

Memo

Onderwerp: Beschouwing invloed golfreducerende berm Kanteldijk

Aan: H. van der Wal

Opsteller: M. Schoffelman

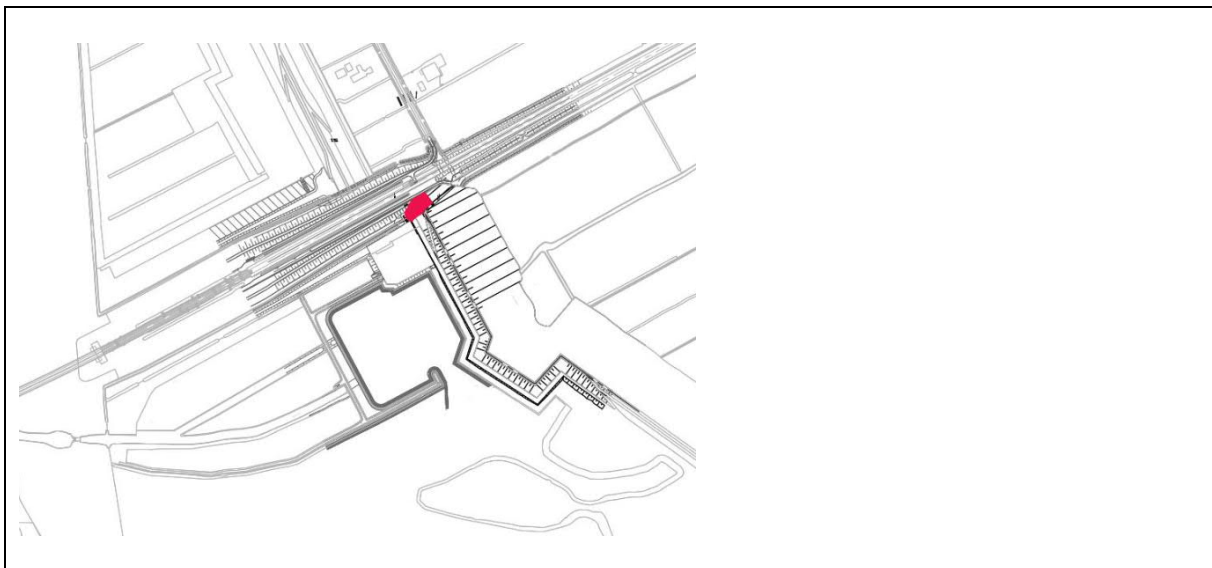
Gecontroleerd: A. Yahyaoui

Datum: 13-12-2019

Documentnummer: IJD-024001

1. Inleiding

Bij het project IJsseldelta kruist een spoortunnel onder het Drontermeer de primaire waterkering van dijkkring 11. Hier zijn kanteldijken ontworpen welke aansluiten op de Reevediepdijs ten noorden van de tunnel en op de Klimaatdijk ten zuiden van de tunnel. De kanteldijken hebben een geringere hoogte dan de aansluitende primaire waterkeringen. De aansluiting op de kanteldijken heeft over een lengte van ongeveer 12 á 15 meter een hoogtetekort ten opzichte van de norm. Om dit hoogtetekort deels te compenseren is besloten om ter plekke van de aansluiting van de Klimaatdijk op de zuidelijke kanteldijk een golfreducerende berm aan te leggen. In onderstaande afbeelding is dit met de rode arcering weergegeven.



Dit document beschrijft de beïnvloeding van de golfreducerende berm op de kanteldijk en de Hanzelijn.

1.1 Tekeningen

De volgende tekeningen hebben als uitgangspunt gediend:

- RGTY-00-Y-BO-OBR-002 v2.0 d.d. 27-10-2017, Lieveense CSO
- IJD-OTDW-TEK-0108 Aansluitingen nieuwe dijken op Kanteldijk, v2.0 d.d. 15-1-2016, IsalaDelta
- IJD-OTDW-TEK-2514 Definitief ontwerp Klimaatdijk - BAZ, v5.0 dd. 6-12-2017, Isaladelta
- IJD-OTDW-TEK-2516 Definitief ontwerp Klimaatdijk – DWP 5 t/m 8, v4.0 d.d. 6-12-2017, IsalaDelta

1.2 Documenten

De volgende documenten hebben als uitgangspunt gediend:

- Notitie 'golfreducerende berm' RGTY-N-002-2, d.d. 27-10-2017, L. Wartena, Lieveense CSO
- IJD-OTDW-ONT-0012 DO Klimaatdijk, v3.0 d.d. 13-5-2016, IsalaDelta

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is uit het rapport IJD-OTDW-ONT-0012 v3.0 DO Klimaatdijk de beïnvloeding van de klimaatdijk op de kanteldijk en Hanzelijn samengevat.

