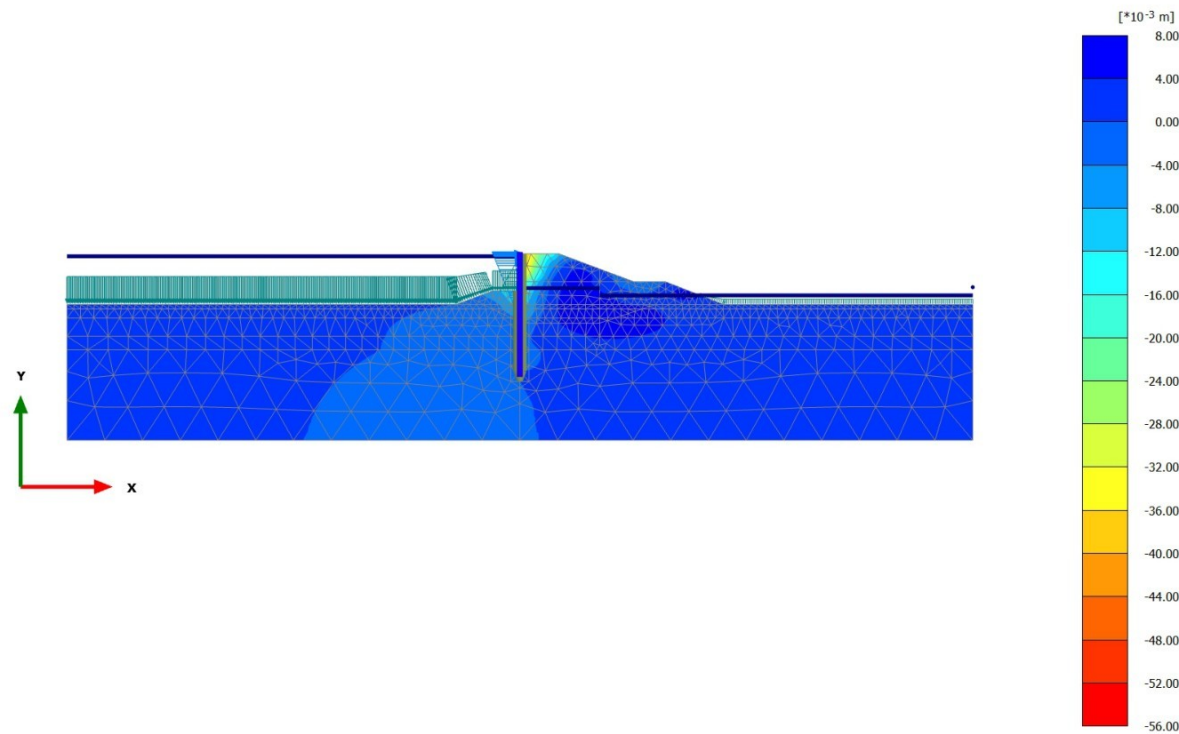


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time 40.16×10^3 day)

Maximum value = 3.489×10^{-3} m (Element 1362 at Node 5942)

Minimum value = -0.07147 m (Element 336 at Node 9220)

2.1.1.1.5 Calculation results, BS-1: Hoogwater belasting [Phase_6] (6/120), Total displacements u_x

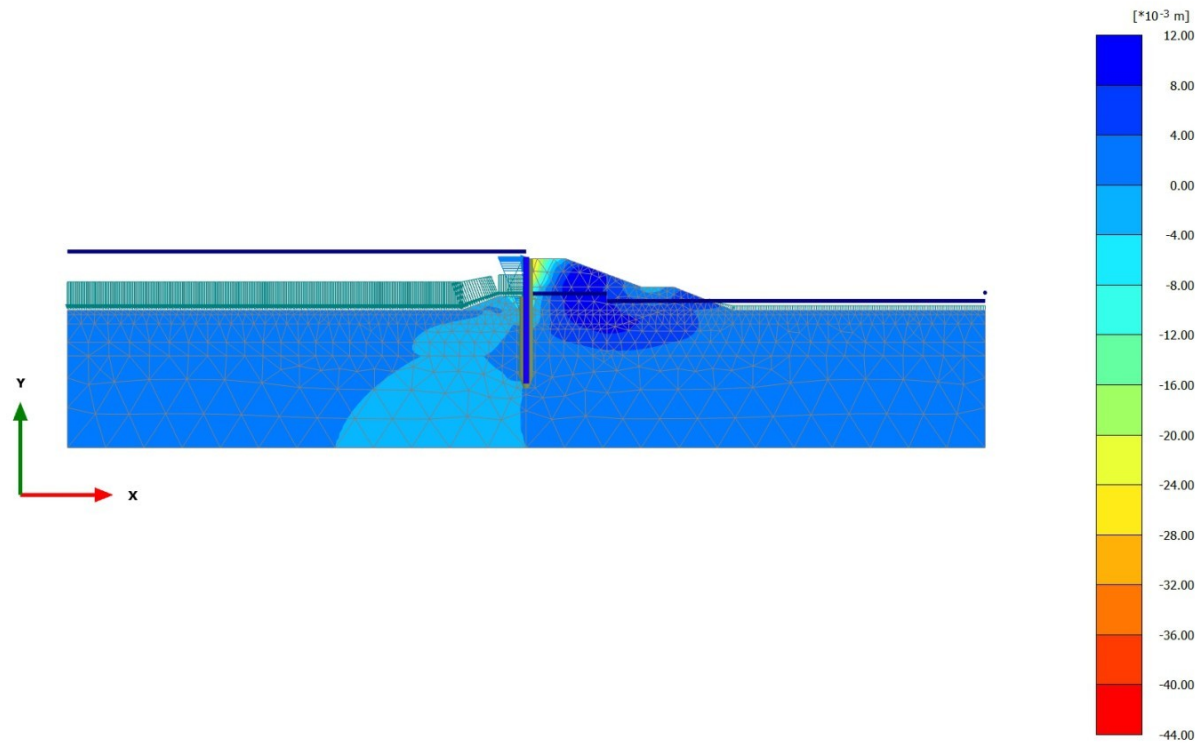


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = $7.616 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1362 at Node 6393)

Minimum value = -0.05460 m (Element 336 at Node 9220)

2.1.1.1.6 Calculation results, 6.3 [Phase_14] (14/126), Total displacements u_x

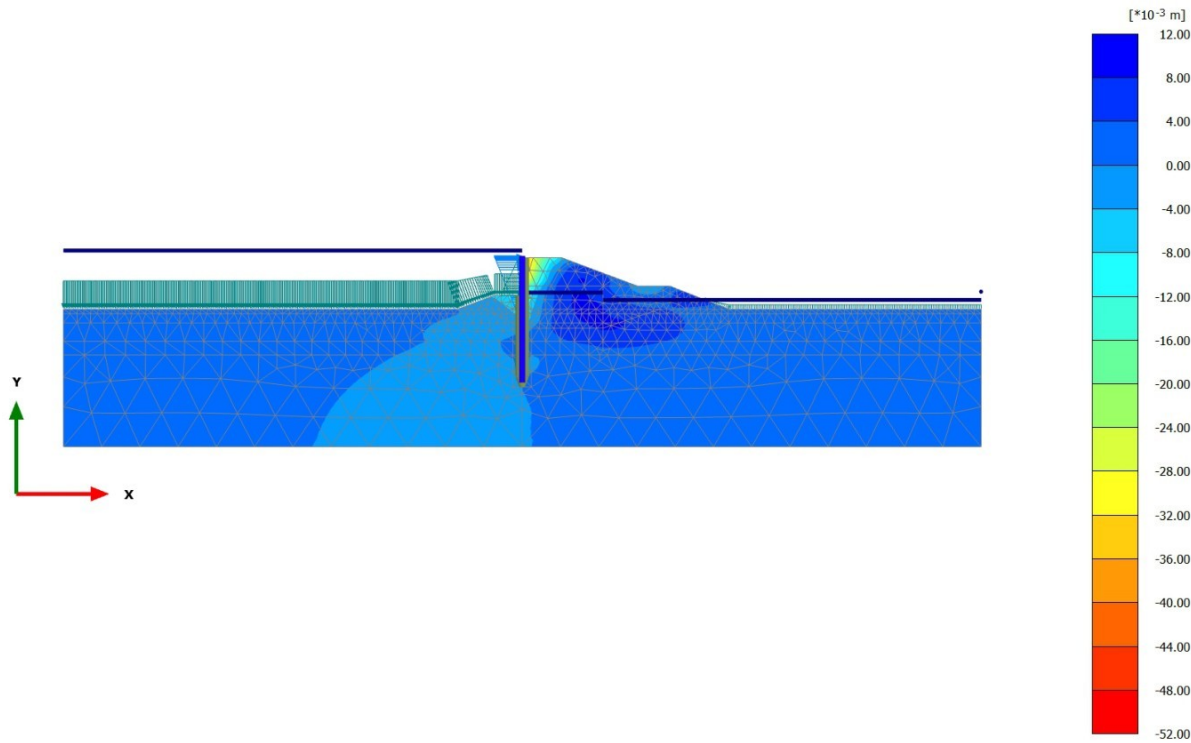


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.01110 m (Element 304 at Node 7437)

Minimum value = -0.04017 m (Element 336 at Node 9220)

2.1.1.1.7 Calculation results, 6.4 [Phase_15] (15/231), Total displacements u_x

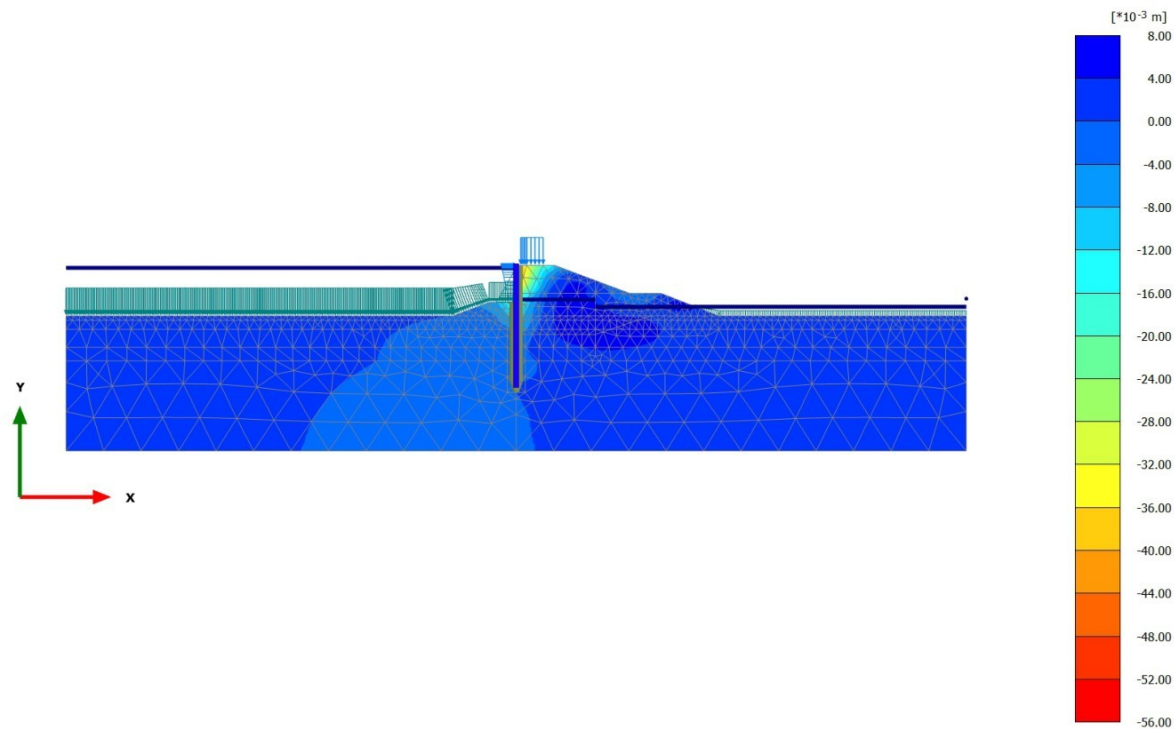


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time 40.16×10^3 day)

Maximum value = 8.888×10^{-3} m (Element 1362 at Node 6393)

Minimum value = -0.04828 m (Element 336 at Node 9220)

2.1.1.1.8 Calculation results, BS-2: Hoogwater belasting + Verkeer [Phase_13] (13/334), Total displacements u_x

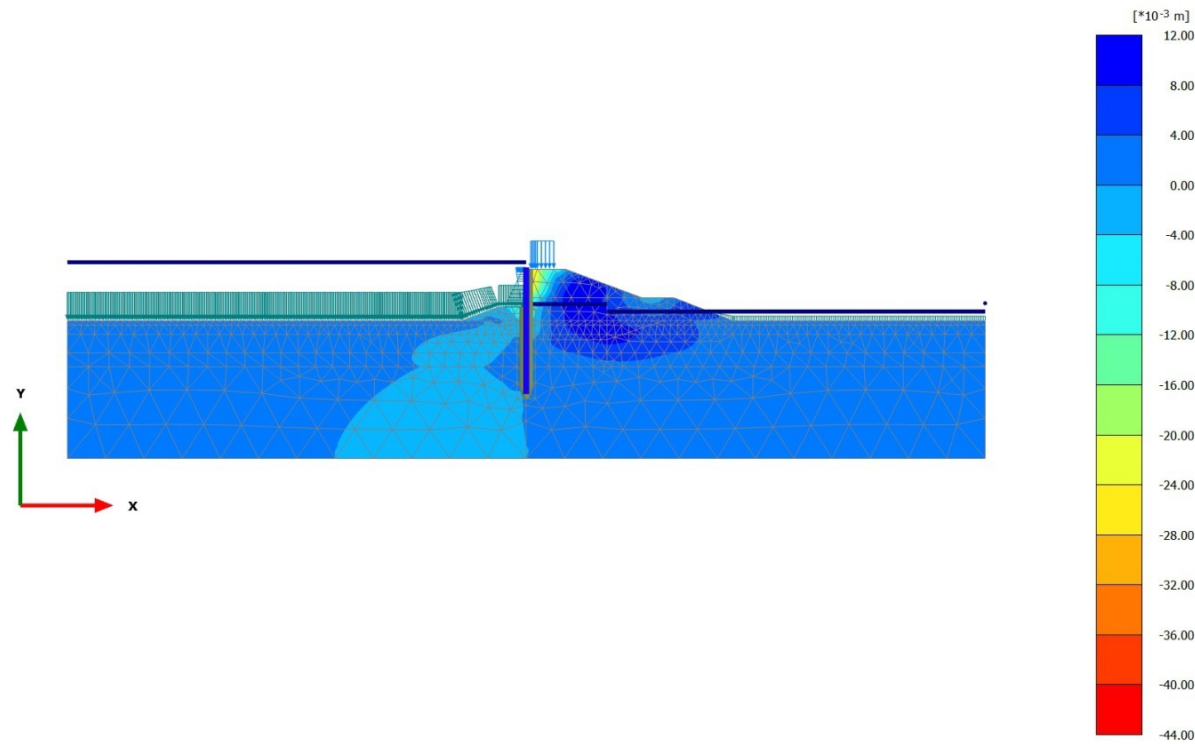


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 7.622*10⁻³ m (Element 1362 at Node 6393)

