Notitie

HASKONING NEDERLAND B.V.
WATER

Voor	:	Waterschap Rijn en IJssel, t.a.v. ing. J.H.F. Vollenbroek; ing. L.P. Post; Mevr. A. Jaakke
Van	:	Herald Vervoorn
Documentnummer	:	1100020– Notitie Antwoorden op reactie Waterschap Rijn en IJssel -2-26032012
Datum	:	26 maart 2012
Kopie	:	Archief, I. Blok (RWS), L. Boot (RWS), R. Blankvoort (RWS), Gert-Jan Akkerman (RH), Ruud Steenbakkers (RH), Simon van Velp (RH), Jeroen Overberg (VDB), Bart van den Berkmortel (VDB)
RH referentie	:	9W7512.A0/N0012/HERV/MJANS/Nijm
Onderwerp	**:**	**Antwoorden vragen Waterschap Rijn en IJssel**

Inleiding
Als reactie op de aanvraag voor een Watervergunning voor het regelwerk Pannerden is een brief per e-mail ontvangen van het Waterschap Rijn en IJssel d.d. 8 maart 2012.

Onderstaand geven wij antwoord op de vragen.

De punten t.a.v. de Ontwerpnota zijn doorgenomen met Gert-Jan Akkerman, hij staat bekend als een autoriteit op het gebied van rivierkunde, hydraulica en erosiebescherming, mede door zijn rol in de discussies omtrent overslagbestendigheid van dijken en de onder zijn leiding uitgevoerd overslagproeven te Delfzijl is hij zeer goed op de hoogte met de erosiebestendigheid van gras.

De punten t.a.v. geotechniek zijn doorgenomen met de verantwoordelijke geotechnici.

Versie 1 van deze Notitie (kenmerk 9W7512.A0/N0010/HERV/MJANS/Nijm) was per e-mail verstuurd op 16 maart 2012. De daarin nog resterende onduidelijkheden zijn afgestemd per telefoon en e-mail tussen dhr. Leonard Post en ondergetekende.

Wij vertrouwen erop dat in Versie 2 van deze Notitie alle vragen voldoende zijn beantwoord.

Reactie op vragen

2. Sloopplan

§3.1
De damwand aansluitend op de primaire kering zal geheel worden verwijderd. De bedoeling is om deze m.b.v. een trilblok te trekken. Mocht deze incidenteel breken (wat dan waarschijnlijk rond het maaiveld gebeurt, dan moet zeer tijdelijk ca. 0.5 m ontgraven worden om de plank alsnog te kunnen vastgrijpen. Het afbranden is alleen van toepassing voor het oude regelwerk voor zover dat niet onder het nieuwe regelwerk is gelegen.

3. Ontwerpnota

§2.2.5 Vleugelwanden regelwerk
Uitgangspunt van voor het regelwerk is dat deze de waterstand niet opstuwt. De berekening is uitgevoerd met de huidige bodemmodellen in WAQUA. De hoogte is een eis in de Vraagspecificatie van Rijkswaterstaat, daarom is ook de reactie van Rijkswaterstaat gevraagd.

RWS: De schotten bevinden zich aan de benedenstroomse zijde van het keermiddel. De waterstand net benedenstrooms van het kunstwerk wordt volgens de gevoeligheidsberekeningen maximaal NAP 16,12 m. De waterstand t.p.v. de schotten zal tussen de bovenstroomse waterstand en de benedenstroomse waterstand zitten, verminderd met de snelheidshoogte. Ik ga er vanuit dat het past en dat er geen significante belasting op de opgeslagen planken komt.

Conclusie: Conform gedetailleerde berekeningen van RWS blijkt dat er geen significante belasting op de opgeslagen planken komt, zie reactie RWS. M.a.w. de planken vormen dus in geval van MHW geen opstuwing, omdat deze juist boven MHW worden opgeborgen. De opmerking in de Ontwerpnota is gebaseerd op berekeningsresultaten met huidige bodemmodellen waarbij voor een gedeeltelijk geopend regelwerk werd uitgegaan van de bovenstroomse waterstand. Conform deze berekeningen, zie Bijlage 4 van de Ontwerpnota is de benedenstroomse waterstand NAP+15,85 m en de opmerking is dus niet langer relevant, zie mede reactie RWS op 3.1.1.

§2.2.7 Keerwanden
Er zijn geen negatieve consequenties voor de primaire kering. Eis van Rijkswaterstaat is dat de geleidewanden worden ontworpen als keerwanden (dus met een grondaanvulling tussen de wand en dijk, niet zoals in de huidige situatie een losstaande wand) en dat deze keerwanden geleidelijk moeten afnemen in hoogte tot aan maaiveldhoogte (geen verticale sprongen).

De keerwanden zijn conform deze eisen ontworpen. Er kan dus bij hoge afvoeren wel water op het talud staan, maar dit stroomt nauwelijks omdat het deel tussen het regelwerk en de dijk is gesloten met het achterloopsheidscherm tot NAP+17m hoogte. Alleen op grotere afstand van het regelwerk kan enige stroming ontstaan wanneer de stroom door het regelwerk zich verspreid en door enige ‘neerwerking’. Ook uit de WAQUA berekening blijkt dit resultaat (zie Bijlage 5 laatste figuur).

§3.3.1 Waterstanden en verval
Aangezien de uitgangspunten zijn afgestemd met Rijkswaterstaat, is tevens de reactie van Rijkswaterstaat gevraagd.

