

Nieuwe Waarden Alblasserwaard

Trillingsinvloed



Lijst met aanpassingen

Versie	Datum	Beschrijving van de wijziging	Herzien	Vrijgegeven door
C1.0	17-06-2024	Eerste versie - kunstwerken gebundeld		Marc Everaars
D1.0	16-07-2024	Opmerkingen opdrachtgever verwerkt	Niels van Leeuwen	Marc Everaars

Sweco Nederland B.V.
Onderwerp

Handelsregister 30129769
Trillingsanalyse kunstwerk
Parallelweg & Spoorweg

b . a .

Projectnummer

51008778-022

Gecontroleerd door

ir. Erik van der Putte

Klant

Infram B.V.

Auteur

ir. Niels van Leeuwen

Datum

16-07-2024

Vrijgegeven door

ir. Marc Everaars

Documentreferentie

NL24-648800269-91878 versie D1.0-648800269-91878

b . a . Jan-Hein Poodt

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding project: het watersysteem zit tegen zijn grenzen aan	4
1.2	Nieuwe indeling Alblasserwaard	4
1.3	Doel	5
1.4	Leeswijzer	5
2	Boezemkanaal en gemaal Hardinxveld	6
2.1	Deelgebied Noord	7
2.2	Spoorburg en brug parallelweg	8
2.3	Deelgebied Midden	8
2.4	Kruising met A15	9
2.5	Deelgebied Zuid	10
2.6	Boezemgemaal en varianten perskokers	10
2.7	Aanleg en bouwfase	12
3	Ondergrond en funderingswijze	13
3.1	Ondergrond	13
3.2	Funderingswijze	14
4	Kruising spoor en parallelweg	15
4.1	Omgeving	15
4.2	Trillingspredictie	15
4.3	Drukpredictie	16
4.4	Analyse van trillingen in gebruiksfase	16
5	Kruising A15	19
5.1	Omgeving	19
5.2	Risico op zakkingen in Rijksweg	19
6	Boezemgemaal	21
6.1	Omgeving	21
6.2	Monumentaal pand	21
6.3	Overige panden	21
6.3.1	Trillingen	22
6.3.2	Compactie	22
7	Conclusie	26

1 Inleiding

1.1 Aanleiding project: het watersysteem zit tegen zijn grenzen aan

Het watersysteem van de Alblasserwaard is in de loop van ruim 650 jaar ontstaan. De Overwaard en de Nederwaard bestaan reeds sinds die tijd. De maatregelen die in de loop van de eeuwen zijn genomen om het gebied te ontwateren zijn ingenieus en hebben de tand des tijds doorstaan; ze staan aan de basis van het functionele Unesco Werelderfgoed Kinderdijk-Elshout. Toch zit het watersysteem nu aan zijn grenzen. Het lukt niet meer om de peilen op het boezemstelsel met de twee boezemgemalen in Kinderdijk onder de extremere omstandigheden te beheersen, met name bij westenwind. Daardoor stroomt het water op sommige plaatsen soms (bijna) over de boezemkades heen. Mede daardoor zijn de regionale kades niet sterk en/of hoog genoeg over een lengte van tientallen kilometers, waardoor ze niet voldoen aan de veiligheidseisen. De komende decennia zal, als gevolg van klimaatverandering, meer afvoermogelijkheden nodig zijn om wateroverlast in de polders te voorkomen.

In drogere periodes laat het waterschap bij Elshout-Kinderdijk water uit de Lek in de boezem lopen om zowel het boezempeil als de polderpeilen te handhaven. Door de lage rivierstanden in de zomer en zeespiegelstijging, dringt het zoute zeewater verder de rivier op. Hierdoor wordt zilte water de boezem ingelaten. Dit zilte water is niet goed voor de landbouw en natuur. Er is nu en in de toekomst meer wateraanvoer van betere kwaliteit nodig in periodes van droogte. Kortom, het watersysteem in de Alblasserwaard zit aan zijn grenzen.

1.2 Nieuwe indeling Alblasserwaard

Het waterschap heeft in 2017 als antwoord op de hierboven genoemde uitdagingen, het historische besluit genomen door het boezemwatersysteem in de Alblasserwaard anders in te gaan richten. Na zes eeuwen water aan- en afvoer via Kinderdijk is het tijd om een nieuw hoofdstuk aan de geschiedenis van het waterbeheer toe te voegen. Het Algemeen Bestuur van Waterschap Rivierenland heeft in september 2017 een nieuwe indeling van dit watersysteem vastgesteld, zodat het waterbeheer gesteld staat voor de toekomst. Dit is aangeduid als “een nieuw begin voor een iconische polder” en een historische wijziging in het huidige watersysteem van de Overwaard en de Nederwaard.

Figuur 1-1 geeft de nieuwe indeling weer. Door in het Achterwaterschap een ‘knip’ te leggen ontstaat er een nieuwe indeling van het gebied. Dit gebeurt door de realisatie van een afsluitmiddel in het Achterwaterschap en een opening in de Middelkade. Daarnaast wordt de Graafstroom afgekoppeld van de Nederwaard door het verplaatsen van poldergemaal Laag-Blokland, en het realiseren van een afsluitmiddel Graafstroom en overlaat Graafstroom. In de Overwaard neemt de afvoerlengte aanzienlijk af door de knip in het Achterwaterschap. Het opstuwende effect van de westenwind wordt een stuk minder, waardoor de waterpeilen van de boezem beter beheersbaar zijn. De maximale waterstanden zijn dan lager dan in de huidige situatie, waardoor minder kades versterkt hoeven te worden. De Nederwaard wordt door de grotere omvang robuuster en krijgt een grotere bergings- en bemalingscapaciteit. Het Achterwaterschap wordt onderdeel van de Nederwaard, met als gevolg een boezempeilverlaging van 15 cm. De

gedeeltelijke herziening van het peilbesluit Alblasserwaard is in augustus 2022 afgerond. Om het water uit de nieuwe Overwaard af te kunnen voeren is een nieuw boezemgemaal nodig. Tevens wordt hier een nieuwe inlaat gerealiseerd om water in tijden van droogte aan te voeren. Dit gemaal heeft een uitlaatcapaciteit van 1200 kuub/ minuut en een inlaatcapaciteit van 450 kuub/ minuut. In 2021 is het eerste deel van dit MER gepubliceerd en besproken met omgevingspartijen, waarin de keuze voor de locatie van dit boezemgemaal is onderbouwd. In 2021 is besloten is het boezemgemaal in Hardinxveld-Giessendam te bouwen.



Figuur 1-1 Toekomstige indeling Alblasserwaard in Nieuwe Overwaard en Nieuwe Nederwaard

1.3 Doel

In voorliggend rapport wordt ingegaan op het risico van schade aan woningen in de omgeving als gevolg van het inbrengen van damwanden en/ of palen.

De volgende kunstwerken/ locaties worden in voorliggend rapport beschouwd:

- Kruising spoorlijn/ parallelweg;
- Kruising A15;
- Boezemgemaal, inclusief de perskokers.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden het projectgebied en de te nemen maatregelen beschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft de algemene bodemopbouw. In hoofdstuk 3 worden de trillingen ter plaatse van de spoorkruising en kruising van de parallelweg beschouwd. Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 en hoofdstuk 5 ingegaan op respectievelijk de kruising met de A15 en het boezemgemaal. Tot slot zijn in hoofdstuk 6 de conclusies samengevat.