Minimum value = -0.05424 m (Element 336 at Node 9220)

2.1.1.1.9 Calculation results, 6.3 [Phase_16] (16/339), Total displacements u_x

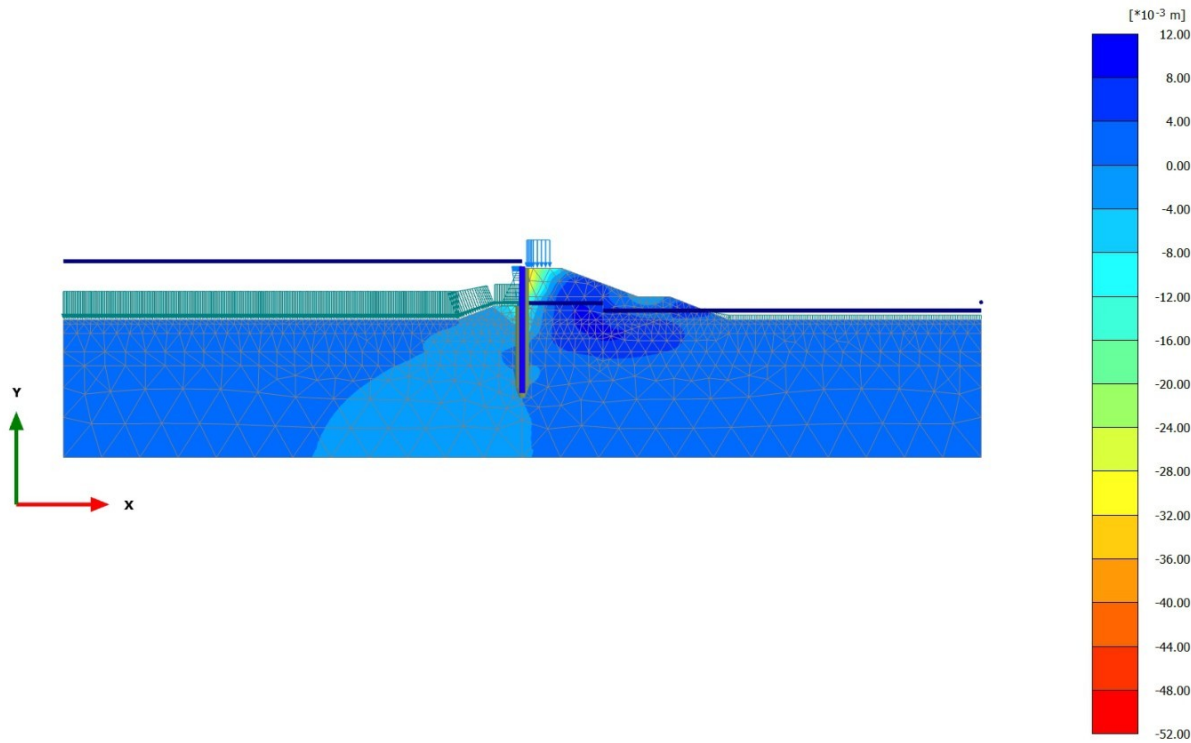


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.01089 m (Element 304 at Node 7437)

Minimum value = -0.04130 m (Element 336 at Node 9220)

2.1.1.1.10 Calculation results, 6.4 [Phase_21] (21/442), Total displacements u_x

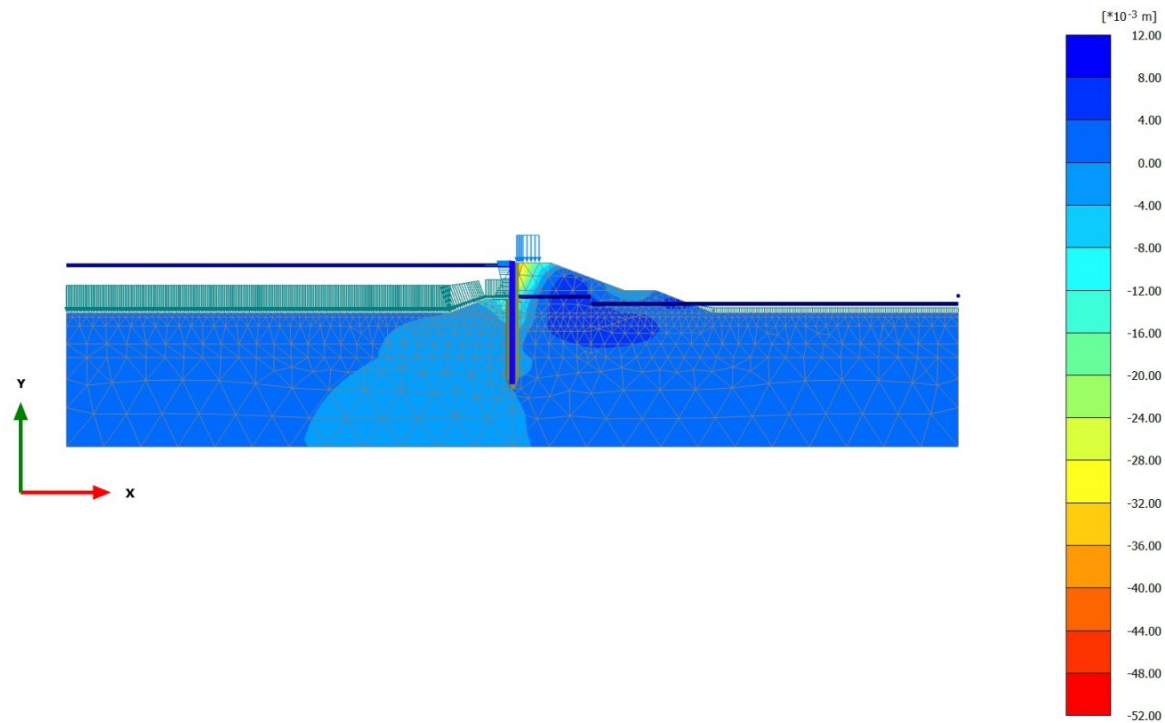


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time 40.16 $\times 10^3$ day)

Maximum value = 8.901 $\times 10^{-3}$ m (Element 1362 at Node 6393)

Minimum value = -0.04861 m (Element 336 at Node 9220)

2.1.1.1.11 Calculation results, BS-4: Hoogwater belasting + Boomstam + verkeer [Phase_19] (19/545), Total displacements u_x

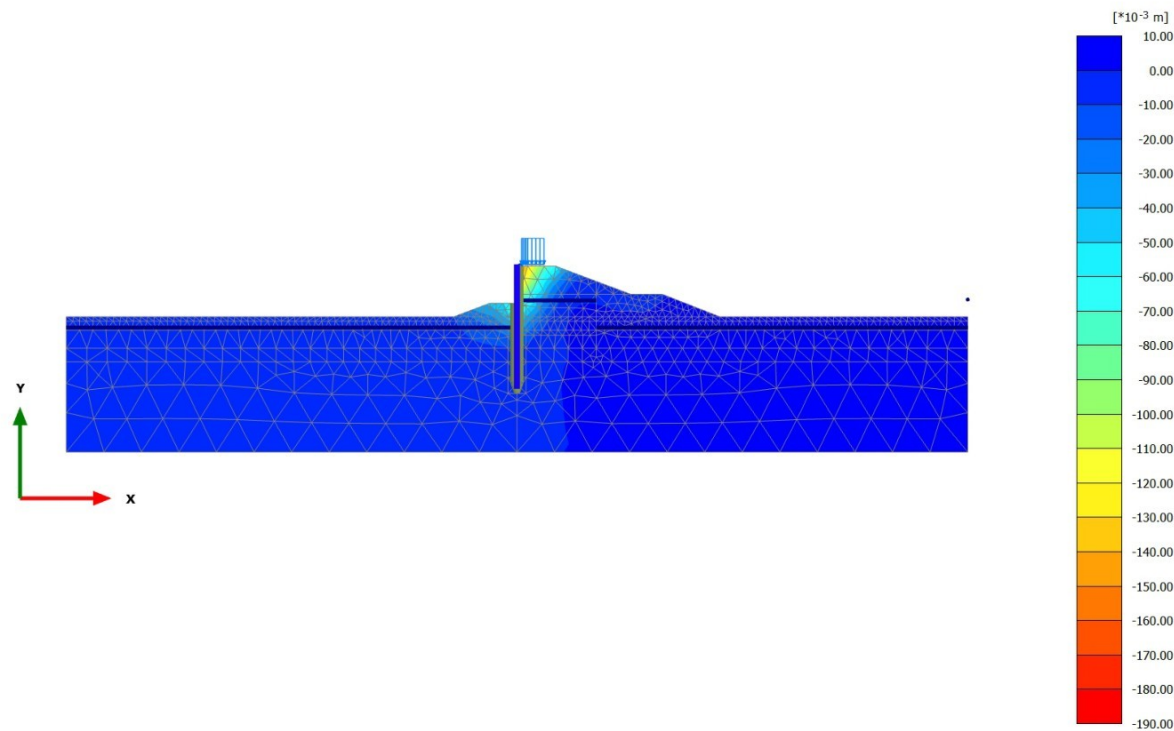


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = $7.997 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1362 at Node 6393)

Minimum value = -0.04975 m (Element 336 at Node 9220)

2.1.1.1.12 Calculation results, BS-8: Verkeer + schampkracht [Phase_37] (37/1035), Total displacements u_x

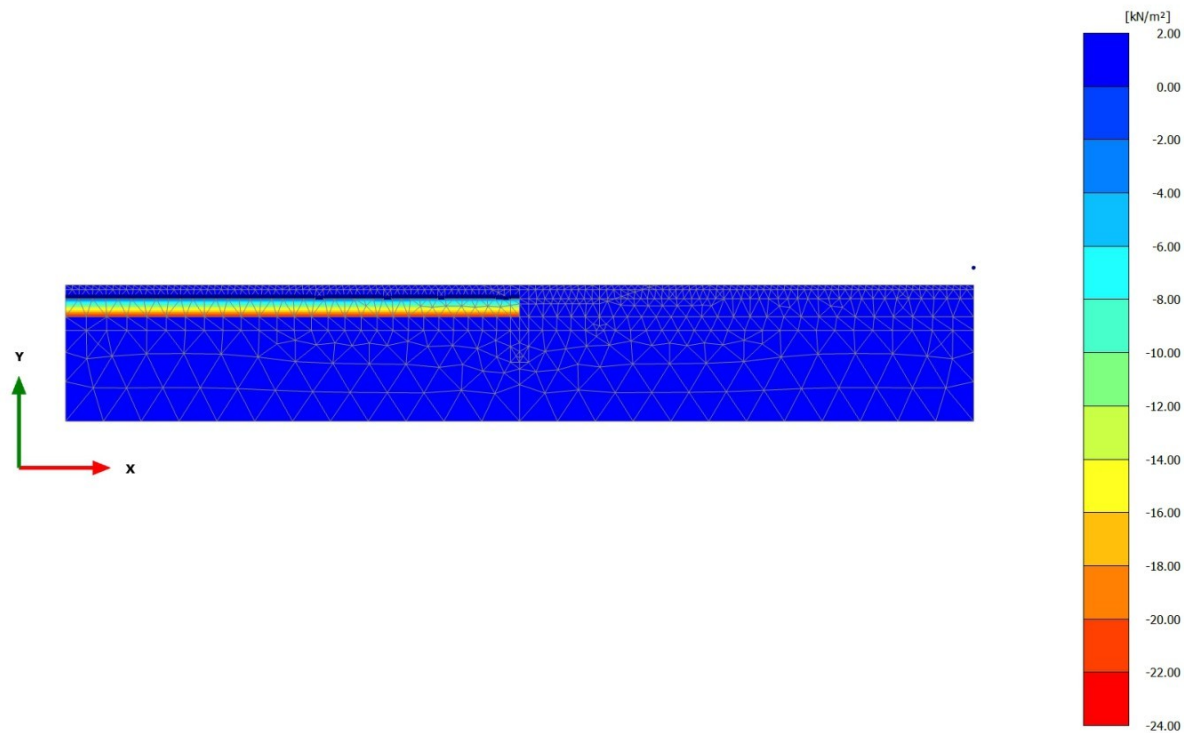


Total displacements u_x (scaled up 20.0 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 6.096*10⁻³ m (Element 1362 at Node 6393)

Minimum value = -0.1816 m (Element 336 at Node 9220)

2.2.1.1.1 Calculation results, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Active pore pressures p_{active}

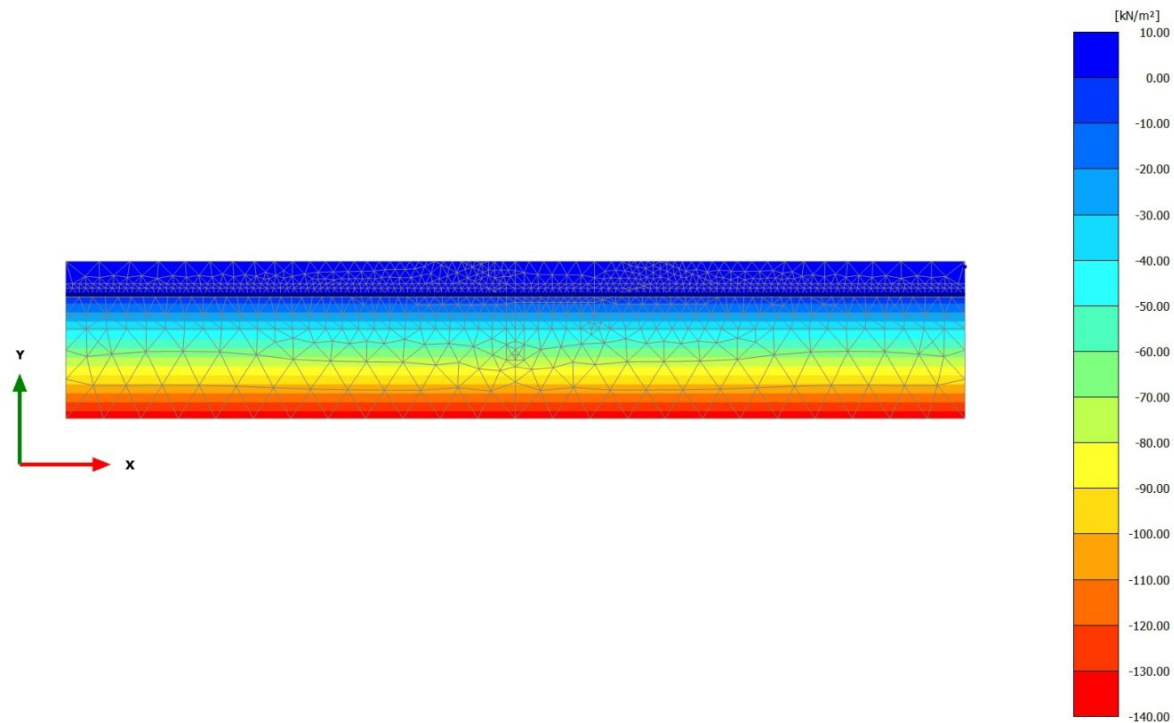


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.100 times) (Pressure = negative)