In hoofdstuk 3 wordt de vergelijking gemaakt tussen de oorspronkelijke aansluiting met de kanteldijk en de aansluiting op de kanteldijk middels de golfreducerende berm.

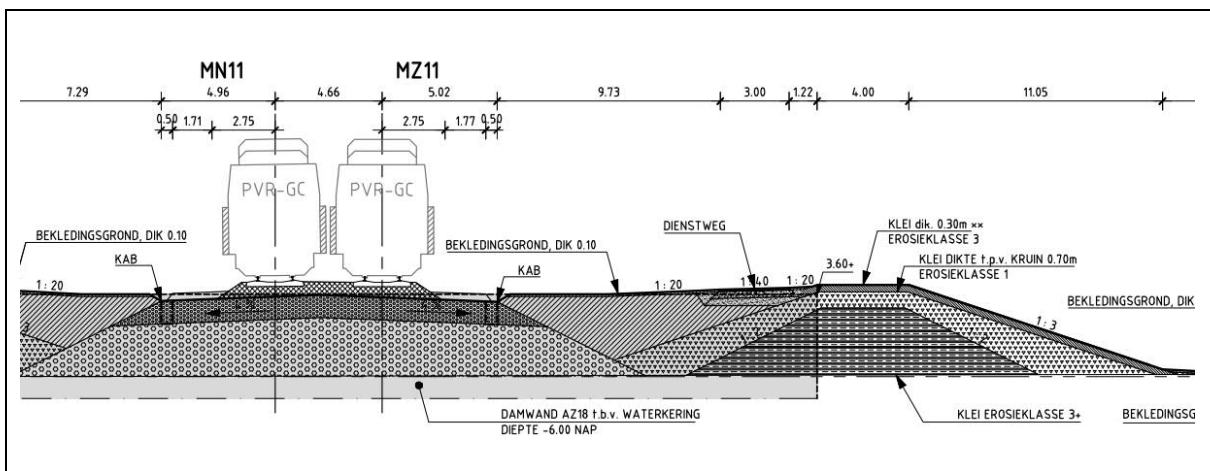
In hoofdstuk 4 worden uitvoeringsaspecten toegelicht.

2 Beïnvloeding Klimaatdijk op kanteldijk en Hanzelijn

2.1 Geometrie Hanzelijn - kanteldijk

De klimaatdijk sluit aan op de kruin van de kanteldijk die is gelegen naast een bestaande spoorbaan (Hanzelijn). Hierbij wordt het hoogteverschil tussen de kanteldijk en de klimaatdijk overbrugd met een talud van 1:12.

De Hanzelijn is een aantal jaren geleden opgeleverd. Uit het archief van Prorail en Royal HaskoningDHV zijn verschillende tekeningen en rapporten beschikbaar gesteld en is onderstaand dwarsprofiel ter plaatse van de aansluiting afgeleid.



2.2 Profiel aansluiting Klimaatdijk op Kanteldijk

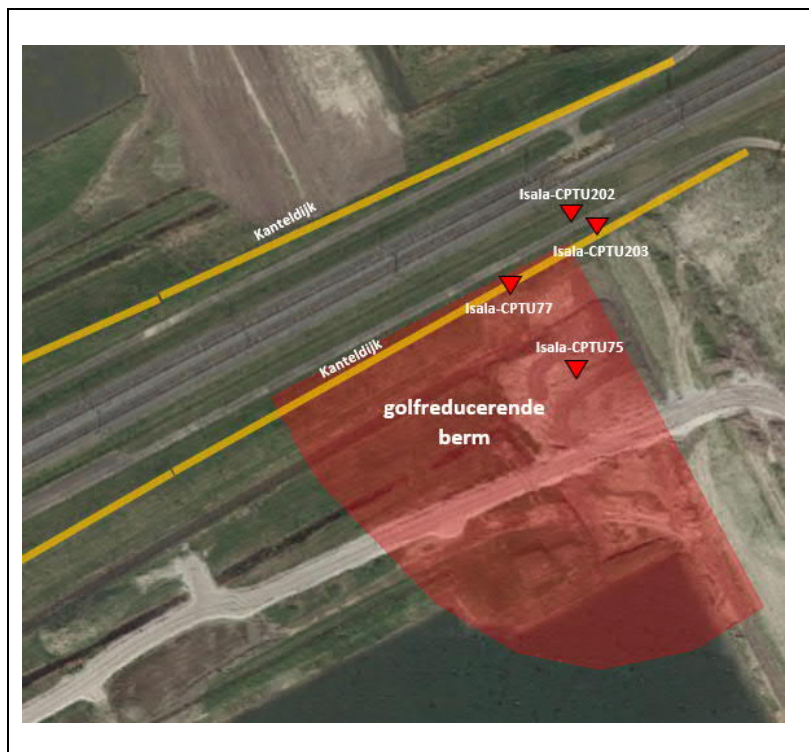
Op basis van de zettingsberekeningen is vastgesteld dat de aanleghoogte van de Klimaatdijk NAP +6,25 m bedraagt, dit is inclusief zettingscompensatie.