2 Boezemkanaal en gemaal Hardinxveld



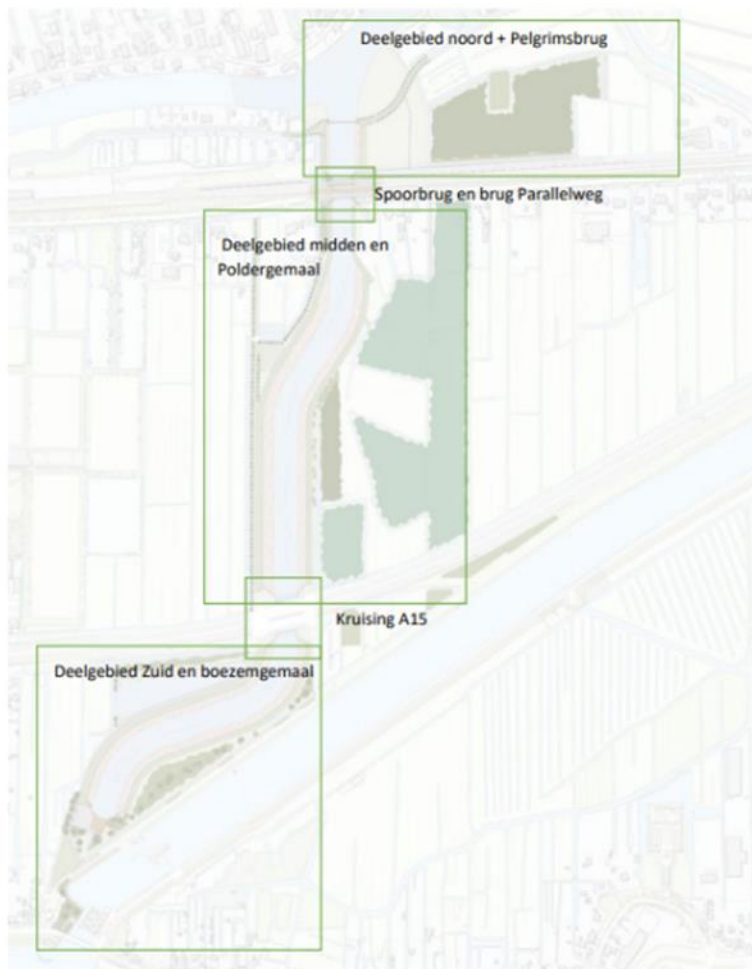
Figuur 2-1 Projectgebied boezemkanaal en boezemgemaal Hardinxveld

Het ontwerp van het nieuwe boezemkanaal, het boezemgemaal en de (inpassings-)maatregelen in de polder in Hardinxveld omvat de volgende deelgebieden:

Deelgebied Noord, bruggen, deelgebied Midden, kruising A15 en deelgebied Zuid. Het ontwerp wordt in de volgende paragrafen per deelgebied beschreven.

Door het hele gebied legt het waterschap een faunapassage aan. Deze passage legt de verbinding tussen de Biesbosch en de Alblasserwaard. Doordat de nieuwe boezem het bestaande polderwatersysteem doorsnijdt, neemt het waterschap in alle deelgebieden maatregelen zodat het polderwatersysteem goed functioneert. Aan de westzijde van het boezemkanaal blijft het huidige systeem behouden; water wordt afgevoerd via de Molensloot door duikers onder het spoor en de Parallelweg. Deze route sluit aan op de bestaande A-watgangen.

Halverwege het boezemkanaal (in deelgebied Midden) komt een nieuw poldergemaal om water uit het westelijk polderwatersysteem op de nieuwe boezem af te wateren. Ter compensatie van het verlies aan bergingscapaciteit in het polderwatersysteem wordt aan de westzijde van het boezemkanaal watergangen verbreedt en tussen de A15 en het Kanaal van Steenenhoek wordt oppervlaktewater aangelegd, een meer van ca. 1 m diep. Aan de oostzijde van het nieuwe boezemkanaal wordt een nieuwe A-watgang met beheerpad gerealiseerd, de rest van de polder blijft functioneren zoals in de huidige situatie.



Figuur 2-2 Boezemkanaal met deelgebiedend

2.1 Deelgebied Noord

In deelgebied Noord sluit het nieuwe kanaal met een flauwe bocht op de Giessen aan. Bestaande dagrecreatieterreinen aan de Giessen zullen hiervoor worden afgegraven. Voor deel worden deze terreinen gecompenseerd door het naar binnen leggen van de kade van de Achterdijk Oost. De kade Achterdijk Oost vormt in de huidige situatie de toegang tot dagrecreatiepercelen, en vormt als wandelroute onderdeel van de Pelgrimsroute, een Lange Afstand Wandel (LAW) route. De nieuwe Pelgrimsbrug is een voetgangersbrug.

5.2 Deelgebied Noord 1/2



Figuur 2-3 Deelgebied Noord

De breedte van het boezemkanaal tussen de Giessen en het gemaal is, inclusief kades en plasbermen, afhankelijk van de grondslag tussen de circa 70 en 90 m. Om de kades stabiel te houden zijn plasbermen van circa 5-7 m voorzien waarin riet zal groeien.

Ten oosten van de dagrecreatieterrainen zal de benodigde NNN-compensatie van vochtig productiebos (N16.04) worden gerealiseerd. Aansluitend op een reeds bestaand bos wordt circa 2,5 ha bos toegevoegd. De watergang langs het spoor krijgt een natuurvriendelijke oever, zodat het natuurgebied logisch aangesloten is op de natuurlijke inrichting van de boezem.

2.2 Spoorburg en brug parallelweg

Voor de spoorbrug en brug Parallelweg is een integraal ontwerp gemaakt van twee losstaande bruggen. De hoogte van het spoor blijft met de nieuwe brug gelijk. De hoogte van het brugdek op de Parallelweg ligt op circa NAP +0,7m. Dit is vergelijkbaar met de hoogte van de weg ter plaatse van de huidige duiker onder de Parallelweg en spoor. Ten oosten van de brug zal de parallelweg verhoogd worden om de weg verkeersveilig aan te sluiten op de brug. De boezembreedte bij de beide bruggen is circa 32 meter tussen de damwanden.

2.3 Deelgebied Midden

Ten zuiden van de Parallelweg ligt het boezemkanaal tussen damwanden langs de woningen en tuinen van Parallelweg 122 en 123. Om de boezem heen wordt een natuurlijke inrichting gerealiseerd als onderdeel van de faunapassage.