Maximum value = 0.000 kN/m^2 (Element 844 at Node 9609)

Minimum value = -23.00 kN/m^2 (Element 1411 at Node 11143)

2.2.1.1.2 Calculation results, Aanbrengen bouwplateau NAP +15 [Phase_51] (51/17), Active pore pressures p_{active}

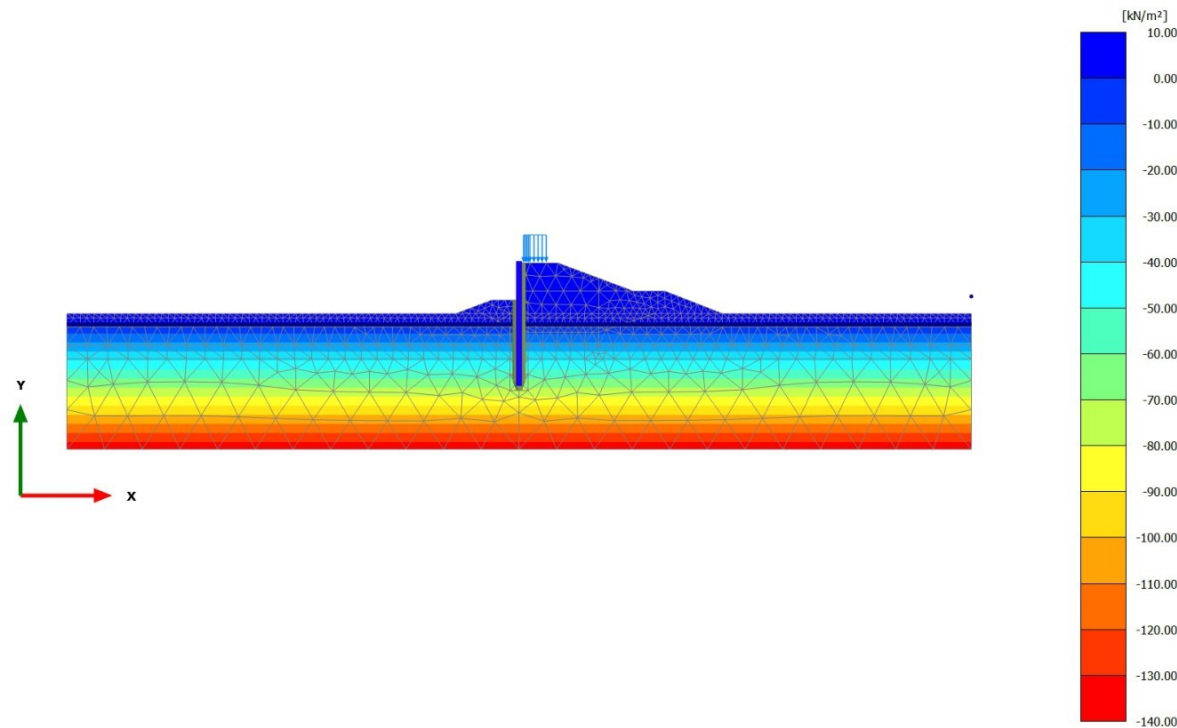


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3652 day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 348 at Node 10909)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 1838 at Node 2907)

2.2.1.1.3 Calculation results, 2.e verwijderen plateau [Phase_3] (3/113), Active pore pressures p_{active}

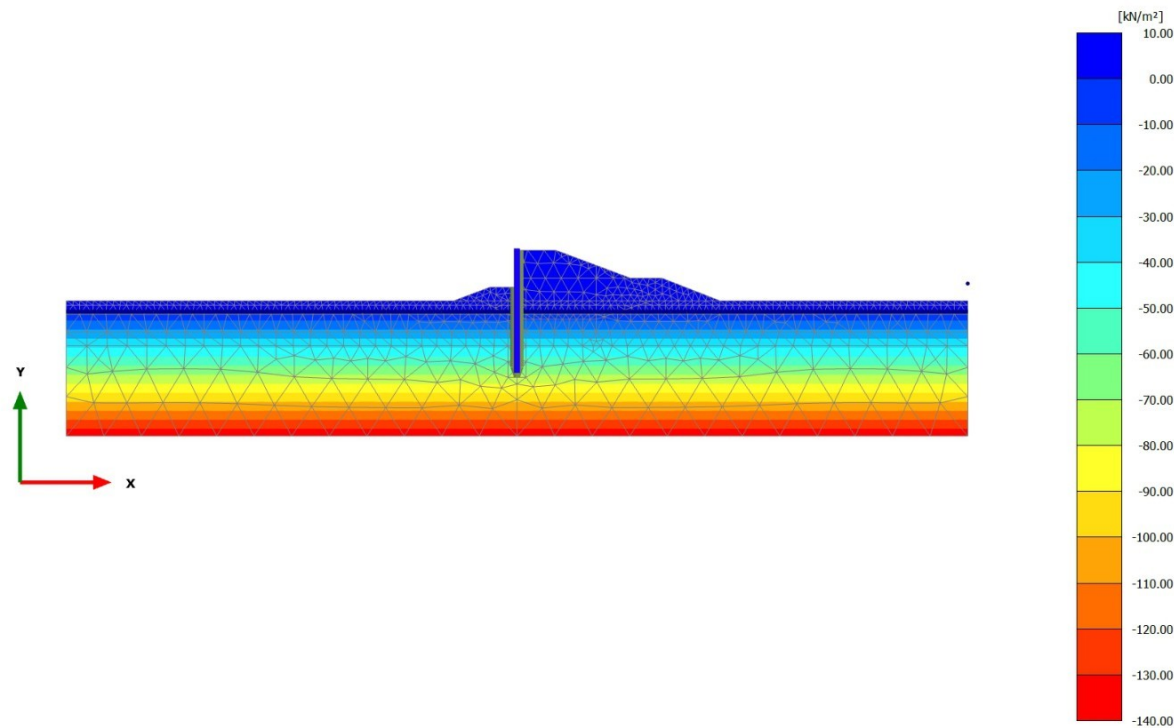


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 3657 day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 304 at Node 7988)

Minimum value = -138.0 kN/m² (Element 1838 at Node 2907)

2.2.1.1.4 Calculation results, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/116), Active pore pressures p_{active}

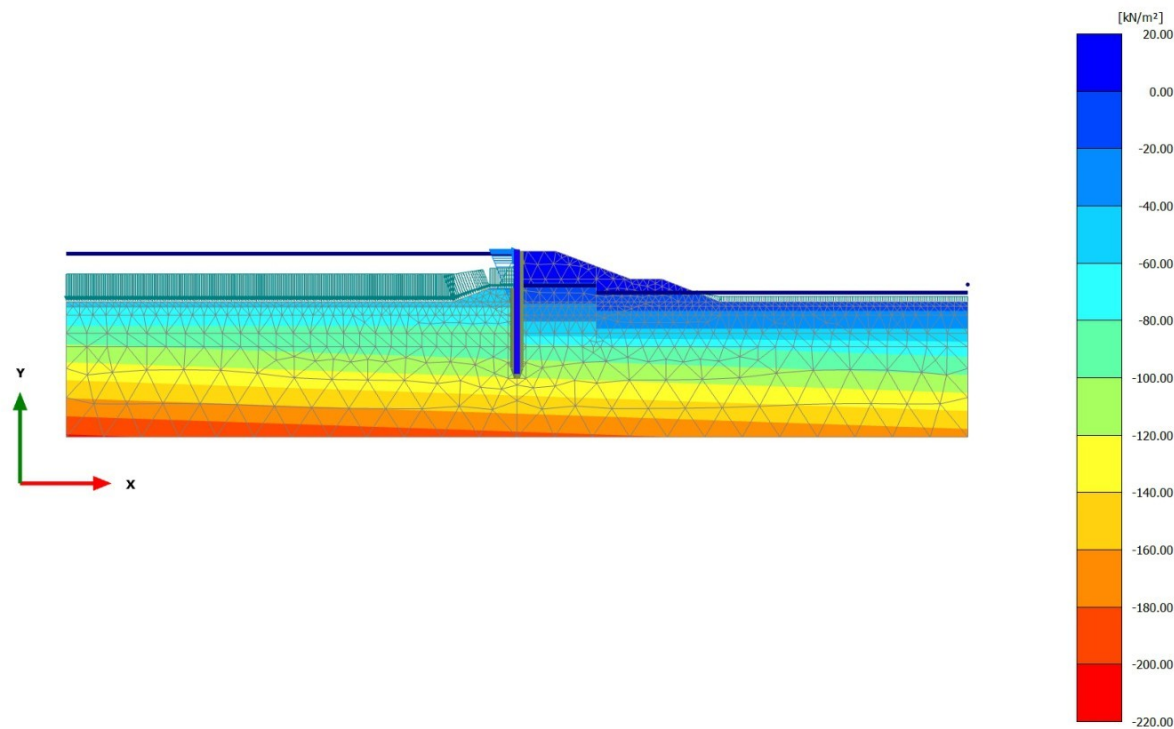


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.000 kN/m^2 (Element 304 at Node 7988)

Minimum value = -138.0 kN/m^2 (Element 1838 at Node 2907)

2.2.1.1.5 Calculation results, BS-1: Hoogwater belasting [Phase_6] (6/120), Active pore pressures p_{active}

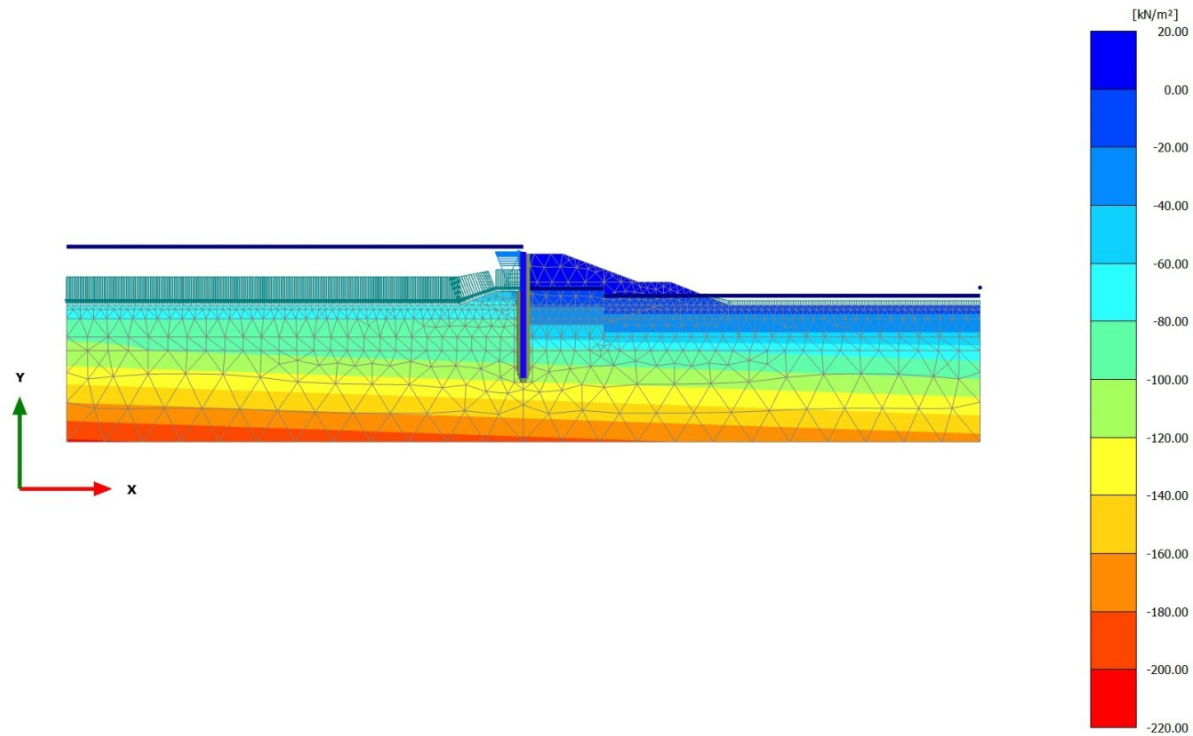


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.000 kN/m^2 (Element 304 at Node 7988)

Minimum value = -203.0 kN/m^2 (Element 1713 at Node 13587)