RWS: De essentie van het regelwerk is het nadoen van de huidige situatie. In het projectplan waterwet wordt daarom expliciet aangegeven dat de huidige situatie wordt nagebootst of dat het regelwerk verder wordt open gezet met het doel de wettelijke afvoerverdeling instant te houden. De hydraulische belasting bovenstrooms van het kunstwerk zal daarom niet toenemen.

Conclusie: Conform de informatie van RWS zal het regelwerk dus geen opstuwing bovenstrooms veroorzaken, niet tijdens de tussenliggende periode en niet na de rivierverruimende maatregelen.

§3.1.6 Stroomsnelheden

Na 50 m stopt de gepenetreerde steenbestorting en is een goede grasmat voorzien. De principe keuze is dat stroomsnelheden tot 2 m/s relatief vaak voorkomen in de uiterwaarden van de Nederlands rivieren en dat op basis van ervaring (en literatuur zoals VTV en Design of Reinforced grass waterways) blijkt dat dit in het algemeen niet tot problemen leidt. Sterker nog, diverse zomerkades worden tijdelijk overstroomd met grotere stroomsnelheden, waar ook meestal geen schade uit ontstaat. Bij MHW komen op diverse plaatsen lokaal ook hogere stroomsnelheden voor, bijvoorbeeld ook in de uiterwaard aan de overzijde langs het Pannerdensch Kanaal (zie figuur 2 Bijlage 5).

Uit de berekeningen blijkt dat van 50 m – 80 m afstand van het regelwerk, in uitzonderlijke situatie van MHW gecombineerd met een vertical slot (alleen middelste opening open) de snelheid nog net boven de 2 m/s is (2,1- 2,2 m/s).

Uit de berekening met MHW en geheel open regelwerk, blijkt dat de stroomsnelheid in het algemeen lager is dan 2 m/s. De dijk is bekleed met een blokkenbekleding en direct langs de keerwanden is een strook van ca. 10 m vastgelegd met bodembescherming en onderhoudsweg.

Voor de grasmat is het uitgangspunt dat de aanwezige toplaag zoveel mogelijk gehandhaafd. Het noemen van de cat. 3 klei in paragraaf 3.1.6 is een verschrijving uit het Hondsbroeksche Pleij document, waar de toplaag in de uiterwaard wel cat. 3 moest zijn conform de eisen.
De toplaag bestaat uit een 6-7 meter dikke deklaag van slappe lagen. Conform de boringen is de toplaag vrijwel overal ca. 4 m zwak siltige of zwak zandige klei. Ook uit de laboratorium gegevens blijkt dat de klei in het algemeen tussen cat. 1 en cat. 2 inzit.

1. Goed erosiebestendige grasmat hangt i.d.d. af van de genoemde punten. Deze punten zullen in de nadere detaillering met het Waterschap worden afgestemd. Deze aspecten kunnen ons inziens het beste buiten de Ontwerpnota Regelwerk worden behandeld, omdat dan ook de juiste afstemming kan plaats vinden.
2. Zie boven. De huidige kleilaag blijft aanwezig. Daar waar afgegraven wordt (verdiepte deel bodembescherming), of aangevuld zal worden (direct naast de onderhoudswegen) zullen we in de uitvoering er op toezien dat er tenminste 0.5 m laagdikte cat. 1 of 2 (vergelijkbare klei als in de huidige situatie) aanwezig is.
3. Goed erosiebestendig is gedefinieerd in VTV en mede afhankelijk van de door het waterschap genoemde punten (aanleg, grasmengsel, bemesting, zaaidichtheid, etc.). Zie punt 1, dit wordt nader afgestemd, maar niet direct van invloed op de ontwerpresultaten.
4. Er is een laagdikte van ca. 4 m klei aanwezig, die een grote reststerkte heeft.
5. Door de bodembescherming is terugschreidende erosie niet mogelijk, ook niet langs de geleidewanden. Langs de geleidewanden van Veerdam is eveneens een strook bodemverdediging aangebracht. Er zou in uitzonderlijke situaties (MHW) dus een flauwe erosiekuil kunnen ontstaan na verloop van tijd achter de bodembescherming als de grasmat onvoldoende erosiebestendig is. Deze kuilen kunnen vanwege twee redenen niet diep worden, namelijk doordat dit lang duurt en de rivierafvoer weer zal afnemen binnen enkele dagen en doordat ten gevolge van erosie de stroomsnelheid afneemt (omdat de waterdiepte toeneemt).Hierbij wordt opgemerkt dat erosie afhangt van stroomsnelheid en turbulentie. Op de plaatsen waar de stroomsnelheid nog vrij hoog is (2.2 m/s) en erosie zou kunnen optreden (grasbekleding) is de stroomverdeling over de verticaal goed aangepast en dus niet turbulent meer. Wij verwachten dus geen problemen bij stroomsnelheden van 2.2 m/s voor de primaire kering bij het huidige ontwerp.

Voorts merken we op dat het niet waarschijnlijk is dat het regelwerk, op korte termijn geheel geopend wordt ingesteld, maar dat dit in eerste instantie meest waarschijnlijk zal worden ingesteld zijn met een vergelijkbaar debiet als de huidige overlaat die een breedte heeft van 100 m. Voor de instelling zal in het bedieningsprotocol worden opgenomen om de V-vorm altijd op te bouwen vanuit het midden (vertical slot in het midden) en zo lang niet de gehele breedte van 160 m nodig is, kunnen de openingen direct aansluitend op de Veerdam en primaire kering nog gesloten blijven, vergelijkbaar met de voorgestelde instelling voor Hondsbroeksche Pleij. Bij oplevering wordt een V-vorm opgeleverd die bij MHW dezelfde afvoerverdeling geeft als de wettelijke = de huidige situatie.

