

**VEESSEN-WAPENVELD HOOGWATERGEUL
SNIP 4
VW TM GROTE KUNSTWERKEN**

WATERSCHAP VELUWE

SNIP-CODE: 5.8.9

5 juli 2012
075246711:A.12
C03021.000043/SD



Inhoud

1	Inleiding	7
1.1	Aanleiding	7
1.2	Maatregel Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld	7
1.3	Planstudie Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld	9
1.4	SNIP2A-beslissing met aantal opdrachten voor SNIP3	9
1.5	Doel van rapport	11
1.6	Leeswijzer	11
2	Plangebied hoogwatergeul Veessen-Wapenveld	13
2.1	Plangebied	13
2.2	Huidige situatie	13
3	Ontwerp hoogwatergeul	17
3.1	Hoogwatergeul	17
3.2	Inlaat	21
3.3	Uitlaat	21
3.4	Dijken	21
3.5	Nieuwe uiterwaard	22
3.6	Landbouwbedrijfslocatie	22
3.7	Oppervlaktewatersysteem	23
3.8	Weidevogel- en ganzengebied	23
3.9	Landschapszone	24
3.10	Ontsluiting via hoofdwegen en fietspaden	24
3.11	Kabels en leidingen	25
4	Inlaat	27
4.1	Inleiding	27
4.2	Functies	29
4.3	Uitgangspunten en randvoorwaarden	29
4.3.1	Uitgangspunten	29
4.3.2	Randvoorwaarden	30
4.3.3	Robuustheid	31
4.4	Ontwerp	33
4.4.1	Tracé inlaat	33
4.4.2	Basisontwerp	33
4.4.3	Dimensies inlaat	34
4.4.4	Vormgeving	35
4.5	Werking / aansturing kleppen	37
5	Uitstroomvoorziening	39
5.1	Inleiding	39
5.2	Functie	39
5.3	Uitgangspunten en Randvoorwaarden	40

5.4	Ontwerp	40
5.4.1	Locatie uitstroomvoorziening	40
5.4.2	Ontwerp uitstroomvoorziening	41
5.4.3	Dimensionering uitwateringsluis	41
5.4.4	Keermiddel	43
5.5	Inschatting duur meestromen en leegstromen geul	43
6	Hoogwatervrije verbindingen	45
6.1	Inleiding	45
6.2	Functie	45
6.3	Uitgangspunten en randvoorwaarden	46
6.4	Ontwerp	46
6.4.1	Tracé	46
6.4.2	Brugbreedte	47
6.4.3	Bovenkant brugdekken	48
7	Gemalen	49
7.1	Inleiding	49
7.2	Functie	50
7.3	Uitgangspunten en randvoorwaarden	50
7.4	Ontwerp	50
7.4.1	Gemaal Bottenstrank	50
7.4.2	Gemaal Westdijk	52
7.4.3	Gemaal 'Nieuw' Wapenveld	53
7.4.4	Samenvatting ontwerpopties	54
7.4.5	Gemaal Oeverwal	54
7.5	LCC-studie	57
7.5.1	Uitgangspunten	57
7.5.2	Resultaten LCC studie	58
7.5.3	Conclusie en Aanbeveling	58
8	Aandachtspunten voor realisatie	61
8.1	Inlaat + brug Kerkdijk	61
8.2	Brug Werverdijk	62
8.3	Uitwateringsluis	62
Bijlage 1	Overzicht van geraadpleegde documenten	63
Bijlage 2	Overzicht van geraadpleegde personen en instanties	65
Bijlage 3	Documentenbeheer	67
Bijlage 4	Verificatie	69
Bijlage 5	Ontwerp inlaat "Kleppen over de volle breedte"	71
Bijlage 6	Ontwerp uitwateringsluis	73
Bijlage 7	Tracé bruggen Kerkdijk (inlaat) + Werverdijk	75

Bijlage 8	Berekening taludbescherming inlaat + Woelbak	77
Bijlage 9	Berekening krachten in kabel kleppen	79
Bijlage 10	Varianten studie inlaat	81
Bijlage 11	Ontwerptekening (WH05)	83
Bijlage 12	Berekeningen LCC-studie	85
Colofon		91

HOOFDSTUK 1 Inleiding

1.1

AANLEIDING

Naar aanleiding van de hoge rivierwaterstanden in 1993 en 1995 heeft het kabinet besloten dat de beveiliging tegen overstromingen in het rivierengebied niet langer uitsluitend door dijkverhoging en -versterking moet plaatsvinden. Het kabinet heeft ervoor gekozen meer ruimte te geven aan de rivieren, om zó de vereiste veiligheid in het rivierengebied te garanderen. In de PKB Ruimte voor de Rivier heeft het kabinet hiervoor een samenhangend pakket van rivierverruimende maatregelen vastgesteld, die het stroomgebied van de Rijn en het bedijkte deel van de Maas beter zullen beschermen tegen overstromingen. Op 25 januari 2007 is de PKB in werking getreden.

De PKB Ruimte voor de Rivier richt zich op het realiseren van twee samenhangende doelstellingen:

- het op het vereiste niveau brengen van de bescherming van het rivierengebied tegen overstromingen;
- het leveren van een bijdrage aan het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit van het rivierengebied.

Het waarborgen van de veiligheid geldt als hoofddoelstelling; het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit als tweede doelstelling. Uiterlijk in 2015 moet het vereiste veiligheidsniveau in het rivierengebied rond de Rijntakken in overeenstemming zijn met de maatgevende afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith.

Het pakket aan maatregelen dat het kabinet in de PKB Ruimte voor de Rivier heeft voorgesteld moet ook op de lange termijn zijn nut behouden en geen belemmering vormen voor maatregelen die later noodzakelijk kunnen zijn. Op de lange termijn gaat het kabinet uit van 18.000 m³/s.

1.2

MAATREGEL HOOGWATERGEUL VEESSEN-WAPENVELD

Eén van de voorgestelde maatregelen uit de PKB Ruimte voor de Rivier is de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld (zie Afbeelding 1.1). In de Nota van Toelichting van de PKB Ruimte voor de Rivier is de maatregel Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld als volgt beschreven:

PKB RUIMTE VOOR DE RIVIER

De maatregel Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld voorziet in de aanleg van een hoogwatergeul door het Wapenveldsebroek met een instroompunt ten zuidwesten van Veessen. Het uitstroompunt van de hoogwatergeul ligt bij de Hoenwaard, ten oosten van het gemaal Veluwe.

Er worden dijken aangelegd om het water onder vrije afstroming van zuid naar noord te leiden en om het binnendijkse gebied te beschermen. De toekomstige overstromingsfrequentie van de hoogwatergeul zal, volgens dit plan, beperkt zijn. Daarom kan de landbouwfunctie van het gebied gehandhaafd blijven.

Afbeelding 1.1

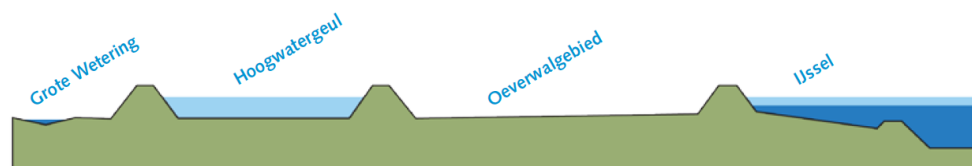
Plangebied hoogwatergeul
Veessen-Wapenveld in PKB
Ruimte voor de Rivier



Deze maatregel houdt concreet in dat er in het gebied van het Veesser-, het Vorchter- en het Wapenveldsebroek twee dijken in het landschap komen te liggen. Ertussen ontstaat zo een 'geul', die bij hoogwater een deel van het water van de IJssel verwerkt (zie Afbeelding 1.2). Bij hoogwater stroomt het water de hoogwatergeul in bij Veessen, ter hoogte van rivierkilometer 961. Het uitstroompunt ligt ten oosten van het gemeal van Waterschap Veluwe, ter hoogte van rivierkilometer 972. Door de werking van de hoogwatergeul wordt de waterstand op de IJssel (bovenstrooms van het inlaatpunt) lager.

Afbeelding 1.2

Principe hoogwatergeul



Tegen de komst van de hoogwatergeul is in het gebied veel protest geuit. Zowel door de lokale overheden gemeente Heerde en Waterschap Veluwe als door inwoners uit het gebied.

Tijdens de behandeling van de PKB in de Eerste en Tweede Kamer zijn diverse Kamervragen gesteld, welke hebben geleid tot het indienen van de motie Eigeman c.s. In deze motie is aangegeven dat de maatregel naast de veiligheid ook moet bijdragen aan de ontwikkeling van het gebied.

1.3

PLANSTUDIE HOOGWATERGEUL VEESSEN-WAPENVELD

Voor deze PKB-maatregel Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld is een planstudie gestart. De Minister van Verkeer en Waterstaat heeft met de provincie Gelderland op 12 oktober 2007 een bestuursovereenkomst getekend voor de uitvoering van deze planstudie.

De planstudie voor de maatregel Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld kent een dubbele opdracht:

1. Het opstellen van een projectontwerp dat leidt tot een waterstandverlaging van 71 cm op de IJssel tussen rivierkilometer 960,7 en km 961,7 en dat een bijdrage levert aan de ruimtelijke kwaliteit van het plangebied.
2. Het opstellen van een samenhangend herinrichtingsplan dat recht doet aan de landbouwkundige waarden, de landschappelijke kwaliteit en de hoogwateropgave. Dit is vertaald in het opstellen van een haalbaar plan voor de gebiedsontwikkeling, vastgelegd in het 'Advies gebiedsontwikkeling'.

Daarnaast zijn aan het projectontwerp de volgende randvoorwaarden gesteld:

1. voldoen aan de eisen voor de veiligheid (een overschrijdingsfrequentie kleiner dan één keer per 1.250 jaar);
2. uiterlijk in 2015 zijn gerealiseerd;
3. passen in het taakstellend budget;
4. passen in het kader van de Nota ruimtelijke kwaliteit Veessen-Wapenveld;
5. draagvlak bij partijen in het gebied.

De PKB-maatregel Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld wordt planologisch vastgelegd in een Rijksinpassingsplan.

1.4

SNIP2A-BESLISSING MET AANTAL OPDRACHTEN VOOR SNIP3

Voor de interne besluitvorming bij het ministerie van Verkeer en Waterstaat doorloopt het project de SNIP-procedure (Spelregels voor Natte Infrastructuur projecten) van Rijkswaterstaat. In de bestuursovereenkomst is vastgesteld dat de provincie aan de minister advies uitbrengt over de variantkeuze (de SNIP2A-beslissing) en over de projectbeslissing (SNIP3).

Op 28 mei 2010 heeft minister Eurlings van Verkeer en Waterstaat het voorkeursalternatief voor de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld vastgesteld. Met deze zogeheten SNIP2A-beslissing heeft de minister ingestemd met het voorkeursalternatief dat door de Stuurgroep Veessen-Wapenveld is aangedragen. Dat betekent dat de hoogwatergeul een geul wordt waarin landbouw de voornaamste functie blijft, met een overstromingsfrequentie van gemiddeld eens per mensenleven. De minister voegt aan zijn beslissing nog een taakstellend budget en een aanvullende opdracht toe.

In de kern luidt deze opdracht:

Onderzoek de mogelijkheden voor kostenbesparing, verbetering van de beheersbaarheid en betrouwbaarheid van de inlaat en versnelling in de uitvoering.

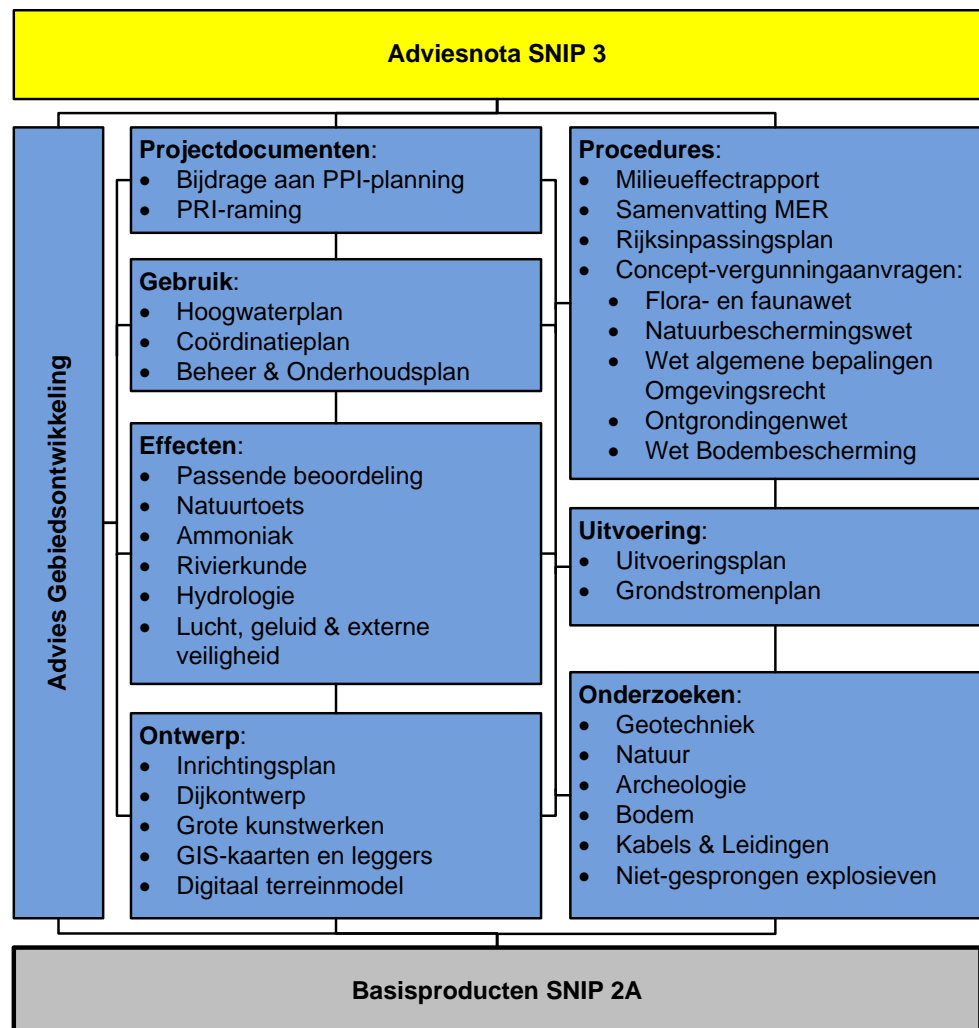
SNIP3-beslissing

Na de besluitvorming over het voorkeursalternatief is deze in de huidige fase (SNIP3) nader uitgewerkt en gedetailleerd. In deze fase is bijzondere aandacht geschonken aan het kostenbewust ontwerpen. Specifiek voor het ontwerp van de dijken is aanvullend onderzoek verricht. Ook is aandacht besteed aan de veiligheid en bereikbaarheid van het gebied en het projectontwerp zelf, o.a. de inlaat, de uitlaat, het dijktracé en de waterhuishouding in het plangebied.

Het eindproduct is een volledig uitgewerkt projectontwerp van de hoogwatergeul inclusief onderbouwende rapporten met een (ontwerp) Milieueffectrapport (MER) en een advies Gebiedsontwikkeling. Al deze rapporten dienen ter onderbouwing van het (ontwerp) Rijksinpassingsplan met bijbehorende vergunningaanvragen om de hoogwatergeul te kunnen realiseren. Een totaaloverzicht van alle voor de SNIP3-beslissing opgestelde producten is in Afbeelding 1.3 opgenomen.

Afbeelding 1.3

Overzicht van producten voor SNIP 3-beslissing



1.5 **DOEL VAN RAPPORT**

In het voorliggend rapport staat de beschrijving van het basis ontwerp, van de projectonderdelen inlaat, uitstroomvoorziening, hoogwatervrije verbindingen en gemalen op basis waarvan de keuze voor deze oplossingen gemaakt is. De in dit rapport opgenomen projectonderdelen worden als Design en Construct op de markt gezet.

In een in de vervolgfase op te stellen vraagspecificatie worden de uitgangspunten, voorwaarden en ontwerpvrijheid van deze constructies nader vastgelegd waarbij dit rapport het vertrekpunt is.

1.6 **LEESWIJZER**

Na deze inleiding volgt in hoofdstuk 2 een beschrijving van het plangebied in de huidige situatie. Vervolgens is in hoofdstuk 3 beschreven hoe het projectontwerp is geoptimaliseerd van het SNIP2a ontwerp naar het SNIP3 ontwerp.

Het projectontwerp Inlaat is vervolgens in hoofdstuk 4 op hoofdlijnen beschreven, de uitstroomvoorziening in hoofdstuk 5 en de hoogwatervrije verbindingen in hoofdstuk 6. Tenslotte is in hoofdstuk 7 een LCC-studie opgenomen voor de gemalen en in hoofdstuk 8 aandachtspunten voor realisatie.

HOOFDSTUK

2

Plangebied
hoogwatergeul Veessen-Wapenveld

2.1

PLANGEBIED

Het plangebied voor het projectontwerp omvat de toekomstige hoogwatergeul, de landschapszone en delen van het oeverwalgebied waar aanpassingen nodig zijn vanwege de hoogwatergeul. Het overgrote deel van het plangebied ligt in de gemeente Heerde. Aan de oostzijde, nabij Marle ligt een klein deel van het plangebied in de aangrenzende gemeente Olst-Wijhe.

Ten zuiden van Veessen wordt het plangebied begrensd door de IJssel. Langs de westzijde is de Grote Wetering de plangrens. Aan de oostzijde ligt de plangrens in het oeverwalgebied vanwege de landbouwbedrijfslocatie en aanpassingen aan watergangen. Ten noorden van de Werverdijk worden naast de aanleg van een uitlaatvoorziening kades aangelegd. Deze kades maken ook onderdeel uit van het plangebied. Het plangebied is circa negen kilometer lang en 500 tot 1.500 m breed.

2.2

HUIDIGE SITUATIE

Tussen Heerde en de IJssel ligt het binnendijkse gebied van Veessen-Wapenveld (zie Afbeelding 2.4). Het gebied tussen de IJssel en de Grote Wetering is een open agrarisch gebied met voornamelijk graslanden. Het aantal inwoners in de gemeente Heerde is redelijk stabiel (circa 18.000 inwoners). De bevolkingsdichtheid in Heerde ligt fors onder het Gelders gemiddelde (229 inwoners/km² in Heerde versus gemiddeld 398 in Gelderland).

Landschap

Het gebied kenmerkt zich door de vier uiteenlopende landschappen van Veluwerand, komgebied, oeverwal en uiterwaard. Deze zijn nog duidelijk te onderscheiden en herkenbaar aanwezig. De variatie in landschappen op een zo korte afstand en de diversiteit maakt het gebied tussen Veessen en Wapenveld uniek. Tussen de meer besloten oeverwal en Veluweflank ligt het open komgebied. Het gebied tussen Wapenveld en Marle, het Wapenveldsebroek, wordt als zeer open ervaren. De overgang van Veluwe naar IJssel is daarbij het meest markant in het zuiden langs de Kerkdijk en in het noorden nabij het gemaal waar de rivierdijk ombuigt naar de Veluwerand.

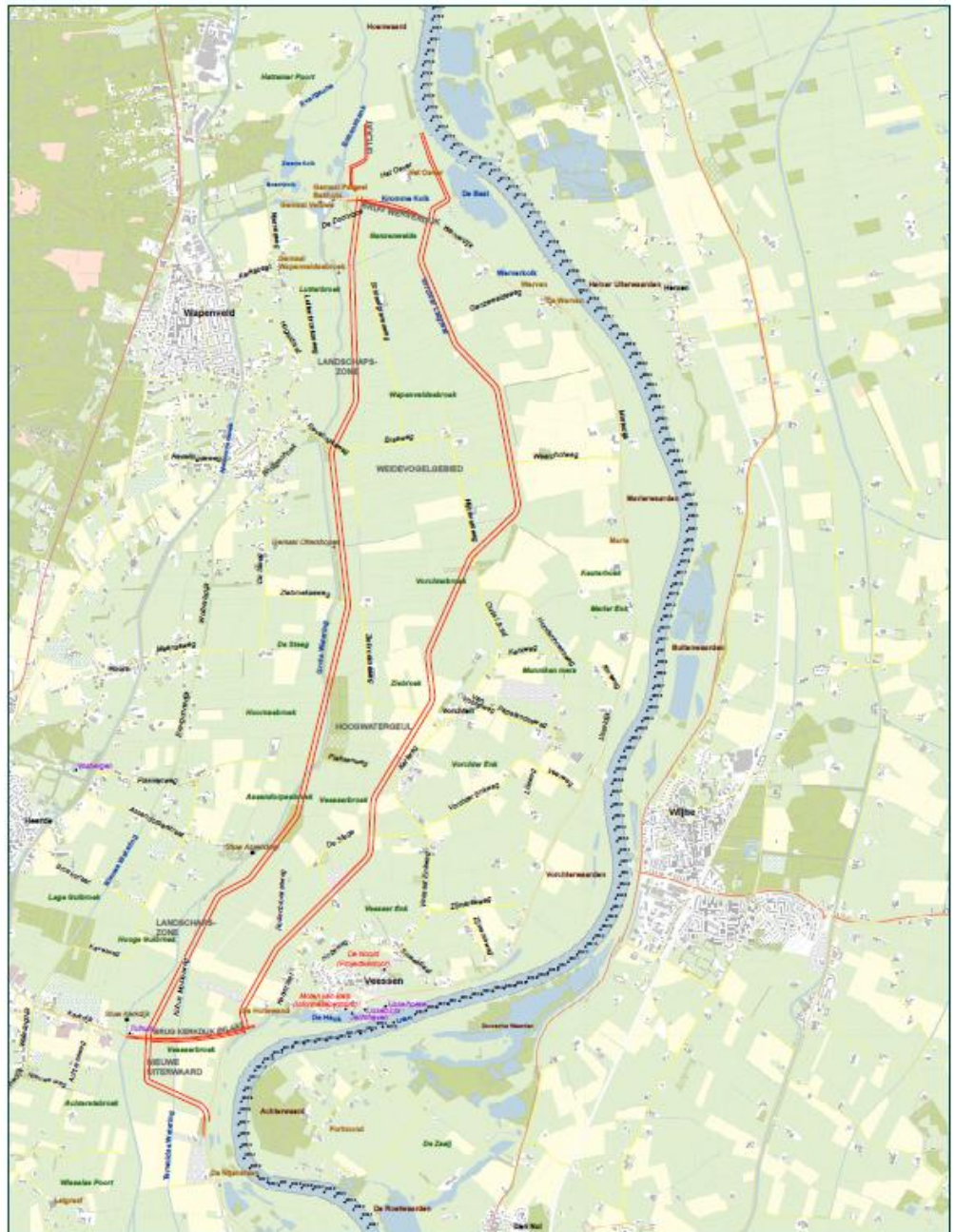
Bebouwing

In het plangebied bevinden zich vier dorpen: Wapenveld aan de noordzijde, en Heerde, Veessen en Vorchten aan de zuidzijde. Veessen is een typisch dijkdorp. Ook de buurtschappen Marle en Werven liggen aan de dijk en zijn duidelijk herkenbaar als buurtschappen aan de dijk.

De bebouwing concentreert zich op de oeverwal aan de oostzijde. Hier bevindt zich ook een aantal historische boerderijen met grote erven en voorhuizen.

Afbeelding 2.4

Toponiemenkaart



Landbouw

Het plangebied heeft hoofdzakelijk een landbouwkundige functie met voornamelijk melkveebedrijven en daarnaast een aantal veehouderij-akkerbouw-fruitteelt- en vleesveebedrijven. Over het algemeen zijn de melkveebedrijven groter dan het landelijk gemiddelde. De veebezetting van 1,5 melkkoe per hectare met jongvee geeft een veebezetting van circa 2,5 gve per hectare. Het gemiddelde aantal melkkoeien per bedrijf is bijna 70 koeien. In het gebied komen veel ondernemers met groeiwensen voor. In de huidige situatie is beperkt verweving van functies aanwezig.

Ontsluiting

De wegenstructuur in het plangebied kenmerkt zich door twee noord-zuidverbindingen en een aantal oost-westverbindingen, die in de huidige situatie de hoofdontsluiting van het gebied vormen. De noord-zuidverbindingen bevinden zich aan de oostzijde van het gebied over de IJsseldijk (Werverdijk-Marledijk-IJsseldijk) met een aansluiting op de pont naar Wijhe en meer westelijk door het gebied (Schraatgravenweg, Nijoeverseweg, Oude IJssel-Kerkweg, en Veesser Enkweg). De oost-west gerelateerde verbindingen zijn van noord naar zuid gezien de Werverdijk, de Breeweg, de Ziebroekseweg, de Plakkenweg en de Kerkdijk. Ten oosten van de Grote Wetering ligt een fietspad. Overige vrijliggende fietspaden zijn in het plangebied niet aanwezig.