Figuur 2-4 Deelgebied Midden

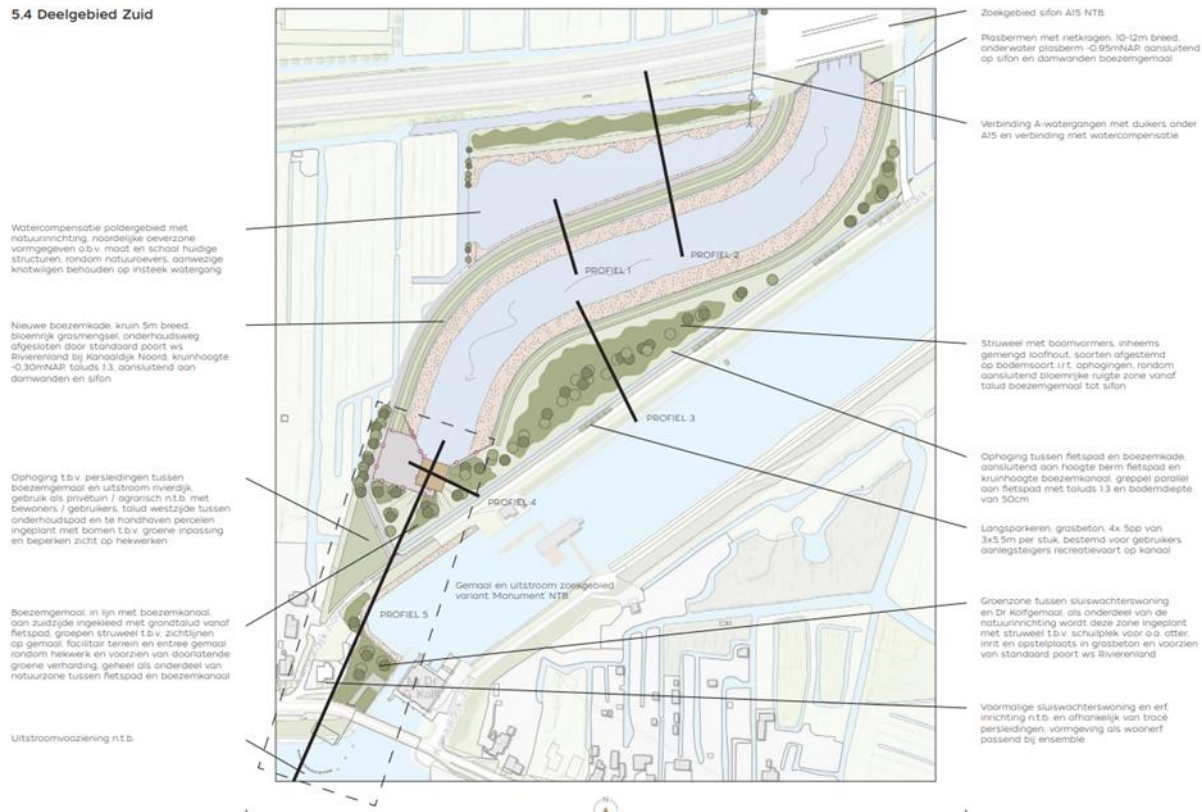
Op een perceel direct ten oosten van het nieuwe boezemkanaal wordt een perceel van circa 0,5 ha ingericht met vochtig productiebos aansluitend op het huidige natuurgebied met NNN status.

2.4 Kruising met A15

Voor de kruising met de A15 wordt uitgegaan van een sifon, waarbij het boezemkanaal verdiept onder de A15 doorstroomt. Deze constructie bestaat uit meerdere kokers met een onverharde bodem. De onderdoorgang wordt in zijn geheel naast de A15 voorgebouwd en vervolgens wordt de prefab constructie geplaatst. Deze kruising is er een die in een korte tijd met wegafsluitingen in een aantal weekenden kan worden gerealiseerd.

2.5 Deelgebied Zuid

5.4 Deelgebied Zuid



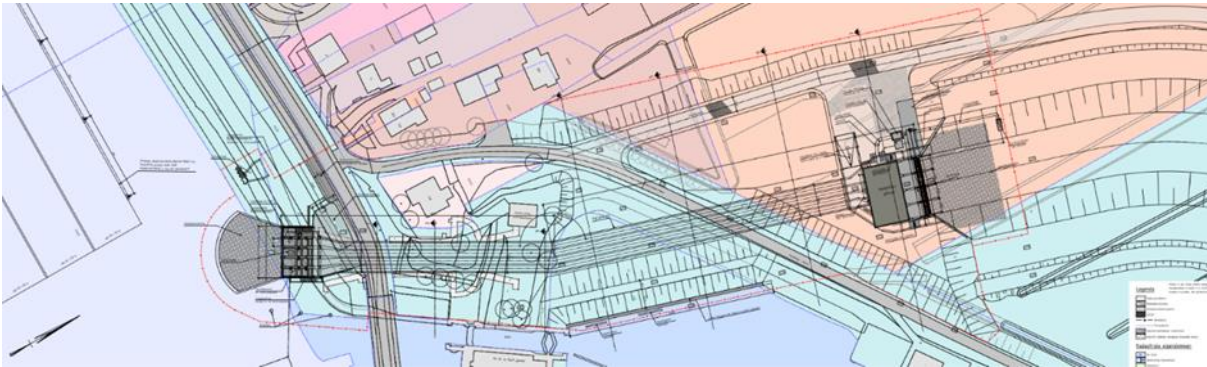
Figuur 2-5 Deelgebied Zuid

In deelgebied Zuid loopt het boezemkanaal met een bocht vanaf de kruising A15 het deelgebied in. De boezem wordt in dit deelgebied zoveel als mogelijk op afstand van het kanaal van Steenenhoek gelegd om het risico op opbarsten te verkleinen. Met een bocht loopt het boezemkanaal vervolgens richting het nieuwe boezemgemaal. Tussen het nieuwe boezemkanaal en het Kanaal van Steenenhoek wordt het gebied deels verhoogd en groen ingericht met struweel en bomen.

2.6 Boezemgemaal en varianten perskokers

In de verkenningfase is gekozen voor een gemaal met een pompgebouw achter de Kanaaldijk Noord en voor bijbehorende lange perskokers naar de uitstroomvoorziening aan de Rivierdijk. In een variantenstudie is nader onderzocht via welk tracé de perskokers door de dijk naar de Beneden-Merwede zullen lopen. In deze studie zijn de volgende varianten opgenomen.

Variant Waaiersluis; waarbij de perskokers door de Waaiersluis heen gaan en het kanaal van Steenenhoek deels gedempt wordt.



Figuur 2-6 Variant Waaijersluis

Variant Monument; waarbij de perskokers onder het gemeentelijk monument op Rivierdijk 519 lopen. Het pompgebouw wordt iets westelijker gebouwd zodat het kanaal van Steenenhoek niet geraakt wordt door de perskokers. Het monument wordt hiervoor -tijdelijk- verplaatst en teruggezet.



Figuur 2-7 Variant Monument

Variant Kanaaldijk Noord; waarbij de perskokers onder de Kanaaldijk lopen tussen de woningen rivierdijk 521-519 in. Het pompgebouw wordt iets westelijker gebouwd (net zoals bij variant Monument) zodat het kanaal van Steenenhoek niet geraakt wordt door de perskokers.