Pag. 14 Opmerking 2
Voor afstemming op het raakvlak met de Groene Rivier is tevens de reactie van Rijkswaterstaat gevraagd.

RWS: De aanleiding voor de bouw van het Regelwerk Pannerden is drieledig. Naast het instandhouden van de afvoerverdeling en het vervangen wegens ouderdom is de derde aanleiding de Rijnwaardense Plannen (www.rijnwaardenseuiterwaarden.nl). Onder regie van DLG worden plannen ontwikkeld en uitgevoerd waarmee de totaaltaakstelling aan waterstandsdaling wordt gerealiseerd. Oorspronkelijk zou de huidige Pannerdense Overlaat hiervoor worden verlaagd naar NAP 13,5m. Aangezien het regelwerk flexibel is in te stellen kan moeiteloos het regelwerk worden ingepast in de Rijnwaardense plannen.

Conclusie: Conform de informatie van RWS draagt de Groene Rivier bij aan de taakstelling waterstandsdaling en zijn de afzonderlijke bijdragen integraal beschouwd, daarom zou in de oorspronkelijke plannen de overlaat verlaagd moeten worden naar NAP+13,5 m. Er is gekozen voor een 'regelwerk' in de plaats van vaste overlaat, zodat exact benodigde instelling afhankelijk van de gerealiseerde projecten kan worden bepaald. Verder blijkt uit de reactie bij 3.1.1 dat de afvoerverdeling over het splitsingspunt gehandhaafd wordt en dat het regelwerk hierop wordt ingesteld.

Opmerking 2 in de Ontwerpnota stelt niet dat er 'geen inzicht bestaat in de stroomsnelheden als de Groene Rivier gerealiseerd is', maar dat in de huidige WAQUA berekening van het debiet (en de daarbij behorende stroomsnelheden) bij een geheel open regelwerk is uitgegaan van de huidige situatie (bodem, ruwheden, etc.).

Voor de afmetingen van stortebed, grasmat en geleidewanden is deze situatie 'geheel open' niet maatgevend, maar de situatie waarbij het regelwerk voor een klein deel geopend is. Voor die situaties heeft de aanleg van de Groene Rivier geen invloed, omdat is uitgegaan van een verval van 1,3 m dat bepaald is voor een zeer uitzonderlijk situatie (MHW en slechts één opening open) waarbij in het verval bovendien een extra veiligheid is aangehouden van ca. 15 cm. Er is dan nauwelijks debiet door het regelwerk en uiterwaard zodat de benedenstroomse waterstand dus nauwelijks wordt beïnvloed door het al dat niet aan leggen van de Groene Rivier.

Als in de toekomst de Groene Rivier wordt uitgevoerd zal een WAQUA herberekening moeten plaats vinden om de precieze instelling van het regelwerk hierop aan te passen (dit geldt overigens ook voor andere RvR projecten voor zover deze een invloed hebben op de afvoerverderling). De invloed van de aanleg van de Groene Rivier op de afvoer door het regelwerk is veel minder dan het verder open of dicht zetten van het regelwerk. De rivierverruimingsmaatregelen zorgen voor een afname van het verhang op de rivier en daarmee een afname van de stroomsnelheid. In geheel open situatie zien wij dan ook geen effecten die consequenties voor het ontwerp van het regelwerk zouden hebben (afmetingen stortebed, grasmat, geleidewanden).

Eerdere plannen lieten zien dat de Groene Rivier mogelijk vrijwel direct benedenstrooms van het regelwerk zou starten. Volgens onze meest recente informatie is het tracé van de Groene Rivier verkort t.o.v. de eerdere plannen en begint deze nu pas op een afstand van bijna 1000m benedenstrooms van het regelwerk. Hierdoor is er ook geen direct fysiek raakvlak meer tussen deze twee maatregelen en zijn er ook in die zin geen consequenties voor het ontwerp van het regelwerk (afmetingen stortebed, grasmat, geleidewanden).

§3.1.8 Taludbescherming primaire kering

Wij zien geen reden dat het nieuwe regelwerk de belasting op het talud zal doen toenemen. De huidige bekleding bestaat uit zeskantblokken (dikte onbekend, maar mogelijk 10-15 cm) die zijn overgroeid door een grasmat. Voor zover ons bekend voldoet deze bekleding. In principe zou dus het terugleggen van de huidige zeskantblokken voldoende zijn.

De berekende golfhoogte van 0,35 m hangt af van de exacte benadering, met name t.a.v. de strijklengtes en de aanwezigheid van de relatief hoge zomerkade / Veerdam en het feit dat het regelwerk zelf ook een deel van de golven zal reduceren (afhankelijk van de richting). De uitkomst van de Hydra R berekening van het Waterschap is ons niet bekend.