De opleverhoogte, zijnde de ontwerphoogte + de restzettingseis, is NAP +5,35 m.

Het hoogteverschil tussen de kruin van de Klimaatdijk en de kanteldijk (NAP +3,8m à NAP +3,9m) wordt overbrugd met een talud 1:12.

2.3 Grondonderzoek

Het beschikbare grondonderzoek rondom de aansluiting van de klimaatdijk op de kanteldijk is weergegeven in onderstaande figuur



Sondering "ISALA-CPTU77" wordt beschouwd als maatgevend omdat het pakket van slappe toplagen hier het diepst doorzet (tot NAP -3,0 m). Deze sondering bevindt zich niet in (het verlengde van) de kruinlijn van de klimaatdijk.

Bij de sonderingen die zich hier wel bevinden (ISALA-CPTU202 en -203) is tot een diepte van NAP -2,5 m slappe grond (klei/veen) aangetroffen.

Sondering ISALA-CPTU77 wordt toegepast in combinatie met de ophoging bij de kruin. Dit betreft twee keer de ongunstigste situatie (ongunstigste aangetroffen bodemopbouw en grootste belasting). Daarom worden de verkregen resultaten beschouwd als een bovengrens van de te verwachten zetting.

2.4 Bodemopbouw

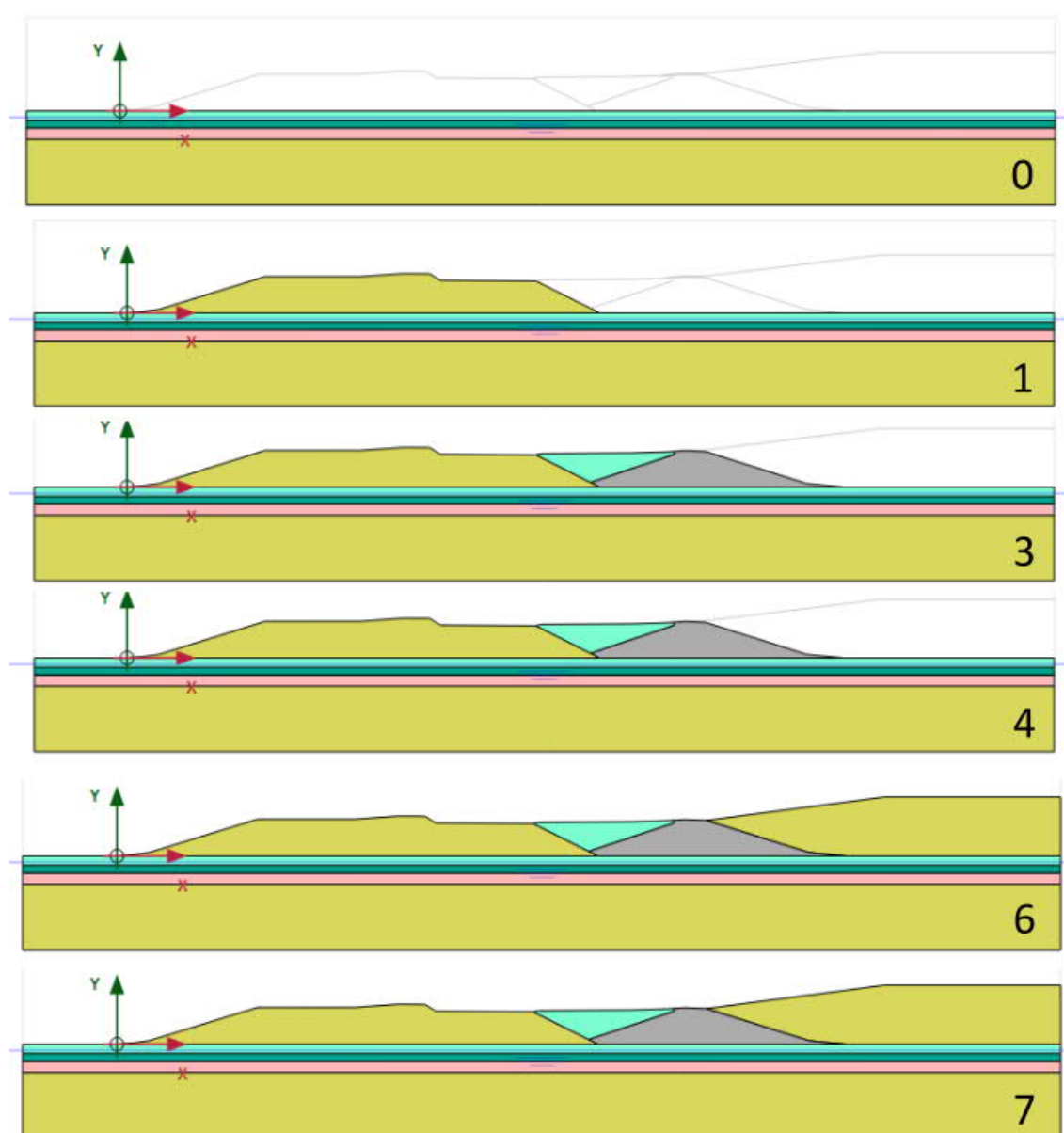
Uit sondering ISALA-CPTU77 volgt een bodemopbouw tot het pleistocene zandpakket dat bestaat uit:

- Vanaf kruin (circa NAP +4 m) tot NAP +0 m: Klei siltig(kanteldijk)
- NAP +0 m tot NAP -1,0 m: Klei humeus
- NAP -1,0 m tot NAP -1,8: Klei zandig
- NAP -1,8 tot NAP -3,0m: Veen

2.5 Berekeningsmethodiek

Omdat naast de additionele zetting van de kanteldijk ook de effecten op het spoor (horizontaal en verticaal) beschouwd moeten worden, is ervoor gekozen om een analyse in Plaxis uit te voeren. De toegepaste fasering in de berekening is aangegeven in onderstaande figuur en bestaat uit de volgende fasen:

- 0: Initiële fase (K0-procedure)
- 1: Aanbrengen aardebaan Hanzelijn (drained)
- 3: Aanaarding kanteldijk (undrained)
- 4: Consolidatie 5 jaar
- 6: Aansluiting Klimaatdijk (undrained)
- 7: Consolidatie 10.000 dagen

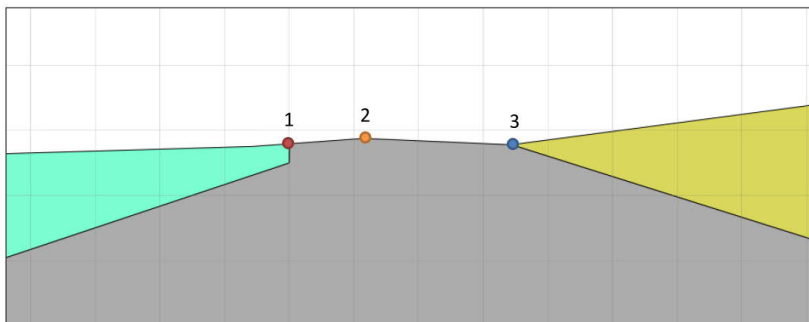


De fasen 2 en 5 zijn tussenfasen waarin de berekende verplaatsingen op nul gesteld worden zodat het effect van de latere fasen beschouwd kan worden. De fasen 6 en 7 zijn van belang voor het effect van de aansluiting van de Klimaatdijk.

In de Plaxis-berekeningen is het Hardening Soil (HS) model gebruikt omdat het interactieberekeningen betreft. Voor verdere toelichting wordt verwezen naar IJD-OTDW-ONT-0012 DO Klimaatdijk v3.0.

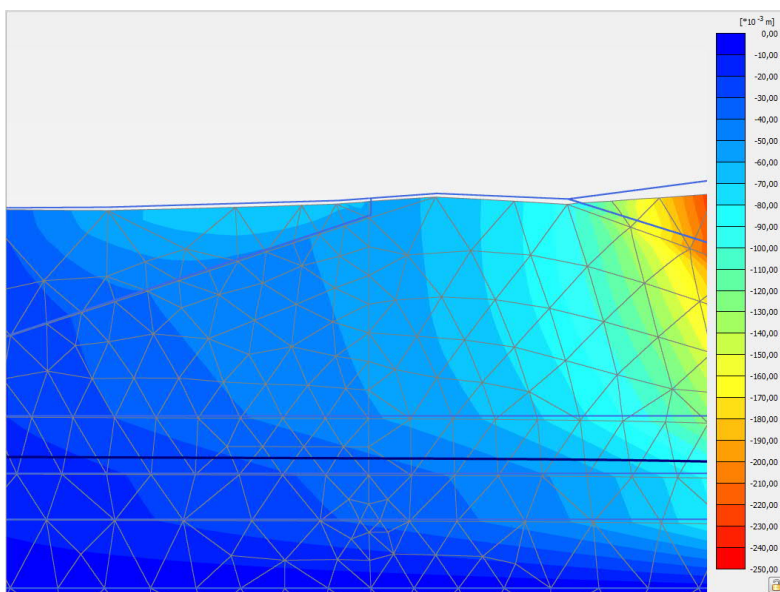
2.6 Vervormingen Kanteldijk

De vervorming van de kruin van de kanteldijk is beschouwd aan de randen en op het hoogste punt van de kanteldijk. Deze punten zijn aangegeven in onderstaand figuur.