Figuur 2-8 Variant Kanaaldijk Noord

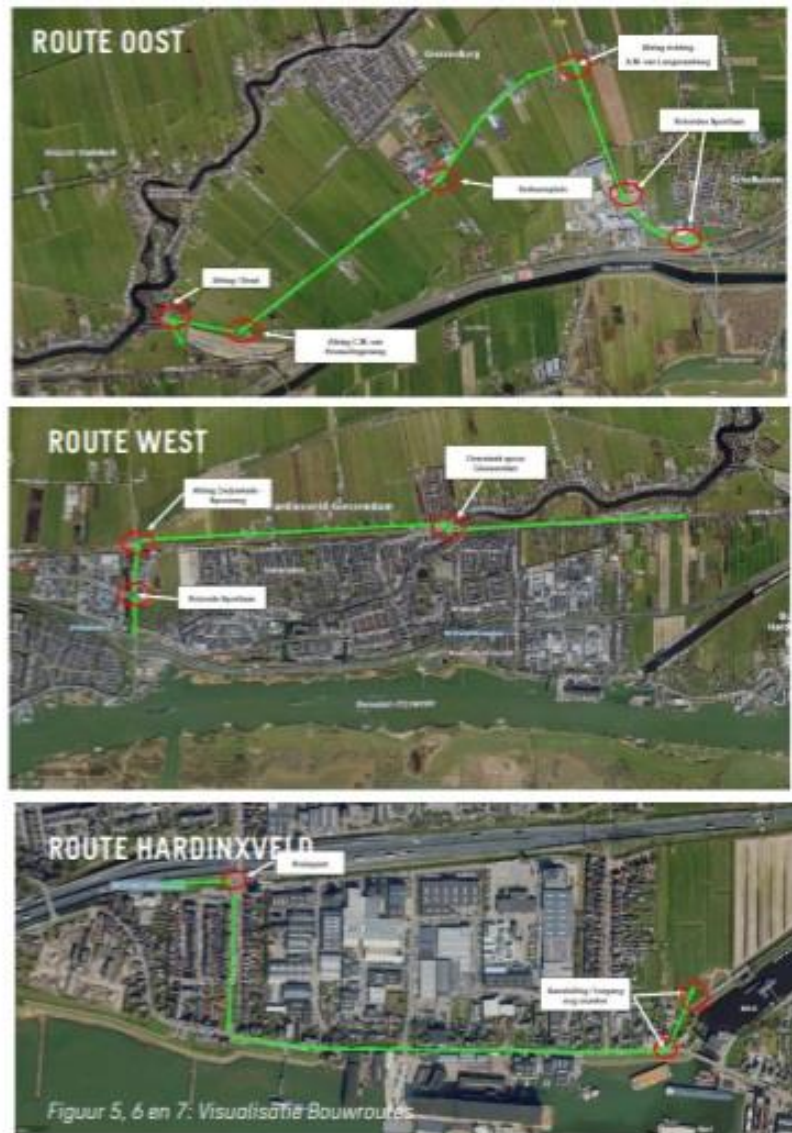
2.7 Aanleg en bouwfase

De aanleg van de boezem, de kruisingen en het gemaal kent ieder haar eigen fasering. De inschatting is dat de totale bouwtijd ongeveer 3 jaar duurt. Tijdens de bouw blijven de percelen van omwonenden bereikbaar, blijft de Rivierdijk open en blijft de Parallelweg toegankelijk via een wegomlegging. Het polderwatersysteem blijft steeds functioneel.

De boezemkades worden zo veel als mogelijk met gebiedseigen grond gemaakt. De bovenste laag bodem is te slap en wordt afgevoerd. Als uitgangspunt wordt gehanteerd dat de grond geschikt voor de kades nat wordt ontgraven en ter plekke in depots ontwaterd wordt, zodat het vervolgens in het gebied gebruikt kan worden. Tijdens de realisatie zal materiaal aan- en afgevoerd worden met vrachtauto's. De voorgestelde bouwroutes voor de bouwlogistiek zijn:

- Route Oost: ter ontsluiting van de bouwterreinen van de bruggen en voor deelgebied Noord.
- Route West: primaire aanvoerroute van de bruggen en ter ontsluiting van deelgebied Midden.
- Route Hardinxveld: primaire aanvoerroute van het gemaal en van deelgebied Zuid.

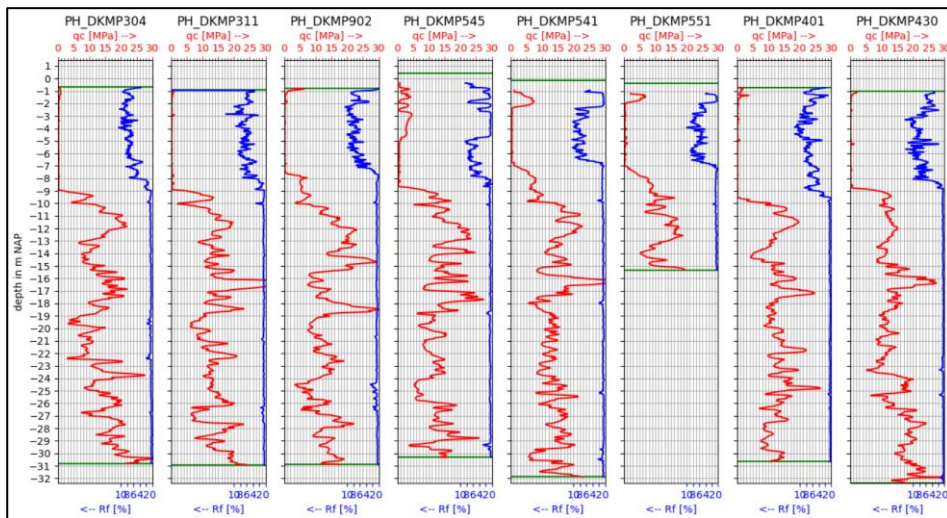
Voor de aanleg van de kruising A15 zal zoveel mogelijk naast de weg voorgebouwd worden en zal tijdens weekendafsluitingen de kruising geplaatst worden.