Er is echter gekozen voor een enerzijds praktische en anderzijds veilige benadering. Er worden betonblokken toegepast met een dikte van 0.2 m op een filterlaag met geotextiel. Deze keuze is mede ingegeven door het feit dat bij Hondsbroeksche Pleij het Waterschap een soortgelijke bekleding heeft voorgeschreven en wij dus aannemen dat een dergelijke oplossing in principe voldoet. Gebruik makend van ‘Steentoets’ blijkt dat betonblokken van 0.2 m voldoen tot golfhoogtes van ca. 0,65 m. Dit ontwerp is dus ruime voldoende conform de huidige ontwerpregels en wij zijn van mening dat er in feite al een verbetering van de situatie wordt uitgevoerd.

Bijlage 1

Ter plaatse van het regelwerk heeft de stroomgeleidende wand de hoogte van NAP+17 m. Daarna neemt deze geleidelijk af, mede conform de eisen vanuit de vraagspecificatie. Aan de benedenstroomse kant neemt deze af onder een helling van ca. 1:10 (lengte ca. 50 m). Dit betekent dat direct achter het regelwerk in geval van geheel geopend regelwerk er pas op grote afstand van het regelwerk enige stroming kan ontstaan op het talud van de dijk. Deze lengte van 50 m is niet strikt noodzakelijk maar mede ingegeven vanuit de gedachte dat de wand is doorgezet tot dezelfde lengte als de bodembescherming als extra veiligheid voor de dijk.

Bovenstrooms heeft het regelwerk relatief weinig invloed op de stroomsnelheden, de stroomversnelling treedt op dicht bij het regelwerk. De wand neemt nu af over een helling van ca. 1:4 en is hetzelfde als aan de Veerdam zijde (lengte ca. 20m). Doorzetten van de keerwand over grotere afstand bovenstrooms van het regelwerk is niet nodig t.b.v. de stroming en niet wenselijk vanwege de inpassing in de bocht, omdat de aansluiting op bocht van de dijk dan minder vloeiend is de afrit slecht ingepast kan worden (o.a. doordat mogelijk het maaiveld aangevuld moet op het perceel van Staatsbosbeheer). Ook t.a.v. drijfvuil zien wij eerder verslechtering dan verbetering als deze wand verder wordt doorgezet bovenstrooms, omdat dan mogelijk meer drijfvuil wordt 'afgevangen'.

Omdat de afname naar maaiveld vloeiend moet zijn, is het niet wenselijk om de wand steiler dan 1:3 te laten verlopen, zodat hooguit over een extra lengte van 5 m direct bovenstrooms de keerwand op NAP+17 m zou kunnen worden gehouden. Wij zien dit niet als een verbetering en t.a.v. landschappelijke inpassing en symmetrie is juist ook gekozen voor de oplossing zoals deze op tekening staat. De lay-out en landschappelijke inpassing (met de tekening) was vooraf afgestemd met dhr. L. Post van het Waterschap per afstemmingsnotitie op 16 januari 2012.

Bijlage 6

Tabel1+2
De parameters uit de proevenverzameling van het Waterschap zijn beschouwd en er is besloten deze niet te gebruiken, zoals vermeld in de uitgangspuntennotitie 9W7512.A0/N0006/422620/VVDM/Nijm van 5 januari 2012 die is afgestemd met dhr. L. Post van het Waterschap. In deze notitie was vermeld "De herkomst van deze parameters en de toepassing ervan voor verschillende grondsoorten / grondlagen is ons niet bekend. Daarom zullen de geotechnische parameters worden bepaald naar aanleiding van de beschikbare resultaten van het veldonderzoek en laboratoriumproeven, en daar waar nodig aangevuld met gegevens afgeleid uit tabel 1 van NEN 6740.

Doel van die notitie was om in een zo vroeg mogelijk stadium al een eerste afstemming te hebben, zodat de ontwerpberekeningen voor de keerwanden in één keer goed konden zijn en het vergunning proces vlot doorlopen worden. Wij hebben geen verdere achtergrond informatie gehad over deze proevenverzameling, maar menen dat deze is opgezet voor het dijklichaam zelf. Voor dit project is het project specifiek grondonderzoek gebruikt en de resultaten ervan geïnterpreteerd voor de geotechnische analyses voor het regelwerk, welke deels in het dijklichaam ligt, maar ook gedeeltelijk daarbuiten. De door ons gebruikte parameters zijn conservatiever dan de waarden uit de proevenverzameling.

H3 Zettingen
De zettingen ter plaatse van de kruin van de dijk als gevolg van de ophoging zijn beschouwd en zijn zeer beperkt; maximaal 2 cm in 30 jaar ter plaatse van de grootste aanvulling. De zetting is berekend met relatief conservatieve waarden en een 2D zettingsanlyse. Dit laatste betekent dat een doorgaand profiel wordt gemodelleerd. In praktijk zal deze aanvulling echter zowel in zuidelijke als noordelijke richting (3D) in dikte afnemen. Derhalve is de berekende zetting acceptabel geacht. Het resultaat van de berekeningen is toegevoegd in de bijlagen (rapport en dwarsprofiel).

Tabel 3; AZ18 met ankers

Indicatieve berekeningen hebben aangetoond dat een vrijstaande damwand (dus zonder verankering of stempeling) geen stabiele situatie met acceptabele vervormingen oplevert, vanwege de combinatie van 1) dikte en consistentie van de slappe lagen en 2) een aanvulling van 2,5 m zand achter de damwand. Het was wel mogelijk om het verankerde damwandprofiel te optimaliseren in verband met de afnemende vervormingen.