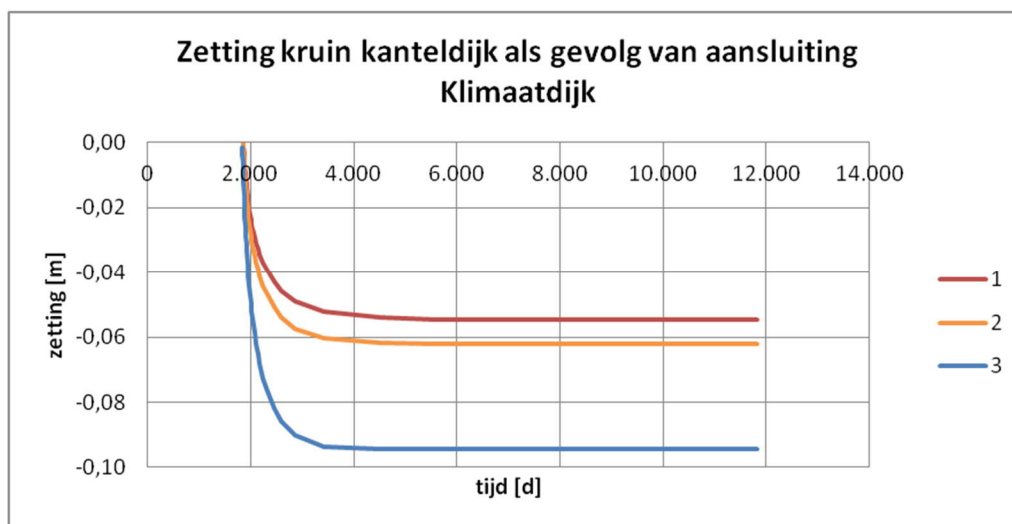


De resultaten zijn weergegeven de volgende twee figuren. Hierin is te zien dat de maximaal optredende zetting na aansluiting van de klimaatdijk ca. 10 cm bedraagt na 10.000 dagen. Dit is dus de extra zetting t.g.v. de aansluiting.

Om geen negatieve beïnvloeding te hebben op de kanteldijk zal bij het afwerken van de Klimaatdijk de kruin van de kanteldijk aangevuld worden met klei Cat 3, zodat de hoogte van de kanteldijk gewaarborgd blijft.



vervorming kruin kanteldijk tussen begin fase 6 en eind fase 7



resultaten zetting kruin kanteldijk als gevolg van aansluiting Klimaatdijk

2.7 Vervormingen Hanzelijn

2.7.1 Eisen spoorgeometrie

De eisen die aan de spoorgeometrie gelden zijn afkomstig uit OHD00129-2: ProRail Onderhoudsdocument Instandhoudingsspecificaties voor de spoorgeometrie van de Hanzelijn v001 d.d. 01-10-2012. Deze gaan om Bodemwaarden (BW), dit zijn de maximaal toegestane vervormingen waarbij het spoor nog op duurzame wijze in gebruik is.

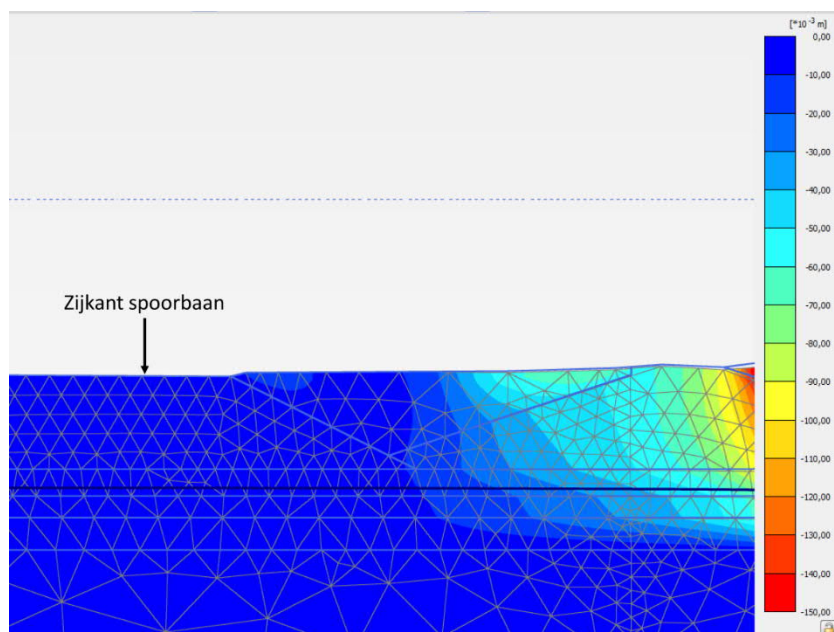
De maximaal toegestane vervormingen gelden voor een bepaalde lengte in de langrichting van het spoor (kooorde). De BW van het hoogteverschil over een kooorde van 1 m is kleiner dan voor een kooorde van 10 m lengte. De maximumsnelheid waarvoor het (deel)traject is ontworpen is bepalend voor de bodemwaarden. Het traject Hanzelijn is ontworpen voor een maximumsnelheid van 200 km/u. De bodemwaarden voor verschillende kooorden zijn gegeven in onderstaande tabel voor hoogte en schift (respectievelijk verticale en horizontale vervorming).