Waterhuishouding

Het gebied Veessen-Wapenveld is waterhuishoudkundig te karakteriseren als een zeer zwak hellend afwateringsgebied. Het gehele gebied watert via de Grote Wetering af op de IJssel. De belangrijkste hoofdwaterlopen zijn de Terwoldse Wetering, Grote Wetering, Nieuwe Wetering en de Vorchter Leigraaf.

Ecologie

De Grote Wetering is, op de EHS kaart van de provincie Gelderland, een nog te ontwikkelen ecologische verbindingzone. Langs deze wetering liggen ter hoogte van Vorchten enkele bosjes (bestaande natuur). De noordzijde van het komkleigebied (Ganzenveld) vormt een belangrijk weidevogel- en ganzenfoeragegebied en is als beheergebied begrensd als Ecologische Hoofdstructuur (EHS). Het gebied staat bekend om de hoge dichtheid aan kritische weidevogelsoorten, zoals grutto en watersnip. In de wintermaanden foerageren hier grote aantallen kolganzen en kleine zwanen op het eiwitrijke gras. De belangrijkste binnendijkse floristische waarden zijn aanwezig in de vorm van kwelafhankelijke vegetaties en dijkflora. Op de IJsseldijk zijn verspreid glanshaverhooilanden aanwezig. Diverse vleermuissoorten gebruiken het gebied als foeragegebied en vliegroute. Verder komt de steenuil (jaarrond beschermde nesten Flora- en faunawet) verspreid over het hele plangebied voor. In de sloten en grotere wateren zijn beschermde vissoorten als kleine modderkruiper, bittervoorn en rivierdonderpad aanwezig. In de uiterwaarden is het voorkomen van de libellensoort rivierrombout bekend.

Het buitendijks gelegen deel (vanaf de buitenkruin van de IJsseldijk) van het plangebied maakt deel uit van het Natura 2000-gebied 'Uiterwaarden IJssel' (bij de instroomopening bij Veessen en bij de uitstroomopening). Het Natura 2000-gebied 'Veluwe' ligt ter hoogte van Wapenveld hemelsbreed op circa 1,5 kilometer afstand van het plangebied.

Veiligheid bewoners

Het plangebied wordt in de huidige situatie beschermd door dijkkring 52. Het wettelijke veiligheidsniveau van het gebied is net als het grootste deel van het Nederlandse Riviereengebied 1/1.250. Dit betekent dat de kans dat het gebied overstroomt kleiner is dan eens in de 1.250 jaar.

HOOFDSTUK 3 Ontwerp hoogwatergeul

Dit hoofdstuk geeft een nadere toelichting op het projectontwerp van de hoogwatergeul. Onderscheid is gemaakt in de 'normale' situatie, waar de hoogwatergeul niet in werking is, en de situatie van een 'meestromende hoogwatergeul'. Voor meer informatie wordt verwezen naar het Inrichtingsplan.

3.1

HOOGWATERGEUL

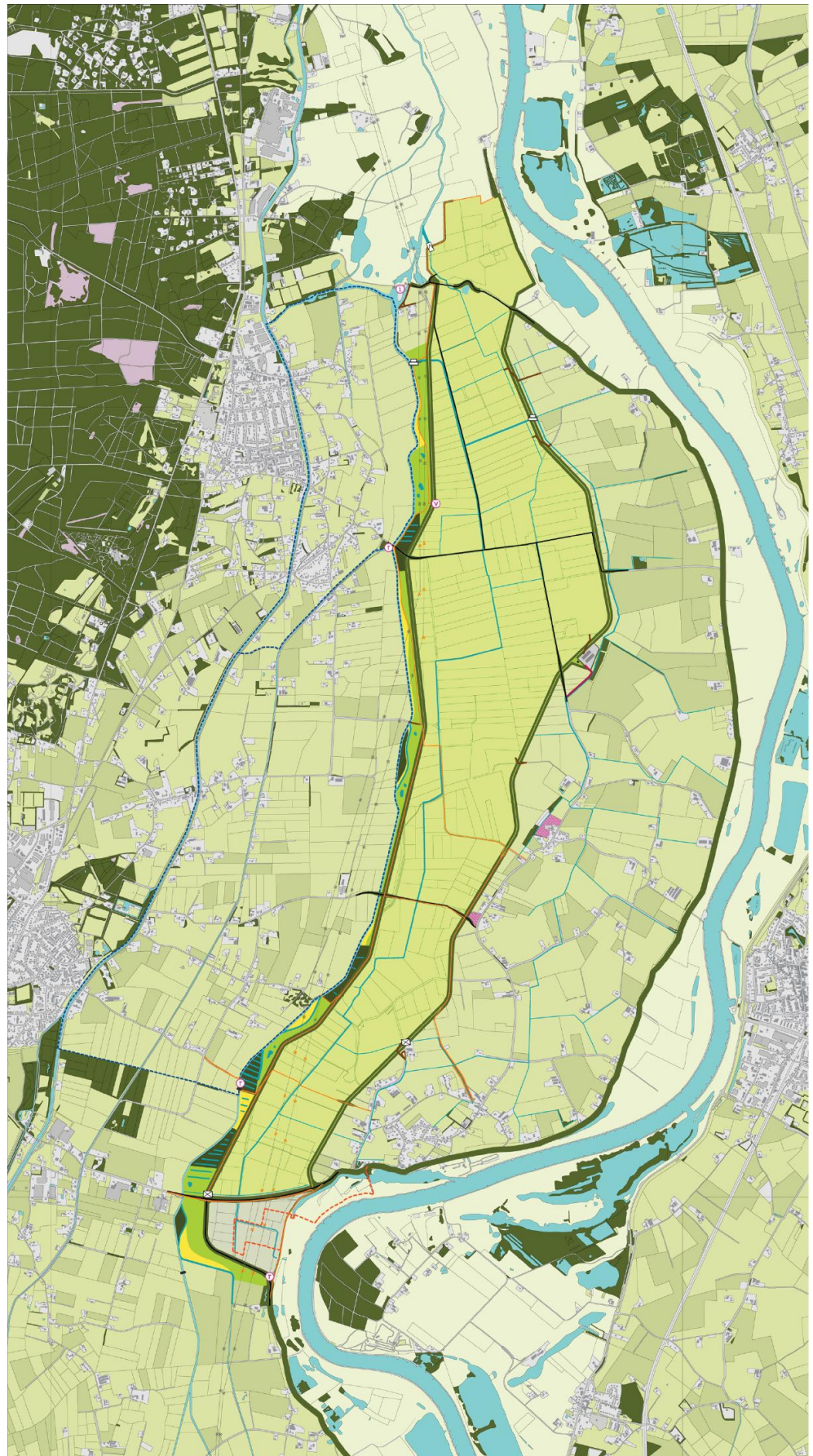
De hoogwatergeul reduceert de waterstand op de IJssel met minimaal 71 cm ter plaatse van de inlaat. De hoeveelheid water die door de hoogwatergeul kan stromen, is hierin sturend en wordt bepaald door de inlaat, de uitlaat en de breedte van de hoogwatergeul. Het bestaande veiligheidsniveau van 1: 1.250 jaar blijft gewaarborgd.

De hoogwatergeul wordt alleen ingezet, indien dit voor de veiligheid langs de IJssel echt nodig is, dat wil zeggen: het gebruik van de geul "eens in een mensenleven". Hierbij hoort een waterstand in de IJssel van NAP +5,65m bij de inlaat en een waterstand van NAP +4,10m bij de uitlaat. Uitgaande van een frequentie van het gebruik van de hoogwatergeul van ca. 1 keer per 100 jaar zijn deze waterstanden bepaald op basis van de huidige inzichten en modelberekeningen, waarbij is uitgegaan van de situatie na 2015, als de maatregelen zoals vastgelegd in het programma Ruimte voor de Rivier gereed zijn.

De hoogwatergeul wordt niet gegraven, maar ontstaat door de aanleg van twee dijken, die op een afstand van ongeveer 550 tot 1.500 meter van elkaar liggen. De inrichting van de hoogwatergeul is gericht op landbouwkundig gebruik. Obstakels tussen de dijken zijn zoveel mogelijk verwijderd om de doorstroming van het water niet te belemmeren. De dijken zijn circa acht à negen kilometer lang en ten opzichte van omliggend maaiveld 3 tot 5m hoog. In het zuiden, ter hoogte van het dorp Veessen, bevindt zich een inlaat, die het IJsselwater keert tot een peil van NAP +5,65m. In het noorden, ter hoogte van Het Oever, bevindt zich de uitlaat (een kade) die het water keert tot NAP +4,10m. Ter plaatse van de in- en uitlaat zijn de bestaande IJsseldijk en Werverdijk afgegraven. De in- en uitlaat zijn zo ontworpen dat de overstromingsfrequentie van de hoogwatergeul voldoet aan het criterium 'eens in een mensenleven'.

Afbeelding 3.5

Projectontwerp in een 'normale
situatie'



Situatie van een' meestromende hoogwatergeul'

De hoogwatergeul treedt in werking als in de rivier de IJssel ter hoogte van rivierkilometer 961 een waterstand van NAP + 5,65 meter bereikt is. Bij een waterstand in de IJssel van NAP + 5,65 meter bij de inlaat stroomt het water over de kleppen van de inlaat. Om voldoende doorstroomcapaciteit te hebben om de taakstelling van minimaal 71 cm te realiseren, worden de beweegbare kleppen in de inlaat geopend (d.w.z. neergelaten) en gaat het water in de hoogwatergeul ook daadwerkelijk meestromen.

Als de kleppen bij een waterstand van NAP +5,65 meter worden neergelaten en het water over de inlaat stroomt, kunnen er extreem hoge stroomsnelheden ontstaan. Als gevolg van deze extreem hoge stroomsnelheden kan schade aan de inlaatconstructie ontstaan en ook aan de achter de inlaat gelegen landbouwgronden. Door constructieve maatregelen en/of het zodanig bedienen dat een meer geleidelijke instroom van water wordt bewerkstelligd, kan de schade mogelijk worden beperkt. Om deze reden wordt in de realisatiefase het ontwerp van de inlaat, inclusief de wijze van bediening en eventuele erosiebeschermende maatregelen, op basis van een Life Cycle Costing (LCC) benadering, verder geoptimaliseerd.

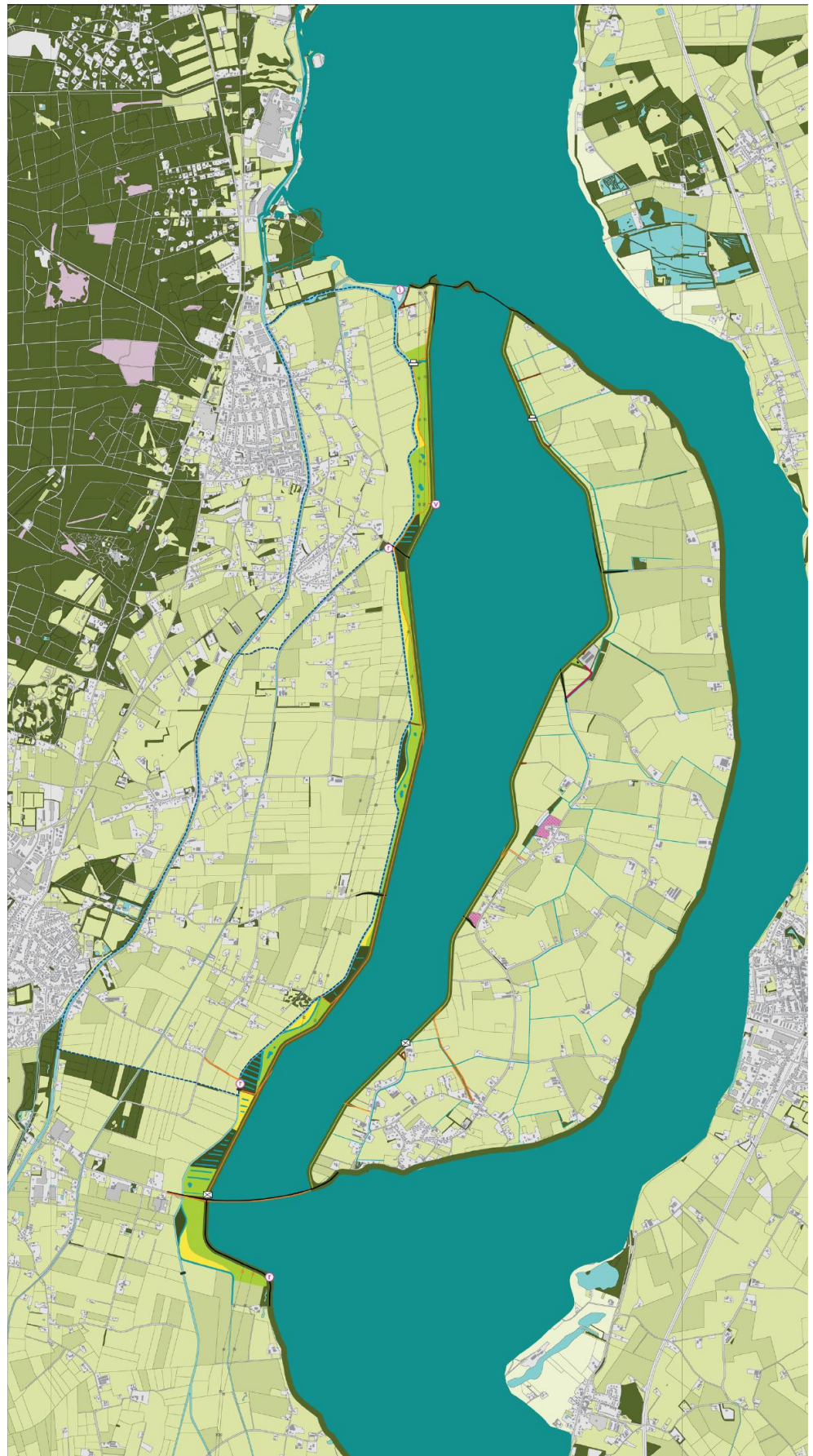
De bediening van de inlaat wordt vastgelegd in een bedieningsprotocol, dat in overleg met alle betrokken partijen wordt opgesteld. Het bedieningsprotocol bevat een aantal heldere procesafspraken over het neerlaten van de kleppen. De kleppen worden neergelaten als de waterstand van NAP + 5,65 meter is bereikt. Na een eenmalige bestuurlijke vaststelling van dit protocol gaat Rijkswaterstaat of het waterschap het protocol op de afgesproken wijze uitvoeren. Hiervoor zijn vervolgens geen aparte bestuursbeslissingen meer nodig.

Bij maatgevende omstandigheden voert de geul 45% van het IJsselwater af (circa 1.150 m³/s). Berekeningen met een verwachte maatgevende hoogwatergolf laten zien dat de hoogwatergeul zich in circa 14 uur vult. Vier dagen na het openen van de kleppen wordt de maximale waterstand bereikt. Weer tien dagen later zakt het waterniveau op de IJssel tot onder het niveau van de drempel van de inlaat en stroomt er geen water meer de hoogwatergeul in. De kleppen in de inlaat kunnen dan weer gesloten worden. Vanaf dat moment stroomt de hoogwatergeul grotendeels onder vrij verval leeg via de uiterwaarden richting Hoenaard terug de IJssel in (zie Afbeelding 3.5). In een periode van ca. 2 weken stroomt de geul onder vrij verval leeg. Allereerst zal het water uitstromen over de uitlaat (Westkade) in het noorden. Vervolgens stroomt de waterschijf tussen maaiveld en de kruinhoogte van de uitlaat onder vrij verval weg door een uitlaatvoorziening in de uitlaat. Als laatste wordt het water in de watergangen ("binnen de boorden") uitgemalen via het vernieuwde gemaal Nieuw Wapenveld op de Grote Wetering en vandaar via het gemaal Veluwe naar de IJssel. Voor het uit de hoogwatergeul pompen van het resterende water zijn ca. 2 weken nodig. Na een periode van 6 weken, vanaf de overschrijding van de waterstand van NAP +5,65m, is de "normale" situatie weer hersteld.

Volgestroomd is de hoogwatergeul een langwerpige nevengeul van de IJssel (zie Afbeelding 3.6). Als de hoogwatergeul volloopt, zorgt dit voor een aanzienlijke verlaging van het waterpeil in een deel van de IJssel. Het oeverwalgebied tussen de hoogwatergeul en de IJssel met de dorpen Veessen, Vorchten en Marle blijft bereikbaar via de brug Kerkdijk bij de inlaat en de brug Werverdijk bij de uitlaat.

Afbeelding 3.6

Situatie van een
'meestromende
hoogwatergeul'



3.2**INLAAT**

In normale omstandigheden dient de inlaat het landbouwgebied in de hoogwatergeul te beschermen tegen hoogwater. Bij extreem hoogwater op de IJssel dient de inlaat juist water vanuit de IJssel door te laten richting hoogwatergeul.

De inlaat bestaat uit een dijklichaam met daarbovenop kleppen. De kleppen zijn eenvoudig van constructie en bediening. Het onderliggende dijklichaam met een hoogte van NAP +4,80m vormt een zeer betrouwbare waterkering. Slechts eens in de ca. 5 jaar staat het water tegen de kleppen. De kleppen hebben aan de bovenkant een hoogte van NAP +5,65m. De inlaat beslaat de gehele strook tussen de westelijke en de oostelijke dijk, circa 800 meter. Deze inlaat met kleppen over de volle breedte kent een uitgekende betrouwbaarheid (d.w.z. kleine kans op falen) en beheersbaarheid. Belangrijk voordeel van deze inlaat is dat bij falen van de bedieningsconstructie de kleppen altijd neergelaten kunnen worden, waardoor de inlaat alsnog werkt. Het lineaire karakter van de constructie draagt bij aan een goede landschappelijke inpassing en daarmee aan de doelstelling voor ruimtelijke kwaliteit.

3.3**UITLAAT**

De uitlaat dient, vergelijkbaar met de inlaat, te voorkomen dat de hoogwatergeul vaker dan eens in een mensenleven inundeert. In de situatie van een meestromende hoogwatergeul biedt de uitlaat voldoende afvoercapaciteit. Om het huidige karakter van het gebied zo veel mogelijk te handhaven is het tracé van de bestaande kades gebruikt als (onderdeel van) de uitlaat.

Bij een meestromende hoogwatergeul stroomt het water onder vrij verval over de uitlaat (de huidige westelijke kade (Westkade). De Oostkade kent momenteel al een grotere hoogte dan de Westkade en heeft als functie te voorkomen dat rivierwater vanuit de IJssel de hoogwatergeul instroomt. Om het leegstromen te versnellen is een uitstroomconstructie in de uitlaat nodig. Deze uitwateringssluis heeft deuren, die het water buitendijks keren totdat het waterpeil aan de binnenzijde voldoende is gestegen en de deuren door de waterdruk openen.

Om voldoende afvoercapaciteit voor de meestromende hoogwatergeul te realiseren, wordt de Werverdijk afgegraven. Deze opening wordt voorzien van een brug (Brug Werverdijk) om een hoogwatervrije ontsluiting voor het gebied te bieden. Uitgangspunt bij het ontwerp van de bruggen voor de hoogwatervrije ontsluiting is het behoud van de Kromme Kolk en de daaromheen gelegen bestaande Werverdijk. De Kromme Kolk vormt een belangrijke verwijzing naar de in deze omgeving in het verleden vaak doorgebroken dijken.

3.4**DIJKEN**

Aan weerszijden van de hoogwatergeul worden nieuwe dijken aangelegd, welke aansluiten op de bestaande IJsseldijk. Door de aanleg van deze dijken ontstaat een extra dijkring (het oeverwalgebied c.q. het 'eiland van Veessen, Vorchten, Marle en Werven' dat ontstaat bij het meestromen van de hoogwatergeul (zie Afbeelding 3.6)), terwijl de bestaande dijkring ruwweg wordt verplaatst van de IJssel naar de Grote Wetering. Het bestaande veiligheidsniveau voor bewoners van de oeverwal tussen de hoogwatergeul en de IJssel blijft gehandhaafd.

De dijken van de hoogwatergeul zijn ontworpen op hetzelfde veiligheidsniveau (1:1.250) als de bestaande IJsseldijk.

De dijken zijn gesitueerd op de grens tussen enerzijds de Veluweflank en het komgebied en anderzijds het komgebied en de oeverwal. De kruinhoogte van de dijken volgt uit de voorschriften uit de Leidraad Rivieren inclusief Addendum I. Hierbij wordt rekening gehouden met de situatie zoals die in de periode 2050 – 2100 verwacht wordt bij een afvoer van 16.000 m³/s en zelfs 18.000 m³/s bij Lobith. De effecten van alle Ruimte voor de Riviermaatregelen zijn hierbij meegenomen. Uiteindelijk is gekozen voor dijken met een talud van 1:3 aan de buitenzijde en 1:2,5 aan de binnenzijde. De overweging hierbij is dat vanuit erosiebestendigheid en golfoploop een 1:3 buitentalud gewenst is, terwijl het binnentalud iets steiler is teneinde grond en daarmee kosten te besparen.

De 9 km lange westelijke dijk, ligt grotendeels parallel aan (en ten oosten van) de Grote Wetering en is ten opzichte van het omliggende maaiveld gemiddeld 4,5 m hoog. Ten oosten van het Gemaal Veluwe sluit de westelijke dijk aan op de Werverdijk, de bestaande primaire waterkering. In het zuiden van het plangebied sluit de westelijke dijk ten noorden van de Nijsteen aan op de huidige IJsseldijk.

De 8 km lange oostelijke dijk sluit ten westen van Veessen en de Hollewand aan op de huidige IJsseldijk. De oostelijke dijk is ten opzichte van het omliggende maaiveld 3 à 4,5 m hoog. Vanaf Veessen ligt de oostelijke dijk tot aan de Werverdijk in het noorden. Vorchten blijft aan de oostzijde van de oostelijke dijk liggen. Ten westen van Werven sluit de oostelijke dijk aan op de Werverdijk.

3.5

NIEUWE UITERWAARD

Bovenstreams van de inlaat wordt de huidige IJsseldijk afgegraven, tussen de aansluitingen van de nieuwe westelijke en oostelijke dijk. De nieuwe kruinhoogte van de afgegraven IJsseldijk aan de rand van de nieuwe uiterwaard is, net als grote delen van de aangrenzende bestaande uiterwaard, NAP +3,00m. Daarmee ontstaat in het gebied tussen de inlaat, de westelijke dijk en de huidige IJsseldijk een nieuwe uiterwaard (grootte circa 30 ha.). Wanneer de IJssel een waterpeil boven NAP +3,00m bereikt, zal de nieuwe uiterwaard onder water komen te staan. In de situatie waarin de effecten van alle Ruimte voor de Riviermaatregelen op de IJssel zijn meegenomen, zal dit gemiddeld 30 dagen per jaar plaatsvinden.

3.6

LANDBOUWBEDRIJFSLOCATIE

Het plangebied is op dit moment grotendeels in agrarisch gebruik. Ook in de situatie met hoogwatergeul blijft het agrarisch gebruik grotendeels gehandhaafd. In de hoogwatergeul zijn geen landbouwbedrijfslocaties aanwezig; binnendijks komt een nieuwe landbouwbedrijfslocatie te liggen. De bedrijfslocatie zelf is maximaal 1 ha. groot. Voor de bedrijfs-woning is 1.000 m² beschikbaar.

Om binding te houden tussen de percelen in de hoogwatergeul en het binnendijks gelegen bedrijf komen de woningen op dijkhoogte (tegen de dijk aan) te liggen, zodat er vanuit de boerderijen zicht blijft op de gronden in de hoogwatergeul.

Vanuit kostenbesparing en landschappelijke inpassing komen de stallen en schuren lager te liggen dan de (bedrijfs)woning.

3.7

OPPERVLAKTEWATERSYSTEEM

Als gevolg van de aanleg van de dijken wordt een scheiding aangebracht tussen de oppervlaktewatersystemen van de Veluweflank (het gebied ten westen van de westelijke dijk), de hoogwatergeul en het oeverwalgebied tussen de oostelijke dijk en de rivier de IJssel. De huidige waterlopen blijven ook in de situatie met hoogwatergeul zoveel mogelijk gehandhaafd; alleen lokaal vinden aanpassingen van grondwaterpeilen plaats. Nieuwe waterlopen worden uit kostenooipunt zo min mogelijk direct langs de dijken gelegd, maar minimaal op een afstand die aanvullende voorzieningen voor de dijkstabiliteit voorkomt. Wanneer waterlopen moeten worden verbreed, vindt de verbreding bij voorkeur plaats aan één zijde. Dit beperkt het aantal betrokkenen bij grondverwerving en maakt het mogelijk één van de twee bestaande taluds te handhaven.