2.2.1.1.6 Calculation results, 6.3 [Phase_14] (14/126), Active pore pressures p_{active}

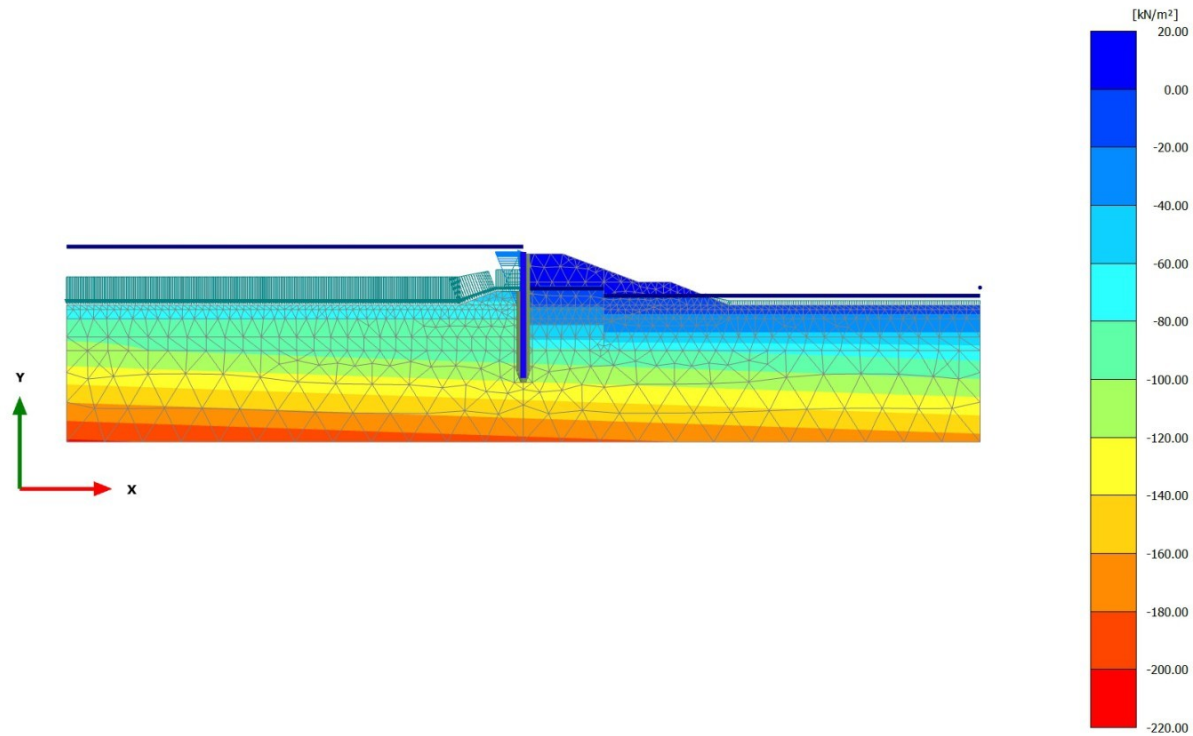


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.000 kN/m^2 (Element 304 at Node 7988)

Minimum value = -203.0 kN/m^2 (Element 1713 at Node 13587)

2.2.1.1.7 Calculation results, 6.4 [Phase_15] (15/231), Active pore pressures p_{active}

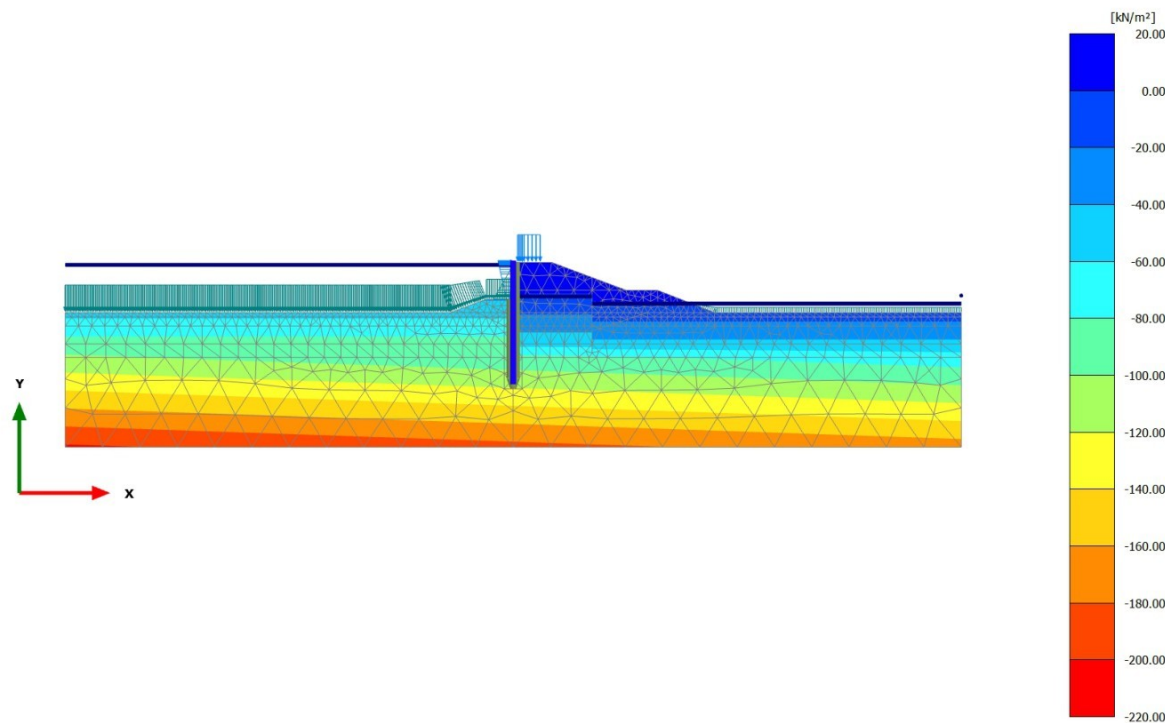


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 304 at Node 7988)

Minimum value = -203.0 kN/m² (Element 1713 at Node 13587)

2.2.1.1.8 Calculation results, BS-2: Hoogwater belasting + Verkeer [Phase_13] (13/334), Active pore pressures p_{active}

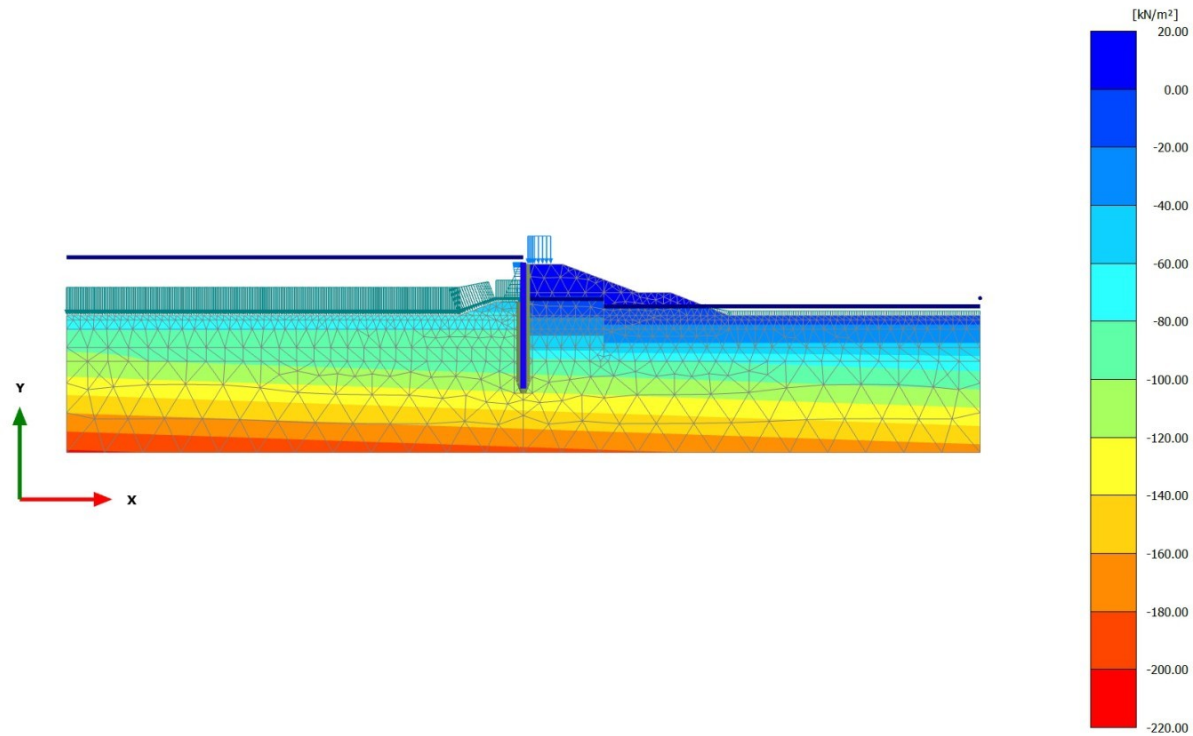


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.000 kN/m^2 (Element 304 at Node 7988)

Minimum value = -203.0 kN/m^2 (Element 1713 at Node 13587)

2.2.1.1.9 Calculation results, 6.3 [Phase_16] (16/339), Active pore pressures p_{active}



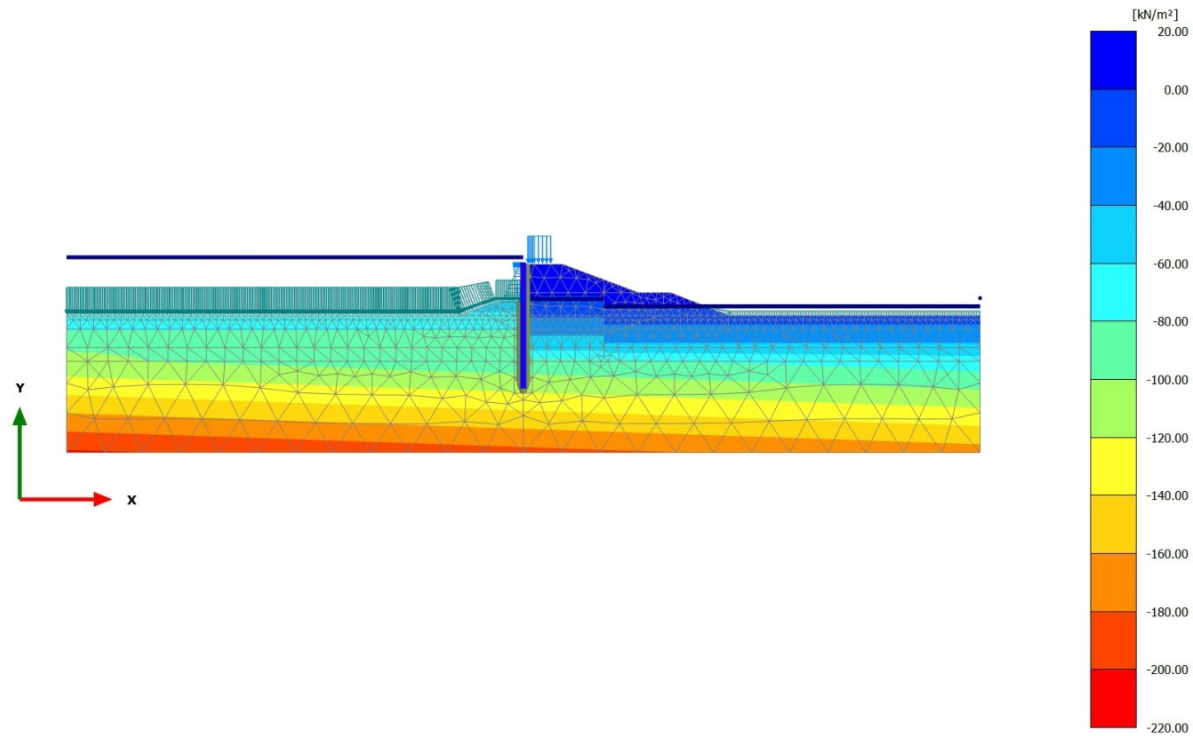
Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 304 at Node 7988)

Minimum value = -203.0 kN/m² (Element 1713 at Node 13587)

2.2.1.1.10 Calculation results, 6.4 [Phase_21] (21/442), Active pore pressures

p_{active}

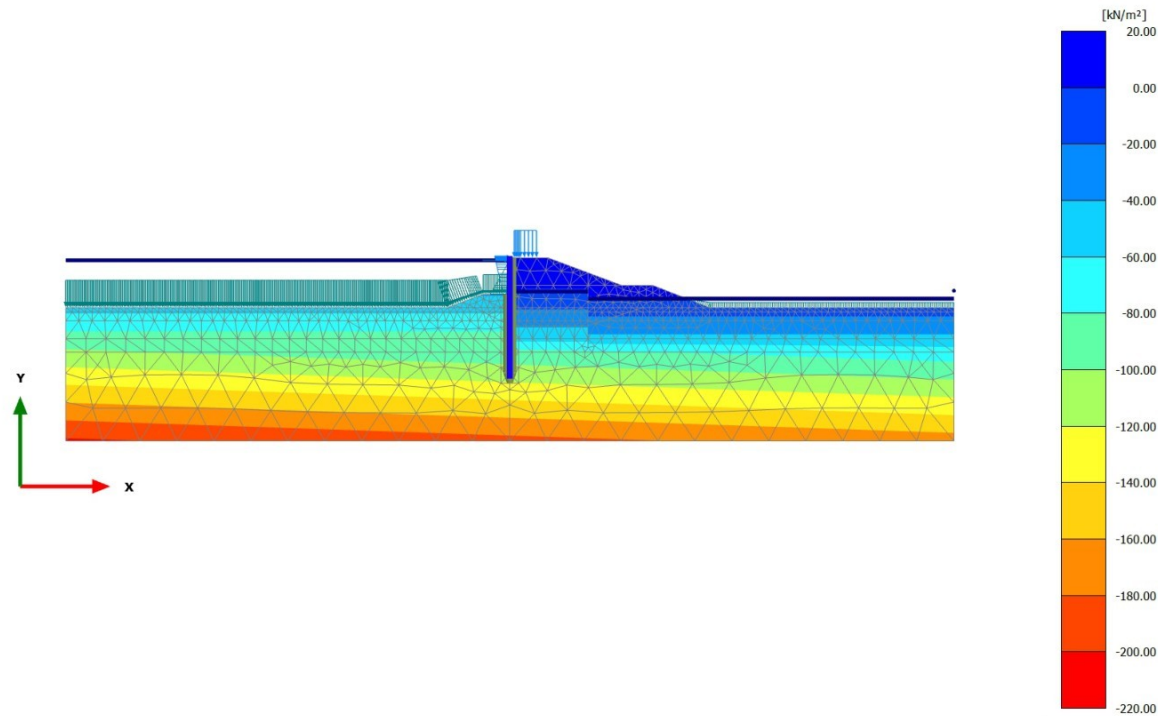


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.000 kN/m² (Element 304 at Node 7988)

Minimum value = -203.0 kN/m² (Element 1713 at Node 13587)

2.2.1.1.11 Calculation results, BS-4: Hoogwater belasting + Boomstam + verkeer [Phase_19] (19/545), Active pore pressures p_{active}