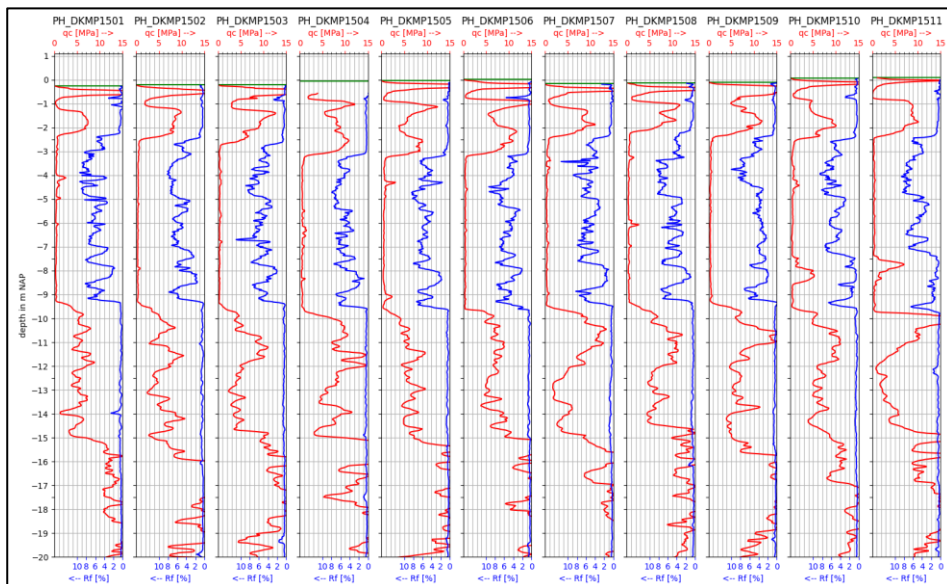
3 Ondergrond en funderingswijze

3.1 Ondergrond

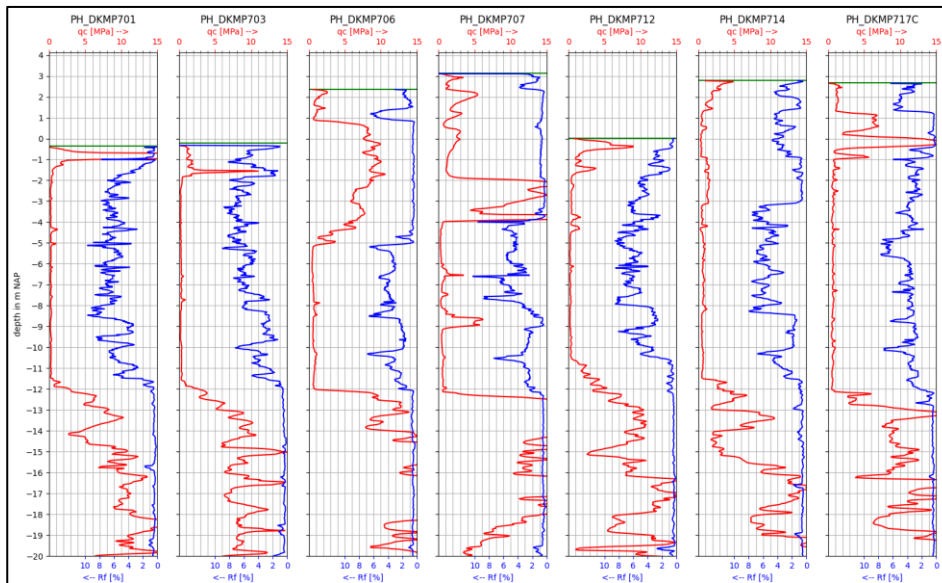
Voor het project NWA is grondonderzoek uitgevoerd in de vorm van boringen en sonderingen. Hieruit volgt dat de ondergrond bestaat uit slappe klei- en veenlagen. De gemiddelde dikte van dit slappe pakket is circa 7 m gevolgd door zand. In Figuur 3-1 tot en met Figuur 3-3 zijn een aantal sondeergrafieken weergegeven van sonderingen nabij de diverse kunstwerken.



Figuur 3-1 Relevante sonderingen nabij kunstwerk Spoor en Parallelweg



Figuur 3-2 Sonderingen in A15



Figuur 3-3 Selectie van sonderingen nabij boezemgemaal

3.2 Funderingswijze

In het gebied rondom de kruising met het spoor en de Parallelweg zijn de woningen op palen gefundeerd met uitzondering van de woning aan de Giessenzoom 21.

In het gebied rondom de kruising met de Rijksweg zijn geen belendingen aanwezig.

Ter plaatse van het boezemgemaal zijn een aantal belendingen in het gebied gefundeerd op staal. Dit betekent dat deze gebouwen extra gevoelig zijn voor trillingen, mede omdat deze in de loop der tijd naar verwachting al enige vervormingen hebben ondergaan.

4 Kruising spoor en parallelweg

4.1 Omgeving

Rondom de voorziene ligging van de kunstwerken bevinden zich een aantal panden, zoals weergegeven in Figuur 4-1. De panden zijn op palen gefundeerd met uitzondering van het pand aan de Giessenzoom 21. De minimale afstand van de panden tot de voorziene damwanden bedraagt 15 m tot 50 m. Deze afstand is dusdanig dat niet op voorhand kan worden uitgesloten dat de damwanden zonder schade naar de omgeving kunnen worden aangebracht. Om hier inzicht in te verkrijgen is een trillingspredictie uitgevoerd.



Figuur 4-1 Locatie panden rondom de kunstwerken

4.2 Trillingspredictie

Ten behoeve van het voorspellen van de invloed van het intrillen van de damwanden op de bestaande constructies in de directe omgeving, is een trillingspredictie uitgevoerd conform de methodiek beschreven in SBR-A (2017).

In de predictie is uitgegaan van:

- Betrouwbaarheidsgrens: 95%;
- Type metingen: uitgebreid (onzekerheidsfactor $\gamma_f = 1,0$);
- Type trilling: continu;
- Dikte trillingsgevoelige laag: 7 m;
- Dempingsconstante: $\alpha = 0,00$ (referentiesondering type Rotterdam).
- Inschatting trillingssnelheid op basis van geoptimaliseerde waarden uit vakblad geotechniek (2014), $v_0 = 5,6$ mm/s (referentie type Rotterdam);
- Toepassen van een hoog frequent trilblok (PVE 50 VM met dominante frequentie van 40 Hz en een variabel moment);
- Variatie in hoge slagkracht (circa 2.200 kN) en lage slagkracht (circa 1.100 kN) door het installeren van respectievelijk dubbele en enkele damwandplanken.

Voor de uitwerking van de trillingspredicatie wordt verwezen naar:

- Sweco, NWA Kruising Parallelweg en Spoorweg, Trillingspredicatie.
Documentreferentie: NL24-648800269-87611, d.d. 21 mei 2024.

De maximaal te verwachten afstand waarbij de trillingssnelheid voldoet aan de grenswaarde voor het installeren van twee planken bedraagt 34 m. Gezien de minimale afstand van de damwanden tot de panden van 15 m betekent dit dat de dubbele planken niet overal zondermeer trillende kunnen worden aangebracht.

Een maatregel kan zijn om een enkele plank in te trillen in plaats van twee tegelijk. De maximaal te verwachten afstand waarbij de trillingssnelheid voldoet aan de grenswaarde voor het installeren van een enkele plank bedraagt 12 m. Gezien de minimale afstand van de damwanden tot de panden van 15 m betekent dit dat er geen schade aan de omgeving wordt verwacht bij het hoog frequent intrillen van een enkele plank. De kans dat de grenswaarden niet wordt overschreden is op basis van de gehanteerde uitgangspunten groter dan 95%.

De overgang tussen het installeren van dubbele damwandplanken naar enkele damwandplanken kan tijdens de uitvoering bepaald worden met monitoring. Door de damwanden steeds dichterbij de bebouwing te installeren kan goed gemonitord worden of de trillingseisen worden overschreden. Wanneer trillingseisen worden overschreden dient direct gestopt te worden en maatregelen worden genomen. Dit kan bijvoorbeeld zijn het installeren van enkele damwandplanken per keer, fluidatie toe te passen of de damwand drukkend aan te brengen.

4.3 Drukpredicatie.

Om de haalbaarheid van trillingsarm te werken is een drukpredicatie uitgevoerd. Het doel hiervan is om na te gaan of de planken middels drukken op diepte kan worden gebracht.

De capaciteit van een drukmachine ligt over het algemeen tot 1600 kN. In de maatgevende sondering DKMP 541 ligt het diepe zand op een hoger niveau dan de rest van de sonderingen en is een zandige toplaag aanwezig. Deze sondering is derhalve als maatgevend aangehouden, waarbij een benodigde drukkracht wordt berekend van 2300 kN.

Er is dus een risico dat het drukken van de damwand niet zonder meer mogelijk is. Het drukken van de damwand vereist daardoor (ook) mogelijk beheersmaatregelen. Beheersmaatregelen kunnen zijn het toepassen van fluïderen of het voorboren van een damwand. De definitieve haalbaarheid van het drukken van een damwand zal in samenwerking met een aannemer beschouwd moeten worden.

4.4 Analyse van trillingen in gebruiksfase

In de gebruiksfase kunnen mogelijk trillingen ontstaan wanneer een trein het kunstwerk oprijdt. Door een overgang van aardebaan materiaal naar een harde constructie kan door de "klap" trillingen ontstaan. Ditzelfde principe geldt ook voor Parallelweg wanneer voertuigen het kunstwerk in Parallelweg passeren. Of deze trillingen gaan ontstaan is gecompliceerd om te kwantificeren. Deze beschouwing wordt daarom kwalitatief gedaan.