Afwatering van de hoogwatergeul naar de IJssel vindt in de normale situatie plaats via het (te vernieuwen) Gemaal Wapenveld en via de Grote Wetering naar de IJssel. Doordat ten noorden van Vorchten het oeverwalstelsel aansluit op het watersysteem in de hoogwatergeul, moeten de waterlopen hier verbreed worden. Direct ten noorden van de inlaat moeten de waterlopen geschikt zijn om water aan te voeren vanaf de Grote Wetering naar het oeverwalgebied in verband met droogte- en vorstbestrijding en waterverversing. Hiervoor is een aantal dijk kruisingen voorzien.

In het oeverwalgebied worden enkele nieuwe noord-zuidwatergangen aangelegd, omdat de dijken een aantal oost-westwaterlopen doorsnijden. Bij de kruising met de oostelijke dijk komt een nieuw gemaal, dat zorg draagt voor de afwatering van het oeverwalgebied in de situatie van een 'meestromende hoogwatergeul'. In de 'normale situatie' vindt de afwatering van het oeverwalgebied plaats onder vrij verval.

Aan de westzijde van de westelijke dijk worden de Grote en Terwoldse Wetering verplaatst. De stuw in de Grote Wetering bij de Kerkdijk wordt naar het zuiden verplaatst zodat de Terwoldse Wetering op hetzelfde peil aansluit als in de bestaande situatie.

Het in het Waterbeheersplan Veluwe 2010 t/m 2015 vastgestelde beleid van Waterschap Veluwe is dat de A-watergangen die door en langs weidevogelgebieden zijn gelegen eenzijdig voorzien worden van een natuuroever, waardoor schuilgelegenheid voor jongen en broedplaatsen voor soorten kunnen ontstaan. De A-watergangen in het weidevogelgebied zijn voorzien van een natuuroever.

3.8

WEIDEVOGEL- EN GANZENGEBIED

De dijken zijn ter hoogte van het weidevogelgebied bewust op een grotere afstand van elkaar gesitueerd dan elders in de hoogwatergeul. Dit om de openheid van het weidevogel- en ganzengebied zoveel mogelijk in tact te laten en tot een vergunbaar plan te komen. Het ruimtebeslag van de dijken op het weidevogel- en ganzengebied bedraagt netto 15 ha. Dit ruimtebeslag wordt gecompenseerd door het weidevogel- en ganzengebied met 15 ha. te vergroten.

Ook de kwaliteit van het weidevogel- en ganzengebied wordt verbeterd. Objecten die obstakels vormen voor de vogels (boerderijen, bossen, etc.) worden verwijderd, waardoor het gebied nog beter geschikt is voor deze vogels. Het verwijderen van de boerderijen in het weidevogelgebied leidt tot een vermindering van verstoring.

3.9

LANDSCHAPSZONE

Tussen de westelijke dijk en de Grote Wetering ligt een landschapszone met een oppervlakte van circa 70 ha. Deze landschapszone biedt ruimte om natuurwaarden die binnen de hoogwatergeul zullen verdwijnen een plaats te geven.

In het ontwerp van de landschapszone is ter mitigatie van het areaal te kappen bos 15 ha. (broek)bos voorzien en vanwege de gewenste openheid ook andere natuurdoeltypen. In de landschapszone ontstaat een veel gevarieerder landschap met ruimte voor meer verschillende biotopen. Voor de in het plangebied voorkomende bosafhankelijke diersoorten zijn in de inrichting van de landschapszone vliegroutes en nestgelegenheden opgenomen. Een deel van de bestaande bomen langs de Plakkenweg blijft om landschappelijke redenen en als vliegroute voor vleermuizen gehandhaafd. Tevens zijn in deze landschapszone opgenomen een fietspad en enkele recreatieve voorzieningen zoals rustplaatsen en een vogelkijkhut. De Grote Wetering krijgt een natuurvriendelijke oever. Om de migratie van vissoorten mogelijk te maken, worden de stuwen voorzien van een vistrap.

3.10

ONTSLUITING VIA HOOFDWEGEN EN FIETSPADEN

Hoogwatervrije ontsluitingen

Over de inlaat komt een brug die dienst doet als zuidelijke ontsluitingsroute voor het oeverwalgebied. Deze ontsluiting blijft beschikbaar wanneer de hoogwatergeul mee stroomt en de wegen in de geul zelf onder water staan. Over de vanwege de hoogwatergeul te maken openingen in de Werverdijk komen twee bruggen die het oeverwalgebied aan de noordzijde ontsluiten. Samen met de brug over de inlaat (zuidelijke ontsluitingsroute) garandeert deze ontsluitingsroute nabij de huidige Werverdijk de bereikbaarheid van het oeverwalgebied in de situatie van een meestromende hoogwatergeul.

Gebiedsontsluitingswegen

De meeste bestaande wegen dwars door de hoogwatergeul blijven gehandhaafd. De landbouwpercelen blijven bereikbaar. Voor de bereikbaarheid van deze percelen wordt zo veel mogelijk gebruik gemaakt van de bestaande wegen en kavelontsluitingswegen. Daar waar noodzakelijk worden voor de agrarische ontsluiting dijkovergangen aangelegd. Deze overgangen liggen parallel aan de dijk, zodat zij geen invloed hebben op de doorstroming in de geul in de situatie van een meestromende hoogwatergeul. Om de wegen in de hoogwatergeul te laten aansluiten op de wegen ten westen van de Grote Wetering en de wegen in het oeverwalgebied, liggen er verschillende op- en afritten tegen de dijk aan.

Fietsverbindingen en wandelroutes

Bij de aanleg van de hoogwatergeul wordt het netwerk van fietsverbindingen verbeterd. Vanuit veiligheidsoverwegingen wordt bij de inlaat een vrijliggend fietspad aangelegd en zijn waar mogelijk fietsverkeer en gemotoriseerd verkeer gescheiden.

In de nieuwe uiterwaard komt een wandelroute, waarmee de nieuwe uiterwaard tevens een 'uitloopgebied' voor Veessen wordt.

3.11

KABELS EN LEIDINGEN

Voor de in het plangebied gelegen kabels en leidingen is uitgegaan van een bundeling van de kabels en leidingen, die de hoogwatergeul kruisen, tot een beperkt aantal kruisingen/tracés. Algemeen streven is om waterkeringen zo min mogelijk te kruisen.

In de zuidwesthoek bevindt zich een Gasunieleiding, die het tracé van de westelijke dijk en de inlaat kruist van noord naar zuid. Na vergelijking van verschillende verleggingsopties is ervoor gekozen om deze leiding te laten liggen en alleen ter plaatse van de kruisingen voorzieningen te treffen.

Hoogspanningsleidingen

Uitgangspunt voor de hoogspanningsmasten is om de bestaande zakelijk rechtstrook te handhaven, en alleen masten in de lengterichting te verplaatsen indien nodig. De masten in de hoogwatergeul worden door Tennet verhoogd. Hierdoor blijft de benodigde minimale hoogte tussen het maaiveld (wegen, dijken, etc.) en de hoogspanningsleidingen gehandhaafd. Bij de ophoging wordt een metalen voet toegepast zodat de mast bestand is tegen de belasting van ijs en meestromende objecten tijdens het meestromen van de hoogwatergeul. De verhoogde masten komen op een andere locatie te staan dan de bestaande masten, maar blijven binnen het huidige tracé van de hoogspanningsleidingen. Twee masten ten zuiden van de nieuwe uiterwaard worden ten behoeve van de aanleg van de nieuwe dijk circa 50 meter naar het zuiden verplaatst.

HOOFDSTUK

4 Inlaat

4.1

INLEIDING

De inlaat is een wezenlijk onderdeel van de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld. Met betrekking tot de inlaat zijn in fase SNIP 2A de volgende keuzes gemaakt.

Bij de voorkeursvariant (SNIP2A) is gekozen voor een inlaat die zorg draagt voor het gebruik van de hoogwatergeul met een frequentie van “eens in een mensenleven”. Voor het ontwerp van de inlaatconstructie is rekening gehouden met de door de stuurgroep geformuleerde randvoorwaarde betreffende het inlaten van water: “de inlaat treedt in werking zonder bestuursbeslissing”.

De inlaat is ter plekke van de Kerkdijk gesitueerd, onder andere om inlaat en hoogwatervrije verbinding te combineren. Bij SNIP 2A is de voorlopige keus gemaakt om een inlaat uit te voeren als overlaat over de gehele breedte, met deuren in de overlaat en een brug voor het verkeer.

Bij de toetsing van SNIP 2A is vervolgens gebleken dat er binnen de hierboven geformuleerde randvoorwaarden meerdere en misschien betere oplossingen te bedenken zijn. Deze oplossingen passen binnen de gemaakte hoofdkeuzen (randvoorwaarden), maar zijn mogelijk goedkoper, betrouwbaarder of beter beheersbaar.

Daarom is in SNIP 3 de notitie “VW TM In- uitlaat en bruggen Varianten Inlaat”¹ opgesteld, waarin volgende drie varianten nader zijn onderzocht:

- Verwijderbare caissons over 2 x 150 m;
- Kleppen over de volle breedte;
- Hoge kleppen over 2 x 150 m.

De variant “verwijderbare caissons over 2 x 150m” is afgewezen. De werking is gebaseerd op het op het juiste moment spontaan opdrijven van de caissons. Dit principe wordt onvoldoende betrouwbaar en beheersbaar geacht.

Het in de notitie (varianten inlaat) opgenomen eindadvies, o.b.v. uitwerking van de 1^e twee van bovengenoemde varianten, is:

EINDADVIES VARIANTEN STUDIE INLAAT

“Beide uitgewerkte varianten voldoen aan de opdracht van de minister. Ze zijn goedkoper, betrouwbaarder en beheersbaarder (dan de voorkeursvariant SNIP2a). Uit de consultatie van de relevante partijen in het gebied blijkt dat de variant ‘kleppen over volle breedte’ de sterke voorkeur heeft.

¹ Zie Bijlage

De mate van betrouwbaarheid, beheersbaarheid en de goede landschappelijke inpassing geven hierbij de doorslag. De variant 'hoge kleppen over 2 x 150m1' scoort relatief matig op deze punten. Bovendien scoort deze variant ook slechter op enkele andere criteria zoals eenvoud van bediening. Dit geldt echter niet voor de financiën, daarin scoort de 'hoge kleppen over 2 x 150m1' beter. Ondanks het verschil in kosten adviseren wij te kiezen voor variant 'kleppen over volle breedte' vanwege de betere betrouwbaarheid en beheersbaarheid en vanwege het brede draagvlak. Hierbij wordt opgemerkt dat partijen weten dat deze variant betrouwbaar en beheerbaar is en dat hiermee hun ambities en wensen gehonoreerd worden."

Het voorstel voor de nieuwe voorkeursvariant – een inlaat met 'kleppen over de volle breedte' - is door de Programmadirectie Ruimte voor de Rivier getoetst. Op basis van deze toets heeft de minister op 16 december 2010 ingestemd met deze variantkeuze. De belangrijkste argumenten voor deze variant zijn de lagere kosten en een betere betrouwbaar- en beheerbaarheid dan de SNIP2A-inlaat.

In dit hoofdstuk wordt de gekozen variant (basisontwerp) uitgewerkt tot een referentieontwerp. Het referentieontwerp is het vertrekpunt voor de volgende (ontwerp)fase. Het programma van eisen van de in dit rapport behandelde kunstwerken en overige objecten is beschreven in het rapport VW TM Programma van Eisen, dat een bijlage is van het rapport VW TM Inrichtingsplan.

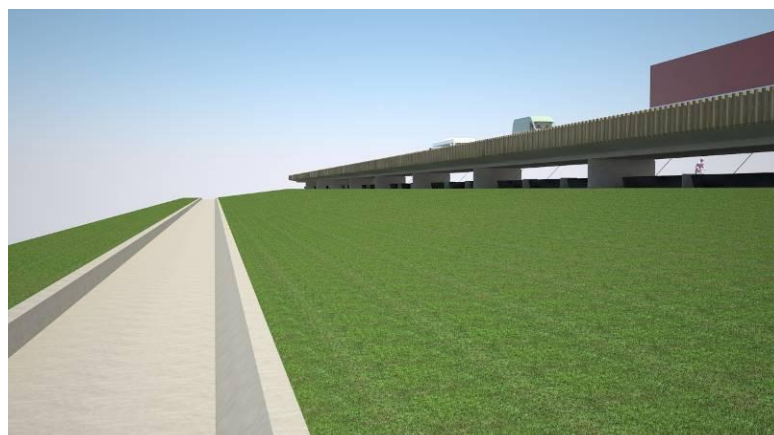
Afbeelding 4.7

Impressie voorkeursvariant
"kleppen over de volle
breedte" vanaf zuidzijde



Afbeelding 4.8

Impressie voorkeursvariant
"kleppen over de volle
breedte" vanaf noordzijde



4.2

FUNCTIES

De functies van de inlaat zijn:

- Bij waterstanden tot en met NAP +5,65m: water keren, zodat het gebied van de hoogwatergeul gebruikt kan worden voor de reguliere functie landbouw;
- Bij waterstanden vanaf NAP +5,65m: water doorvoeren naar de hoogwatergeul zodat een waterstandsval optreedt van ten minste 71 cm.

4.3

UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN

4.3.1

UITGANGSPUNTEN

Bij de gekozen variant met “kleppen over de volle breedte” is gekozen om te zoeken naar een uitgekende/geoptimaliseerde variant voor de onderwerpen betrouwbaarheid en beheersbaarheid. Het ontwerp gaat uit van het benutten van de volle breedte tussen de dijken waardoor de kleppen relatief laag gehouden kunnen worden en het grondlichaam zo hoog mogelijk kan worden uitgevoerd. Dit is kosteneffectief en biedt de hoogst mogelijke betrouwbaarheid.

Voor de variant “kleppen over de volle breedte” zijn de volgende uitgangspunten vastgesteld:

De kruinhoogte (drempelhoogte) in relatie met de dijk lengte wordt zo hoog mogelijk uitgevoerd waardoor de afmetingen van de kleppen beperkt blijven²;

Door de lage gebruiksfrequentie van de inlaat dient de constructie zeer bedrijfszeker en onderhoudsarm te zijn. Het bedienen van de klep dient onder alle omstandigheden veilig te zijn;

Het bedienen van de klep dient onder alle omstandigheden ARBO-veilig te zijn.

HYDRAULISCHE BESCHOUWING

De hoogwatergeul wordt gevuld vanuit de IJssel zodra de waterstand bij de inlaat het niveau van NAP +5,65m overschrijdt en de kleppen worden neergelaten.

De uitlaat (zomerkade) heeft een hoogte van NAP +4,10m. Deze waterstanden worden statistisch eens per 100 jaar overschreden. Aangezien het MHW bovenstrooms niet hoger mag worden dan NAP +5,95m (taakstelling 71 cm bij km 961 op de IJssel), dient de inlaat de volle capaciteit te halen binnen de termijn waarin de rivier stijgt van NAP +5,65m naar NAP +5,95m. Zonder inlaat kan deze waarde met een maximale stijgsnelheid van 0,5 meter per dag in ca 12 uur worden bereikt, zie Afbeelding 4.9.

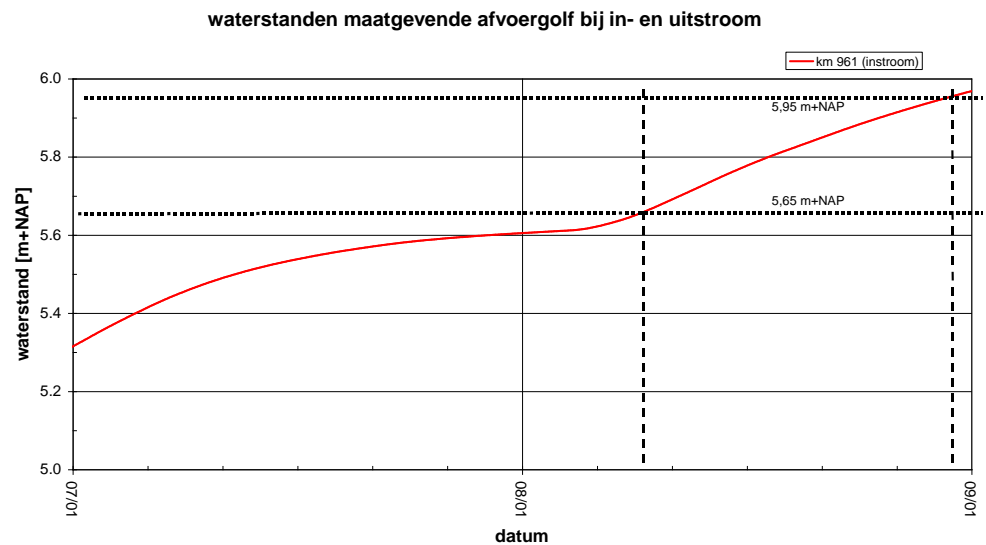
De stijgsnelheid is bepaald tussen NAP +5,65m en NAP +5,95m aangezien deze stijgsnelheid maatgevend is. Door het inlaten van water in de hoogwatergeul zal de waterstand op de IJssel minder snel stijgen.

² Zie basisrapport rivierkunde, SNIP3-planstudie hoogwatergeul Veessen-Wapenveld, december 2010. (kruinhoogte is +4,80 m NAP).

Afbeelding 4.9

Stijgsnelheid maatgevende golf

HR 2006

**4.3.2****RANDVOORWAARDEN**

De inlaat dient aan de volgende randvoorwaarden te voldoen.

Algemeen

Het ontwerp van de inlaat en de aansluitingen ervan op het dijklichaam, dienen robuust te zijn en voldoende zwaar gedimensioneerd voor belastingen voor een planperiode van minimaal 100 jaar;

Ontwerpnormen; De toe te passen ontwerpnormen evenals de koppeling met de Eurocode wordt op aangeven van de opdrachtgever nader vastgesteld (op dit moment is er een overgangsfase voor wat betreft vigerende ontwerpnormen).

Doorlaten water

- De inlaat mag statistisch maximaal eens in de honderd jaar in werking treden;
- De inlaat dient een debiet van minimaal 1.150 m³/s te kunnen verwerken om de taakstelling van 71 cm tussen km 960,7 en 961,7 te realiseren (taakstelling 71 cm + 2 cm beheerruimte = 73 cm);
- De inlaat dient bij waterstanden boven NAP +5,65m, zonder bestuursbeslissing, te overstromen;
- De inlaat dient een minimale netto breedte van de doorstroomopening van 750 m¹ te hebben;
- De kruinhoogte (drempelhoogte van de inlaat) dient NAP +4,80m te zijn;
- De inlaat wordt pas geopend als de waterstand ter plaatse NAP +5,65m is;
- De stroomsnelheid (energie) van het water mag na de woelbak niet groter zijn dan 6 m/s;
- De doorstroomopening dient volledig geopend te zijn voordat het peil van NAP +5,95m nabij de inlaat (km 961) wordt bereikt (binnen 12 uur);
- De inlaat dient robuust (inspelen op nieuwe omstandigheden) en betrouwbaar (faalkans) te zijn;
- De inlaat treedt statistisch eens in de honderd jaar in werking. In verband met deze voorwaarde dient de klepconstructie (kering) eenvoudig en eenduidig bedienbaar te zijn;
- Middels fysisch modelonderzoek dient te worden aangetoond dat het ontwerp van de inlaat voldoet aan de eis van het minimale debiet en ook aan de aan te tonen benodigde vermindering van de energie in het water bij aanvang instromen.

Keren water

- De inlaat/kering dient bij waterstanden tot NAP +5,65m het water van de IJssel te keren;
- De inlaat dient betrouwbaar te zijn, de kleppen dienen na meestromen geul binnen een nader te bepalen periode (ca. 2 weken) te kunnen worden gesloten;
- De klepconstructie mag tijdens keren geen of gering (nader te bepalen) water doorlaten;
- Het grondlichaam van de inlaat, inclusief fundatie klepconstructie, moet bestand zijn tegen piping en kwel.

Faciliteren wegverkeer

- De brug over de inlaat dient het autoverkeer en, in geval van “meestromen geul”, alle verkeersdeelnemers de mogelijkheid te bieden de hoogwatergeul te passeren;
- De inlaat dient het fietsverkeer te kunnen faciliteren op kruinhoogte van het grondlichaam en aan zuidzijde van de klepinrichting.

Ruimtelijke kwaliteit

- De inlaat dient te passen binnen de Nota Ruimtelijke Kwaliteit, zie paragraaf 4.4;
- De inlaat dient een groen karakter te hebben en daarom dient over de taludbescherming grond + grasbegroeiing aangebracht te worden.

4.3.3**ROBUUSTHEID**

Een van de randvoorwaarden is dat het ontwerp van de inlaat robuust is. Een robuust ontwerp is bedrijfszeker en bevat een zekere mate van flexibiliteit om toekomstige ontwikkelingen binnen de planperiode op te vangen. In het referentie ontwerp is hiervoor extra inlaatlengte (netto doorstroombreedte) voor opgenomen in relatie met een drempelverlaging van 10 cm naar een hoogte van NAP +4,80m³.

Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid kan worden aangetoond met het effect van het mogelijk falen van de kleppen en het daardoor niet behalen van de taakstelling (faalkans). Een belangrijk punt is het beperken van het risico (kans x gevolg) dat door falen van de kleppen (niet neer kunnen laten) onvoldoende waterstandsverlaging behaald kan worden.

Gezien de eenvoud van het ontwerp en dat de kleppen onder de belasting van het water, zonder tegendruk, open zullen klappen, is de faalkans van niet openen zeer gering wanneer de kabels worden neergelaten en/of doorgeknipt.

Door falen van een of meer kleppen neemt de netto doorstroombreedte van de inlaat af. De afvoercapaciteit van de inlaatconstructie neemt ook af. Dus is het waterstandsverlagende effect van de hoogwatergeul minder. Analytisch is uitgerekend hoeveel de waterstand bovenstrooms van de inlaat omhoog moet gaan om dezelfde afvoer over de inlaat te stuwen. Door de hogere waterstand neemt namelijk het verval over de inlaat toe en daarmee de afvoer over de inlaatconstructie.

Onderstaande tabel geeft voor verschillende aantallen falende kleppen het maximale opstuwende effect.

³ Zie rapport VW TM Rivierkunde, SNIP3-planstudie hoogwatergeul Veessen-Wapenveld, december 2010

Bij het falen van 6 of minder kleppen is het maximaal opstuwend effect, bij deze variant met kleppen over de volle breedte, < 2 cm (beheerruimte), zie onderstaand Tabel 4.1.

Tabel 4.1

Opstuwefect bij falen kleppen

Aantal falende kleppen van 8 meter	Netto doorstroombreedte inlaat [m]	Maximale opstuwende effect [cm]
0	757	0,00
1	749	0,30
2	741	0,60
4	725	1,25
6	709	2,00
8	693	2,70

Faalkans

Het bezwijken van de constructie bestaat uit:

- Constructief bezwijken klep en kabel;
- Constructief bezwijken onderbouw en fundering;
- Constructief bezwijken aansluiting grondlichaam (waaronder piping en heave);
- Constructieve berekeningen door aannemer dienen aan te tonen dat de constructie robuust en veilig is.

Robuustheid ontwerp

Een robuust ontwerp kan inspelen op toekomstige ontwikkelingen en onzekerheden in bijvoorbeeld de maatgevende waterstand en ingeval dat de afvoercapaciteit onvoldoende blijkt te zijn.

De inlaat dient zodanig ontworpen te worden dat bijvoorbeeld een aantal kleppen wel gemaakt worden maar dicht blijven tijdens het meestromen van de geul. Bijvoorbeeld door aan weerszijde een aantal kleppen dicht te laten en de drempel lager aan te brengen dan met het huidige maatgevend hoogwater strikt noodzakelijk zou zijn om aan de te taakstelling te voldoen. Hiervoor is de drempelhoogte vastgelegd op NAP +4,80m. Dan hoeft in de toekomst de drempel niet te worden verlaagd maar kunnen de "extra kleppen" worden ingeschakeld.