§6.1 Onderloopsheid

De wegen waren aangenomen als ondoorlatend waarbij opbarsten geen problemen zou opleveren omdat de dikte van het asfalt met onderliggende fundering hiervan voldoende zou zijn. Ook is het geotextiel onder weg en bodembescherming doorgezet tot onder het regelwerk, waardoor gronddeeltjes / korrels in principe niet met de grondwaterstroom mee kunnen.

Een extra veilige berekening waarbij de weg aan de benedenstroomse zijde niet wordt meegerekend levert de volgende resultaten:

$$\Delta H \le \Delta H_c = \frac{(\frac{1}{3}L_h + L_v)}{C_{w,creep}}$$

$$1{,}3 \le 1{,}3 = \frac{(\frac{1}{3} \times 5 + L_v)}{6}$$

$$L_v = 6{,}14m$$

Waarbij:

ΔH = verval
ΔH_c = max toelaatbaar verval
L_h = horizontale kwelweglengte
L_v = verticale kwelweglengte
$C_{w,creep}$ = factor van Lane

De verticale kwelweg dient minimaal 6,2 m te bedragen. Na aftrek van de dikte van de constructie (1,5 m) blijft er nog 4,7 m totaal over. Er dient een kwelscherm te worden geplaatst van minimaal 2,35 m lengte. Dit is bijna een meter langer dan eerder uitgerekend en geldt als een conservatieve berekening. Voorts merken we op dat de berekening al gebaseerd was op een veilige aanname omdat uit de gegevens blijkt dat overal klei aanwezig is.

§6.2 Achterloopsheid

Akkoord, er vindt geen nadere detaillering plaats, maar de veilige keuze van een lengte van 14 m en overal gelijke diepte (gelijk aan onderloopsheidscherm, 2,35 m beneden onderkant vloer) wordt gehandhaafd.

Zettingsberekening

Plaatje geometrie is toegevoegd in bijlage.

Damwandberekeningen

- Pr;max;punt: aangepast naar 8,0 MPa (per abuis is bij enkele modellen met 10 MPa gerekend), met name de schachtwrijving is van belang om de ankerkrachten op te vangen, omdat het puntdraagvermogen erg klein is voor damwanden. Verder geen wijzigingen tot gevolg. Indien gewenst kunnen de berekeningen vervangen worden.
- Corrosietoeslag. Akkoord is aangepast voor AZ13 en AZ18 (afname bij beide ca. 32%, dus gerekend met corrosietoeslag 0,68). Dit heeft geen gevolgen voor het ontwerp (type en dimensies damwand en ankers) wel kleine wijzigingen t.a.v. vervorming (orde grootte enkele mm). Indien gewenst kunnen de berekeningen vervangen worden.

Paalberekeningen

De wisselende belasting en partiële factor daarvoor is enkel van toepassing voor capaciteit om trekbelasting op te vangen. De paalfundering is zodanig ontworpen dat de optredende trekbelasting nihil is (dit volgt uit het constructieve rapport, paragraaf 4.3, Fundering, $F_{d;trek} \approx 25$ kN). Een berekening voor de trekbelasting is daarom niet toegevoegd. Het paalgewicht neemt de kleine trekbelasting al grotendeels op (paal ≈ 25 kN, 350x350, 10 m lengte). Hierdoor blijkt dat de overige belasting zeer klein is, zelfs met veiligheidsfactor voor wisselende trek-drukbelasting zal dit geen problemen opleveren.

Nijmegen, 23 maart 2012

Ir. H.A. Vervoorn

Bijlage(n):