Lengte kooorde	hoogte +/- [mm]	schift +/- [mm]
1	0,9	1,5
9	n.v.t.	7
10	14	n.v.t.
15	15	n.v.t.

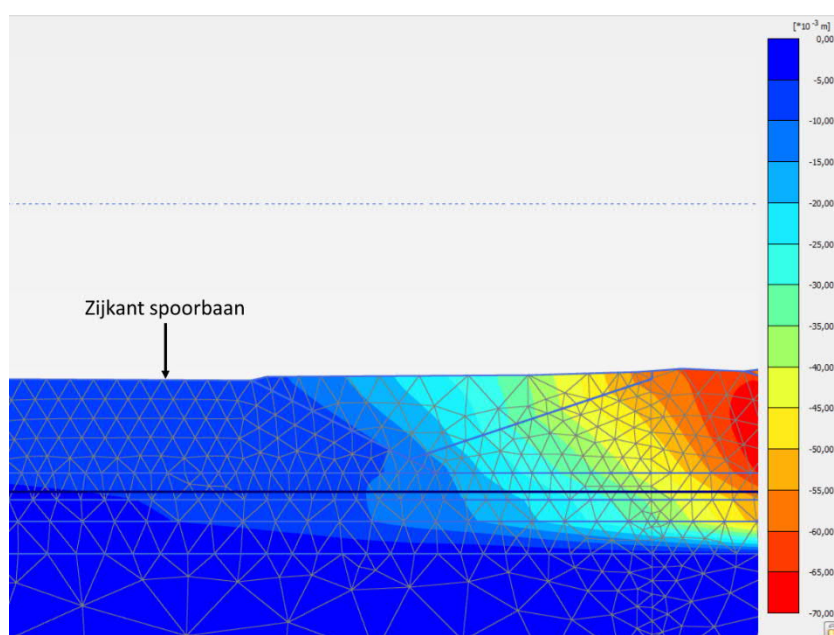
Bodemwaarden spoorvervorming voor trajectnelheid 200 km/u

2.7.2 Resultaten

De hoogste horizontale verplaatsingen bij het spoor treden op na de fase "aansluiting Klimaatdijk (undrained)". De hoogste verticale verplaatsingen bij het spoor treden op na de fase "consolidatie 10.000 dagen". In de volgende twee figuren zijn de berekende verplaatsingen weergegeven.



zetting ter plaatse van het spoor na aansluiting Klimaatdijk



horizontale vervorming plaatse van het spoor na aansluiting Klimaatdijk

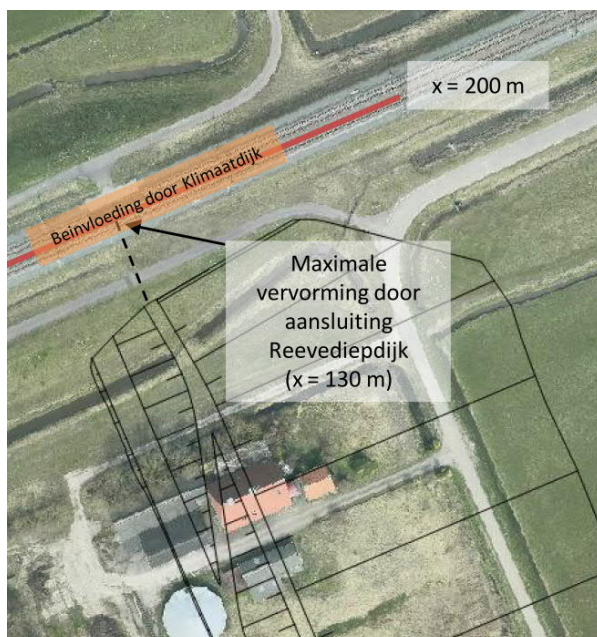
De resultaten zijn samengevat in onderstaande tabel.