Gegeven de maximale breedte van de inlaat is er een relatie tussen de drempelhoogte en het aantal kleppen dat gesloten kan blijven. In het rapport VW TM Rivierkunde zijn diverse berekeningen uitgevoerd voor het bepalen van het aantal gesloten kleppen in relatie tot de drempelhoogte.

Tabel 4.2

Verlaging drempel in relatie met "extra" kleppen

Drempelhoogte [NAP +m]	Netto doorstroombreedte inlaat [m]	Aantal kleppen van 8 m dat gesloten kan blijven
4,90	757	0
4,85	712	5
4,80	675	10
4,75	642	14

De drempelhoogte voor een robuust ontwerp is, op basis van bovenstaand tabel, bepaald op NAP +4,80m.

4.4

ONTWERP

4.4.1

TRACÉ INLAAT

Het tracé van de inlaat en de hoogwatervrije verbinding, is gerelateerd aan het tracé van Kerkdijk en heeft een directe relatie met de realisatiefase.

In het uitvoeringsplan SNIP 2A is de voorkeur uitgesproken om de inlaat inclusief brug noordelijk of zuidelijk van de bestaande Kerkdijk aan te leggen.

Het zuidelijk verplaatsen is niet wenselijk omdat de constructie van de inlaat aan de achterzijde van de kleppen het grootste ruimtebeslag heeft door het flauwe talud en de woelbak. Hierdoor zou de afstand van de zuidelijke verplaatsing ten opzichte van de Kerkdijk erg groot worden en resulteren in "gekunstelde" aansluitingen op de IJsseldijk en Kerkdijk. De gewenste flauwe boog en (verkeerskundig gewenste) vloeiende aansluitingen zijn bij een zuidelijke verplaatsing niet haalbaar.

Gekozen tracé

Ter plaatse van de Grote Wetering sluit het tracé, aan de noordzijde van de bestaande brug over de Grote Wetering, aan op de Kerkdijk. Vanaf dit punt verloopt het tracé in een constante boog naar de IJsseldijk. Dit tracé biedt, voor het verkeer over de brug, vloeiende aansluitingen op zowel de IJsseldijk als op de Kerkdijk.

4.4.2

BASISONTWERP

De inlaat bevindt zich aan de zuidzijde van de hoogwatergeul en verbindt de oostelijke begrenzing (Oostdijk) van de geul met de westelijke begrenzing (Westdijk) (zie Afbeelding 4.10). Tevens vormt de brug over de inlaat de zuidelijke ontsluiting van het oeverwalgebied. Bij waterstanden tot NAP +5,65m beschermt de inlaat het gebied ten noorden van de inlaat tegen hoogwater. In extreme situaties (bij waterstanden vanaf NAP +5,65m) dient de inlaat juist water door te laten richting de hoogwatergeul. De inlaat bestaat uit een grondlichaam met daarbovenop een kleppenconstructie. In het basisontwerp zijn de kleppen gesitueerd tussen de brugpeilers.

In het ruimtelijke plan is de locatie van de Oost- en Westdijk vastgelegd. De beschikbare breedte van de inlaat is daardoor 820 meter (bruto).

Afbeelding 4.10

Locatie inlaat



4.4.3

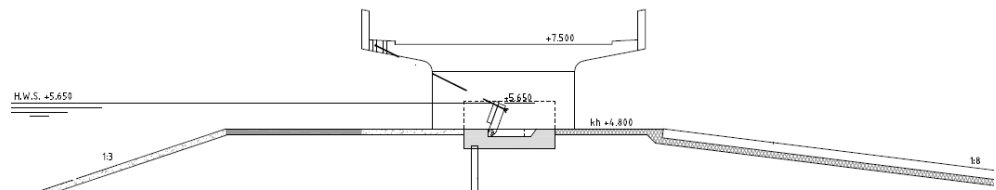
DIMENSIES INLAAT

Het basisonwerp bestaat uit de volgende onderdelen:

- Het grondlichaam;
- De klepinrichting;
- De brug (hoogwatervrije verbinding over de inlaat).

Afbeelding 4.11

Principe doorsnede



Op basis van de bovenstaande principe doorsnede worden het grondlichaam en de klepinrichting van het referentieontwerp nader toegelicht⁴. Het ontwerp van de brug wordt toegelicht in hoofdstuk 6.

Grondlichaam + bescherming tegen stroming

De inlaat bestaat voornamelijk uit een dijk (zandlichaam / kleibekleding). Het grondlichaam wordt als dijk gedimensioneerd waarop een inlaatconstructie wordt aangebracht. Onderloopsheid van de inlaatconstructie wordt ondervangen door het plaatsen van een kwelscherm direct onder de klepconstructie. De hoogte van dit kwelscherm is circa 2 meter. De te nemen maatregelen tegen piping onder het grondlichaam kunnen bestaan uit het aanbrengen van een kleikist in de buitenteen.

Doordat de dijk met zand wordt opgebouwd op een zandondergrond, kan de inlaatconstructie (betonnen bak in combinatie met een kwelscherm) op staal (+ kwelscherm) worden gefundeerd. Deze aanname dient nader te worden onderzocht.

⁴ Zie bijlage 5 voor het referentieontwerp inlaat en bijlage 7 voor het tracé en aansluitingen op de dijken.

Wanneer de inlaat in werking treedt, zullen er bij aanvang stromen grote stroomsnelheden van circa 8 m/s over het binnentalud over de dijk plaatsvinden. Hiervoor worden beschermingsvoorzieningen (taludbekleding) aangebracht op de taluds en het maaiveld achter de inlaat. Aan de achterzijde van de inlaat dient tevens in de teen van de dijk de energie in het stromende water verminderd te worden. Dit kan middels een woelbak of een damwand⁵.

Uitgangspunt bij dit ontwerp is dat de woelbak zodanig ontworpen wordt dat deze de stroomsnelheid reduceert tot onder 6 m/s. De aannemer dient echter middels een fysisch modelonderzoek aan te tonen dat het ontwerp hieraan voldoet.

Aandachtspunt is dat in de bovenstaande analyse ervan uit is gegaan dat de inlaat pas wordt geopend als de waterstand ter plaatse NAP +5,65m is. Als op overschrijding van die waterstand geanticipeerd mag worden (er zijn immers vrij betrouwbare hoogwatervoorspellingen beschikbaar), kan de inlaat eerder worden geopend, om grote vervallen en snelheden bij de inlaat te voorkomen.

Om het groene karakter van de inlaat te waarborgen kan over de taludbescherming een afdeklaag van teelaarde worden aangebracht waarin gras wordt gezaaid. Na meestromen van de geul zal de teelaarde zijn weggespoeld.

Klep inrichting

De kleppen hebben een hoogte van ca 85 cm. Dit is de waterhoogte bij inzet van NAP +5,65m minus de kruinhoogte van NAP +4,80m grondlichaam onder de kleppen. De brug boven de inlaat heeft pijlers met een onderlinge afstand van 25 meter. In het referentieontwerp zijn de kleppen midden tussen de pijlers gesitueerd. Door de lichte constructie van de klep heeft deze een relatief beperkte stijfheid zodat de maximale kleplengte beperkt moet blijven. Een kleplengte van ca. 8 meter is goed haalbaar. Door deze beperking van de kleplengte, inclusief het aanbrenge van een deksloof (gording), wordt voldoende stijfheid van de klep verkregen.

De kleplengte van ca. 8 meter resulteert, per brugoverspanning van 25 meter, in 3 kleppen tussen de brugpijlers inclusief 2 extra tussensteunpunten voor de klep. In totaal zijn er 99 kleppen over de afstand van ca 820 m, tussen de landhoofden. De netto breedte van de doorstroomopening is daarmee 750 m (= bruto breedte minus brugpijlers en minus tussensteunpunten kleppen). Om een debiet van minimaal 1.150 m³/s te kunnen realiseren dient de drempelhoogte van het grondlichaam maximaal NAP +4,80m (inclusief robuustheid) te bedragen⁶.

4.4.4

VORMGEVING

Vanuit het oogpunt van ruimtelijke kwaliteit zijn landschappelijke inpassing en de vormgeving van het kunstwerk van belang.

Inpassing kunstwerk

Een belangrijk aspect uit de Nota Ruimtelijke Kwaliteit is de diversiteit van de landschappen die aanwezig is binnen het plangebied.

**NOTA RUIMTELIJKE
KWALITEIT**

⁵ Zie bijlage 8, berekening taludbescherming / woelbak.

⁶ Zie basisrapport rivierkunde, SNIP3-planstudie hoogwatergeul Veessen-Wapenveld, december 2010.

Voor een oordeel over de verschillende inlaatvarianten is de herkenbaarheid van de verschillende landschappen belangrijk. De duidelijk herkenbare landschappen in het gebied zijn Veluwerand, komgebied, oeverwal en IJsseluiterwaarden.

De markante overgang van Veluwe naar IJssel in het gebied is het meest voelbaar bij de Werverdijk in het noorden en in het zuiden bij de Kerkdijk. In de voorkeursvariant is gekozen om de inlaat te plaatsen in de Kerkdijk. Op deze manier blijft de markante opeenvolging van de uiteenlopende landschappen goed voelbaar. Daarbij valt de inlaat ruwweg samen met de open komgronden waardoor de eenheid van dit landschap merkbaar aanwezig blijft.

Markeren overgangen

Ten opzichte van de vorige fase zijn de hoekpunten van de inlaat gewijzigd. Aan de oostzijde wordt iets meer afstand gehouden tot de IJsselhoeve “De Hollewand”. Aan de westzijde ligt de dijk niet meer ten westen van de huidige Grote Wetering. De lengte van de inlaat wordt daarmee beperkt hetgeen een besparing geeft van de kosten, terwijl de landschappelijke markering van de overgang naar de kom intact blijft. De oprit naar de dijk en de landschapszone liggen nu pal ten oosten van de Grote Wetering en markeren, komende vanuit het westen, de overgang naar de nieuwe landschapseenheid Geul. Komende vanaf de besloten Veluweflank met zijn statige eiken en buitens kom je straks middels de oprit op hoogte van de brug waar je zowel de open kom als IJsseluiterwaarden overziet.

Eenheid in beeld

Het tracé van de inlaat “kleppen over de volle breedte” houdt vast aan het tracé van de voorkeursvariant uit SNIP 2A; een flauwe boog over de Kerkdijk die vloeiend aansluit op de IJsseldijk bij Veessen. Dit tracé kende een lange boog om eenheid van de komgronden te benadrukken: over de gehele breedte één continu beeld.

Vormgeving kunstwerken

Naast landschappelijke inpassing is de vormgeving van de kunstwerken van belang. Als uitgangspunt daarbij is in de variantenstudie vastgesteld dat de kunstwerken een ingetogen beeld moesten kennen. Beide kunstwerken, de brug/inlaat Kerkdijk en de brug Werverdijk, hebben een forse omvang en zullen daardoor onmiskenbaar aanwezig zijn. Ze moeten echter niet alle aandacht vragen, er moet ruimte zijn voor de beleving van het landschap en de diversiteit ervan.

Ingetogen vormgeving

De inlaat kent over de volle breedte eenzelfde dwarsprofiel. Daarbij zijn de kleppen in het referentieontwerp opgenomen onder de brug, tussen de brugpijlers. Het fietspad ligt op de hogere drempel zuidelijk van de constructie. Op deze wijze ontstaat een samenhangend geheel. De hele doorsnede beslaat zo’n 50 meter waarbij echter alleen het fietspad, het deel onder de brug en de woelbak echt verhard zullen worden. De dijkbekleding (waterbouwasfalt aan noordzijde) kan hiervoor met een afdeklaag grond met gras worden afgewerkt. Het openasfalt aan de zuidzijde kan met gras worden begroeid.

Fietspad zuidzijde

Om verder op de kosten van de brug te besparen is het fietspad van de brug over de inlaat af gehaald en aan de zuidzijde op de drempel geplaatst. Het brugdek wordt daarmee smaller waardoor het ook beter aansluit op de bestaande ranke dijken. Het fietspad komt daarmee op de buitenzijde van de drempel van de inlaat te liggen en zal bij hoogwater dus niet altijd te gebruiken zijn.

Op dat moment kan over de brug gefietst worden maar natuurlijk is er ook op kort afstand een alternatieve route beschikbaar in de vorm van het fietspad van Heerde naar Veessen dat zal aansluiten op de Broekstraat.

Realisatie fietspad

Het fietspad ligt op NAP +4.80m. Daardoor zal het fietspad slechts eens per 5 jaar onder water komen. Doordat de doorsnede over de hele lengte gelijk is ontstaat een hoog gelegen en continu pad.

4.5

WERKING / AANSTURING KLEPPEN

Het referentieontwerp bestaat uit een klep met een vast scharnier aan de onderzijde en wordt aan de bovenzijde centrisch gefixeerd middels een staalkabel. Vanaf de brug kan de kabel middels een lierconstructie worden losgelaten en/of worden doorgeknipt.

KLEPINRICHTING

*Zowel de positie van de klep ten opzichte van **het brugdek en de brugpijlers, als de verschillende type klepinrichtingen zijn voor dit basisontwerp niet uitgewerkt en dienen in de vervolgfase nader onderzocht te worden. Door de lage gebruiksfrequentie van de inlaat dient de constructie zeer bedrijfszeker en onderhoudsarm te zijn. Geen elektrische bediening (installaties/aansturing) toepassen waarvan de aanleg, het in stand houden en op termijn vervangen kostbaar zijn. Hydrauliek wordt ook niet toegepast in verband met veelvuldig onderhoud wanneer hydraulische installaties "niet of zeer weinig" in beweging zijn.***

Middels de kabel, in het midden van de klep, worden de kleppen onder lichte voorspanning tegen de aanslag(nokken) geperst. Het contactvlak tussen de klep en de betonnen aanslag(nokken) kan worden voorzien van rubbers waardoor de waterdichtheid gewaarborgd is. Mogelijke acceptatie van lekkage dient nader te worden vastgelegd, er is overigens reeds voorzien in een afvoerwatergang langs de inlaat aan de noordzijde.

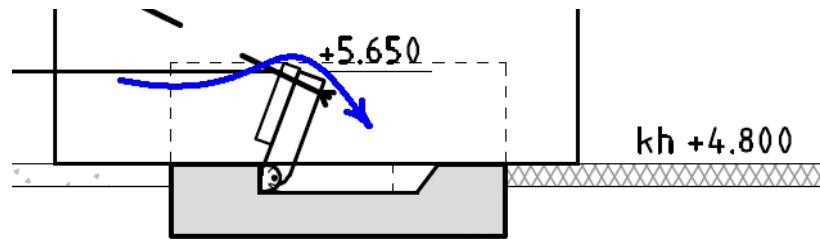
De staalkabel is met een vasthouder aan de brug gemonteerd en is vanaf de bovenzijde van de brug (inspectiepad) te bereiken. De lichte aanspanning is vanaf de achterzijde van de klep aan te brengen door draadeinden met moeren en/of een spanconstructie. De spanning in de kabel dient groter (10% tot 20% meer aandrukkracht) dan de maximale waterdruk te zijn. De staalkabel is niet elastisch (de kabels zijn bij fabricage opgerekt tot over de vloeigrens) waardoor de klep door waterdruk nauwelijks zal verplaatsen⁷.

Doordat de klep alleen in het midden wordt vastgehouden en neergelaten, zal de klep bij neerlaten niet schranken. Doordat de klep in een verlaging van een betonelement is gepositioneerd zal het neerlaten van de klep worden gedempt door het water, dat na overstromen van de inlaat, vrij snel in deze "kuip" zal staan.

⁷ Zie bijlage 9, berekening kracht in kabel.

Afbeelding 4.12

Verlaging achter de klep



Mogelijk alternatief is om de staalkabel vlak voor de klep te splitsen zodat er op de klep 2 bevestigingspunten zijn. De bovenzijde van de klep kan in dat geval minder stijf worden uitgevoerd. Nadeel is een introductie van een extra mogelijkheid dat er, tijdens meestromen, takken etc. achter de kabel blijven haken.

Wanneer de waterstand een hoogte boven NAP +5,65m bereikt, gaat het water in de geul meestromen. Het IJsselpeil is dus sturend voor het moment waarop er water in de geul gaat lopen. Er is dus geen bestuursbeslissing nodig om de geul in vol te laten lopen.

De klep is met één kabel gefixeerd aan de brug. In het geval dat de klep neergelaten dient te worden kan de kabel op de volgende twee manieren, vanaf de brug, gedeblokkeerd worden:

- Middels een lierconstructie, deze vorm dient nader te worden uitgewerkt en heeft voorkeur ten opzicht van doorknippen;
- Middels doorknippen kabel, het doorknippen van de kabel dient in ieder geval als terugvaloptie te worden opgenomen.

Het neerlaten van de kleppen is een menselijke handeling en dient binnen 12 uur, na start overstroom (MHW NAP +5,65m) gerealiseerd te zijn. De inschatting is dat het neerlaten van de kleppen met een lier 8 uur duurt, op basis van 4 ploegen. Indien gekozen wordt voor knippen kan dit met 2 ploegen binnen 3 uur. Voor het doorknippen van de kabel kan ook worden gekozen als terugvaloptie wanneer het neerlaten met een lierconstructie op een aantal plekken niet functioneert.

Tijdens de bediening van de kleppen vanaf de brug, kan het nodig zijn dat de brug op één weghelpt tijdelijk gesloten moet worden. Dit is afhankelijk van het benodigde materieel/gereedschap.

HOOFDSTUK 5 Uitstroomvoorziening

5.1 INLEIDING

Dit hoofdstuk beschrijft het ontwerp van de uitstroomvoorziening en licht de keuze voor het type uitstroomvoorziening, de dimensies en locatie van de uitstroom toe.

Met uitlaat wordt in dit hoofdstuk de Westkade bedoeld. Dit is het westelijke deel van de reeds aanwezige zomerkade rondom het Oever, aan noordwest zijde van de geul. De complete zomerkade wordt behandeld in het rapport VW TM Dijkontwerp. De Westkade heeft een kruinhoogte van ca. NAP +4,10 m.

Nadat de hoogwatergeul daadwerkelijk is gaan meestromen zal na een periode van circa twee weken het waterpeil op de IJssel weer zakken tot onder het niveau van de drempel van de inlaat (NAP +4,80m) en van de Westkade (NAP +4,10m). Vanaf dit moment stroomt er geen water meer de hoogwatergeul in en kan de hoogwatergeul weer leegstromen. Dit dient zoveel mogelijk onder vrijverval te plaats te vinden.

Situatie Plakkenweg

Een onderdeel van de hoogwatergeul dat geen onderdeel uitmaakt van de uitlaat is de Plakkenweg. De geul wordt op ca. 2,7 km ten noorden van de inlaat doorsneden door de Plakkenweg. Deze weg heeft aan weerszijde van de geul een oprit met een lengte van ca. 165 m. In het midden van de geul ligt de Plakkenweg over een lengte van ca 120 m ca 0,75 boven maaiveld. De weg is hierdoor tijdens het leeglopen van de geul een obstakel. Daarom wordt de Plakkenweg in het midden doorkruist door waterloop middels een brug die geen extra belemmering vormt voor de afvoer.

5.2 FUNCTIE

De functie van de uitstroomopening is om de hoogwatergeul, na meestromen, zoveel mogelijk onder vrij verval te laten leegstromen. Hiertoe wordt in een laaggelegen deel ten noorden van de Werverdijk, een uitstroomvoorziening in de Westkade (uitlaat) aangelegd.

Nadat de geul onder vrij verval is leeg gestroomd wordt het water in de watergangen ("binnen de boorden") via het nieuwe gemaal Nieuw Wapenveld op de Grote Wetering geloosd en vandaar via het gemaal Veluwe naar de IJssel. Voor het wegpompen van het resterend water uit de hoogwatergeul zijn ca. twee weken nodig.

5.3

UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN

Uitgangspunten

- De hoeveelheid water die in de geul aanwezig is, nadat het waterpeil zakt onder NAP +4,10m, is circa 15 miljoen m³. Deze hoeveelheid is bepaald op basis van de Algemene Hoogtekaart Nederland;
- Buitendijks zakt het peil in 2 weken vanaf NAP +4,10m naar NAP +1,25m;
- Binnen deze periode van 2 weken kan het water vanuit de geul door de uitstroomopening meestromen waarbij het buitenpeil maatgevend is voor de snelheid waarmee de geul leeg kan stromen;
- De dimensionering wordt gebaseerd op peilverschillen binnen – buiten de geul in de afvoerperiode (nadere hydraulische berekeningen dienen te worden uitgevoerd);
- Aanname snelheid waterafvoer in uitwateringssluis; gemiddeld 1 m/s (ervaringscijfer) echter de uiteindelijke afvoersnelheid is direct gerelateerd aan het kombergend vermogen (waterstand) van de uiterwaarden;
- Het zomerpeil in de geul is, in nabijgelegen gebied, NAP +0,8m (winterpeil NAP +0,60m);
- De sluis (puntdeuren) dient zelfstandig, door het potentiaalverschil tussen de geul en de uiterwaarden, te openen.

Randvoorwaarden

Voor de uitstroomopening zijn de volgende randvoorwaarden opgesteld:

- Het ontwerp van de uitstroomopening, en aansluitingen ervan op het dijklichaam, dienen robuust te zijn en voldoende zwaar gedimensioneerd voor belastingen voor een planperiode van minimaal 100 jaar;
- Op aangeven van de opdrachtgever worden de geldende ontwerpnormen gehanteerd evenals de mogelijke koppeling met de Eurocode;
- Uit(leeg)stromen aan noordzijde (Westkade), op de uiterwaarde, waardoor Gemaal Veluwe niet extra wordt belast;
- Veiligheidsniveau kering van 1/100 jaar;
- De doorgaande route van het onderhoudspad (en het recreatieve fietspad) op de Westkade dient gehandhaafd te blijven;
- Zoveel mogelijk en minimaal 75 % van de geulinhoud onder vrij verval uitstromen door de uitstroomopening;
- Hoogte drempel uitwateringssluis boven zomerpeil uiterwaarde (peil Bottenstrank);
- Resterend water afvoeren door bemalen;
- De kerende hoogte van de Westkade bedraagt NAP +4,10m (uitlaat).

5.4

ONTWERP

5.4.1

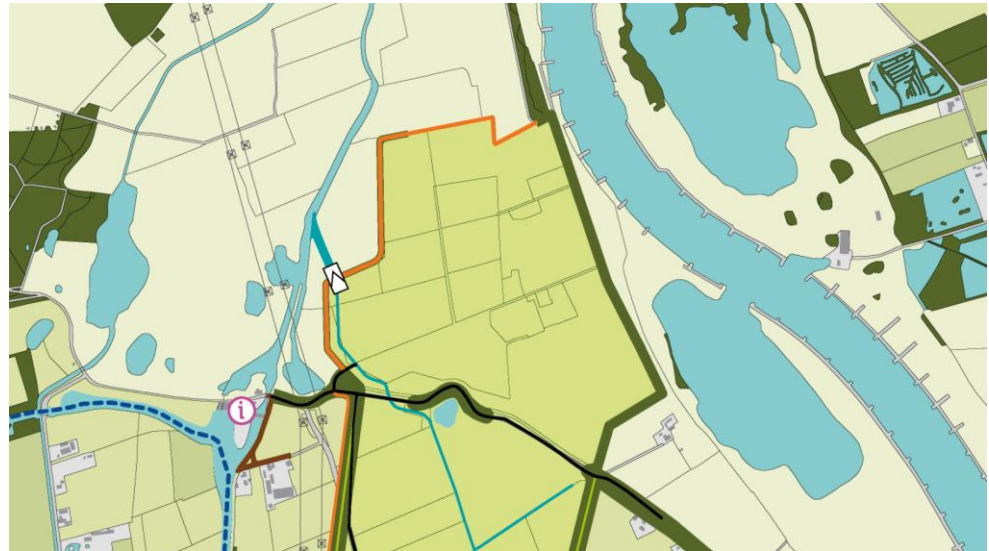
LOCATIE UITSTROOMVOORZIENING

De uitstroomvoorziening heeft tot doel de geul zoveel mogelijk onder vrij verval te laten leegstromen. Het onder vrij verval uitstromen, kan alleen aan de noordzijde van de geul, op de uiterwaarden waarop ook de uitlaat (Westkade) uitstroomt. Hiermee wordt voorkomen dat het gemaal Veluwe extra belast wordt. De locatie van de uitstroomvoorziening kan daarom alleen in de Westkade gelegen zijn. De geul stroomt op deze manier via de Bottenstrank direct op de IJssel af.

Op basis van de algemene hoogte kaart is een laag gelegen gebied ter plaatse van de Westkade bepaald (Afbeelding 5.13).