1. Ingevoerde geometrie zettingsberekening;
2. Resultaat zettingsberekening.

Bijlage 1
Ingevoerde geometrie zettingsberekening

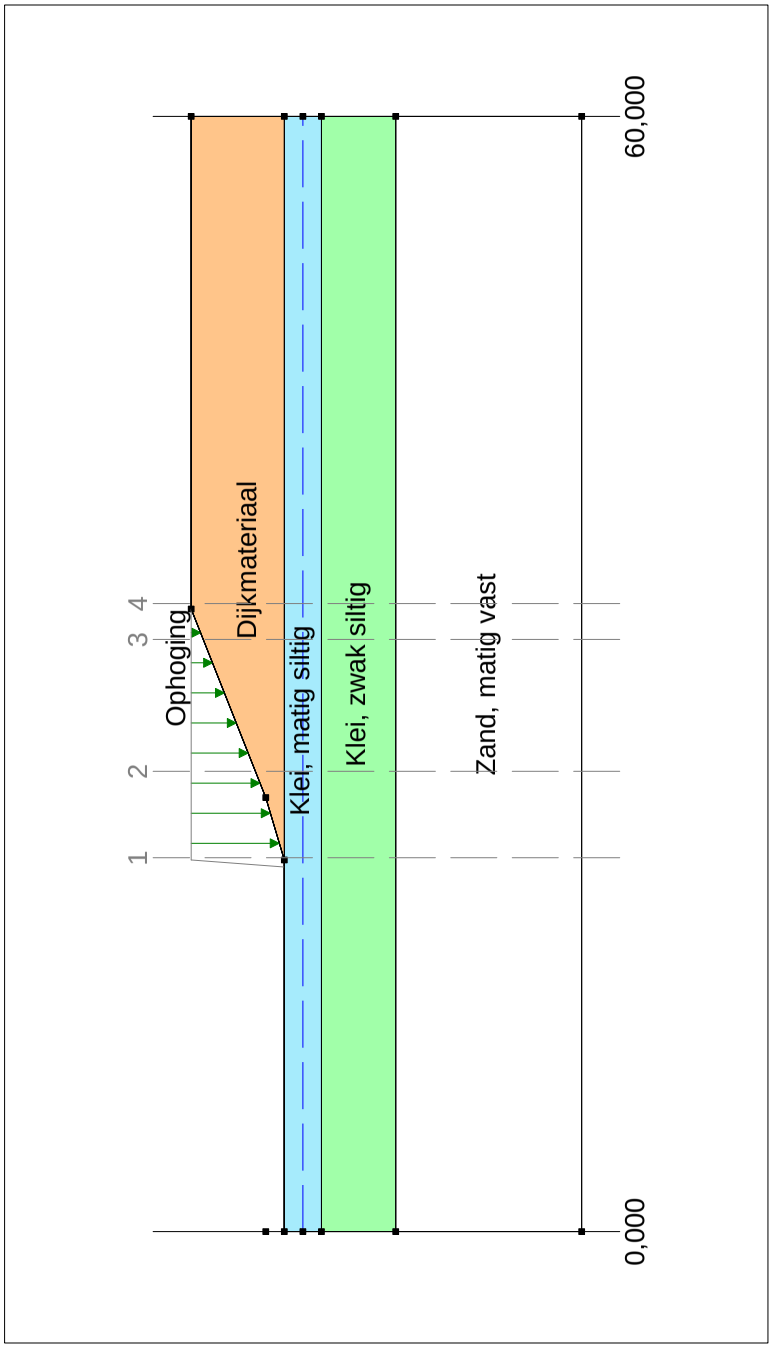
Materials

Dijkmateriaal

Klei, matig siltig

Klei, zwak siltig

Zand, matig vast



Input View

D-Settlement 9.2 : Zettingen keerwand zonder overhoogte 20120104.sli

ROYAL HASKONING

Barbarossastraat 35
6522 DK Nijmegen

Phone +31 (0)24 - 328 42 84
Fax +31 (0)24 - 323 93 46

	date 3/14/2012	drw. SVVE
Regelwerk Pannerden Zettingen achter keerwand Ophoging max 4,0 m	9W7512	ctr.
	Annex	form. A4

Bijlage 2
Resultaat zettingsberekening

Report for D-Settlement 9.2

Settlement Calculations
Developed by Deltares

ROYAL HASKONING

Company:	Royal Haskoning
Date of report:	3/14/2012
Time of report:	10:25:50 AM
Date of calculation:	3/14/2012
Time of calculation:	10:07:39 AM
Filename:	L:\..\D-settlement\Zettingen keerwand zonder overhoogte 20120104
Project identification:	Regelwerk Pannerden Zettingen achter keerwand Ophoging max 4,0 m

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Echo of the Input 3
2.1 Layer Boundaries 3
2.2 PL 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 = 20,12 m; Z = 0,00 m) 5
3.2 Results for Vertical 2 (X = 24,76 m; Z = 0,00 m) 5
3.3 Results for Vertical 3 (X = 31,86 m; Z = 0,00 m) 6
3.4 Results for Vertical 4 (X = 33,79 m; Z = 0,00 m) 6
4 Settlements 8
4.1 Settlements 8
4.2 Residual Times 8
4.3 Maintain Profile Calculation Results 8
5 Warnings and errors 9

2 Echo of the Input

2.1 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
4 - X -	0,000	20,000	23,355	33,500	60,000
4 - Y -	11,000	11,000	12,000	16,000	16,000
3 - X -	0,000	20,000	60,000		
3 - Y -	11,000	11,000	11,000		
2 - X -	0,000	60,000			
2 - Y -	9,000	9,000			
1 - X -	0,000	60,000			
1 - Y -	5,000	5,000			
0 - X -	0,000	60,000			
0 - Y -	-5,000	-5,000			

2.2 PL Lines

PL line number	Co-ordinates [m]				
1 - X -	0,000	60,000			
1 - Y -	10,000	10,000			

2.3 General Data

Soil model:	Koppejan
Consolidation model:	Darcy
Strain model:	Natural
Groundwater level:	Initial determined by PL-line number 1
Unit weight of water:	9,81 [kN/m³]
Stress distribution	
- Soil:	Buisman
- Loads:	None
End of consolidation:	10000,00 [days]
With maintain profile	
(only for non uniform loads)	
- Material:	Superelevation
- Time:	0,00 [days]
- Unit weight above phreatic.:	18,00 [kN/m³]
- Unit weight below phreatic:	20,00 [kN/m³]
- Iteration stop criterium:	0,10 [m]
Pc (initial):	Variable parallel to the initial effective stress
Pc (per step):	Automatic increased to the final effective stresses
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]
- Trapezoidal Loads :	1,00 [m]

2.4 Soil Profiles

Layer number	Material name	PL-line top	PL-line bottom
4	Dijkmateriaal	1	1
3	Klei, matig siltig	1	1
2	Klei, zwak siltig	1	1
1	Zand, matig vast	1	1

2.5 Soil Properties

Layer number	Drained	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m³]	Saturated [kN/m³]
4	No	17,00	17,00
3	No	16,00	16,00
2	No	17,00	17,00
1	Yes	18,00	20,00