Fase	verticale vervorming [mm]	horizontale vervorming [mm]
Aansluiting Klimaatdijk	3	10

2.8 Vergelijking resultaten en maximaal toegestane vervorming

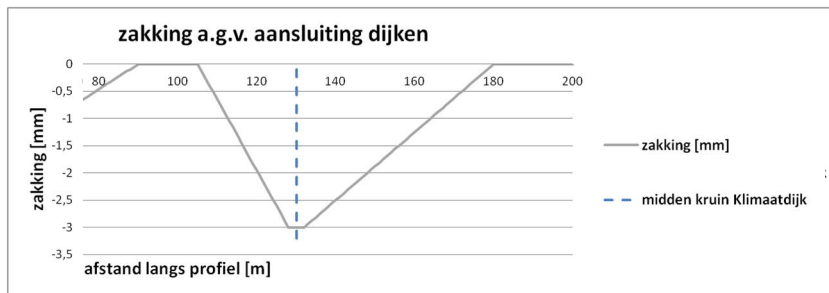
De berekende vervormingen in de horizontale en verticale richting worden getoetst aan de bodemwaarden voor spoorgeometrie. Omdat de eisen gelden voor koorden in de lengterichting van het spoor, worden de absolute vervormingen omgerekend naar vervormingen in lengterichting.

Over een lengte van 200 m (rode lijn, onderstaand figuur) worden de vervormingen toegepast op het spoor. De maximale vervorming treedt op ter hoogte van de kruin van de dijken. Er wordt van uit gegaan dat deze vervorming afneemt tot 0 aan de randen van de dijken. De invloedszone is oranje gemarkeerd onderstaande figuur. Buiten deze invloedszones treedt geen vervorming op als gevolg van de aansluiting van de dijken.



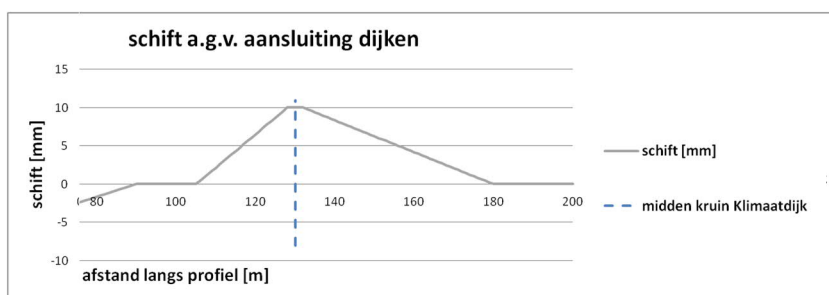
vervormingen in lengterichting van de spoorbaan

De maximaal berekende zakking van zijkant spoorbaan is 3 mm bij de aansluiting van de Klimaatdijk. De volgende grafiek geeft weer hoe de zakking er langs het traject van 200 m spoor uit ziet. Hieruit volgt dat de maximale verschilzetting per meter ca. 0,2mm/m bedraagt. Dit voldoet dus ruim aan de eis van +/-0,9mm/m en +/-14mm/10m.



zakking van de spoorbaan als gevolg van aansluiting van de dijken

De berekende horizontale vervorming is 10 mm voor de Klimaatdijk. De volgende grafiek geeft weer hoe deze vervorming (shift) er langs het traject van 200 m spoor uit ziet in bovenaanzicht. Hieruit kan worden afgeleid dat de maximale shift 0,7mm/m bedraagt. Dit voldoet aan de eis van $\pm 1,5\text{mm/m}$ en $\pm 7\text{mm/9m}$.



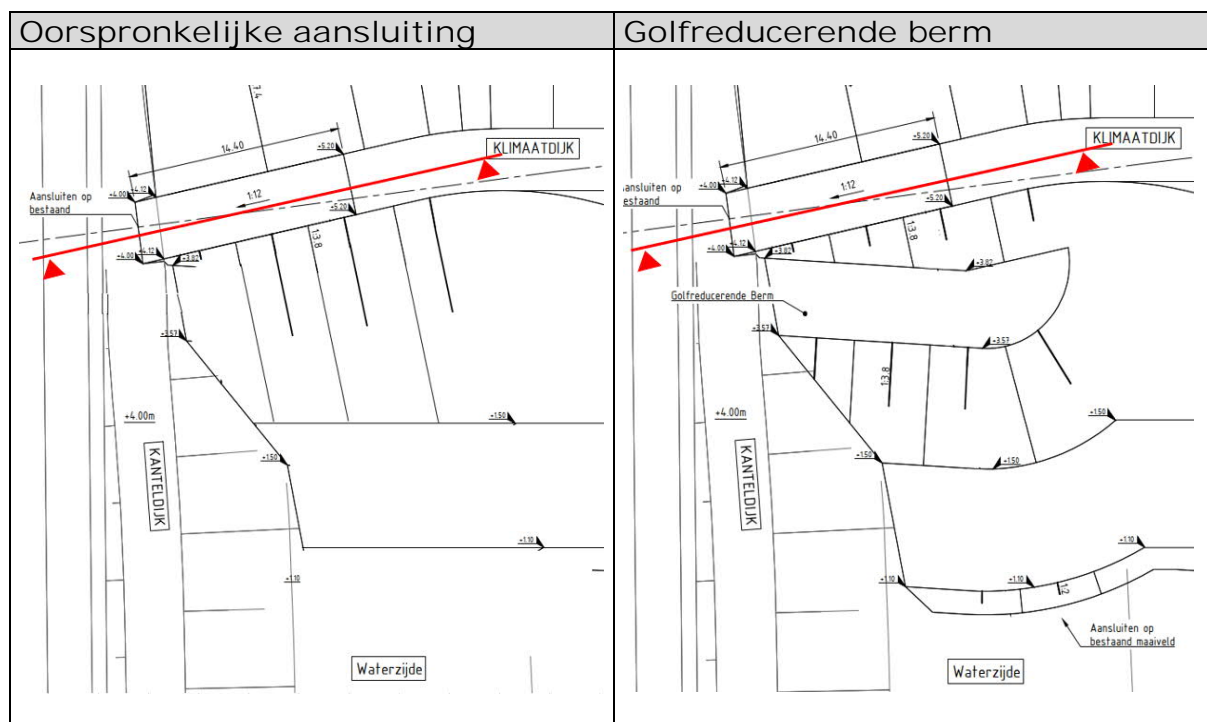
shift van de spoorbaan als gevolg van aansluiting van de dijken