Afbeelding 5.13

Locatie uitwateringssluis



Vanuit de geul wordt binnen de maatregelen waterbeheer een ontwaterende watergang aangelegd naar de uitstroomvoorziening toe. Deze waterloop fungeert tevens als aanvoer naar de uitstroomvoorziening en waterafvoer van het gebied van 't Oever naar gemaal Nieuw Wapenvelderbroek.

5.4.2

ONTWERP UITSTROOMVOORZIENING

UITSTROOMKOKER OF UITWATERINGSSLUIS

De uitstroomopening is tijdens meestromen en ook tijdens leegstromen van de geul niet bereikbaar voor bediening en of controle van functioneren. Deze bereikbaarheid is een voorwaarde bij het toepassen van kokers in de dijk waardoor deze variant niet mogelijk is. Een uitwateringssluis heeft deze voorwaarde niet waardoor voor deze variant wordt gekozen.

De uitstroomopening wordt uitgevoerd middels een uitwateringssluis met puntdeuren. De puntdeuren keren het water vanuit de uiterwaard (IJssel) en zullen tijdens meestromen/leegstromen geul door het waterstandsverschil openen.

5.4.3

DIMENSIONERING UITWATERINGSSLUIS

Leegstromen geul

Nadat het waterpeil bij de uitlaat (buitendijks) onder NAP +4,10 m zakt, zal de geul door de uitwateringssluis verder leegstromen.

Het uitgangspunt is dat de geul zoveel mogelijk onder vrij verval en binnen twee weken leegstroomt. Om 15 miljoen m³ in twee weken af te voeren dient de uitwateringssluis een debiet van gemiddeld 1 mln. m³/dag te kunnen verwerken. Het uitstroomdebiet zal afnemen in relatie met de hoogte van het water in de sluis en de uiterwaarden.

Uiteindelijk dient het gemaal Nieuw Wapenveld te worden ingezet voor circa 2 á 3 mln. m³.

Afmetingen sluis + drempelhoogte

De breedte van de uitwateringssluis is bepaald op basis van een gemiddelde stroomsnelheid van 1 m/s, de drempelhoogte en het benodigd debiet voor het leegstromen van de geul. Bij een drempelhoogte van NAP +1,25 m is de benodigde breedte van de sluis maximaal 10 meter.

De drempelhoogte heeft een relatie met:

- Waterpeil uiterwaarden in laagwaterperiode (zomer);
- Waterpeil uiterwaarden in hoogwaterperiode (winter);
- Peilbeheer geul;
- Hydraulische beschouwing.

Tabel 5.3

Score matrix drempelhoogte

Raakvlak / Relatie	Drempelhoogte NAP +1,25m	Drempelhoogte NAP +0,80m
Zomerpeil uiterwaard; is gemiddeld lager dan NAP +1,0m	In de zomerperiode staat het keermiddel geheel droog.	In de zomerperiode keert het keermiddel water vanuit de uiterwaard.
Winterpeil uiterwaard; is gemiddeld hoger dan NAP +1,0m	In de hoogwaterperiode zal ook de maatgevende golf optreden. Het achterliggende peil van de uiterwaard zal hoger zijn dan NAP +1,0m. Een lagere drempelhoogte dan NAP +1,25m heeft een gering effect op de afvoer.	In de hoogwaterperiode zal ook de maatgevende golf optreden. Het achterliggende peil van de uiterwaard zal hoger zijn dan NAP +1,0m. Een lagere drempelhoogte dan NAP +1,25m heeft een gering effect op de afvoer.
Peilbeheer geul; laag/hoogwaterpeil geul nabij Westkade is NAP +0,6/0,8m.	Het hoogwaterpeil is lager dan de drempelhoogte.	Het hoogwaterpeil is gelijk aan of lager dan de drempelhoogte.

Hydraulische beschouwing

Bij een waterstand van NAP +4,10m en een drempelhoogte van NAP +1,25m (peil bovenkant sluisbodem) is het hoogte verschil 2,85m. Bij dit hoogteverschil is de kritische hoogte voor de capaciteit van afvoeren van water 1,90m. De drempelhoogte van NAP +1,25m is hierdoor niet maatgevend voor de daalsnelheid van het water in geul.

Met een aanname van 10 cm tot 20 cm verval over de uitlaat wordt een daalsnelheid bereikt die gelijk of hoger is dan de daalsnelheid van het water in de IJssel. Dan zal de geul even snel dalen als de omringende IJssel, waarbij de hoogwatergeul enkele decimeters achter blijft. Dit is het geval met de gekozen drempelhoogte van NAP +1,25 m.

Drempelhoogte

Op basis van bovenstaande score matrix (tabel 5.3) en de hydraulische beschouwing wordt de ontwerphoogte van het referentieontwerp van de drempel NAP +1,25m. Lagere drempels hebben belangrijke nadelen vanwege het winterpeil van de uiterwaard.

Aan- en afvoerende watergang

Het voornaamste deel, van het af te voeren water uit de geul, is het water boven het maaiveld. Dit zal voornamelijk onder vrij verval door de uitwateringssluis stromen. Vervolgens zal het deel in de sloten nog nastromen tot het niveau van de drempel. Het debiet van dit nastromen in de watergangen zal sterk zijn afgenomen tot circa 15 m³/s (maximale debiet is circa 50 m³/s). Het debiet van circa 15 m³/s zal een gering effect hebben op de Bottenstrank en gemaal Veluwe.

Het huidig ontwerp gaat uit van een korte waterloop achter de uitwateringssluis in noordelijke richting (lengte circa 140 meter).

5.4.4

KEERMIDDEL

De kering in de uitwateringssluis moet voldoen aan een kering binnen een veiligheid van 1/100 jaar, gelijkwaardig aan de zomerkade. Dit houdt in dat de kering kan worden uitgevoerd met een enkelvoudige kering bestaande uit puntdeuren.

De puntdeuren openen zelfstandig door het potentiaal verschil tussen de geul en de uiterwaard. Door waterdruk vanuit de geul, zullen de deuren tijdens het meestromen al gaan openen. De deuren kunnen sluiten wanneer het waterpeil weer onder het niveau van de drempel is.

Aan weerszijde van de puntdeuren worden dubbele schotbalkspinningen aangebracht, zodat de kering, bij falen van of onderhoud aan de puntdeuren, kan worden afgesloten met schotbalken. Ten tijde van een maatgevende golf (meestromen geul) dienen de schotbalken verwijderd te zijn.

5.5

INSCHATTING DUUR MEESTROMEN EN LEEGSTROMEN GEUL

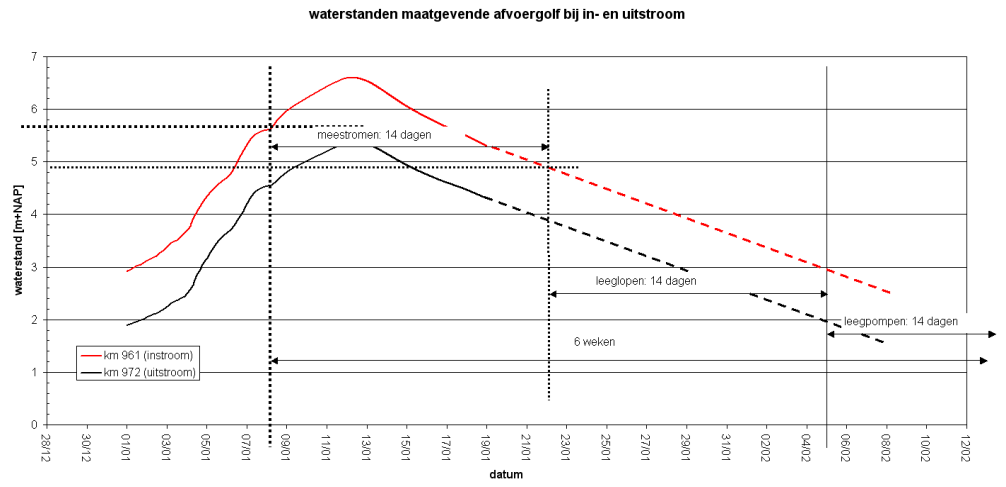
Op basis van de analyse golfberekening: stroming bij uitlaat⁸ is een inschatting gemaakt van de duur dat de hoogwatergeul onder water staat. Op basis van de analyse kan worden beredeneerd dat;

- De hoogwatergeul wanneer deze in werking treedt in totaal circa 6 weken onder water zal staan;
- De hoogwatergeul circa 2 weken meestroomt voordat de waterstand weer zakt onder het niveau van de vaste inlaat van NAP +4,80m en onder het niveau van de zomerkade van NAP +4,10m;
- De geul kan in een periode van circa 2 weken onder vrij verval uitstromen;
- Daarna duurt het circa 2 weken om het restwater uit de hoogwatergeul te pompen via gemaal Nieuw Wapenveld. Het water staat in dit geval binnen de boorden van de watergangen.

⁸ Zie rapport VW TM Rivierkunde (WAQUA-berekening voor Hydraulische Randvoorwaarden 2006 met de maatgevende golf)

Grafiek 5.1

Waterstanden maatgevende afvoergolf bij in- en uitstroom



HOOFDSTUK

6 Hoogwatervrije verbindingen

6.1

INLEIDING

Dit hoofdstuk beschrijft het ontwerp van de twee hoogwatervrije verbindingen en geeft een onderbouwing van de ligging en dimensies.

In de hoogwatergeul zijn twee hoogwatervrije ontsluitingen opgenomen. Een hoogwatervrije verbinding bij de inlaat (Kerkdijk) en een hoogwatervrije verbinding ter plaatse van de Werverdijk. De functie van deze twee verbindingen is het garanderen van de ontsluiting van het oeverwalgebied op het moment dat de hoogwatergeul gaat meestromen.

De hoogwatervrije verbindingen zijn uitgewerkt op tekening HWG 02 tracé bruggen Kerkdijk en Werverdijk⁹.

Afbeelding 6.14

Impressie van de inlaat en de hoogwatervrije verbinding bij een meestromende geul.



6.2

FUNCTIE

De functie van de brug is:

- Het faciliteren van wegverkeer (ter vervanging van de bestaande verbinding en zuidelijke ontsluiting bij hoogwater);
- Garanderen van ontsluitingsroute voor wegverkeer wanneer de hoogwatergeul in werking is.

⁹ Zie Bijlage 7

6.3

UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN

Voor de hoogwatervrije verbindingen zijn de volgende uitgangspunten en randvoorwaarden opgesteld:

- Indeling wegdek; het wegdek wordt ingericht op basis van Erftoegangswegen 60 km/u, zodanig dat twee maatgevende voertuigen (tractors) elkaar kunnen passeren: 2*3=6 m breed. Daarnaast ruimte voor inspectiepaden en geleiderails.
- Fietspaden; brug Kerkdijk wordt zonder fietspaden uitgevoerd / brug Werverdijk wordt uitgevoerd met fietssuggestiestroken.
- Het passeren van de hoogwatergeul over de bruggen dient veilig en comfortabel mogelijk te zijn. Gewenste snelheid brug Kerkdijk 60 km/u, de snelheid op brug Werverdijk wordt beperkt door de bochten bij Westdijk en de Kromme kolk tot 30 km/u. Enkele bochten bij brug Werverdijk hebben een krappere radius dan dat het Handboek Wegontwerp Erftoegangswegen voorschrijft. De krappere bochten genieten de voorkeur van de gemeente door de snelheidsremmende werking. In de bocht is rekening gehouden met bochtverbreding (0,70 m) en er moet bebording en markering worden aangebracht voor bochtgeleiding. De bochtverbreding kan worden gevonden in grasbetontegels naast de asfaltverharding.
- Het ontwerp van de hoogwatervrije verbindingen, en aansluitingen ervan op het dijklichaam, dienen robuust te zijn en voldoende zwaar gedimensioneerd voor belastingen voor een planperiode van minimaal 100 jaar;
- Voor de maatgevende waterstand wordt uitgegaan van het Addendum I bij de Leidraad Rivieren situatie 205010:
 - maatgevend hoogwater brug Kerkdijk (inlaat km 960,7) is NAP +5,75m;
 - maatgevend hoogwater brug Werverdijk (km 961,7) is NAP +5,05m;
 - Onderkant van de brug dient minimaal 50 centimeter boven de MHW-lijn te liggen in verband met de mogelijkheid van ijsgang, drijfhout en overig drijfvuil.
 - De brug Kerkdijk dient te zijn voorzien van voorzieningen ten aanzien van de bevestiging en bediening van de kleppen;
 - Onderlinge afstand brugpijlers 25 meter (referentie ontwerp);
 - De brugpijlervorm dient ijsschotsbrekend uitgevoerd te worden;
 - Op aangeven van de opdrachtgever worden de te hanteren (geldende) ontwerpnormen evenals de mogelijke koppeling met de Eurocode.

6.4

ONTWERP

6.4.1

TRACÉ

Brug Kerkdijk

Ter plaatse van de Grote Wetering sluit het tracé, ten noorden van de bestaande brug over de Grote Wetering, aan op de Kerkdijk. Vanaf dit punt verloopt het tracé in een vloeiende boog naar de Ijsseldijk.

Brug Werverdijk

De ligging van de brug Werverdijk is gerelateerd aan het tracé van de Werverdijk welke ontgraven wordt ten behoeve van de hoogwater geul.

¹⁰ Zie rapport VW TM Dijkontwerp

In SNIP 2A is vanuit het standpunt Ruimtelijke Kwaliteit aangegeven dat het karakter van de Werverdijk dient te worden behouden. De natuurlijke krommingen beperken de snelheid van motorvoertuigen op de dijk. In de afgelopen dijkverbetering van dit gedeelte van de Werverdijk is ook de wegbreedte niet verbreed ter voorkoming van verhoging van de snelheid. Vanuit dit oogpunt wordt een deel van de Werverdijk, gelegen bij de kolk gehandhaafd.

6.4.2

BRUGBREEDTE

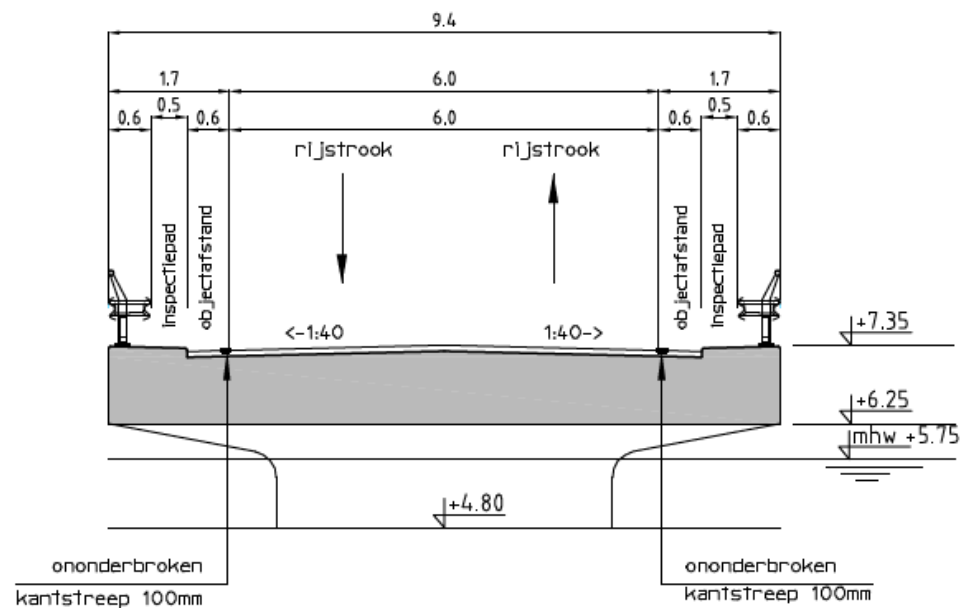
De brugbreedte is bepaald op basis van de wegindeling behorend bij erfdoegangswegen (ontwerpsnelheid 60 km/h). Bij de brug Kerkdijk (inlaat) ligt een tweezijdig fietspad direct aan zuidzijde van de brug op het grondlichaam van de inlaat. De brug Werverdijk wordt uitgevoerd met fietssuggestiestroken.

Het inspectiepad biedt tevens de mogelijkheid om de kleppen bij de inlaat te bedienen.

In de onderstaande Afbeelding 6.15 zijn de principe doorsneden van de hoogwatervrije verbindingen weergegeven.

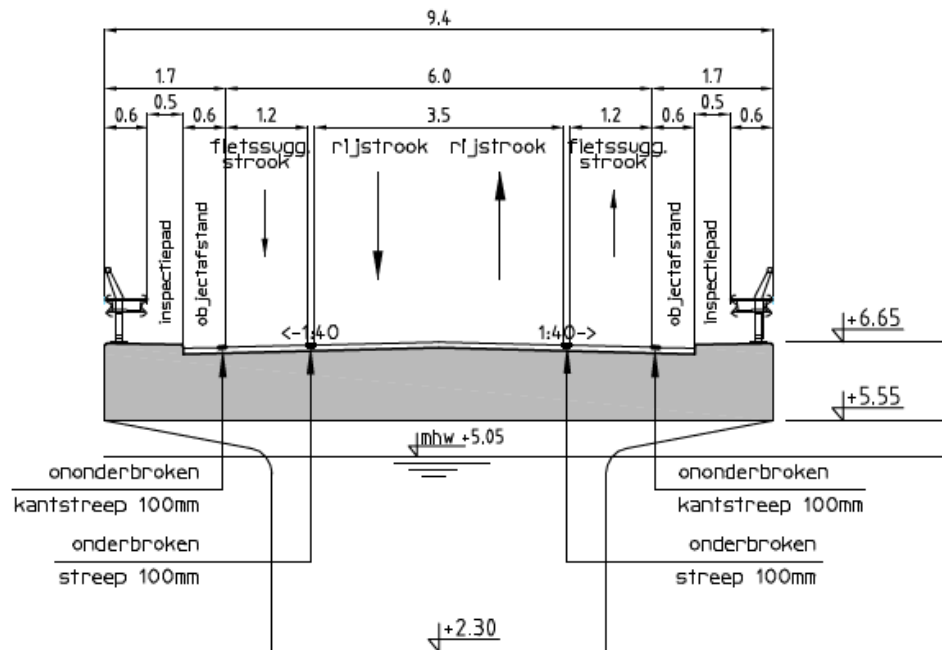
Afbeelding 6.15

Brug Kerkdijk (inlaat)



Afbeelding 6.16

Brug Werverdijk



6.4.3

BOVENKANT BRUGDEKKEN

De brughoogtes, bovenkant dek, zijn bepaald op basis van onderstaande tabellen.

Brug Kerkdijk (Inlaat)	Hoogte	Toelichting
Maatgevend hoog water	NAP +5,75m	km 960,7
vrije ruimte onder brug	0,5 m	in verband met drijfvuil
constructiehoogte brug	1,1 m (referentie ontwerp)	overspanning 25 m
Bovenkant brugdek	NAP +7,35m	totaal

Brug Werverdijk	Hoogte	Toelichting
Maatgevend hoog water	NAP +5,05m	km 961,7
vrije ruimte onder brug	0,5 m	in verband met drijfvuil
constructiehoogte brug	1,1 m (referentie ontwerp)	overspanning 25 m
Bovenkant brugdek	NAP +6,65m	totaal

HOOFDSTUK 7 Gemalen

7.1

INLEIDING

De hoogwatergeul Veessen-Wapenveld is geen gegraven geul, maar een 'by-pass', die ontstaat door de aanleg van twee dijken. In de gewenste situatie zijn twee nieuwe dijken (Westdijk en Oostdijk) gerealiseerd in het gebied tussen de Grote Wetering en het Oeverwalgebied.

Het waterhuishoudingssysteem is aangepast op de ligging van de nieuwe dijken. Er zijn twee nieuwe afwateringsgebieden ontstaan door de dijkaanleg: de "Oeverwal" en de "Hoogwatergeul" (HWG). Voor het bemalen van de twee nieuwe afwateringsgebieden zijn twee gemalen noodzakelijk. Het gemaal Oeverwal in de Oostdijk heeft alleen een gemaalfunctie als de geul in werking is (1x per 100 jaar). De overige periode is het een koker onder de Oostdijk, die afwatert op de HWG. Voor het ontwerp van het gemaal Oeverwal is een ontwerponderbouwing gemaakt in paragraaf 4. In de LCC studie worden alleen varianten voor het gemaal in de Westdijk onderzocht.

Voor het nieuwe gemaal in de Westdijk is een locatie- en type-afweging noodzakelijk. De investerings- en onderhoudskosten zijn belangrijke parameters voor de te maken keuze. Naast kosten speelt ruimtelijke kwaliteit een belangrijke rol bij de keuze.

HOOFDVRAAG LCC STUDIE

Welk type gemaal en locatie is op basis van een LCC studie en ruimtelijke kwaliteit een doelmatige oplossing om de afwatering te verzorgen van de peilgebieden op de Oeverwal en in de Hoogwatergeul in het beheersgebied van het Waterschap Veluwe na aanleg van de Hoogwatergeul Veessen Wapenveld?

In dit hoofdstuk zijn de te onderzoeken varianten beschreven. Het betreft:

- Handhaven huidige gemalen;
- Gemaal Bottenstrank: nieuw gemaal bij de Werverdijk;
- Gemaal Westdijk: nieuw gemaal in/aan de Westdijk van de geul.

De ontwerptekeningen van de gemalen zijn in de bijlage weergegeven.

Huidige gemalen handhaven

In het plangebied wordt nu de afwatering verzorgd door twee gemalen. Gemaal Ottershopen¹¹ (120 m³/min) en gemaal Wapenvelderbroek¹² (40 m³/min).

¹¹ Zie bv. http://www.veluwe.nl/actueel/waterstanden/waterstanden/gemaal_ottershopen en <http://www.quai.nl/gemalen/gemaal.php?gemaalID=141>

¹² Zie bv. <http://www.quai.nl/gemalen/gemaal.php?gemaalID=136>

De beide gemalen staan aan de Grote Wetering en komen ten westen van de Westdijk te staan. Het gemaal Ottershopen heeft een groter oppervlakte om te bemalen dan het gemaal Wapenvelderbroek. In de nieuwe situatie is dit omgekeerd. Op de locatie van gemaal Wapenvelderbroek moet een groter gemaal komen, met een capaciteit die groter is dan de twee gemalen bij elkaar. Het handhaven van twee gemalen is dan geen reële variant meer in dit plan en wordt dan ook niet verder meer uitgewerkt.

7.2

FUNCTIE

In de nieuwe situatie vindt de afwatering vanaf de Oeverwal van zuid naar noord plaats, waarna het water onder vrij verval het gebied van de hoogwatergeul instroomt (wanneer er geen sprake is van een meestromende hoogwatergeul). Wanneer de hoogwatergeul meestroomt, zal op hetzelfde punt het water met behulp van een gemaal de hoogwatergeul in worden gepompt.

Afwatering van de HWG vindt ook plaats van zuid naar noord, waarbij in het noordelijk deel het laagste peilvak aanwezig is. Via een gemaal in de Westdijk wordt het water naar de Grote Wetering of op de IJssel gepompt. Het peilvak in de Grote Wetering ligt hoger dan in de hoogwatergeul, dus afwatering onder vrij verval is niet mogelijk. Vrij afwateren op de IJssel is slechts enkele weken per jaar mogelijk, bij een lage waterstand op de IJssel.

De afwatering van het gebied ten westen van de Westdijk, zal op dezelfde wijze blijven afwateren als dit in de huidige situatie gebeurt. De afwatering is van zuid naar noord, waar gemaal Veluwe¹³ het water naar de IJssel pompt.

7.3

UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN

De capaciteit van het nieuwe gemaal bij de Westdijk is op basis van de ontwateringsnormen van Waterschap Veluwe vastgesteld op 175 m³/minuut inclusief 10% overcapaciteit/ afronding.

7.4

ONTWERP

7.4.1

GEMAAL BOTTENSTRANK

Situatieschets

Dit gemaal komt in T-splitsing te staan van de Westdijk en Werverdijk. De ruimte voor een nieuw gemaal op deze locatie is beperkt. Dit komt mede door de hoogwatervrije verbinding die wordt gerealiseerd. De ontsluiting van het gemaal gaat via de Werverdijk.