Layer number	Storage type	Vert. consolid. coefficient Cv [m²/s]	Vertical permeability [m/s]	Permeability strain mod. [m/s]	Initial vertical permeability [m/s]
4	Vert. cons.	1,00E-07	-	-	-
3	Vert. cons.	1,00E-07	-	-	-
2	Vert. cons.	1,00E-07	-	-	-
1	Vert. cons.	-	-	-	-

Layer number	Precons. pressure [kN/m²]	POP [kN/m²]	OCR [-]
4	-	10,00	-
3	-	10,00	-
2	-	10,00	-
1	-	10,00	-

Layer number	Primary compr. coeff.		Secular compr. coef.		Swell constants	
	Cp [-]	Cp' [-]	Cs [-]	Cs' [-]	Ap [-]	As [-]
4	9,00E+01	3,00E+01	1,50E+03	5,00E+02	9,00E+01	5,00E+02
3	3,72E+01	1,29E+01	2,30E+02	9,36E+01	3,72E+01	9,36E+01
2	7,60E+01	1,92E+01	5,99E+02	1,69E+02	7,60E+01	1,69E+02
1	1,80E+03	6,00E+02	1,00E+05	1,00E+05	1,80E+03	1,00E+05

2.6 Non-Uniform Loads

Load number	Time [days]	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m³]	Saturated [kN/m³]
1	0	18,00	20,00

Load number	Co-ordinates [m]					
1 - X -	19,61	20,00	33,50			
1 - Y -	11,00	16,00	16,00			

2.7 Verticals

Vertical number	X co-ordinates [m]				
1 - 4	20,121	24,761	31,855	33,786	

Calculation of cross section at Z = 0,000 m
Discretisation = 100

3 Results per Vertical

3.1 Results for Vertical 1 (X = 20,12 m; Z = 0,00 m)

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
11,036	94,828	11,036	94,828	0,561
11,018	95,378	11,018	95,381	0,559
11,000	95,756	11,001	95,762	0,556
11,000	95,756	11,001	95,762	0,556
10,936	95,663	10,937	95,675	0,537
10,836	92,619	10,838	92,639	0,510
10,736	90,648	10,739	90,675	0,486
10,636	89,639	10,640	89,673	0,463
10,536	89,064	10,540	89,105	0,442
10,436	88,701	10,441	88,748	0,423
10,336	88,480	10,341	88,533	0,404
10,236	88,385	10,242	88,443	0,387
10,136	88,407	10,143	88,471	0,370
10,036	88,543	10,043	88,612	0,354
10,000	88,618	10,007	88,688	0,349
9,000	84,848	10,010	84,948	0,214
9,000	84,848	10,010	84,948	0,214
8,000	86,048	10,011	86,153	0,147
7,000	88,809	10,009	88,895	0,091
6,000	92,382	10,005	92,429	0,044
5,000	96,475	10,000	96,475	0,004
5,000	96,476	10,000	96,476	0,004
4,000	103,898	10,000	103,898	0,003
3,000	111,620	10,000	111,620	0,003
2,000	119,591	10,000	119,591	0,002
1,000	127,774	10,000	127,774	0,002
0,000	136,140	10,000	136,140	0,001
-1,000	144,666	10,000	144,666	0,001
-2,000	153,334	10,000	153,334	0,001
-3,000	162,126	10,000	162,126	0,000
-4,000	171,030	10,000	171,030	0,000
-5,000	180,033	10,000	180,033	0,000

3.2 Results for Vertical 2 (X = 24,76 m; Z = 0,00 m)

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
12,554	68,796	12,554	68,796	0,447
12,454	71,639	12,459	71,680	0,437
12,354	73,683	12,363	73,765	0,428
12,254	75,183	12,267	75,305	0,419
12,154	75,827	12,171	75,989	0,412
12,054	75,960	12,075	76,161	0,405
11,954	76,425	11,979	76,663	0,399
11,854	77,634	11,882	77,910	0,393
11,777	78,974	11,808	79,278	0,388
11,754	79,413	11,786	79,725	0,387
11,654	81,439	11,690	81,788	0,381
11,554	83,488	11,594	83,873	0,376
11,000	92,969	11,059	93,549	0,351
11,000	92,969	11,059	93,549	0,351
10,000	106,441	10,072	107,147	0,248
9,000	110,421	10,075	111,152	0,163

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
9,000	110,421	10,075	111,152	0,163
8,000	115,383	10,066	116,031	0,116
7,000	120,053	10,049	120,535	0,074
6,000	124,466	10,026	124,724	0,037
5,000	128,777	10,000	128,777	0,004
5,000	128,777	10,000	128,777	0,004
4,000	135,862	10,000	135,862	0,003
3,000	143,087	10,000	143,087	0,003
2,000	150,510	10,000	150,510	0,002
1,000	158,153	10,000	158,153	0,002
0,000	166,014	10,000	166,014	0,001
-1,000	174,083	10,000	174,083	0,001
-2,000	182,343	10,000	182,343	0,001
-3,000	190,776	10,000	190,776	0,000
-4,000	199,365	10,000	199,365	0,000
-5,000	208,093	10,000	208,093	0,000