In de huidige situatie kruist een watergang de spoorweg. Deze onderdoorgang is gerealiseerd door een betonnen duiker zoals weergegeven in Figuur 4-2. Deze duiker kan in de huidige situatie al trillingen veroorzaken wanneer treinen hierover heen rijden. Met de komst van het boezemkanaal en de nieuw te realiseren kunstwerk wordt de situatie onder het spoor wat betreft trillingen niet significant anders.



Figuur 4-2 Betonnen duiker onder het spoor

Wat betreft Parallelweg bevindt zich in de huidige situatie een brug in Parallelweg zoals weergegeven in Figuur 4-3. Rondom de brug hebben zettingen plaatsgevonden, waardoor de brug zich aftekent in het wegdek. Hierdoor ontstaat er een drempel in het wegdek. Met name zwaar verkeer kan hierdoor in de huidige situatie trillingen veroorzaken. Met de komst van het boezemkanaal en het nieuw te realiseren kunstwerk zullen de trillingen in ieder geval niet toenemen vergeleken met de huidige situatie.



Figuur 4-3 Huidige brug in Parallelweg (Bron: Google Streetview)

Belangrijk om te benoemen is dat beide kunstwerken gedegen en zorgvuldig ontworpen en uitgevoerd dient te worden conform de normen en richtlijnen. Zo zal constructief een stootplaat ontworpen moeten worden om de trillingen te minimaliseren. Tijdens de uitvoering dient het zand rondom het kunstwerk goed verdicht te worden. Als dit niet gebeurt kunnen zakkingen optreden waardoor

een hoogteverschil ontstaat tussen omliggend maaiveld en kunstwerk. Bij een niet zorgvuldig ontwerp en uitvoering kunnen de trillingen toenemen.

De nieuw te realiseren kunstwerken zullen niet meer trillingen veroorzaken dan de huidige kunstwerken en de minimale afstand tot de belendingen wijzigt nauwelijks. Aangezien er geen meldingen van hinder bekend zijn voor de trillingen die op dit moment worden veroorzaakt door de huidige duiker en de brug, wordt verwacht dat de trillingen in de gebruiksfase van de nieuwe kunstwerken ook toelaatbaar zijn.

5 Kruising A15

5.1 Omgeving

De ligging van het kunstwerk is weergegeven in Figuur 5-1. In de omgeving van de kruising staan geen trillingsgevoelige panden binnen een straal van 150 m die schade en/ of hinder kunnen ervaren door trillingen. Dit geldt voor zowel de gebruiksfase als de bouwfase.



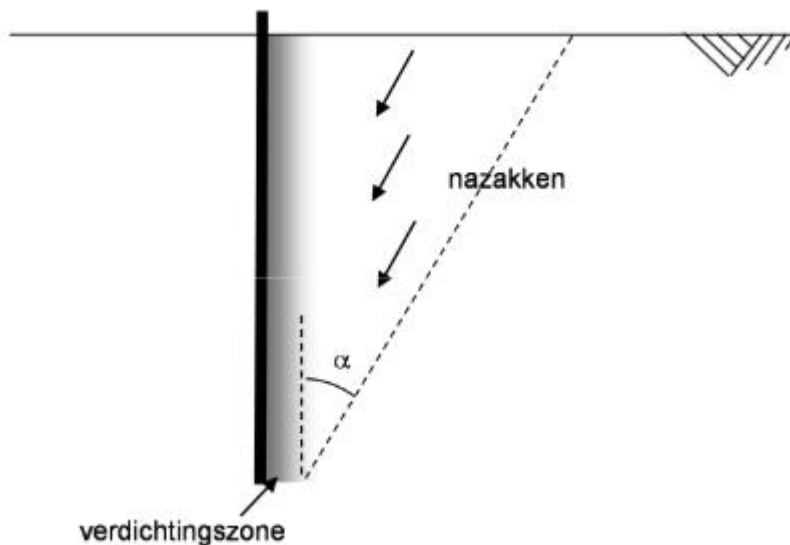
Figuur 5-1 Situering rondom kunstwerk

Er bestaat nog wel een potentieel risico van compactie van los gepakte zandlagen gedurende het inbrengen van de damwanden en als gevolg daarvan maaiveldzakkingen. Dit kan voor Rijksweg een risico zijn.

5.2 Risico op zakkingen in Rijksweg

In deze paragraaf wordt een inschatting gemaakt van de grootte van het risico van zakkingen in Rijksweg als gevolg van het intrillen van damwanden.

Conform de richtlijn “Omgevingsbeïnvloeding inbrengen en trekken van damwanden” geldt dat de verdichting optreedt in een beperkte zone (minder dan 1 m) rondom de damwand. Door het nazakken ontstaat een bredere trog onder een hoek α van ongeveer 30 graden, zie Figuur 5-2.



Figuur 5-2 Illustratie zakkingen als gevolg van verdichting

De zandlagen in Rijksweg hebben in het algemeen een conusweerstand van circa 10 MPa, wat een goede verdichting is bij lage korrelspanningen. Er zijn echter ook enkele locaties, bijvoorbeeld sondering PH_DKMP1510 waar de conusweerstand lokaal beperkt is tot 5 MPa en het zand niet goed verdicht is.

Op locaties waar het zand niet goed verdicht is bestaat het risico op compactie en daarmee maaiveldzakkingen gedurende het inbrengen van de damwanden. De diepteligging van deze zandlagen is circa 2 m-mv, waarmee de invloedzone ongeveer 2,2 m bedraagt ($1 + 2 \cdot \tan 30^\circ$). Het risico wordt hiermee beperkt geacht, mits rekening wordt gehouden met deze invloedzone.

Bij compactie van diepe zandlagen is de invloedzone uiteraard groter. Het voordeel is echter dat de zakking ook over een veel groter gebied wordt gespreid, waardoor het risico op verschilzettingen vanuit diepere lagen veel kleiner is.

Zakking treedt veelal op bij het trekken van planken, omdat er dan ook een volume uit de grond verdwijnt, terwijl het aanbrengen van de damwanden juist volume wordt toegevoegd, wat een deel van de compactie zal compenseren. Met het injecteren van cement-bentoniet gedurende het trekken van de damwanden kan de zakking als gevolg van de spleetvorming worden geminimaliseerd.

6 Boezemgemaal

6.1 Omgeving

Rondom de voorziene ligging van het kunstwerk bevinden zich een aantal panden, zoals weergegeven in Figuur 6-1. De kokers van het boezemgemaal zullen de locatie van een een monumentaal pand kruisen. De minimale afstand van de overige op staal gefundeerde panden tot de voorziene damwanden bedraagt 10 m tot 15 m. Deze afstand is dusdanig dat, mede op basis van de eerder uitgevoerde trillingspredictie, wordt verwacht dat de damwanden niet allemaal trillend kunnen worden aangebracht zonder risico op schade naar de omgeving.

De afstand vanaf de uitstroomvoorziening aan de Merwede tot het dichtstbijzijnde pand bedraagt circa 85 m. Op deze afstand wordt het risico op schade als gevolg van het hoog frequent intrillen van damwandplanken klein geacht.