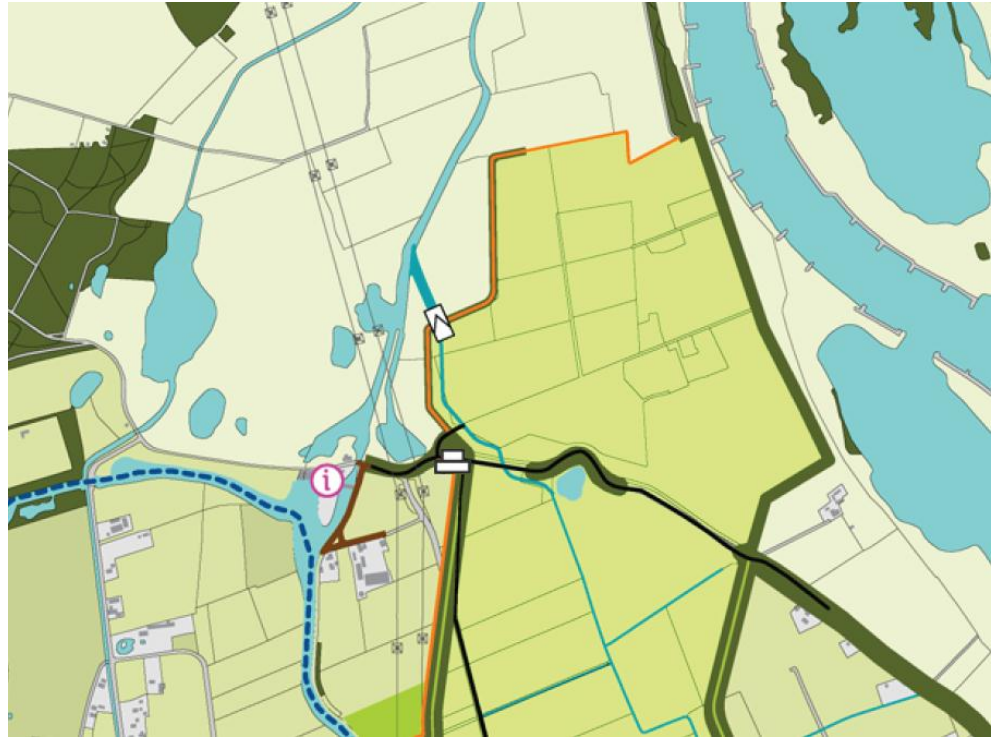
Voor het gemaal is een brede aanvoerwatergang nodig, die over 500 m direct langs de Westdijk is gelegen. De bodemhoogte van de aanvoerwatergang ligt op NAP -0,40m. Vanuit geotechniek zijn in de Westdijk aanvullende stabiliteitsmaatregelen noodzakelijk om piping tegen te gaan. De kruising van deze aanvoer watergang met de Schraatgravenweg is ook lastig, omdat de watergang en Schraatgravenweg in een dijkoprit elkaar kruisen.

¹³ Zie bv. <http://www.veluwe.nl/water/waterpeil/gemalen/gemalen/veluwe> en ook <http://www.quai.nl/gemalen/gemaal.php?gemaalID=73>

Als het buitenpeil laag staat kan over kortere perioden water vrij worden uitgelaten op de IJssel. Het polderpeil blijft gelijk in de toekomstige situatie (ZP +0,80 m; WP +0,60 m).

Afbeelding 7.17

Locatie gemaal Bottenstrank



Bouwkundig

Het gemaal bestaat uit drie bouwlagen: een pompkelder, een werkruimte en een droge opstelling voor de energievoorziening en bediening. De drie lagen zijn noodzakelijk omdat er 1 x per 100 jaar hogere waterstanden op kunnen treden in de hoogwatergeul. De kruinhoogte bij uitlaat ligt op NAP +4,10m en maximale waterstand bedraagt NAP +5,30m in de toekomstige situatie. De vloerhoogte voor de bedieningsruimte komt op NAP +6,30m. Het gemaal heeft twee pompen en twee vrije afwateringskanalen met keermiddelen. In het ontwerp dienen de afwateringskanalen te worden ontworpen in relatie met het uitlaatkunstwerk voor de hoogwatergeul.

Het tegenmaalpeil bedraagt NAP +4,10m gelijk aan de kruinhoogte van de uitlaat.

Ruimtelijke kwaliteit

Het Gemaal Bottenstrank is geprojecteerd op een plek waar de overgang van Veluwe naar IJssel het meest voelbaar is. De Werverdijk is immers één van de markante overgangen in het gebied. Naast het oude gemaal Pouwel Bakhuis¹⁴ is inmiddels het Gemaal Veluwe verzezen. Gemaal Bottenstrank is dan de derde op rij. Hierdoor ontstaat een soort expositie van gemalen. Dit heeft grote impact op het ruimtelijk beeld van de Werverdijk. Hoewel het gemaal wellicht past in de reeks, zal het in uitvoering erg afsteken bij zijn omgeving. Vanwege het hoogwater dat 1x per 100 jaar voorkomt is het noodzakelijk het kunstwerk uit te voeren tot ver boven dijkhoogte en met (water)dichte wanden. De dominante aanwezigheid van het gemaal doet afbreuk aan de ruimtelijke kwaliteit van de plek.

¹⁴ Zie bv. http://www.gemalen.nl/gemalen_detail.asp?gemaal_id=38

7.4.2

GEMAAL WESTDIJK

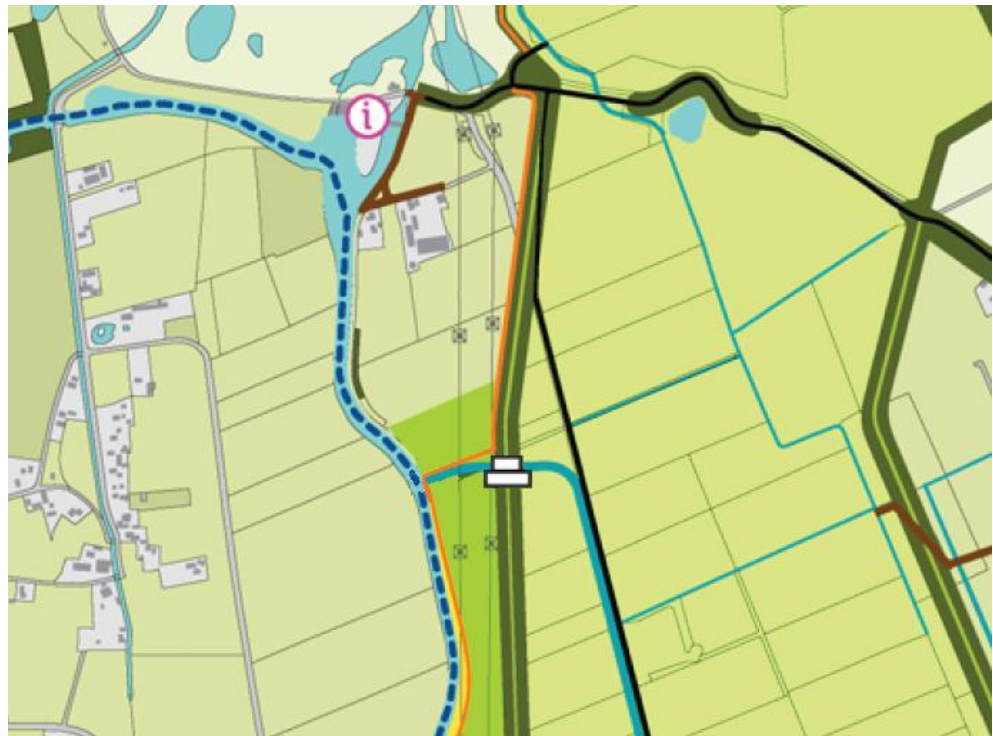
Situatieschets

Het gemaal "Westdijk" ligt in de Westdijk in de huidige waterloop richting gemaal Wapenvelderbroek. De ontsluiting van het gemaal vindt plaats via de Schraatgravenweg. Het gemaal staat aan de zijde van de hoogwatergeul. Bij hoogwater is het gemaal bereikbaar via het onderhoudspad op de dijk.

Het gemaal Westdijk watert af op de Grote Wetering. De Grote Wetering heeft een vast zomer- en winterpeil (ZP +1,20 m; WP +1,0 m). Het manege-peilgebied tussen de Grote Wetering en de Westdijk heeft in de huidige situatie het lage peil dat gelijk blijft in de toekomstige situatie (ZP +0,80 m; WP +0,60 m). Voor het manegepeil gebied zijn dan ook aanvullende maatregelen nodig in vorm van een kleine kade en pomp.

Afbeelding 7.18

Locatie gemaal Westdijk

**Bouwkundig**

De bouw van het gemaal is gelijk aan het gemaal Bottenstrank. Het maatgevende tegenmaalpeil is kleiner dan bij gemaal Bottenstrank. In het gemaal Westdijk komen ook afwateringskanalen met keermiddelen, die alleen functioneren na inzet van de hoogwatergeul. Deze keermiddelen zijn nodig wanneer het water in de hoogwatergeul hoger staat dan in de Grote Wetering. Het ontwerp van de afwateringskanalen dient te worden afgestemd met het uitlaatkunstwerk qua afvoercapaciteit.

Ruimtelijke kwaliteit

In uitvoering is het gemaal aan de Westdijk gelijk aan dat van Gemaal Bottenstrank. Geen van beide gemalen heeft een ingetogen ruimtelijk beeld. Het Gemaal Bottenstrank vertoont enige samenhang met de twee andere gemalen in de Wervedijk. Gemaal Westdijk is daarentegen door zijn grootte en massiviteit een eigenaardig object in het lege landschap van de geul.

7.4.3

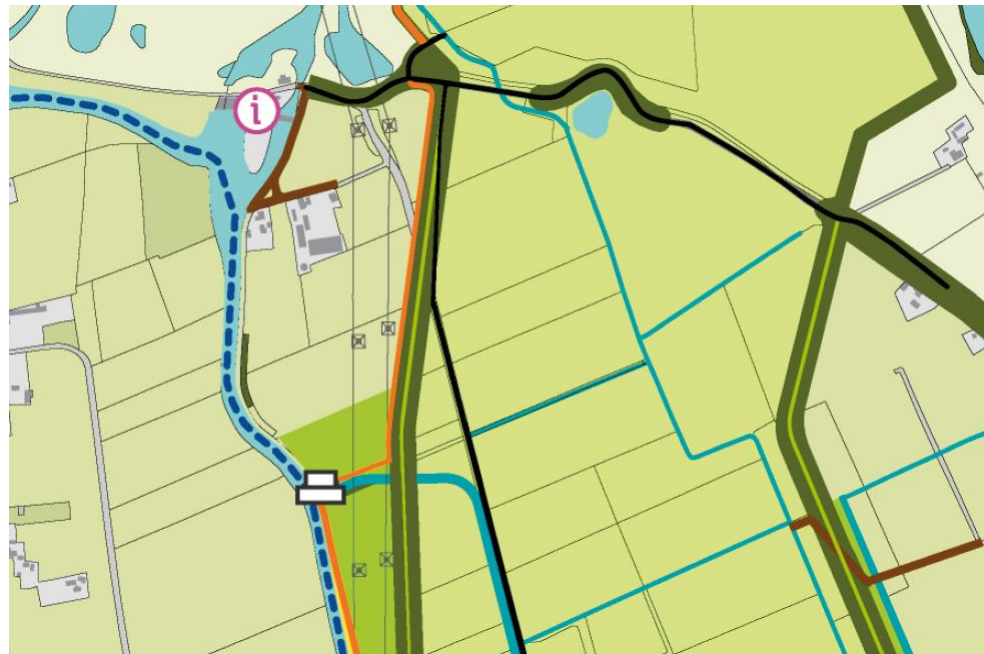
GEMAAL 'NIEUW' WAPENVELD

Situatieschets

Nabij de locatie van het gemaal Wapenvelderbroek wordt het gemaal "Nieuw Wapenveld" opgericht. Om de Westdijk te kruisen is een koker benodigd. Deze koker moet worden voorzien van dubbele keermiddelen, vanwege de ligging in de primaire kering. De waterpeilen zijn gelijk aan de beschreven situatie voor het gemaal Westdijk. Het gemaal Nieuw Wapenveld is een vijzelgemaal bestaande uit twee vijzels. Op deze locatie is een vijzelgemaal toe te passen, omdat deze niet onder invloed staat van de hoogwatergeul. Bij inzet van de hoogwatergeul sluit de koker en hierdoor ontstaat er geen lek naar de Grote Wetering. Het manege peilgebied kan op het zelfde peil blijven afwateren, zonder aanvullende voorzieningen, voor de hoogwatersituatie is voorzien in een opstelpunt voor een pomp.

Afbeelding 7.19

Locatie gemaal Nieuw Wapenveld



De ontsluiting van het gemaal is met een verbreed fietspad langs de Grote Wetering te realiseren. Het eerste deel van deze ontsluiting is al benodigd voor de ontsluiting van de manege.

Bouwkundig

Het gemaal bestaat uit twee vijzels in een betonconstructie. Op de kop van de vijzel staat een bedieningsgebouw. Naast de vijzels zijn afwateringskanalen met keermiddelen, die alleen functioneren bij inzet van de hoogwatergeul. Hiervoor geldt het zelfde principe als gemaal Westdijk en de relatie met het uitlaatkunstwerk.

Ruimtelijke kwaliteit

Door het gemaal buiten de hoogwatergeul te plaatsen hoeft het kunstwerk niet bestand te zijn tegen de hoge waterstanden in de geul. Hierdoor kan het gemaal veel subtieler worden uitgevoerd. Ook de kruising met de primaire kering zal veel minder zichtbaar zijn. De landschappelijke inpasbaarheid van het kunstwerk wordt vergemakkelijkt door zijn plek in de landschapszone.

7.4.4 SAMENVATTING ONTWERPOPTIES

In de onderstaande tabel zijn de belangrijkste ontwerpparameters samengevat.

Tabel 7.4
Parameters per gemaal

Onderdeel	Gemaal Bottenstrank	Gemaal Westdijk	Gemaal Nieuw Wapenveld
Type Gemaal	Onderwaterpomp 2 stuks	Onderwaterpomp 2 stuks	Vijzelgemaal 2 stuks
Capaciteit	175 m ³ /minuut	175 m ³ /minuut	175 m ³ /minuut
Zomerpeil binnen	NAP +0,80m	NAP +0,80m	NAP +0,80m
Winterpeil binnen	NAP +0,60m	NAP +0,60m	NAP +0,60
Zomerpeil buiten	Variabele IJsselstand	NAP +1,20m	NAP +1,20m
Winterpeil buiten	Variabele IJsselstand	NAP +1,0m	NAP +1,0m
Max tegenmaal peil	NAP +4,10m	NAP +1,20m	NAP +1,40m
Bodemhoogte aanvoer watergang	NAP -0,40m	NAP -0,40m	NAP -0,40m
Max. debiet vrije lozing	175 m ³ /minuut	175 m ³ /minuut	175 m ³ /minuut
Bereikbaarheid	Via de Werverdijk	Via de Schraatgravenweg en bij hoogwater via de Westdijk	Via te verbreden fietspad langs de Grote Wetering
Aanvullende voorzieningen	Stabiliteitsmaatregelen toepassen in de dijk langs de aanvoerwatergang	kade en pomp bij het manege peilgebied.	Koker door de dijk aanbrengen voor aanvoerwatergang

Waardering ruimtelijke kwaliteit

In Tabel 7.5 staat de waardering uitgewerkt voor de criteria locatiekeuze en de vormgeving van het gemaal.

Tabel 7.5
Waardering Ruimtelijke
Kwaliteit

	locatie gemaal	vormgeving
Gemaal Bottenstrank	+ / -	- -
Gemaal Westdijk	-	- -
Gemaal Nieuw Wapenveld	+	+
+	draagt positief bij aan het criterium	
+ / -	geen positieve en of negatieve invloed	
-	draagt negatief bij aan het criterium	
- -	draagt zeer negatief bij aan het criterium	

Het gemaal Nieuw Wapenveld krijgt voor zowel locatie als vormgeving de meest positieve score. Vooral de landschappelijke inpassing en subtielere vormgeving in de landschapszone dragen hieraan bij.

7.4.5 GEMAAL OEVERWAL

In de oostelijke dijk komt ook een gemaal voor de afwatering van de Oeverwal. In normale situatie is het een koker door de dijk. Tijdens een hoogwatersituatie (1x in de 100 jaar) wordt de koker afgesloten en is een pompinstallatie van 100 m³/min benodigd voor de afwatering van het Oeverwal.

Dit kan door een tijdelijk opgestelde pompinstallatie of door een permanente opstelling. De afweging van een tijdelijke of permanente installatie wordt in dit hoofdstuk behandeld. Het gemaal bestaat uit een pompgemaal, omdat een vijzelgemaal niet rendabel is door verschillende tegenmaalpeilen in de Hoogwatergeul.

Beoordeling RAMS aspecten.

De tijdelijke- en permanente installatie worden beschouwd en beoordeeld op de volgende (RAMS)aspecten:

- Betrouwbaarheid (Reliability);
- Beschikbaarheid (Availability);
- Onderhoudbaarheid (Maintainability);
- Veiligheid (Safety).

Betrouwbaarheid

De score voor betrouwbaarheid wordt bepaald door enerzijds de bedieningsmogelijkheden en anderzijds het faalrisico.

Een tijdelijke pompinstallatie, te huren bij een leverancier zal over het algemeen goed functioneren door regelmatig onderhoud. De pompinstallaties worden voor verscheidene doeleinden regelmatig ingezet en worden dus min of meer continue getest.

Bij een permanente installatie ligt dat anders. Voor het installeren en in bedrijf nemen van de permanente installatie moet ter plaatse voorzieningen aanwezig zijn voor in- en uitstroom van het water. Deze in- en uitstroomvoorzieningen vergen onderhoud en dienen ook periodiek te worden getest, om eventuele gebreken voortijdig te ontdekken.

Vooralsnog ligt het echter niet voor de hand om periodiek een complete tijdelijke pompinstallatie op te bouwen en testen. De tijdelijke installatie moet dan naast hoogwateroefeningen worden getest op gebreken. Een permanente installatie is in dit geval veel eenvoudiger te testen. Alle benodigdheden, uitgezonderd een diesellaggregaat (circa 125 kVa) voor het opwekken van de benodigde spanning, zijn op de locatie van het gemaal aanwezig. Een aggregaat van dergelijk omvang is eenvoudig te huren en aan te sluiten op de permanente pompinstallatie.

Een permanente installatie scoort qua betrouwbaarheid beter door:

- De éénduidige bediening bij het lage gebruiksinterval 1 x per 100 jaar (voor iedereen duidelijk hoe het werkt);
- de aansluit- en testmogelijkheden zoals hierboven beschreven (periodiek te testen).

Beschikbaarheid

Een tijdelijke pompinstallatie met het benodigde leidingwerk moet worden gehuurd. Huren van een dergelijke pompinstallatie is mogelijk. Echter, pompinstallatie van dergelijke capaciteiten (100 m³/min) zijn niet ruimschoots voorhanden en slechts leverbaar door een gering aantal leveranciers. Een hoogwatersituatie van 1x per 100 jaar zal zich vermoedelijk niet alleen voordoen in het Oeverwalggebied maar in meerdere gebieden in (Oost-) Nederland. In een dergelijke situatie is dan ook vaak grote vraag naar tijdelijke pompinstallaties. Daarnaast dient de installatie met leidingwerk te worden aangevoerd. Het is niet ondenkbeeldig, dat dit in een hoogwatersituatie de nodige problemen/onzekerheden op kan leveren. Terreinen zijn dan drassig wat transporteren van veel onderdelen bemoeilijkt. Op beschikbaarheid scoort een permanente installatie beter dan een tijdelijke.

Onderhoudbaarheid

Zoals al vermeld bij "betrouwbaarheid" zal een gehuurde pompinstallatie goed worden onderhouden door de leverancier.

De installaties wordt met regelmaat ingezet en storingen worden direct verholpen. De leverancier heeft dus voldoende ervaring met het onderhoud van dergelijke installaties en kan eventuele storingen vrij snel oplossen.

Een permanente pompopstelling kan eenvoudig periodiek worden onderhouden. Bij het oefenen van de hoogwaterprocedures is de complete installatie te testen. Eventuele gebreken zijn aansluitend op de hoogwateroefeningen te verhelpen. Voor onderhoud wordt een droge en natte pompopstelling onderscheiden. Bij een droge opstelling staat de pomp niet in contact met oppervlaktewater en bij een natte opstelling wel. Een droge opstelling is in het voordeel vanwege onderhoud en levensduur, omdat er geen aantasting door het oppervlaktewater plaats vind.

Veiligheid

Een tijdelijke pompinstallatie zal binnendijks worden opgesteld waarbij de tijdelijke leidingen over de kruin van de dijk liggen. Het passeren van de kruin van de dijk is dan niet mogelijk, omdat daar dan leidingen liggen. De leidingen worden verbonden met flenzen. Hierbij is een geringe kans op lekkage en dus uitspoeling van de dijk aanwezig. Daarnaast is er bij de buiten opgestelde installatie kans op vandalisme of een onveilige situatie.

De permanente installatie maakt gebruik van de koker, waarbij het leidingwerk is voorzien van een dubbel keermiddel. Tevens is de gehele pompinstallatie in een afgesloten pompruimte opgenomen. Kans op een onveilige situatie is hierbij nihil. Via de (meer)jarige keuring- en inspectierondes wordt de constructie getest en gecertificeerd.

Samenvatting

De aspecten betrouwbaarheid, Beschikbaarheid, onderhoudbaarheid en Veiligheid zijn samengevat in Tabel 7.6.

Tabel 7.6

Overzicht RAMS score

	Betrouwbaar- heid	Beschikbaarheid	Onderhoud- baarheid	Veiligheid
Tijdelijke installatie	+/-	-	+	-
Permanente installatie	+	+	+	+

Uit de tabel blijkt dat op basis van deze (RAMS)aspecten de keuze voor een permanente installatie is aan te bevelen.

Ontwerp permanente installatie

Van de permanente installatie is door ARCADIS een principeontwerp gemaakt in bijlage 1. Het gemaal bestaat uit een afgesloten pompruimte met twee permanent opgestelde pompen van elk 50 m³/min, bij een opvoerhoogte van 5,5 meter waterkolom. Bij hoog water in de geul wordt de koker afgesloten door 2 spindelschuiven. Aan de laagwaterzijde (het Oeverwal) worden met behulp van de hijsinstallatie beide kokers voorzien van demontabele krooshekken. Vervolgens worden de kokers voorzien van demontabele zuigbochten. De zuigbochten en krooshekken liggen in de normale situatie opgeslagen bij het gemaal. Voor de voeding van het gemaal is een huuraggregaat (circa 125 kVA) benodigd. De pompruimte is voor verlichting en ventilatie voorzien van een kleinverbruikeraansluiting.

Op deze kleinverbruikeraansluiting is een vacuümpompinstallatie aangesloten. De vacuümpompinstallatie dient om de pompen bij ingebruikname vol water te zetten. Hierna kunnen de pompen via hun eigen persleidingen (liggend in de dijk) het water via de kokers afvoeren naar de geul. De persleidingen zijn voorzien van een dubbel keermiddel.

Voor de instandhouding van het gemaal is vanuit onderhoud en levensduur, bewust gekozen voor droog opgestelde pompen en demontabele zuigbochten. Het niet blootstellen aan oppervlaktewater voorkomt hoge onderhoudskosten.

Na gebruik in een hoogwatersituatie of testen worden de pompen en leidingen weer droog gezet. De krooshekken en zuigbochten worden verwijderd uit de koker en weer opgeslagen bij het gemaal.

7.5

LCC-STUDIE

Voor de afweging van de opties voor de gemalen wordt gebruik gemaakt van life cycle costing (LCC). Life cycle costing is de methodiek die financiële afwegingen gedurende de levenscyclus mogelijk maakt. Hiertoe worden investeringskosten, beheers- en onderhoudskosten en 'sloopkosten' onderling vergelijkbaar gemaakt.

De LCC berekening geeft inzicht in de investeringskosten over 100 jaar. Hieronder worden de contante waarden weergegeven voor de drie varianten. Het gemaal met de laagste totale contante waarde is financieel het meest gunstig.