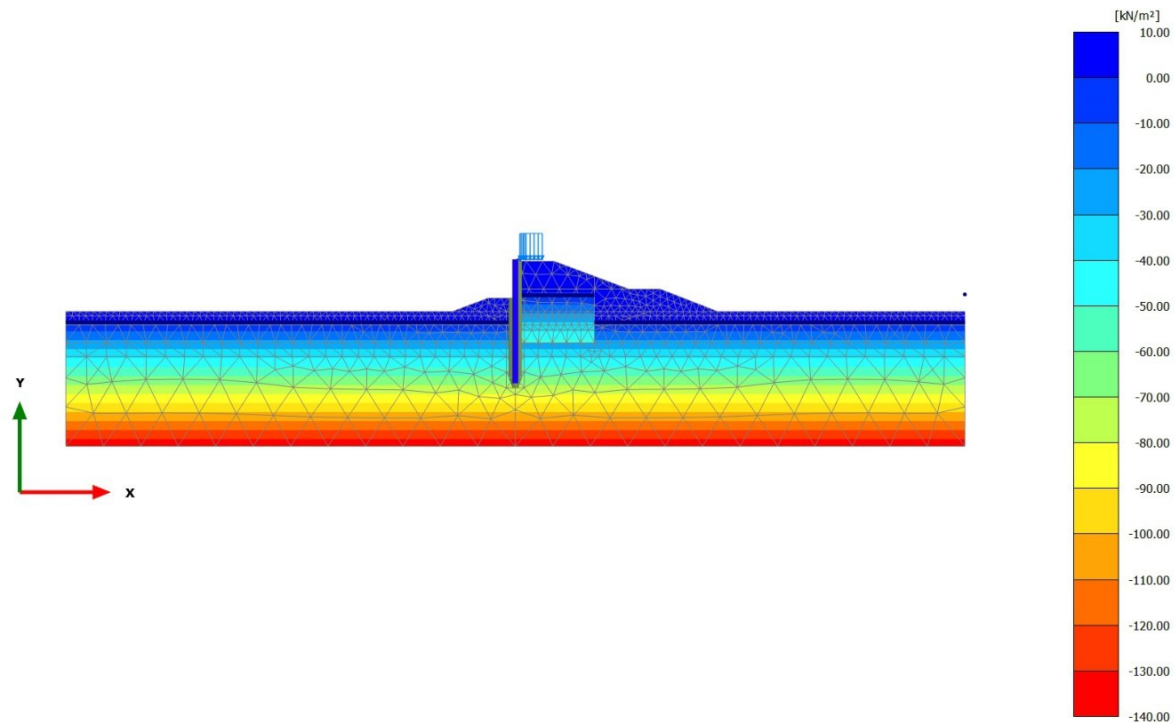


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.000 kN/m^2 (Element 304 at Node 7988)

Minimum value = -203.0 kN/m^2 (Element 1713 at Node 13587)

2.2.1.1.12 Calculation results, BS-8: Verkeer + schampkracht [Phase_37] (37/1035), Active pore pressures p_{active}

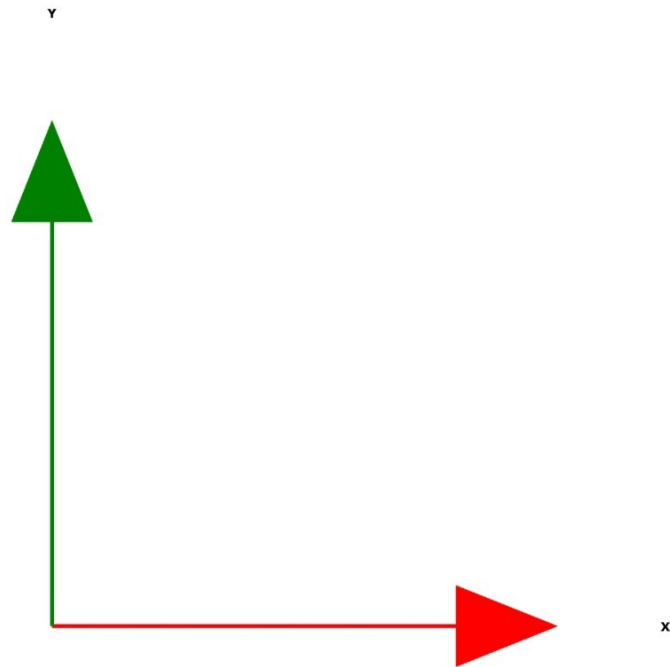


Active pore pressures p_{active} (scaled up 0.0200 times) (Pressure = negative) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = 0.000 kN/m^2 (Element 304 at Node 7988)

Minimum value = -138.0 kN/m^2 (Element 1838 at Node 2907)

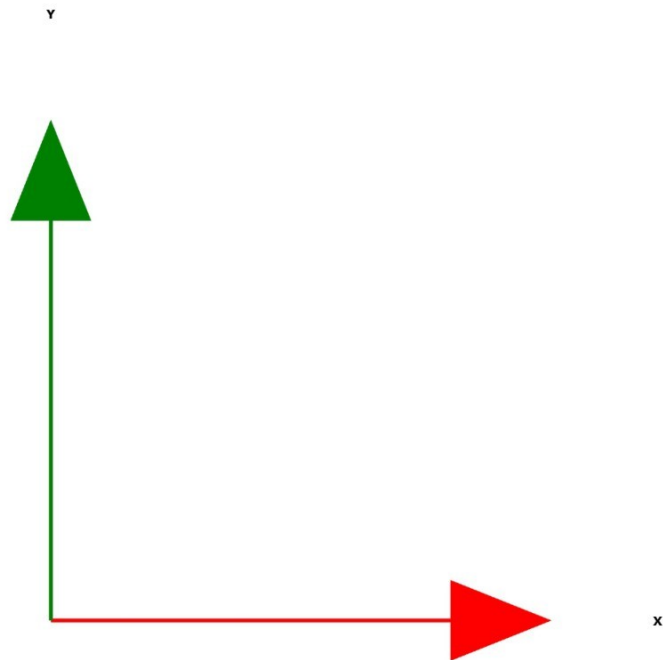
3.1.1.1.1.1 Calculation results, Plate, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Total displacements u_x



Total displacements u_x (at true scale)

No results

3.1.1.1.1.2 Calculation results, Plate, Aanbrengen bouwplateau NAP +15 [Phase_51] (51/17), Total displacements u_x



Total displacements u_x (at true scale) (Time 3652 day)

No results

3.1.1.1.1.3 Calculation results, Plate, 2.e verwijderen plateau [Phase_3] (3/113), Total displacements u_x



Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time 3657 day)

Maximum value = $-0.7128 \cdot 10^{-3}$ m (Element 30 at Node 8397)

Minimum value = -0.07576 m (Element 3 at Node 9652)

3.1.1.1.1.4 Calculation results, Plate, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/116), Total displacements u_x



Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = -0.7144*10⁻³ m (Element 30 at Node 8397)

Minimum value = -0.07542 m (Element 3 at Node 9652)

3.1.1.1.1.5 Calculation results, Plate, BS-1: Hoogwater belasting [Phase_6] (6/120), Total displacements u_x



Total displacements u_x (scaled up 100 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = $0.2265 \cdot 10^{-3}$ m (Element 27 at Node 7942)

Minimum value = -0.05820 m (Element 3 at Node 9652)

3.1.1.1.1.6 Calculation results, Plate, 6.3 [Phase_14] (14/126), Total displacements

 u_x 

Total displacements u_x (scaled up 100 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = $1.867 \cdot 10^{-3}$ m (Element 27 at Node 7915)

Minimum value = -0.04337 m (Element 3 at Node 9652)

3.1.1.1.1.7 Calculation results, Plate, 6.4 [Phase_15] (15/231), Total displacements

u_x



Total displacements u_x (scaled up 100 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = $1.090 \cdot 10^{-3}$ m (Element 27 at Node 7914)

Minimum value = -0.05164 m (Element 3 at Node 9652)

3.1.1.1.1.8 Calculation results, Plate, BS-2: Hoogwater belasting + Verkeer [Phase_13] (13/334), Total displacements u_x



Total displacements u_x (scaled up 100 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 0.1961*10⁻³ m (Element 27 at Node 7942)

Minimum value = -0.05797 m (Element 3 at Node 9652)

3.1.1.1.1.9 Calculation results, Plate, 6.3 [Phase_16] (16/339), Total displacements

 u_x 

Total displacements u_x (scaled up 100 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = $1.804 \cdot 10^{-3}$ m (Element 27 at Node 7915)

Minimum value = -0.04422 m (Element 3 at Node 9652)

3.1.1.1.10 Calculation results, Plate, 6.4 [Phase_21] (21/442), Total displacements

u_x



Total displacements u_x (scaled up 100 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 1.027*10⁻³ m (Element 27 at Node 7914)

Minimum value = -0.05199 m (Element 3 at Node 9652)

3.1.1.1.11 Calculation results, Plate, BS-4: Hoogwater belasting + Boomstam + verkeer [Phase_19] (19/545), Total displacements u_x



Total displacements u_x (scaled up 100 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = $0.2685 \cdot 10^{-3}$ m (Element 27 at Node 7942)

Minimum value = -0.05300 m (Element 3 at Node 9652)

3.1.1.1.12 Calculation results, Plate, BS-8: Verkeer + schampkracht [Phase_37] (37/1035), Total displacements u_x

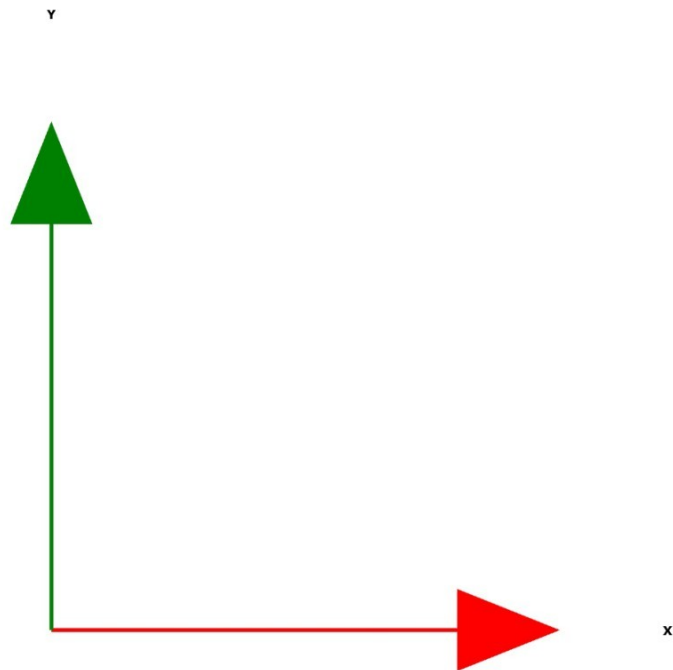


Total displacements u_x (scaled up 50.0 times) (Time $40.16 \cdot 10^3$ day)

Maximum value = $-0.1140 \cdot 10^{-3}$ m (Element 30 at Node 8397)

Minimum value = -0.1901 m (Element 3 at Node 9652)

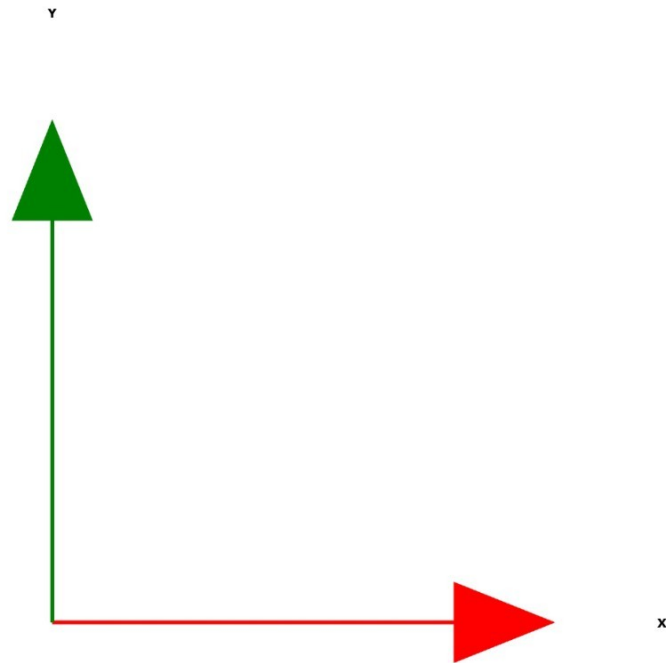
3.1.2.1.1 Calculation results, Plate, 1.a K0 procedure [InitialPhase] (0/0), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 1.00 times)

No results

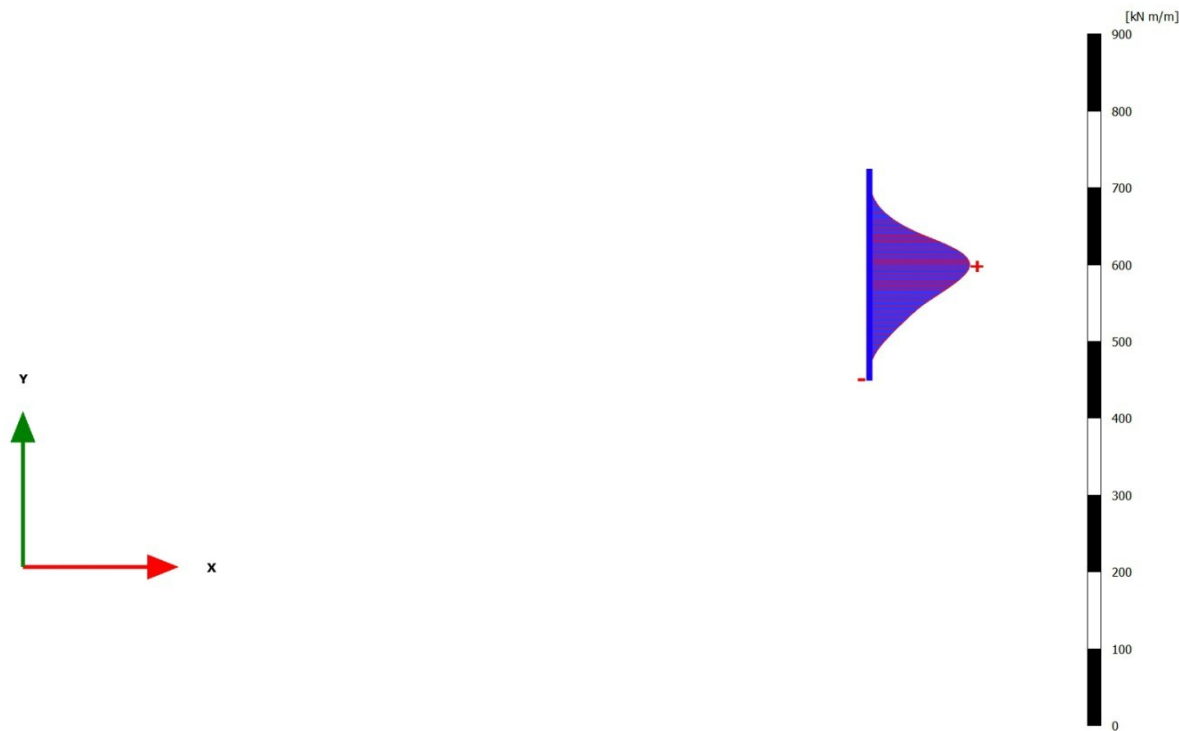
3.1.2.1.2 Calculation results, Plate, Aanbrengen bouwplateau NAP +15 [Phase_51] (51/17), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 1.00 times) (Time 3652 day)