3.3 Results for Vertical 3 (X = 31,86 m; Z = 0,00 m)

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
15,351	11,346	15,351	11,346	0,074
15,251	12,735	15,251	12,735	0,070
15,151	12,780	15,152	12,781	0,068
15,051	13,744	15,052	13,746	0,067
14,951	16,953	14,952	16,955	0,065
14,851	19,770	14,852	19,773	0,064
14,751	22,034	14,752	22,037	0,063
14,651	23,998	14,652	24,003	0,062
14,551	25,791	14,552	25,796	0,060
14,451	27,481	14,452	27,487	0,059
14,351	29,111	14,352	29,118	0,058
13,776	38,419	13,777	38,432	0,054
13,176	48,608	13,178	48,629	0,051
12,400	62,129	12,403	62,162	0,048
11,400	79,815	11,405	79,865	0,044
11,000	86,938	11,006	86,993	0,043
11,000	86,938	11,006	86,994	0,043
10,000	103,823	10,006	103,884	0,034
9,000	110,963	10,006	111,023	0,024
9,000	110,963	10,006	111,023	0,024
8,000	119,130	10,005	119,183	0,019
7,000	127,285	10,004	127,324	0,013
6,000	135,385	10,002	135,406	0,007
5,000	143,395	10,000	143,395	0,001
5,000	143,395	10,000	143,395	0,001
4,000	154,261	10,000	154,261	0,001
3,000	164,990	10,000	164,990	0,001
2,000	175,577	10,000	175,577	0,001
1,000	186,027	10,000	186,027	0,001
0,000	196,351	10,000	196,351	0,001
-1,600	212,644	10,000	212,644	0,000
-2,600	222,712	10,000	222,712	0,000
-3,600	232,709	10,000	232,709	0,000
-5,000	246,616	10,000	246,616	0,000

3.4 Results for Vertical 4 (X = 33,79 m; Z = 0,00 m)

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
16,000	0,001	16,000	0,001	0,017
15,900	1,701	15,900	1,701	0,017
15,800	3,416	15,800	3,416	0,017
15,700	5,175	15,700	5,175	0,017
15,600	6,990	15,600	6,990	0,017
15,500	8,825	15,500	8,825	0,017
15,400	10,650	15,400	10,651	0,017
15,300	12,458	15,300	12,459	0,017
15,200	14,255	15,200	14,256	0,017
15,100	16,047	15,100	16,049	0,017
15,000	17,842	15,000	17,844	0,017
14,300	30,525	14,301	30,530	0,016
13,500	45,044	13,501	45,053	0,016
12,600	61,385	12,602	61,401	0,015
11,600	79,561	11,602	79,585	0,014
11,000	90,469	11,003	90,497	0,014
11,000	90,469	11,003	90,497	0,014
10,000	107,651	10,003	107,681	0,011
9,000	115,015	10,003	115,044	0,008
9,000	115,015	10,003	115,044	0,008
8,000	123,364	10,003	123,389	0,007
7,000	131,684	10,002	131,702	0,005
6,000	139,955	10,001	139,965	0,003
5,000	148,156	10,000	148,156	0,001
5,000	148,156	10,000	148,156	0,001
4,000	159,257	10,000	159,257	0,001
3,000	170,253	10,000	170,253	0,001
2,000	181,136	10,000	181,136	0,001
1,000	191,903	10,000	191,903	0,000
0,000	202,555	10,000	202,555	0,000
-1,600	219,376	10,000	219,376	0,000
-2,600	229,764	10,000	229,764	0,000
-3,600	240,070	10,000	240,070	0,000
-5,000	254,380	10,000	254,380	0,000

4 Settlements

4.1 Settlements

Vertical number	X co-ordinate [m]	Surface level [m]	Settlement [m]
1	20,12	11,04	0,561
2	24,76	12,55	0,447
3	31,86	15,35	0,074
4	33,79	16,00	0,017

4.2 Residual Times

Vertical number	Time [days]	Settlement [m]	Part of final settlement [%]	Residual settlements [m]
1	7	0,049	8,810	0,512
	14	0,069	12,211	0,493
	21	0,082	14,688	0,479
	28	0,093	16,661	0,468
	60	0,129	23,044	0,432
	90	0,151	26,995	0,410
	365	0,281	50,148	0,280
	10000	0,561	100,000	0,000
2	7	0,028	6,233	0,419
	14	0,037	8,363	0,410
	21	0,044	9,850	0,403
	28	0,049	11,010	0,398
	60	0,066	14,694	0,382
	90	0,077	17,187	0,370
	365	0,149	33,218	0,299
	10000	0,447	100,000	0,000
3	7	0,009	11,760	0,066
	14	0,011	14,306	0,064
	21	0,012	16,015	0,062
	28	0,013	17,333	0,061
	60	0,016	22,131	0,058
	90	0,019	25,050	0,056
	365	0,028	38,117	0,046
	10000	0,074	100,000	0,000
4	7	0,001	6,326	0,016
	14	0,001	7,591	0,016
	21	0,001	8,615	0,016
	28	0,002	9,503	0,016
	60	0,002	12,758	0,015
	90	0,003	15,135	0,015
	365	0,005	30,145	0,012
	10000	0,017	100,000	0,000

4.3 Maintain Profile Calculation Results

Load 1 consists of 36,360 m3 per Width
The extra amount of soil to be added is 4,556 m3 per Width
This equals the found settlements for non-uniform loads

5 Warnings and errors

List of non-fatal warnings and errors generated during calculation.

1 Model Koppejan is not ideal for unloading (e.g. load removal, temporary dewatering, gradual submerging). If As is much larger than Cs', unloading will yield almost no effect on creep. Switch to the NEN-Bjerrum or abc Isotache model for improved predictions.

End of Report