7.5.1

UITGANGSPUNTEN

Bij de LCC-studie is uitgegaan van de volgende financiële uitgangspunten:

1. De gehanteerde afschrijvingstermijnen voor investeringsbedragen van aanleg en renovatie zijn:
 - a. Bouwkundig 30 jaar;
 - b. Mechanisch/Elektrisch 20 jaar;
 - c. Lineaire afschrijving.
2. Uitgegaan wordt van de volgende indexen:
 - a. Inflatie 1,75%; Omdat de boekwaarde na een levensduur van 100 jaar nihil is, heeft de geldontwaarding geen invloed in de vergelijking;
 - b. Rente 4,5% (in de LCC-studie wordt geen onderscheid gemaakt in korte- en langetermijnrente);
 - c. Prijsindex renovatie 3%; Op renovatiereserveringen, die met prijspeil 2010 worden geraamd, wordt een indexering van 3% toegepast;
 - d. Loonontwikkeling onderhoudspersoneel 3,25%;
 - e. Materiaalkostenontwikkeling onderhoud 2%;
 - f. Prijsindex energie 2,5%;
 - g. Discontovoet 4%; De toekomstige uitgaven worden berekend naar de contante waarde (netto huidige waarde) van 2010.
3. Het uurloon van een beheerder/monteur wordt door ons geschat op € 40,- per uur.
4. Reguliere onderhoudskosten worden door ARCADIS ingeschat op basis van ervaringscijfers.
5. Alle bedragen zijn exclusief BTW, zodat eenduidige vergelijking van varianten mogelijk is.

6. De kosten voor baggerwerkzaamheden behoeven niet in de LCC-studie te worden ingecalculeerd, omdat dit regulier waterbeheer betreft.

7.5.2

RESULTATEN LCC STUDIE

In Tabel 7.7 zijn Netto Contante Waarden (NCW) opgegeven die zijn berekend in de LCC studie. De uitgebreide berekeningen zijn in de bijlage weergegeven.

Tabel 7.7

Resultaten NCW

NCW	Bottenstrank (€)	Westdijk (€)	Nieuw Wapenveld (€)
NCW materiaal	108.783	108.783	110.496
NCW loon	369.208	369.208	380.196
NCW energie	4.343.672	3.784.395	3.668.900
NCW rente+afschrijving	3.685.334	2.406.134	2.442.518
NCW Totaal	8.506.997	6.668.520	6.602.110
<i>Opm. in verband met Excel-afrondding is er één euro verschil bij de eindtotalen van Gemaal Bottenstrank en Gemaal Westdijk ten opzichte van de berekeningen in de bijlage.</i>			

Uit tabel 5.4 blijkt dat gemaal Bottenstrank de hoogste investering vergt. Gemaal Westdijk is ca. € 66.000,- duurder dan gemaal Nieuw Wapenveld. Vooral de energiekosten van gemaal Westdijk zijn hoger dan gemaal Wapenveld. De hoge energiekosten van gemaal Bottenstrank komen voort uit ongunstige tegenmaalpeilen.

7.5.3

CONCLUSIE EN AANBEVELING

Gemaal Nieuw Wapenveld

Het gemaal Nieuw Wapenveld scoort in de LCC studie en op het gebied van Ruimtelijke kwaliteit het hoogst. Het verschil in kosten met gemaal Westdijk is niet groot. Dit komt vooral door de bouwkundige kosten van de koker door de Westdijk.

De ligging in de landschapszone en de subtiele vormgeving scoren hoog. Mede omdat de Hoogwatergeul vrij blijft van een vreemd prominent aanwezig object in de Westdijk.

Gemaal Westdijk

Het gemaal Westdijk is in de LCC studie €66.000 duurder dan gemaal Nieuw Wapenveld. Dit komt door de hogere energiekosten. Op Ruimtelijke Kwaliteit scoort gemaal Westdijk negatief. Door de grootte en massiviteit is het gemaal een eigenaardig object in het lege landschap van de Hoogwatergeul. Voor het lager gelegen manege peilvak is een klein gemaal noodzakelijk. De uitlaatkoker van gemaal Westdijk moet verbinding krijgen met de Grote Wetering en sluit vrije afwatering van het manege peilgebied af.

Gemaal Bottenstrank

Het gemaal Bottenstrank is het duurste gemaal in de LCC studie. Door de ongunstige ligging en grote tegenmaalpeilen zijn de bouw- en energiekosten hoger dan de gemalen Westdijk en Nieuw Wapenveld. Voor Ruimtelijke kwaliteit is een soort expositie van gemalen van toepassing bij de bouw van gemaal Bottenstrank. Door aansluiting van de Westdijk op de Werverdijk is ook zeer beperkt ruimte beschikbaar om een gemaal te stichten.

Aanbeveling

Vanuit de LCC studie en op basis van ruimtelijke kwaliteit is de keuze voor het vizegemaal Nieuw Wapenveld de meest verantwoorde keuze.

Het gemaal Nieuw Wapenveld moet dan ook worden opgenomen in het inrichtingsplan (SNIP 3) en in SNIP 5 verder worden gespecificeerd in een vraagspecificatie.

HOOFDSTUK 8 Aandachtspunten voor realisatie

De aandachtspunten voor de realisatiefase worden per object aangegeven.

8.1

INLAAT + BRUG KERKDIIK

Ter plaatse van de Grote Wetering sluit het tracé, aan noordzijde van de bestaande brug over de Grote Wetering, aan op de Kerkdijk.

Bij het gekozen tracé van dit basis ontwerp wordt de huidige brug over de Grote Wetering opgenomen in de tijdelijke wegomlegging aan de zuidzijde van de te realiseren inlaat. De wegomleiding sluit aan de oostzijde aan op het vrijliggend deel van de Kerkdijk nabij de IJsseldijk.

De wegomlegging garandeert de bereikbaarheid van het zuidelijk deel van het oeverwal gebied, tijdens de realisatiefase.

Halverwege de inlaat bevindt zich een Gasunie leiding, die het tracé van de inlaat kruist van noord naar zuid. Na vergelijking van verschillende verleggingsopties is ervoor gekozen om deze leiding te laten liggen. Daarom dienen tijdens de uitvoering ter plaatse van de kruisingen voorzieningen getroffen te worden.

Afbeelding 8.20

Ligging gasleiding ter plaatse van de inlaat



8.2

BRUG WERVERDIJK

De Werverdijk is onderdeel van de huidige primaire kering en kan vanuit dat oogpunt pas ontgraven worden wanneer de nieuwe Oost- en Westdijk voldoen aan de eisen van een primaire kering. Het bouwen van de brug Werverdijk aansluitend aan de realisatie van de Oost- en Westdijk zorgt voor een langere uitvoeringsduur en staat haaks op de gewenste versnellingsopties.

Bovenstaande voorwaarden zijn bepalend voor het gekozen tracé, aan de binnenzijde (zuidzijde) van de Werverdijk. De bruggen aan de binnendijkse zijde kunnen zonder of met beperkte aanvullende maatregelen gebouwd worden. De landhoofden van de bruggen dienen buiten het tracé van de bestaande dijk te liggen, zodat de bruggen aangelegd kunnen worden voordat de Werverdijk wordt verwijderd. De aansluitingen op het te handhaven deel van de dijk wordt met grond uitgevoerd wanneer de bestaande dijk lokaal verwijderd wordt. Hiervoor kan mogelijk de uitkomende grond gebruikt worden.

Tijdens de uitvoering van de bruggen blijft het noordelijk deel van het oeverwal gebied volledig bereikbaar via de huidige Werverdijk.

Een alternatief om het veiligheidsniveau, tijdens de realisatiefase te waarborgen, is om faseringsmaatregelen door te voeren, in de vorm van een damwandscherm over de gehele lengte van de aan te leggen hoogwatervrije verbinding. Uit overweging van de besparingsopdracht is niet voor dit alternatief gekozen.

8.3

UITWATERINGSLUIS

De aan te leggen uitwateringssluis bevindt zich in de Westkade (zomerdijk). De planning van de werkzaamheden dient te worden afgestemd met de beheerder van de zomerdijk. Zonder aanvullende maatregelen, zal naar verwachting de uitvoering moeten plaatsvinden in de droge periode (15 april – 15 oktober).

Daarnaast heeft de uitvoering van de uitwateringssluis een relatie met de uitvoering van werkzaamheden aan de Westkade (zomerdijk). De zomerkade wordt in het kader van de nieuwe functie “uitlaat” versterkt.

BIJLAGE 1

Overzicht van geraadpleegde documenten

VW TM Inlaat, Uitstroomvoorziening en Hoogwatervrije verbindingen		
Naam document	Binden/niet binden	Meegeleverd?
Leidraad Rivieren + Addendum I	Bindend	Nee
ir. I.W. Nortier ,Toegepaste vloeistofmechanica, 5e, herziene druk 1980	Bindend	Nee
TAW, Technisch Rapport Asfalt voor Waterkeren, DWW-2002-121, november 2002	Bindend	Nee
CUR 200 Natuurvriendelijke oevers: Aanpak en toepassingen	Bindend	Nee
CUR 201 Natuurvriendelijke oevers: belasting en sterkte	Bindend	Nee
Handboek wegontwerp CROW publicatie 164	Bindend	Nee
Verkeersbruggen conform NEN 6723; of NEN 6706 2007 (voorloper op eurocode) verkeersklasse 60, hoofdverkeerswegen.	Bindend	Nee

BIJLAGE 2

Overzicht van geraadpleegde personen en instanties

Instantie	Naam	Datum	Onderwerp
Projectorganisatie Veessen-Wapenveld	Jan Bouman	Diverse	Algemeen/Ontwerp
Projectorganisatie Veessen-Wapenveld	Robbert Bruin	Diverse	Algemeen/Ontwerp
PDR	Peter Jesse	Diverse	Technisch overleg
Provincie Gelderland	Roy Hendriks	Diverse	Technisch overleg
Waterschap Veluwe	John Meyberg	Diverse	Technisch overleg
Waterschap Veluwe	Joost Borgers	Diverse	Technisch overleg
RWS	Eric ten Cate	Diverse	Technisch overleg
Gemeente Heerde	J. Schuurman	Diverse	Technisch overleg

BIJLAGE 3

Documentenbeheer

Naam document		VW TM Grote kunstwerken		
Documentcode	075246711A.12			
SNIP-code	5.8.9			
Status document	Definitief			
Ondergane kwaliteitsactiviteiten	Naam	Datum	Paraaf	
Opgesteld en aangepast door	Sylvain van der Velde Bert Wesselink	10 juni 2011		
Inhoudelijk gecontroleerd	Hessel Voortman, Gertjan Schaap	10 juni 2011		
Vereisten gecontroleerd	Arjan ter Harmsel	16 juni 2011		
Vrijgegeven door ON	Arjan ter Harmsel	16 juni 2011		

BIJLAGE 4

Verificatie

Dit document dient te voldoen aan de volgende eisen:

- Eisen uit handboek SNIP;
- Eisen uit factsheet;
- Eisen vanuit wet- en regelgeving;
- Eisen vanuit raakvlakken.

Eisen uit SNIP-handboek

SNIP-code	Snip-vereiste	Toelichting	Verwerkt
2.1.1	Programma van Eisen projectontwerp	Specifiek voor ontwerp bouwen kunstwerken	Ja
3.2.2	Beschrijving van alle te realiseren ingrepen in het plangebied	Specifiek voor ontwerp bouwen kunstwerken	Ja
3.2.3	Motivering voor de keuze van het projectontwerp in termen van de doelstellingen veiligheid en ruimtelijke kwaliteit en van de randvoorwaarden tijd en geld	Specifiek voor ontwerp bouwen kunstwerken	Ja
5.8.2	PvE voor het projectontwerp	Specifiek voor ontwerp bouwen kunstwerken	Ja
5.8.4	Gebiedsdekkende kaarten, schaal 1: 2500	Specifiek voor ontwerp bouwen kunstwerken	Ja
5.8.5	Dwarsprofielen en detailkaarten van voor veiligheid en ruimtelijke kwaliteit cruciale objecten	Specifiek voor ontwerp bouwen kunstwerken	Ja
6.1.1	Leeswijzer voor alle documenten	Paragraaf 1.6	Ja

Aanvullende eisen uit Factsheet

code	Eis uit factsheet	Toelichting	Verwerkt
5.8	Ontwerp conform beleidsregels Rijkswaterstaat, Gemeente Heerde en Waterschap Veluwe	Ontwerp is in afstemming met Rijkswaterstaat, Gemeente Heerde en Waterschap Veluwe vastgesteld.	Ja
5.8	Kostenbewust	De besparingsopdracht is het uitgangspunt geweest voor het kostenbewust ontwerpen. Ontwerpkeuzes zijn financieel onderbouwd.	Ja
5.8	Vertrekpunt voor SNIP 3 is SNIP 2A	In de in SNIP 2A opgenomen basis gegevens zijn vastgesteld en als vertrekpunt voor SNIP 3 aangehouden	Ja

Wet- en regelgeving

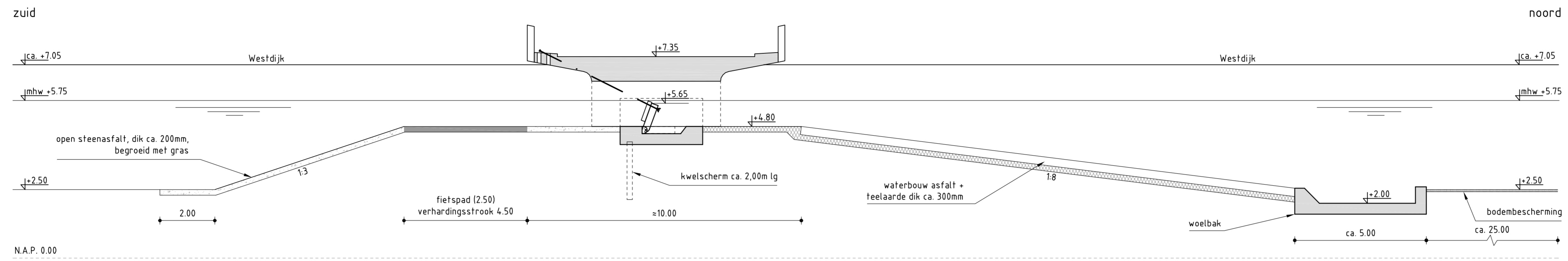
- MER, Nb-wet en Flora- en faunawet en wellicht ook de Waterwetvergunning/Keur.

Eisen vanuit raakvlakken

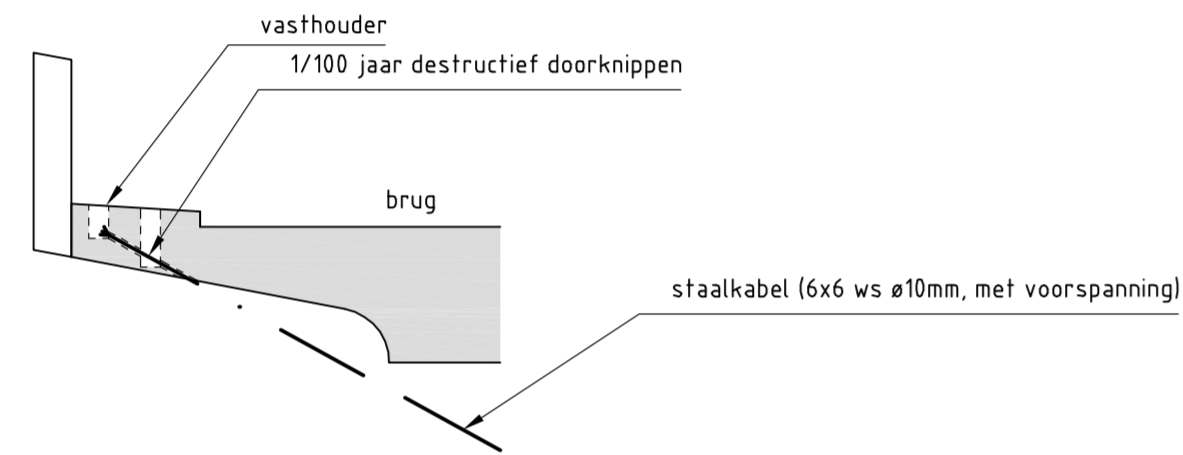
Product	Raakvlak	Toelichting	Verwerkt
Tweezijdige raakvlakken: input en outputrelatie			
Inrichtingsplan	Het ontwerp bouw- en kunstwerken maakt deel uit van het projectontwerp en is in nauwe samenspraak met andere deelaspecten in het projectontwerp opgesteld.	paragraaf 4.4, 5.4 en 6.4	Ja
Vergunningen	Vanuit vergunningen kunnen eisen aan het ontwerp gesteld worden (o.a. natuur- en milieuwet- en regelgeving; ontwerp dient vergunbaar te zijn. Anderzijds kan het Inrichtingsplan of het RIP een bijlage zijn bij de vergunningaanvraag.	paragraaf 4.4, 5.4 en 6.4	Ja
Rivierkunde / Hydraulica & Morfologie	Projectontwerp dient aan bepaalde taakstelling te voldoen en anderzijds moet ontwerp getoetst worden aan de taakstelling	paragraaf 4.3, 5.3 en 6.3	Ja
Hydrologie	Het leegstromen van de geul wordt bepaald door de watergangen en de uitlaat. Het ontwerp van de watergangen, duikers (Plakkenweg) en uitlaat dient daarom op elkaar afgestemd te zijn.	paragraaf 5.3, 5.4 en 5.5	Ja
Beheer & Onderhoud	Beheer & Onderhoud levert een bijdrage aan het waarborgen van het robuust ontwerp, d.w.z. het blijven waarborgen van de veiligheid tegen overstroming. Projectontwerp dient ook voldoende beheerruimte te bevatten.	paragraaf 4.3	Ja
Kabels & Leidingen	Ligging gasleiding.	paragraaf 8.1	Ja
Uitvoeringsplan	Ontwerp bepaalt wijze van uitvoering vanuit uitvoering kunnen ook eisen aan het ontwerp worden gesteld.	paragraaf 4.4, 5.4 en 6.4	Ja
Eenzijdig raakvlak: input voor dit rapport volgt uit:			
Bodem	Fysische bodemkwaliteit bepaalt mede het ontwerp	paragraaf 4.4, 5.4 en 6.4	Ja
Dijkontwerp	Ontwerp van de dijken maakt deel uit van het projectontwerp	paragraaf 4.4, 5.4 en 6.4	Ja
Eenzijdig raakvlak: Dit rapport levert informatie aan:			
Adviesnota	Samenvatting van Ontwerp	Zie Adviesnota	Ja
Rijksinpassingsplan	RIP dient realisatie van het ontwerp mogelijk te maken	Zie RIP	Ja
MER	Ontwerp wordt in MER op milieueffecten beoordeeld	Zie MER	Ja
Grondstromenplan	Ontwerp en aanwezige bodemkwaliteit bepaalt de grondstromen	Zie Grondstromenplan	Ja
PRI-raming	Ontwerp bepaalt de kosten	Zie PRI-raming	Ja
Planning	Volgorde van inrichtingsmaatregelen volgt uit het ontwerp, wordt in uitvoeringsplan nader uitgewerkt	Zie Uitvoeringsplan	Ja
Risicoregister	Risico's t.a.v. ontwerp	Zie Risicoregister	Ja

BIJLAGE 5

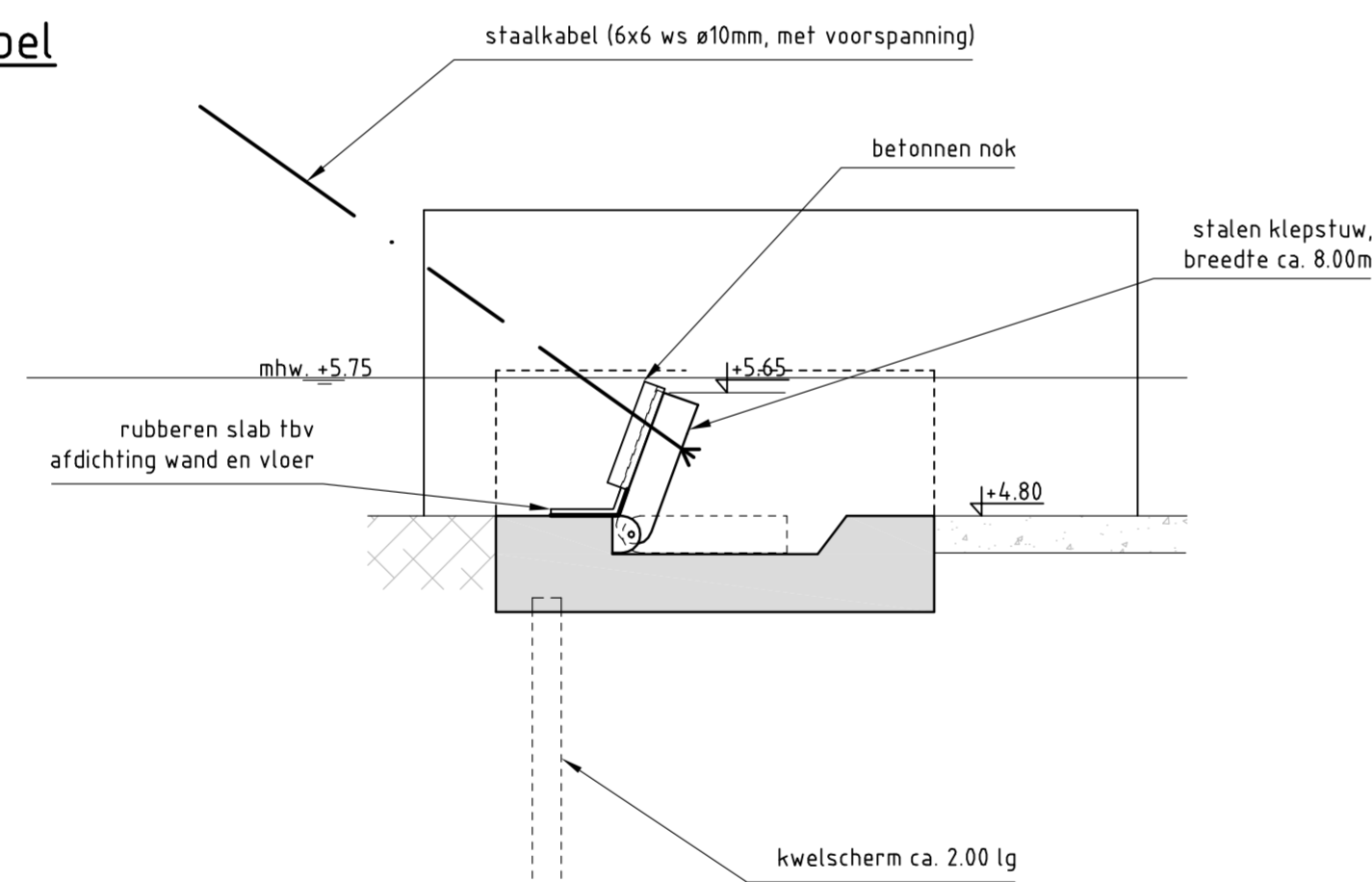
Ontwerp inlaat “Kleppen over de volle breedte”



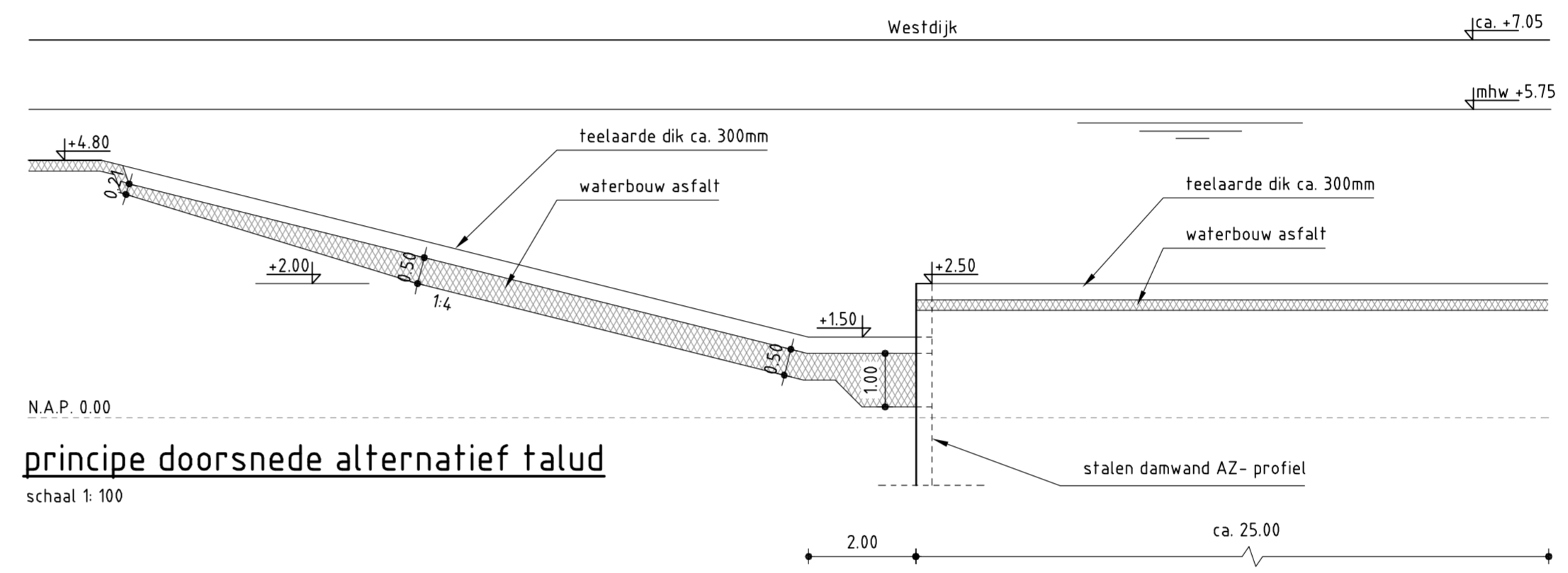
principe doorsnede Kerkdijk
 schaal 1: 100