No results

3.1.2.1.3 Calculation results, Plate, 2.e verwijderen plateau [Phase_3] (3/113), Bending moments M

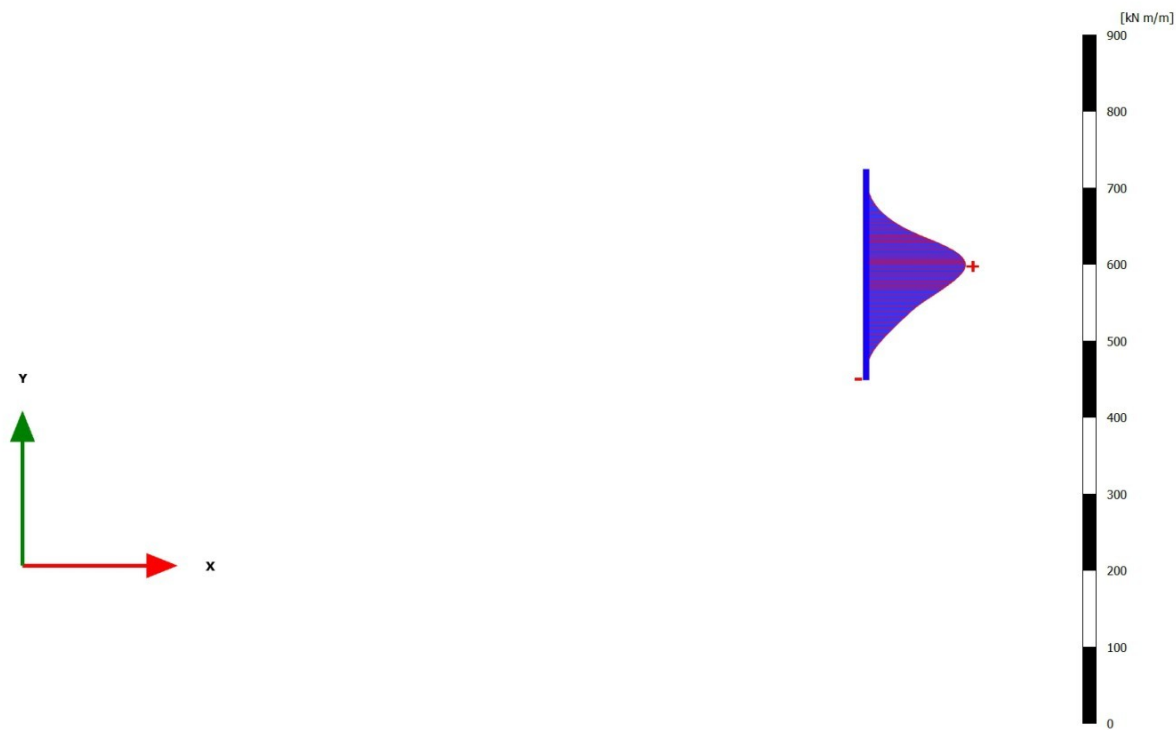


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 3657 day)

Maximum value = 130.7 kN m/m (Element 18 at Node 8196)

Minimum value = -0.01852 kN m/m (Element 30 at Node 8398)

3.1.2.1.4 Calculation results, Plate, 3. Lange termijn bodemdaling [Phase_9] (9/116), Bending moments M

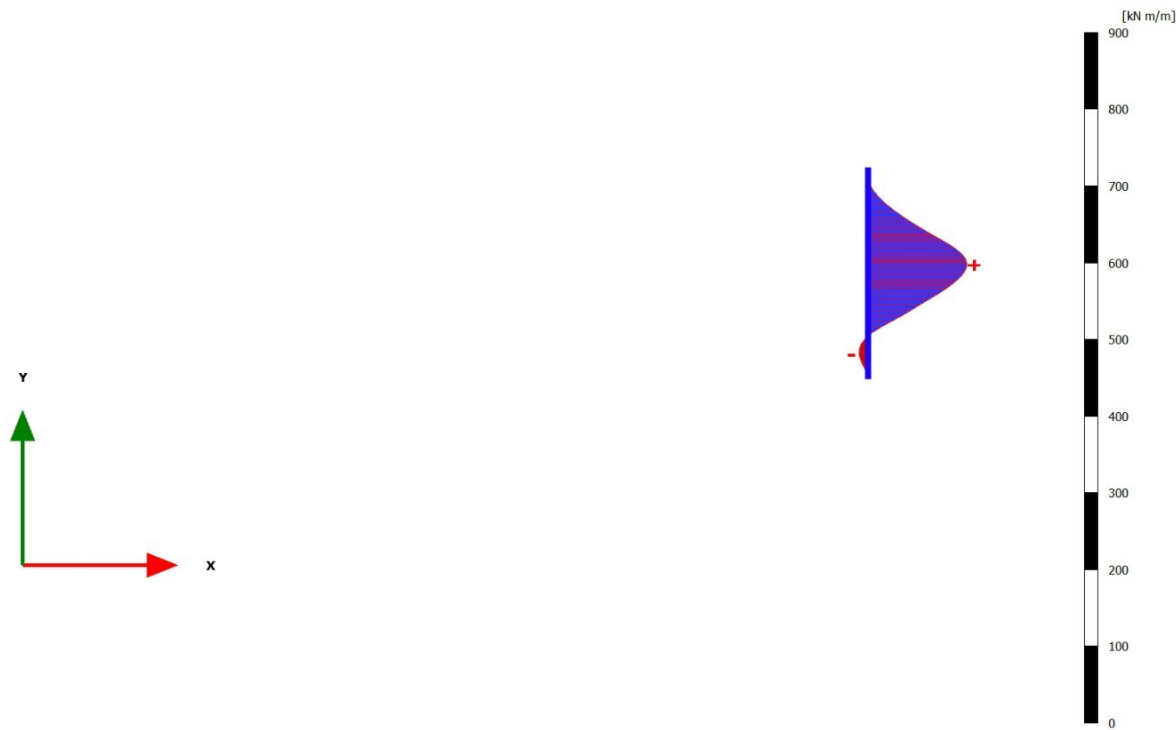


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 129.8 kN m/m (Element 18 at Node 8196)

Minimum value = -0.02139 kN m/m (Element 30 at Node 8398)

3.1.2.1.5 Calculation results, Plate, BS-1: Hoogwater belasting [Phase_6] (6/120), Bending moments M

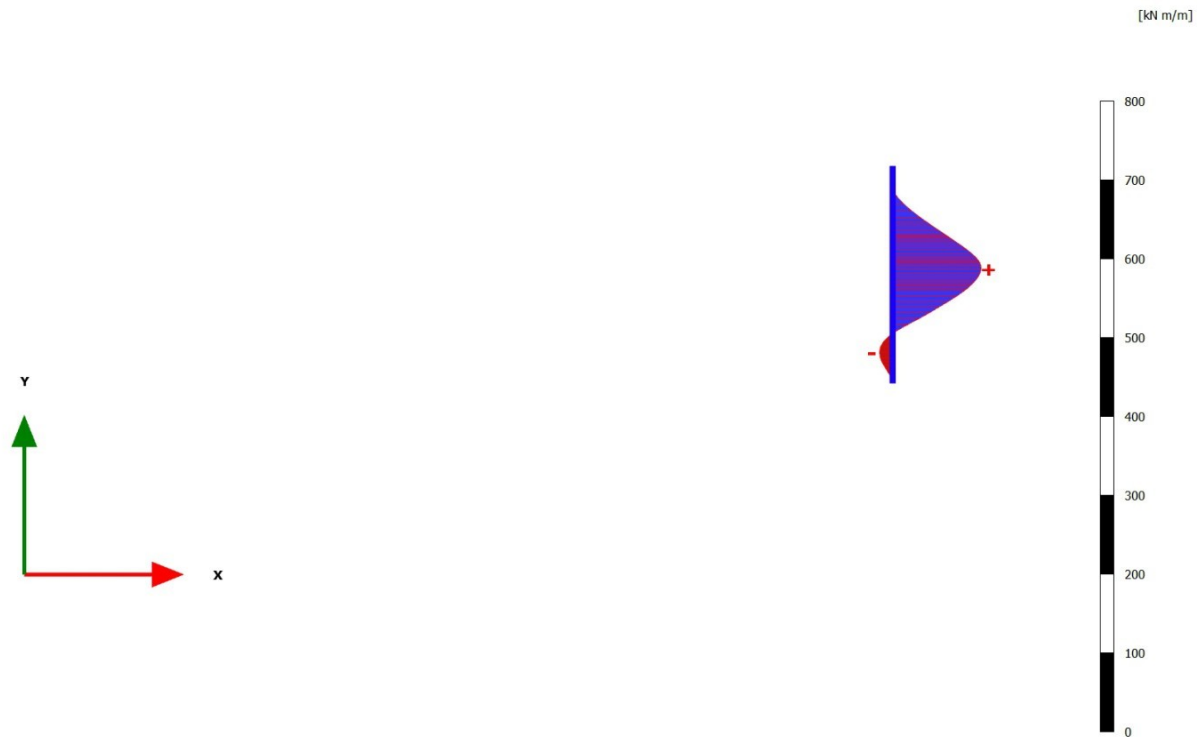


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 128.8 kN m/m (Element 18 at Node 8196)

Minimum value = -11.63 kN m/m (Element 28 at Node 8348)

3.1.2.1.6 Calculation results, Plate, 6.3 [Phase_14] (14/126), Bending moments M

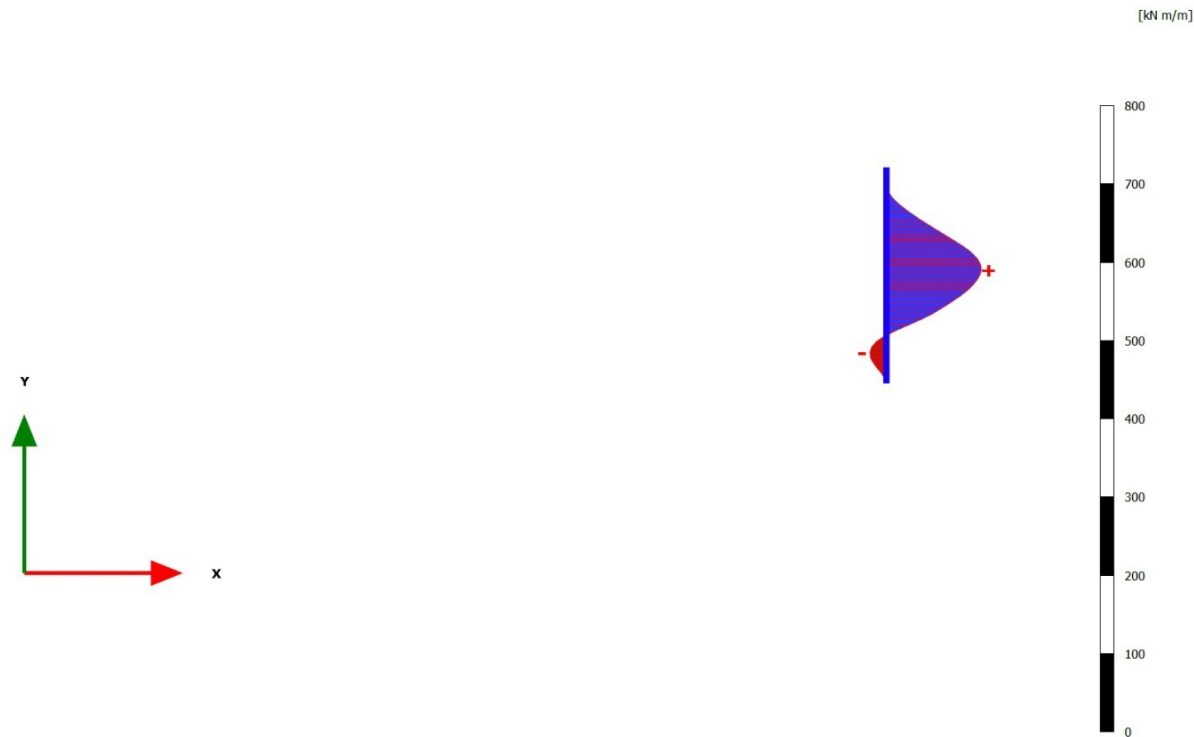


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 112.2 kN m/m (Element 20 at Node 7859)

Minimum value = -16.70 kN m/m (Element 28 at Node 7943)

3.1.2.1.7 Calculation results, Plate, 6.4 [Phase_15] (15/231), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 121.1 kN m/m (Element 20 at Node 7859)

Minimum value = -20.97 kN m/m (Element 28 at Node 7943)

3.1.2.1.8 Calculation results, Plate, BS-2: Hoogwater belasting + Verkeer [Phase_13] (13/334), Bending moments M

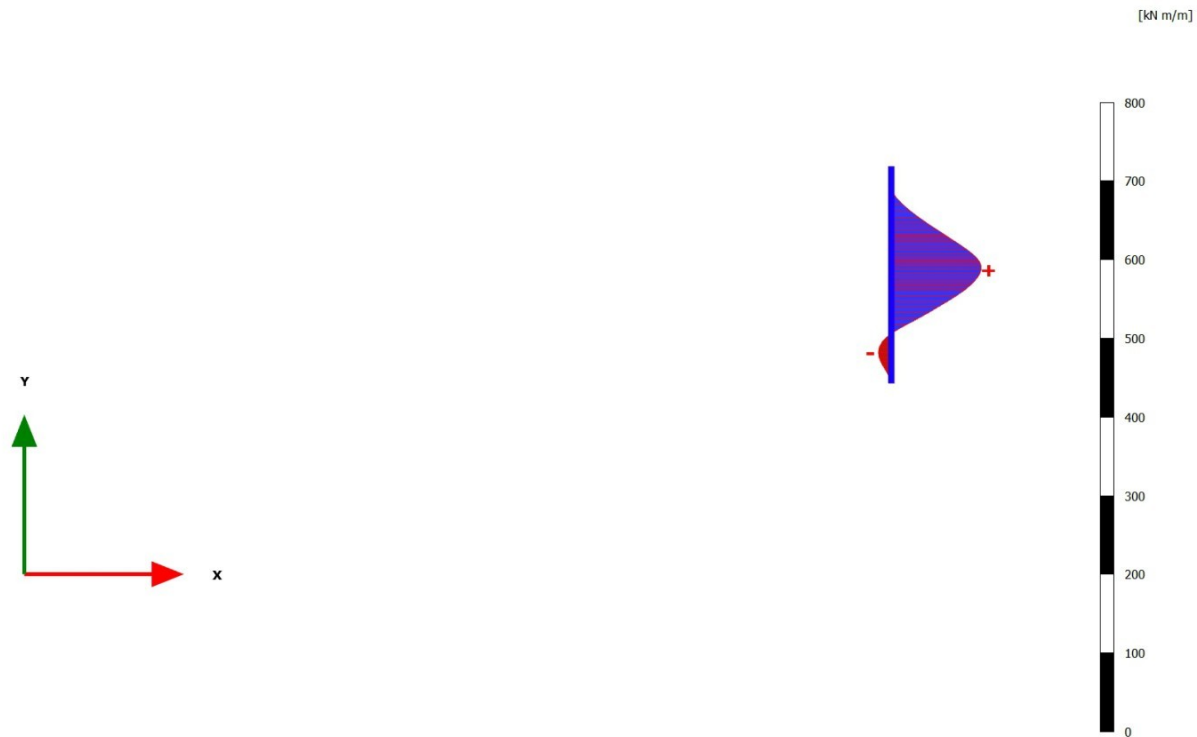


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 128.4 kN m/m (Element 18 at Node 8196)