Figuur 6-1 Locatie panden rondom het kunstwerk

6.2 Monumentaal pand

Om de kokers te kunnen realiseren zal het pand Rivierdijk 519 moeten worden verplaatst. In het geval het pand (deels) op de kokers wordt geplaatst, zal het gehele pand moeten worden voorzien van een paalfundering om het risico op schade als gevolg van toekomstige verschilzakkingen te voorkomen.

6.3 Overige panden

Om het risico op schade naar de omgeving te beperken wordt aanbevolen om uitgebreide metingen toe te passen om de trillingen ter plaatse van de woningen te meten gedurende de uitvoering.

Deze monitoring dient minimaal enkele weken voorafgaand aan de werkzaamheden te starten om de huidige situatie in beeld te brengen, zodat onderscheid kan worden gemaakt tussen de trillingen als gevolg van de werkzaamheden en de bestaande trillingen als gevolg van bijvoorbeeld vrachtverkeer.

De monitoring dient te bestaan uit continue metingen én continue bewaking.

Voorafgaand aan de werkzaamheden dient een trillingsniveau te worden bepaald waarbij het schaderisico acceptabel klein is. Voor de waterkeringen zijn hiervoor stabiliteitsanalyses benodigd. Voor de panden wordt gewerkt volgens

de SBR A (2017). Indien de trillingen binnen de grenswaarden van de SBR A blijven is het risico op schade acceptabel klein ($< 1\%$).

De grenswaarden zijn afhankelijk van de aard en staat van het gebouw. Voor het monumentale pand en funderingen op staal gelden bijvoorbeeld strengere criteria. Criteria voor de gemeten trillingen zijn verder afhankelijk van onder meer het monitoringsregime: met meer meetpunten wordt de onzekerheid in de gemonitorde trillingen lager en mag met een lagere onzekerheidsfactor worden gewerkt. De grenswaarden dienen in een nader ontwerp stadium te worden vastgesteld.

6.3.1 Trillingen

Om het risico op trillingen te beperken wordt voor de palen onder de uitstroomconstructie en perskokers uitgegaan van een trillingsarm paalsysteem, zoals een Fundex-combinatiepaal. Onder de instroomconstructie is de afstand tot de trillingsgevoelige objecten verder weg en kunnen mogelijk wel prefab betonnen heipalen worden toegepast.

Voor het inbrengen van de damwanden geldt dat middels monitoring kan worden bepaald, wanneer wordt overgestapt van trillend inbrengen naar drukkend inbrengen. Dit is een veiligere benadering dan een theoretische trillingspredictie.

Er dient te worden gestart met het trillend aanbrengen van de damwanden op grote afstand tot de trillingsgevoelige objecten, waarbij de objecten continue worden gemonitord. Zodra uit de trillingsmetingen blijkt dat de trillingen te hoog worden, dienen maatregelen te worden genomen, zoals fluïdatie, voorboren of het drukken aanbrengen van de damwandplanken.

Aangezien de bodemopbouw hier vergelijkbaar is met de bodemopbouw nabij de spoorkruising, is hier geen separate drukpredictie noodzakelijk en kunnen de conclusies van de spoorkruising worden overgenomen:

Er is een risico dat het drukken van de damwand niet zonder meer mogelijk is. Dit is met name het geval bij dikke, ondiepe zandlagen waar het bestaande maaiveldniveau hoog ligt. Het drukken van de damwand vereist mogelijk beheersmaatregelen, zoals het toepassen van fluïderen of het voorboren van een damwand. De definitieve haalbaarheid van het drukken van een damwand zal in samenwerking met een aannemer beschouwd moeten worden.

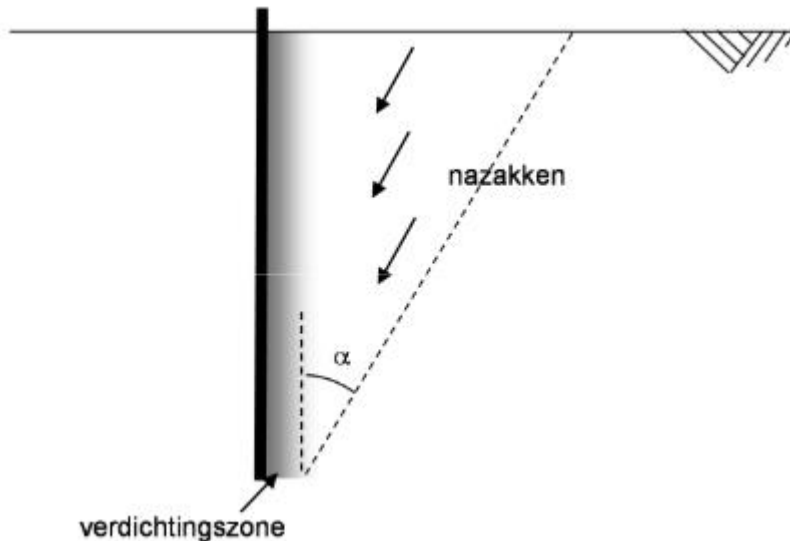
Voor trillingen als gevolg van bouwverkeer is een zorgvuldige uitvoering van belang en aanleg van vlakke bouwwegen. Uiteraard geldt dat het risico op schade snel minder wordt op grotere afstand tot het object.

Er worden geen wijzigingen verwacht in trillingsintensiteit na gereed komen van het boezemgemaal. Belangrijk hierbij is dat eventuele overgangen van wegen naar op palen gefundeerde kunstwerken worden gerealiseerd met beperkte restzettingen en goede overgangsconstructies.

6.3.2 Compactie

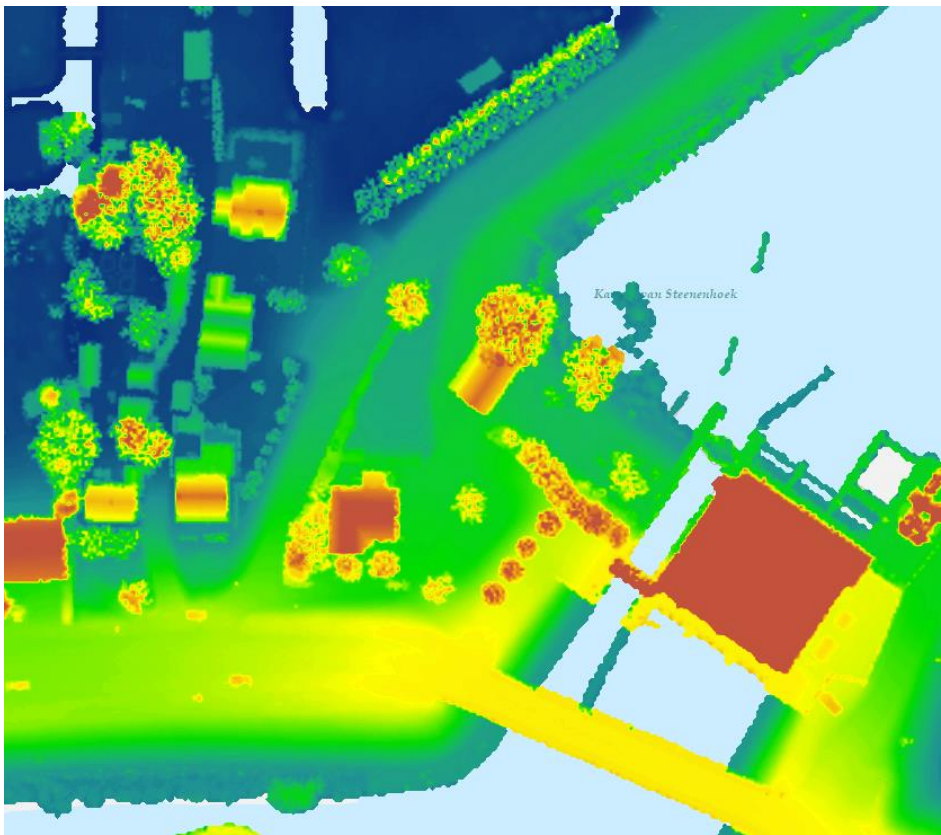
Als gevolg van compactie van diepe zandlagen bestaat het risico dat er zakkingen optreden ter plaatse van de op staal gefundeerde panden. In deze paragraaf wordt een inschatting gemaakt van de grootte van dit risico als gevolg van het intrillen van damwanden.