2.9 Beschouwing van de resultaten

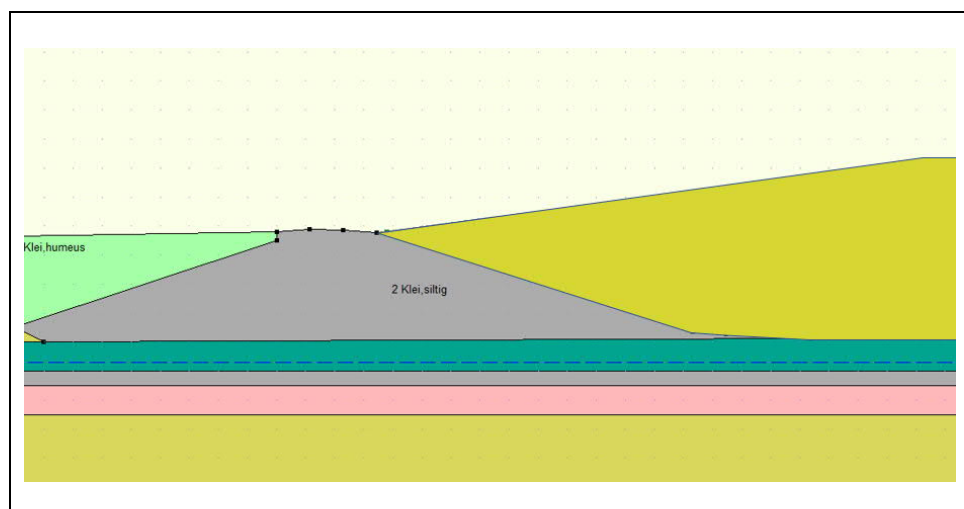
De gepresenteerde resultaten vormen een bovengrens van de vervormingen die veroorzaakt kunnen worden doordat de ongunstige bodemopbouw is gecombineerd met de maximale ophoging. Daarnaast zijn de vervormingen in 2D berekend, waarbij reducties door 3D effecten niet zijn meegenomen. Uit de resultaten volgt dat de optredende vervormingen toelaatbaar zijn conform de gestelde eisen.

3 Vergelijking aansluiting golfreducerende berm

In onderstaande afbeelding is het verschil in aansluiting in bovenaanzicht weergegeven tussen de oorspronkelijk aansluiting uit het DO Klimaatdijk [IJD-OTDW-ONT-0012] en de golfreducerende berm. Met rood is de lijn weergegeven van het profiel wat beschouwd is voor de beïnvloeding van de aansluiting op de kanteldijk.



In profiel ziet dit er zowel voor de oorspronkelijke aansluiting als de aansluiting met golfreducerende berm als volgt uit.



Zijaanzicht profiel

Voor de analyse zoals uitgevoerd in het DO Klimaatdijk zijn de vervormingen in 2D berekend. Het beschouwde 2D profiel in de zettingsberekeningen geldt zowel voor de oorspronkelijke aansluiting alsmede de golfreducerende berm.

De aansluiting met en het toepassen van de golfreducerende berm heeft derhalve geen aanvullende beïnvloeding op de kanteldijk en de Hanzelijn ten opzichte van de oorspronkelijke aansluiting op de kanteldijk en valt daarmee binnen de eerder afgegeven vergunning voor het realiseren van het DO Klimaatdijk