Minimum value = -11.35 kN m/m (Element 29 at Node 8348)

3.1.2.1.9 Calculation results, Plate, 6.3 [Phase_16] (16/339), Bending moments M

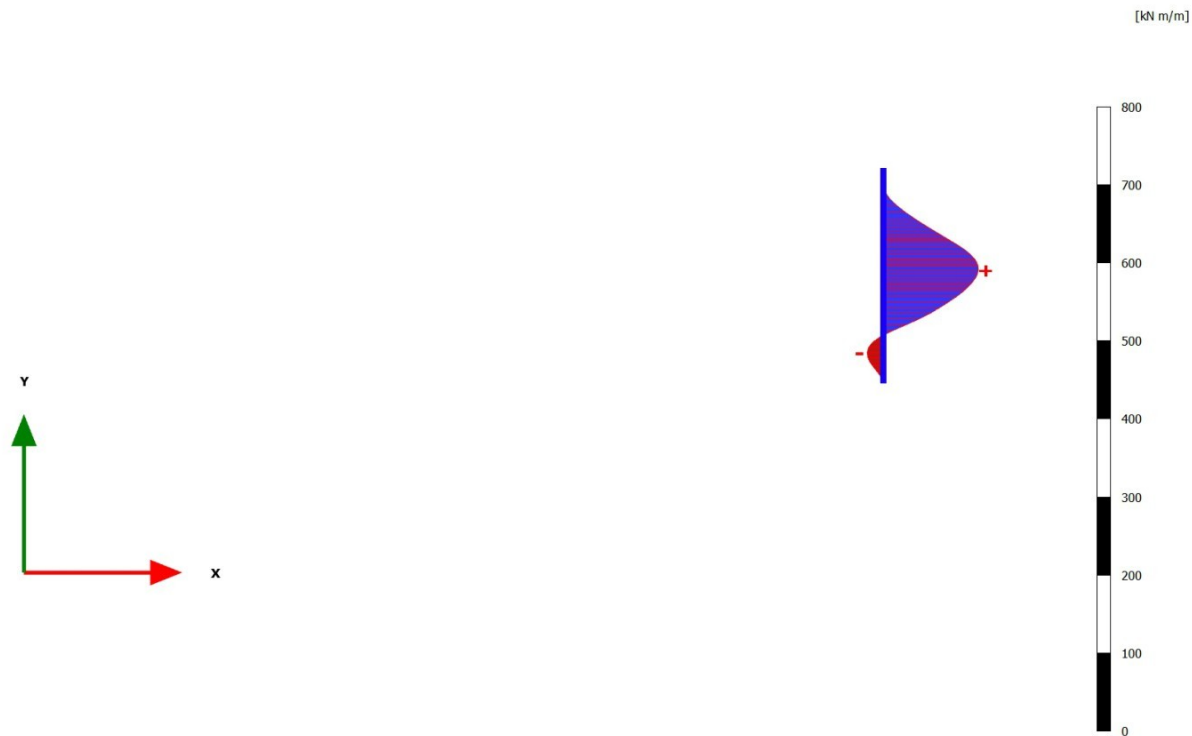


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 114.2 kN m/m (Element 20 at Node 7859)

Minimum value = -16.38 kN m/m (Element 28 at Node 7943)

3.1.2.1.10 Calculation results, Plate, 6.4 [Phase_21] (21/442), Bending moments M

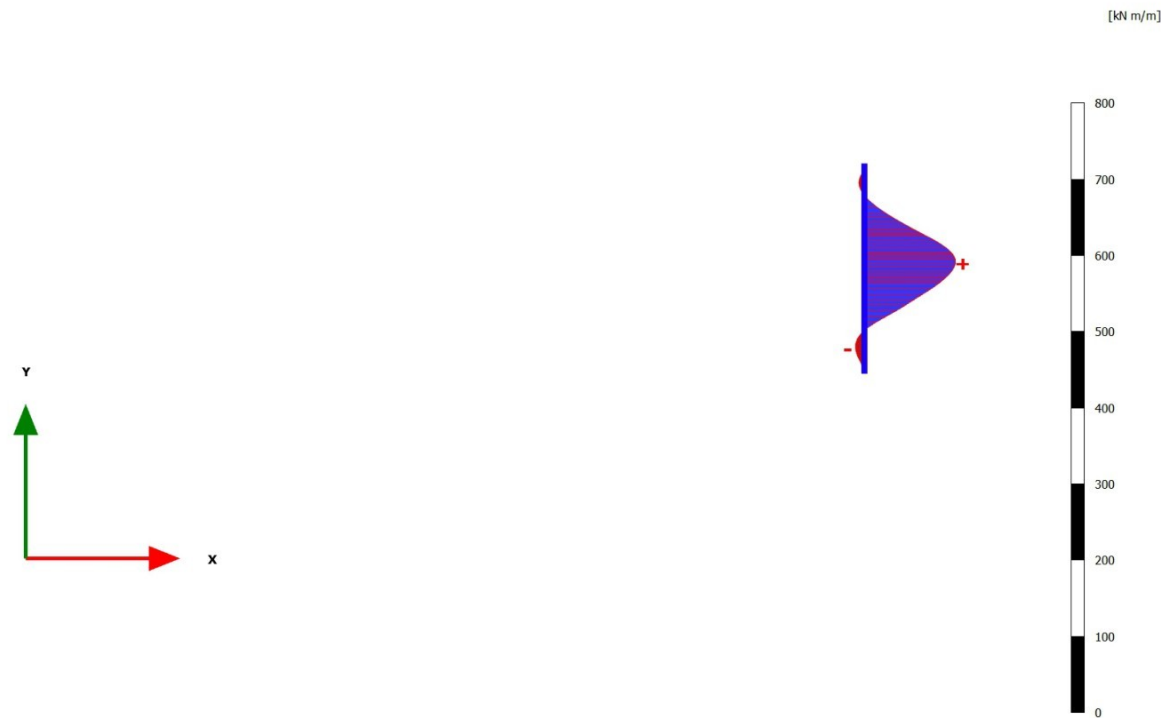


Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 121.7 kN m/m (Element 20 at Node 7859)

Minimum value = -20.81 kN m/m (Element 28 at Node 7943)

3.1.2.1.11 Calculation results, Plate, BS-4: Hoogwater belasting + Boomstam + verkeer [Phase_19] (19/545), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 0.0500 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 119.6 kN m/m (Element 20 at Node 7859)

Minimum value = -11.79 kN m/m (Element 29 at Node 8348)

3.1.2.1.12 Calculation results, Plate, BS-8: Verkeer + schampkracht [Phase_37] (37/1035), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 0.0200 times) (Time 40.16*10³ day)

Maximum value = 299.6 kN m/m (Element 20 at Node 7858)

Minimum value = -0.01737*10⁻¹² kN m/m (Element 3 at Node 9652)

Appendix E

Zakkende grond op ankers

E.1 Doorsnede 'Dijk'

Geval 1: Loodrecht belaste ankerstang

Profiel	Doorsnede 1 dijk		
h_mv	18.30 [m NAP]	maaiveld/bovenkant damwand	
h_top	16.80 [m NAP]	niveau bovenkant ankerstang	
h_bot	12.00 [m NAP]	niveau onderkant ankerstang	
β_anker	17.74467163 [°]	hoek ankerstang t.o.v. horizontaal	horizontale afstand anker = 15 m
L	15.7 [m]	lengte ankerstang	
a	1.4 [m]	h.o.h. afstand ankerstangen	
α	5 [-]	belastingfactor α=5 conform CUR en α=9 conform PPL	
β	39.5 [-]	modelfactor β=4m² ≈39,5 conform CUR en β=24 conform PPL	
Anker	40T [-]	type anker (zie tabblad 'Ankers')	
D	40.0 [mm]	diameter ankerstang	
t	0.0 [mm]	wanddikte ankerstang	
F_a	69 [kN/anker]	axiale kracht per anker	
F	49.29 [kN/m]	axiale kracht in ankerstaaf per strekkende meter	
q0	12.86 [kN/m]	maximum belasting loodrecht op de ankerstaaf q0=4/π*q_gem	
qv	10.61 [kN/m]	gemiddelde verticale verdeelde belasting langs de ankerstaaf	
EA	2.64E+05 [kN]	rekstijfheid van de ankerstang	
EI	0.00E+00 [kNm²]	buigstijfheid van de ankerstang	
Damwand	AZ 20-700 [-]	type damwand	
EI	8.60E+04 [kNm²]	buigstijfheid van de damwand (zie tabblad 'Damwanden')	
c	6904.761905 [kN/m²]	horizontale beddingsconstante over 1 strekkende meter	
λ	2.66 [m]	golfte λ=4√(4EI/c)	
k'_oud	25683 [kN/m]	gecombineerde stijfheid (=acλ)	
k'_min	13483 [kN/m]	ondergrens	
k'	26966 [kN/m]		
k'_max	53932 [kN/m]	bovengrens	

Geval 1: Loodrecht belaste ankerstang (Kennisdokument)

$$\alpha_F \cdot (1 + \alpha_F)^2 = \left(\frac{q_v \cdot \cos \beta \cdot L}{F} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{24 \cdot F \cdot \left(\frac{1}{EA} + \frac{1}{L \cdot k'} \right)} \right)$$

Oplosser o
p
q
W
α

522.5717 = 522.5717

$\alpha_F = 7.402$

ΔF	511 [kN]	toename axiale kracht als gevolg van doorbuiging
ΔF	365 [kN/m]	toename per strekkende meter
v_zb	1.40 [-]	modelfactor zakkende grond
F_a,tot	715 [kN]	totale ankerkracht
	511 [kN/m]	ankerkracht per strekkende meter
y_0	0.54 [m]	maximale doorbuiging van de ankerstang
M_0	0.0 [kNm]	maximum moment in de ankerstang

$$y_0 = u_y(x = L/2) = \frac{1}{(1 + \alpha_F)} \cdot \frac{q_v \cdot \cos \beta \cdot L^2}{8 \cdot F}$$

Geval 2: Loodrecht belaste ankerstang met beperkte doorbuiging (uniforme zetting)

α	7.402 [-]	ΔF/F bij ongehinderde doorbuiging
y_0	0.54 [m]	maximale ongehinderde doorbuiging
y_n	0.06 [m]	zakking van de grond
n	9.00 [-]	y0/w_grond

Oplosser o
p
q
W
α

$$\alpha_n^2 (1 + \alpha_n) = \alpha^2 (1 + \alpha) \cdot \frac{1}{n^3}$$

0.6308 0.6308

$\alpha_n = 0.62$

ΔF	43 [kN]	toename axiale kracht als gevolg van doorbuiging
ΔF	31 [kN/m]	toename per strekkende meter
v_zb	1.40 [-]	modelfactor zakkende grond
F_a,tot	129 [kN]	totale ankerkracht
	92 [kN/m]	ankerkracht per strekkende meter
M_0	0.0 [kNm]	maximum moment in de ankerstang

Geval 2: Loodrecht belaste ankerstang met beperkte doorbuiging (verlopende zetting)

$$\Delta L_{\text{gekromd}} + \Delta L_{\text{recht}} = \alpha_{F,n} \cdot F \cdot \left(\frac{L}{EA} + \frac{1}{k'} \right)$$

$$\Delta L_{\text{gekromd}} = \frac{(\cos(\beta) \cdot q_v)^2 \cdot L_n^3}{6 \cdot F^2 \cdot (1 + \alpha_{F,n})^2}$$

$$\Delta L_{\text{recht}} = \sqrt{(L - L_n)^2 + (\cos(\beta) \cdot u_{v,\text{boven}})^2} - L + L_n$$

$$L_n^2 = (1 + \alpha_{F,n}) \cdot \frac{2 \cdot F \cdot u_{v,\text{kop}}}{q_v}$$

$\alpha_{F,n} = 0.13$ SOLVE

ΔL_gekromd	8.21E-04 [m]	
ΔL_recht	2.71E-05 [m]	
L_n	0.66 [m]	
u_v,kop	0.03 [m]	
ΔF	9 [kN]	toename axiale kracht als gevolg van doorbuiging
ΔF	6 [kN/m]	toename per strekkende meter
v_zb	1.40 [-]	modelfactor zakkende grond
F_a,tot	81 [kN]	totale ankerkracht INPUT PLAXIS FASE 3B
	58 [kN/m]	ankerkracht per strekkende meter

y_zb = 1.25 bij ankerhoek 40-50 graden, anker

E.3 Doorsnede 'Kistdam'