Conform de richtlijn “Omgevingsbeïnvloeding inbrengen en trekken van damwanden” geldt dat de verdichting optreedt in een beperkte zone (minder dan 1 m) rondom de damwand. Door het nazakken ontstaat een bredere trog onder een hoek α van ongeveer 30 graden, zie Figuur 6-2.



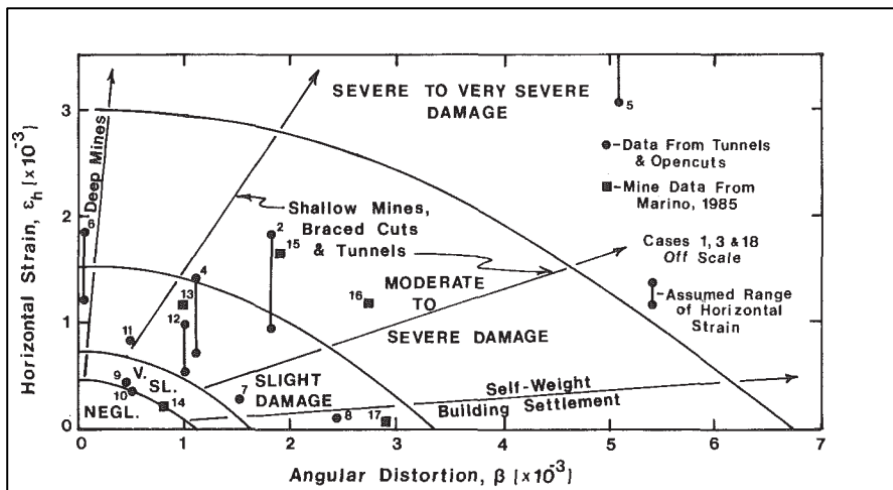
Figuur 6-2 Illustratie zakkingen als gevolg van verdichting

Op basis van de AHN data, zie Figuur 6-3, is het funderingsniveau aangenomen op NAP 0 m. Het diepe zand bevindt zich rond NAP -10 m. Indien wordt uitgegaan van compactie tot NAP -15 m, dan bedraagt de invloedszone ongeveer 10 m bedraagt ($1 + 15 \cdot \tan 30$). Het risico wordt hiermee beperkt geacht, gezien de minimale afstand van 10 m tot de belendingen.



Figuur 6-3 Overzicht omgeving boezemgemaal, AHN (hoogtekaart).

In een volgende ontwerpfase dient de invloedzone nauwkeuriger worden vastgesteld en de mate van de te verwachten zakkingen worden gekwantificeerd. Vervolgens dienen de berekende waarden te worden getoetst, bijvoorbeeld op basis van grenswaarden volgens Boscardin, zie Figuur 6-4.



Figuur 6-4 Schadeverwachting aan de hand van horizontale rek en hoekverdraaiing (Boscardin, 1989)

Zakking treedt veelal op bij het trekken van planken, omdat er dan ook een volume uit de grond verdwijnt, terwijl het aanbrengen van de damwanden juist volume wordt toegevoegd, wat een deel van de compactie zal compenseren. Met het injecteren van cement-bentoniet gedurende het trekken van de damwanden kan de zakking als gevolg van de spleetvorming worden geminimaliseerd. Indien het risico groot wordt geacht kan ook worden besloten om een deel van de damwanden niet te trekken, zie als voorbeeld de blauwe lijn in Figuur 6-1.

7 Conclusie

In voorliggende rapportage zijn de resultaten van het trillingsonderzoek gepresenteerd. Het trillingsonderzoek is nodig in het kader van de planologische procedure (MER).

Rondom het boezemgemaal, de spoorkruising en de kruising met de parallelweg bevinden zich een aantal woningen waar het risico op schade als gevolg van het intrillen van damwanden niet kan worden uitgesloten. Hierbij zijn de panden rondom het boezemgemaal ook nog eens op staal gefundeerd.

Gezien de minimale afstand tot de belendingen bestaat de kans dat er maatregelen noodzakelijk zijn voor het schadevrij installeren van de damwandplanken.

Deze maatregelen kunnen bestaan uit:

- Een enkele plank in te trillen in plaats van twee tegelijk;
- Fluïdatie;
- Voorboren;
- Drukken van de planken in plaats van trillen;
- Een combinatie van bovenstaande.

Om het risico op schade naar de omgeving te beheersen wordt aanbevolen om de trillingen gedurende de kritieke werkzaamheden continu te monitoren en te bewaken.

De monitoring dient minimaal enkele weken voorafgaand aan de werkzaamheden te worden gestart om de huidige situatie in beeld te hebben, zodat onderscheid kan worden gemaakt tussen de trillingen als gevolg van de werkzaamheden en de bestaande trillingen als gevolg van bijvoorbeeld vrachtverkeer.

Voorafgaand aan de werkzaamheden dient een trillingsniveau te worden bepaald waarbij het schaderisico acceptabel klein is. Voor de waterkeringen zijn hiervoor stabiliteitsanalyses benodigd. Voor de panden wordt gewerkt volgens de SBR A (2017). Indien de trillingen binnen de grenswaarden van de SBR A blijven is het risico op schade acceptabel klein ($< 1\%$).

Er dient te worden gestart met het trillend aanbrengen van de damwanden op grote afstand tot de trillingsgevoelige objecten, waarbij de objecten continue worden gemonitord. Zodra uit de trillingsmetingen blijkt dat de trillingen te hoog worden, dienen maatregelen te worden genomen.

Voor trillingen als gevolg van bouwverkeer is een zorgvuldige uitvoering van belang en aanleg van vlakke bouwwegen. Uiteraard geldt dat het risico op schade snel minder wordt op grotere afstand tot het object.

Er worden geen wijzigingen verwacht in trillingsintensiteit na gereed komen van de kunstwerken. Belangrijk hierbij is dat eventuele overgangen van wegen naar op palen gefundeerde kunstwerken worden gerealiseerd met beperkte restzettingen en goede overgangsconstructies.

In de omgeving van kruising A15 staan geen trillingsgevoelige panden binnen een straal van 150 m die schade en/ of hinder kunnen ervaren door trillingen. Dit geldt voor zowel de gebruiksfase als de bouwfase. Het risico op compactie van losgepakte zandlagen in de Rijksweg als gevolg van het intrillen van damwandplanken wordt beperkt geacht gezien de beperkte invloedzone van de ondiepe lagen en de beperkte gevoeligheid voor compactie van de Rijksweg in vergelijking met bijvoorbeeld woningen.