Geval 1: Loodrecht belaste ankerstang			
Profiel	kistdam		
h_mv	18.10 [m NAP]	maaiveld/bovenkant damwand	
h_top	16.80 [m NAP]	niveau bovenkant ankerstang	
h_bot	16.80 [m NAP]	niveau onderkant ankerstang	
β_anker	0 [°]	hoek ankerstang t.o.v. horizontaal	
L	8.8 [m]	lengte ankerstang	
a	1.4 [m]	h.o.h. afstand ankerstangen	
α	5 [-]	belastingfactor α=5 conform CUR en α=9 conform PPL	
β	39.5 [-]	modelfactor β=4π² ≈ 39.5 conform CUR en β=24 conform PPL	
Anker	40T [-]	type anker (zie tabblad 'Ankers')	
D	40.0 [mm]	diameter ankerstang	
F_a	78 [kN/anker]	axiale kracht per anker	
F	55.71 [kN/m]	axiale kracht in ankerstaaf per strekkende meter	
q0	1.10 [kN/m]	maximum belasting loodrecht op de ankerstaaf q0=4/π*q_gem	
EA	2.64E+05 [kN]	rekstijfheid van de ankerstang (bereken rechts)	
EI	2.64E+01 [kNm²]	buigstijfheid van de ankerstang	
Damwand	AZ 20-700 [-]	type damwand	
EI	8.60E+04 [kNm²]	buigstijfheid van de damwand (zie tabblad 'Damwanden')	
c	10000 [kN/m²]	horizontale beddingsconstante over 1 strekkende meter	
λ	2.42 [m]	golfengte λ=√(4EI/c)	
k'	33907 [kN]	gecombineerde stijfheid (=acλ)	
		$\alpha(1+\alpha)^2 = \left(\frac{q_0 L}{F}\right)^2 \cdot \frac{1}{\beta} \cdot \frac{EA}{F} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{EA}{ac\lambda L}\right)}$	k' 33907 kN
			k'_min 16953
			k'_max 33907
			k'_gem 22605
		0.7032 = 0.7032	
		α = 0.373	
ΔF	29 [kN]	toename axiale kracht als gevolg van doorbuiging	
ΔF	21 [kN/m]	toename per strekkende meter	
v_zb	1.40 [-]	modelfactor zakkende grond	
F_a;tot	119 [kN]	totale ankerkracht	
	85 [kN/m]	ankerkracht per strekkende meter	
y_0	0.08 [m]	maximale doorbuiging van de ankerstang	
M_0	0.3 [kNm]	maximum moment in de ankerstang	
Geval 2: Loodrecht belaste ankerstang met beperkte doorbuiging			
α	0.373 [-]	ΔF/F bij ongehinderde doorbuiging	
y_0	0.08 [m]	maximale ongehinderde doorbuiging	
y_n	0.052 [m]	zakking van de grond	
n	1.55 [-]	y0/w_grond	
		$\alpha_n^2(1+\alpha_n) = \alpha^2(1+\alpha) \cdot \frac{1}{n^3}$	
		0.0510 0.0510	
		α_n 0.21	
ΔF	16 [kN]	toename axiale kracht als gevolg van doorbuiging	
ΔF	11 [kN/m]	toename per strekkende meter	
v_zb	1.40 [-]	modelfactor zakkende grond	
F_a;tot	100 [kN]	totale ankerkracht	
	72 [kN/m]	ankerkracht per strekkende meter	
M_0	0.3 [kNm]	maximum moment in de ankerstang	

Appendix F

Zettingen duiker

Report for D-Settlement 23.2

Settlement Calculations
Developed by Deltares

Date of report: 06/03/2026
Time of report: 14:03:23
Report with version: 23.2.1.41771

Date of calculation: 24/02/2026
Time of calculation: 17:01:12
Calculated with version: 23.2.1.41771

File name: Zetting_Duiker_Watermolen

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Echo of the Input	3
2.1 Layer Boundaries	3
2.2 PI-lines	3
2.3 General Data	3
2.4 Soil Profiles	3
2.5 Soil Properties	3
2.6 Non-Uniform Loads	4
2.7 Verticals	4
3 Results per Vertical	5
3.1 Results for Vertical 1 (X = 45.00 m; Z = 0.00 m)	5
3.2 Results for Vertical 2 (X = 50.00 m; Z = 0.00 m)	5
3.3 Results for Vertical 3 (X = 54.00 m; Z = 0.00 m)	6
3.4 Results for Vertical 4 (X = 59.00 m; Z = 0.00 m)	6
4 Settlements	7
4.1 Settlements	7
4.2 Residual Times	7
5 Warnings and errors	8

2 Echo of the Input

2.1 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
2 - X -	0.000	100.000			
2 - Y -	13.250	13.250			
1 - X -	0.000	100.000			
1 - Y -	8.500	8.500			
0 - X -	0.000	100.000			
0 - Y -	7.500	7.500			

2.2 PI-lines

PI-line number	Co-ordinates [m]				
1 - X -	0.000	100.000			
1 - Y -	14.900	14.900			

2.3 General Data

Soil model:	Isotache
Consolidation model:	Terzaghi
Strain model:	Natural
Groundwater level:	Initial determined by PI-line number 1
Unit weight of water:	9.81 [kN/m ³]
Dispersion conditions layer boundaries	
- Top:	drained
- Bottom:	drained
Stress distribution	
- Soil:	Buisman
- Loads:	None
End of consolidation:	18250.00 [days]
No maintain profile	
Creep rate reference time:	1.000 [days]
No imaginary surface	
With submerging	
(only for non uniform loads)	
- Iteration stop criterium :	0.10 [m]
Load column width	
- Non-Uniform Loads :	1.00 [m]
- Trapeziform Loads :	1.00 [m]

2.4 Soil Profiles

Layer number	Material name	PI-line top	PI-line bottom
2	Beegden zand	1	1
1	Beegden klei	1	1

2.5 Soil Properties

Layer number	Drained	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m ³]	Saturated [kN/m ³]
2	Yes	18.50	20.50
1	No	18.00	20.00

Layer number	Vert. consolid. coefficient Cv [m ² /s]
2	-
1	1.00E+01

Layer number	POP [kN/m ²]	OCR [-]	Equiv. age [days]
2	0.00	-	-
1	50.00	-	-

Layer number	Reloading/ swelling const. a [-]	Primary compr. const b [-]	Secondary compr. const c [-]
2	1.000E-04	1.100E-04	0.000E+00
1	2.500E-03	3.000E-02	6.000E-04

2.6 Non-Uniform Loads

Load number	Time [days]	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m ³]	Saturated [kN/m ³]
1	-1	19.50	20.50
2	1	61.40	71.40

Load number	Co-ordinates [m]						
1 - X -	0.00	1.00	49.90	50.00			
1 - Y -	13.25	16.70	16.70	13.25			
2 - X -	0.00	45.00	50.00	54.00	59.00		
2 - Y -	13.25	13.25	14.25	14.25	13.25		

2.7 Verticals

Vertical number	X co-ordinates [m]				
1 - 4	45.000	50.000	54.000	59.000	

3 Results per Vertical

3.1 Results for Vertical 1 (X = 45.00 m; Z = 0.00 m)

Depth [m]	Initial stress			Final stress		
	S-total [kN/m ²]	S-water [kN/m ²]	S-eff. [kN/m ²]	S-total [kN/m ²]	S-water [kN/m ²]	S-eff. [kN/m ²]
Layer 2						
13.25	68.938	16.187	52.751	19.251	16.172	3.080
13.15	70.987	17.168	53.820	21.301	17.153	4.149
13.05	73.037	18.148	54.889	23.355	18.134	5.221
12.95	75.087	19.130	55.958	25.419	19.115	6.304
12.85	77.137	20.110	57.027	27.502	20.096	7.406
12.75	79.186	21.091	58.095	29.612	21.078	8.534
12.65	81.235	22.073	59.163	31.752	22.059	9.693
12.55	83.284	23.053	60.230	33.923	23.040	10.883
12.45	85.331	24.035	61.296	36.124	24.021	12.103
12.35	87.377	25.015	62.361	38.351	25.002	13.349
12.25	89.422	25.997	63.425	40.600	25.983	14.617
11.57	103.165	32.618	70.547	56.096	32.606	23.490
10.88	117.251	39.485	77.766	72.317	39.474	32.843
10.10	132.589	47.088	85.501	90.186	47.077	43.109
9.10	152.009	56.898	95.111	112.947	56.888	56.060
8.50	163.516	62.784	100.732	126.412	62.774	63.638
Layer 1						
8.50	163.516	62.784	100.732	126.412	62.774	63.639
8.00	172.804	67.689	105.115	137.275	67.684	69.590
7.50	182.068	72.594	109.474	148.035	72.594	75.441

3.2 Results for Vertical 2 (X = 50.00 m; Z = 0.00 m)

Depth [m]	Initial stress			Final stress		
	S-total [kN/m ²]	S-water [kN/m ²]	S-eff. [kN/m ²]	S-total [kN/m ²]	S-water [kN/m ²]	S-eff. [kN/m ²]
Layer 2						
13.25	18.844	16.187	2.657	77.696	16.195	61.501
13.15	29.455	17.168	12.288	79.215	17.176	62.039
13.05	36.823	18.148	18.674	80.431	18.156	62.275
12.95	41.657	19.130	22.527	81.945	19.137	62.808
12.85	45.316	20.110	25.206	83.648	20.118	63.530
12.75	48.393	21.091	27.302	85.436	21.099	64.337
12.65	51.150	22.073	29.077	87.257	22.080	65.177
12.55	53.714	23.053	30.661	89.086	23.061	66.025
12.45	56.154	24.035	32.120	90.911	24.042	66.869
12.35	58.510	25.015	33.495	92.726	25.023	67.703
12.25	60.806	25.997	34.810	94.531	26.004	68.527
11.57	75.544	32.618	42.926	106.513	32.625	73.888
10.88	90.291	39.485	50.805	118.754	39.492	79.263
10.10	106.412	47.088	59.324	132.214	47.094	85.120
9.10	127.086	56.898	70.188	149.541	56.904	92.637
8.50	139.455	62.784	76.671	159.960	62.790	97.170
Layer 1						
8.50	139.455	62.784	76.671	159.960	62.790	97.170
8.00	149.500	67.689	81.811	168.421	67.692	100.729
7.50	159.537	72.594	86.943	176.920	72.594	104.326

3.3 Results for Vertical 3 (X = 54.00 m; Z = 0.00 m)

Depth [m]	Initial stress			Final stress		
	S-total [kN/m ²]	S-water [kN/m ²]	S-eff. [kN/m ²]	S-total [kN/m ²]	S-water [kN/m ²]	S-eff. [kN/m ²]
Layer 2						
13.25	16.188	16.187	0.001	74.749	16.237	58.511
13.15	18.237	17.168	1.069	76.797	17.218	59.579
13.05	20.287	18.148	2.138	78.843	18.198	60.645
12.95	22.337	19.130	3.207	80.879	19.179	61.700
12.85	24.387	20.110	4.277	82.895	20.160	62.736
12.75	26.439	21.091	5.347	84.885	21.141	63.745
12.65	28.491	22.073	6.419	86.845	22.121	64.723
12.55	30.545	23.053	7.491	88.772	23.102	65.670
12.45	32.601	24.035	8.566	90.669	24.083	66.586
12.35	34.659	25.015	9.643	92.539	25.064	67.475
12.25	36.720	25.997	10.723	94.386	26.044	68.341
11.57	50.745	32.618	18.127	106.495	32.665	73.830
10.88	65.583	39.485	26.097	118.772	39.531	79.241
10.10	82.386	47.088	35.298	132.246	47.133	85.113
9.10	104.485	56.898	47.587	149.579	56.942	92.637
8.50	117.854	62.784	55.070	159.999	62.828	97.172
Layer 1						
8.50	117.854	62.784	55.070	160.000	62.828	97.172
8.00	128.759	67.689	61.070	168.441	67.709	100.732
7.50	139.653	72.594	67.059	176.923	72.594	104.329

3.4 Results for Vertical 4 (X = 59.00 m; Z = 0.00 m)

Depth [m]	Initial stress			Final stress		
	S-total [kN/m ²]	S-water [kN/m ²]	S-eff. [kN/m ²]	S-total [kN/m ²]	S-water [kN/m ²]	S-eff. [kN/m ²]
Layer 2						
13.25	16.188	16.187	0.001	19.274	16.193	3.080
13.15	18.237	17.168	1.069	21.323	17.174	4.149
13.05	20.287	18.148	2.138	23.376	18.155	5.221
12.95	22.337	19.130	3.207	25.440	19.136	6.304
12.85	24.387	20.110	4.276	27.523	20.117	7.406
12.75	26.437	21.091	5.345	29.632	21.098	8.534
12.65	28.487	22.073	6.414	31.772	22.079	9.693
12.55	30.537	23.053	7.483	33.943	23.060	10.883
12.45	32.587	24.035	8.553	36.144	24.041	12.103
12.35	34.637	25.015	9.622	38.371	25.022	13.349
12.25	36.688	25.997	10.691	40.620	26.003	14.617
11.57	50.535	32.618	17.917	56.114	32.624	23.490
10.88	64.916	39.485	25.431	72.336	39.491	32.845
10.10	80.881	47.088	33.793	90.205	47.093	43.112
9.10	101.578	56.898	44.680	112.967	56.903	56.064
8.50	114.059	62.784	51.275	126.432	62.789	63.643
Layer 1						
8.50	114.059	62.784	51.275	126.432	62.789	63.643
8.00	124.248	67.689	56.559	137.287	67.691	69.595
7.50	134.471	72.594	61.877	148.040	72.594	75.446

4 Settlements

4.1 Settlements

Vertical number	X co-ordinate [m]	Z co-ordinate [m]	Surface level [m]	Settlement [m]
1	45.00	0.00	13.25	-0.002
2	50.00	0.00	13.25	0.001
3	54.00	0.00	13.25	0.005
4	59.00	0.00	13.25	0.001

4.2 Residual Times

Vertical number	Time [days]	Settlement [m]	Part of final settlement [%]	Residual settlements [m]
1	1	-0.002	146.356	0.001
	180	-0.002	100.000	0.000
	365	-0.002	100.000	0.000
	18250	-0.002	100.000	0.000
2	1	-0.001	-161.900	0.002
	180	0.001	94.515	0.000
	365	0.001	94.574	0.000
	18250	0.001	100.000	0.000
3	1	0.000	-4.586	0.005
	180	0.003	51.344	0.003
	365	0.003	57.385	0.002
	18250	0.005	100.000	0.000
4	1	0.000	-4.622	0.001
	180	0.001	99.986	0.000
	365	0.001	99.986	0.000
	18250	0.001	100.000	0.000

5 Warnings and errors

List of non-fatal warnings and errors generated during calculation.

- 1 D-Settlement will incorporate submerging as a one-off load reduction at time zero, due to the limitations of the Terzaghi model. Use the Darcy model for a gradual weight reduction of soil and loading during submerging
- 2 The Terzaghi model uses one consolidation coefficient for loading/unloading. This can underestimate residual settlements after unloading. Switch to Darcy for more accurate calculations of the consolidation stage.
- 3 Beegden zand uses the isotache model but has a POP of 0; this is not common

End of Report

Appendix G

L-wand terras De IJsvogel

De L wand wordt in het UO uitgewerkt