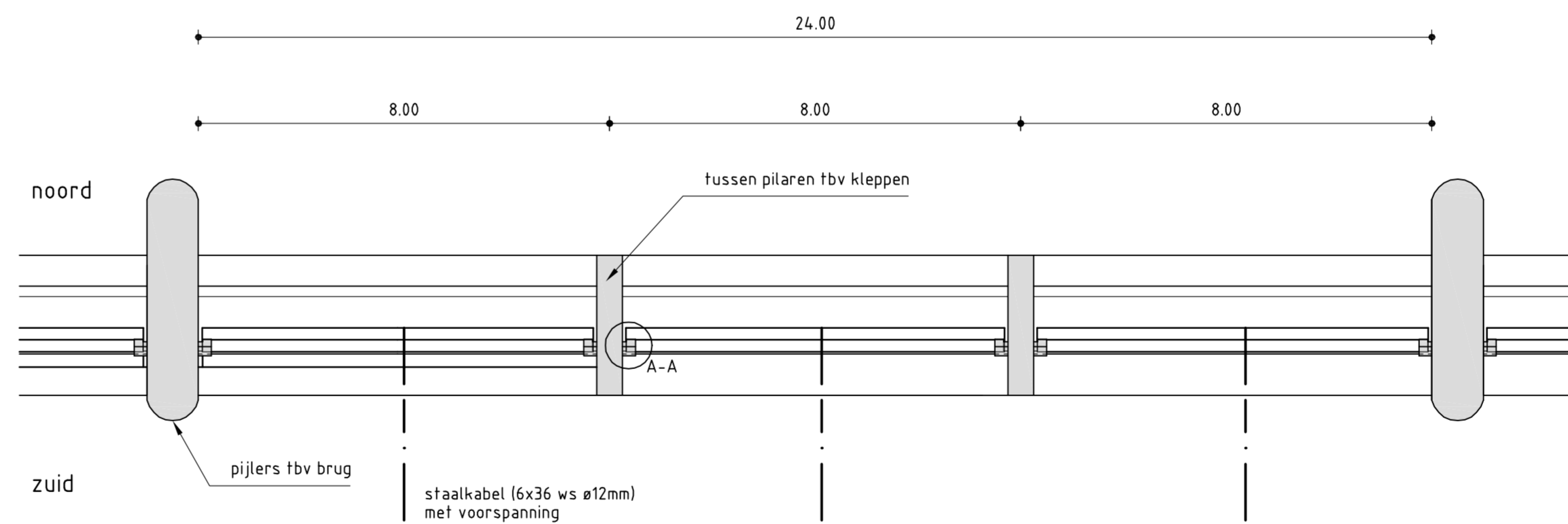
principe detail staalkabel
 schaal 1: 50



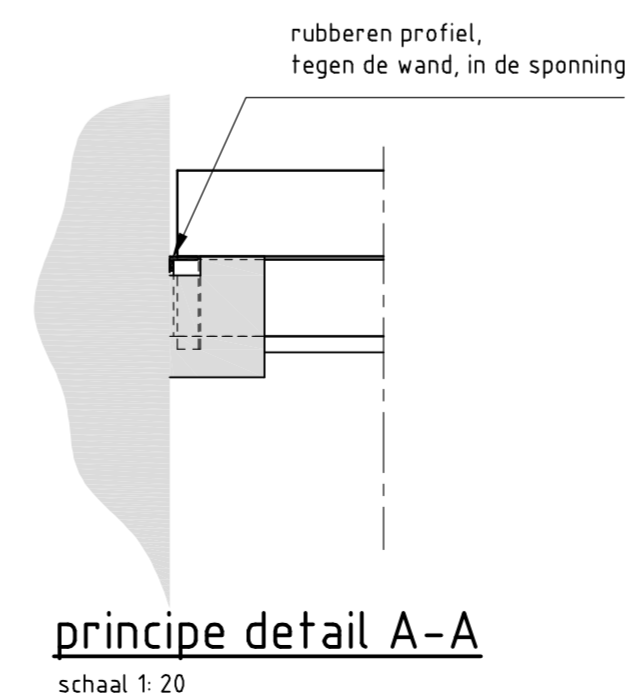
principe detail klepstuw
 schaal 1: 50



principe doorsnede alternatief talud
 schaal 1: 100



principe bovenaanzicht klepstuw
 schaal 1: 100



principe detail A-A
 schaal 1: 20



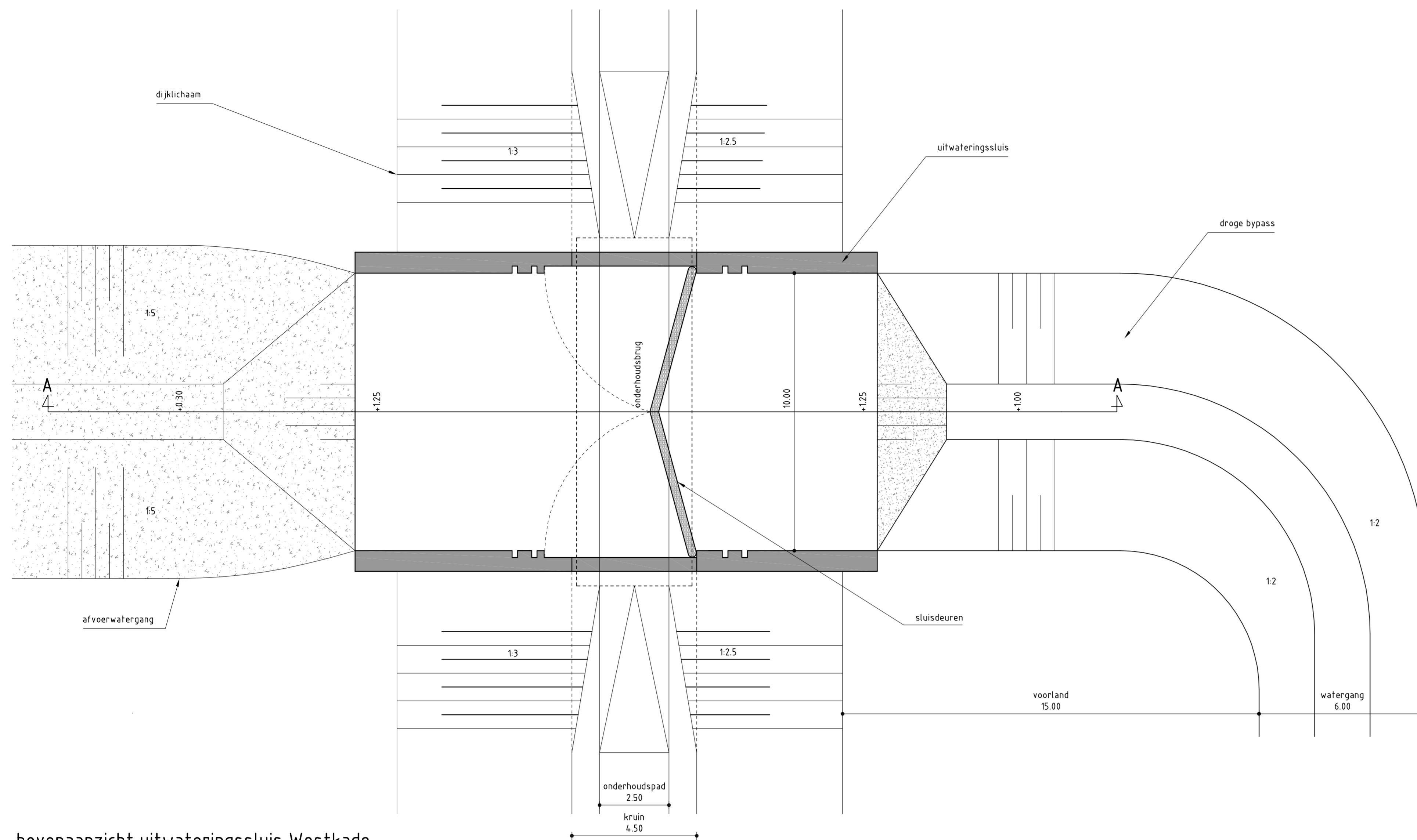
overzicht Kerkdijk



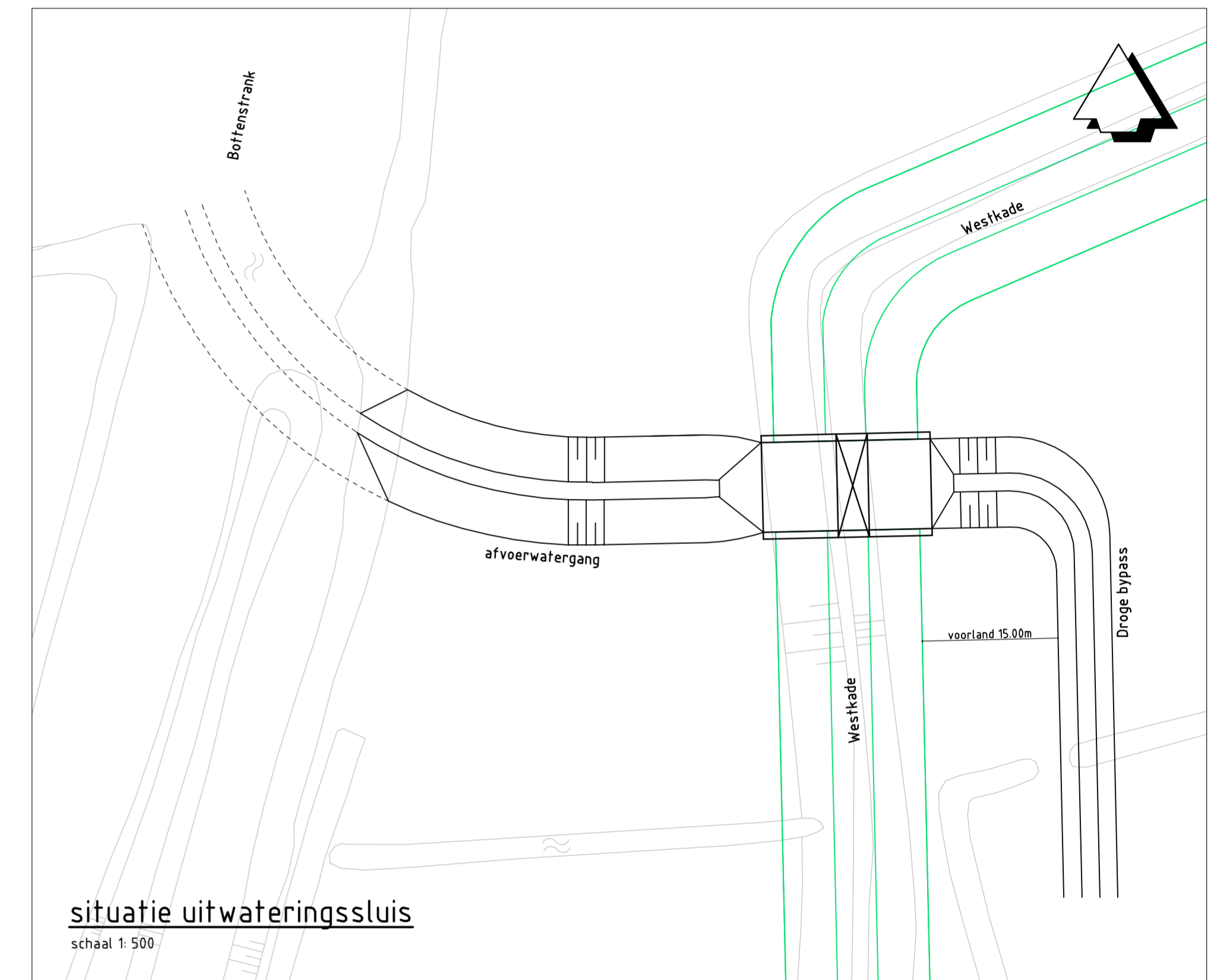
Versie : D	Datum : 22-12-2010	Getekend : bargeb2
Omschrijving : voortoets		
Versie : C	Datum : 05-11-2010	Getekend : bouwman1
Omschrijving :		
Versie : B	Datum : 26-8-2010	Getekend : bouwman1
Omschrijving :		
Versie : A	Datum : 23-8-2010	Getekend : bouwman1
Omschrijving :		
Gecontroleerd : veldes	Vrijgegeven : harmsela	
ARCADIS Infrastructuur, milieu, gebouwen		Het Rietveld 59a Postbus 673 7300 AR Apeldoorn Tel 055 5815 999 Fax 055 5815 599 info@arcadis.nl www.arcadis.nl

Oprachtgever : Provincie Gelderland		
Ontwerp :		
Project : Veessen-Wapenveld Hoogwatergeul SNP 3		
Onderwerp : Inlaat: kleppen over de volle breedte		
Fase : Voorontwerp		
Schaal : 150/1100	Divisie : Water	
Bladformaat : A1 (594 x 841)	Status : Concept	
Bestek nr. :	Projectleider : Raalten, DW	
Projectnummer :	Tekeningnummer : Versie :	
C03021.000043.1000	HWG 01	D

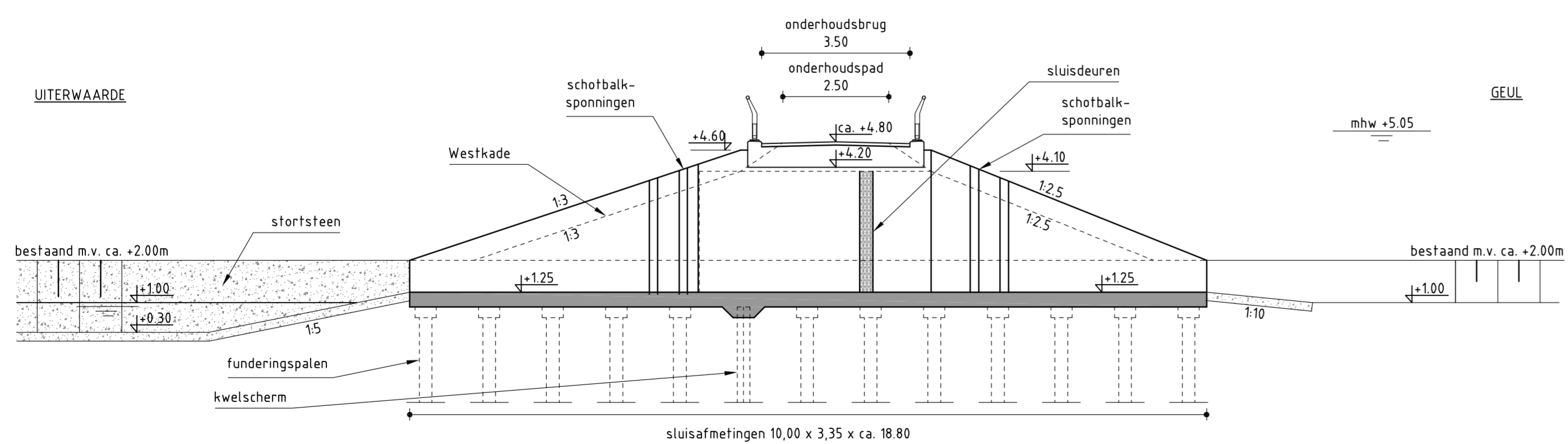
BIJLAGE 6 Ontwerp uitwateringsluis



bovenaanzicht uitwateringssluis Westkade
 schaal 1:200



situatie uitwateringssluis
 schaal 1:500



principedorsnede A-A uitwateringssluis Westkade
 schaal 1:100

Opmerkingen:
 - eventuele maatregelen tbv hoogwater zijn het afsluiten van de weg en het verwijderen van de leuningen ivm drijfvuil;
 - berekeningen en detaillering dienen in het U.O. nader te worden uitgewerkt.

Versie : D	Datum : 22-12-2010	Getekend : bargeb2
Omschrijving : voortoets		
Versie : C	Datum : 12-11-2010	Getekend : bargeb2
Omschrijving : concept		
Versie : B	Datum : 26-8-2010	Getekend : bouwman1
Omschrijving :		
Versie : A	Datum : 23-8-2010	Getekend : bouwman1
Omschrijving :		
Gecontroleerd : veldes	Vrijgegeven : harmsela	
 ARCADIS Infrastructuur, milieu, gebouwen		Het Rietveld 59a Postbus 673 7300 AR Apeldoorn Tel 055 5815 999 Fax 055 5815 599 info@arcadis.nl www.arcadis.nl
Oprachtgever : Provincie Gelderland		
Ontwerp :		
Project : Veessen-Wapenveld Hoogwatergeul SNP 3		
Onderwerp : Uitwateringssluis		
Fase : Voorontwerp		
Schaal : zie tekening	Divisie : Water	
Bladformaat : A1 (594 x 841)	Status : Concept	
Bestek nr. :	Projectleider : Raalten, DW	
Projectnummer :	Tekeningnummer :	Versie :
C03021.000043.1000	HWG 04	D

BIJLAGE 7

Tracé bruggen Kerkdijk (inlaat) + Werverdijk

Zie tekening HWC 02 in de bijlage van het Inrichtingsplan

BIJLAGE 8

Berekening taludbescherming inlaat + Woelbak

MEMO

Onderwerp:

Hoorn,
19 augustus 2010

Van:
Fred Lenting

Afdeling:
Waterbouw

Aan:
Sylvain van der Velden

Projectnummer:
C03021.000043

Opgesteld door:
Fred Lenting

Ons kenmerk:
075351707:A

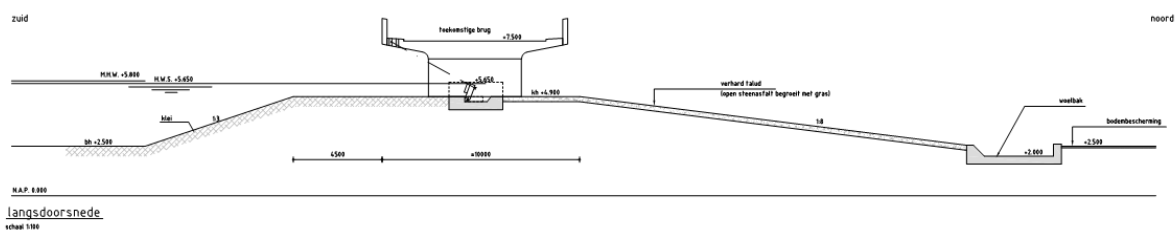
Kopieën aan:
Hessel Voortman

ARCADIS NEDERLAND BV
Nieuwe Steen 3
Postbus 173
1620 AD Hoorn
Tel 0229 285 285
Fax 0229 219 996
www.arcadis.nl

DIVISIE WATER

In deze memo wordt de schets van de variant “Kleppen over de volle breedte” nader uitgewerkt tot een voorlopig ontwerp.

In onderstaande afbeelding is de variant te zien welke in deze memo geoptimaliseerd wordt tot een VO.



Voor het uitwerken hiervan gelden een aantal uitgangspunten:

- De maximale waterstand welke op kan treden bedraagt NAP + 5.95 m
- De kleppen gaan één voor één open
- De levensduur is 100 jaar
- Het geheel dient een ‘groen’ uiterlijk te hebben

ARCADIS

Hydraulische randvoorwaarden.

Als gevolg van het openen van de kleppen zal het water gaan stromen door het aanwezige verval. Als conservatieve benadering worden kleine verdragingsverliezen als gevolg van hoeken verwaarloosd waardoor de hydraulische randvoorwaarden bepaald mogen worden met de Wet van Bernouilli, waarbij plaatshoogte wordt omgezet in snelheidshoogte als het water naar beneden stroomt.

Het maximale verval waarmee gerekend wordt is het verschil tussen de maximale waterstand (NAP +5,95 m) en de kruinhoogte van drempel (NAP +4.90 m).

De overlaat kan beschouwd worden door een volkomen lange overlaat. Lang omdat zich boven de drempel rechte stroomlijnen ontwikkelen en volkomen omdat de benedenwaterstand geen remmende invloed uitoefent op de afvoer. De afvoercoëfficiënt van de overlaat is conservatief op 1 gesteld.

De berekening van de maximale stroomsnelheid is in Bijlage B1 toegevoegd. De maximaal optredende stroomsnelheid aan de onderzijde van het binnentalud bedraagt circa 8 m/s.

Type en helling binnentalud

Deze grote stroomsnelheid bepaald het type bekleding.

De bekleding kan bestaan uit een plaatbekleding of uit losse elementen. Aangezien de hoge stroomsnelheid leidt tot zeer grote afmetingen van de losse elementen, is dit type bekleding onrealistisch gezien de hoge kosten hiervan.

Als plaatbekleding is waterbouwasfalt een goede oplossing omdat deze een vlakke plaat vormt waar het water overstroomt. Omdat waterbouwasfalt dicht is, krijg het water geen kans om het asfalt stuk te maken. Dit kan wel optreden bij open steenasfalt waardoor dit geen alternatief is.

Vol en zat gepenetreerd breuk heeft nagenoeg dezelfde eigenschappen als waterbouwasfalt en vormt daarmee een goed alternatief. De afweging tussen beide zal grotendeels bepaald worden door de financiële aspecten zoals aanschaf en verwerking van beide materialen.

Een goed alternatief is Elastocoast. Dit is een bekleding welke in ontwikkeling is en bestaat uit stortsteen wat door middel van een component aan elke gelijmd wordt. Dit is tot nu toe in een aantal projecten succesvol toegepast maar voordat dit een haalbaar alternatief is, is het noodzakelijk om hiervan meer informatie te verkrijgen, onder andere of het succesvol toegepast kan worden onder hoge stroomsnelheden.

Vooralsnog wordt uitgegaan van een bekleding van waterbouwasfalt, met als alternatief vol en zat gepenetreerd breuksteen.

Voor beide is de maximale taludhelling 1:3 in wateroverdrukkenzone. Dit is ook afhankelijk van de grondmechanische stabiliteit van het buitentalud en de stabiliteit van het mengsel.

Hier wordt een talud van 1:4 aangehouden wat ook voor het beheer een werkzaam talud oplevert.

ARCADIS

Het talud dient een 'groen' uiterlijk te krijgen. Dit is mogelijk door een laag teelaarde op het talud aan te brengen wat begroeid kan worden.

Hierbij dient voldoende aandacht besteed te worden aan de stabiliteit van het pakket zodat deze niet afschuift, met name door een waterfilm welke op kan treden tussen het waterdichte asfaltpakket en het grondpakket.

De mogelijke oplossingen hiervoor zijn:

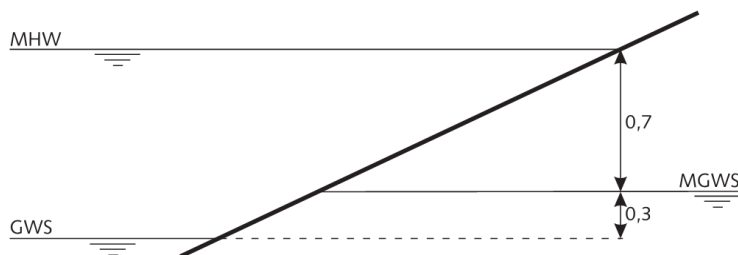
- Vergroten ruwheid bekleding door uitsteeksels;
- Aanbrengen waterafvoerende laag of onderdelen in het grondpakket;
- Het aanbrengen van een ondersteunende grondberm in de vorm van een flauwer talud van het grondpakket.

Dikte binnentalud

De dikte van de bekleding op het binnentalud wordt bepaald door de wateroverdrukken welke kunnen ontstaan als gevolg van langdurige waterstandverschillen aan weerszijden van de inlaat.

Als gevolg van hoogwater aan de buitenzijde van de inlaat, kan de grondwaterstand in het grondlichaam stijgen waardoor de waterdruk onder de bekleding groter kan worden dan het eigen gewicht van de bekleding.

Het niveau van de maatgevende grondwaterstand in het grondlichaam (MGWS) wordt voor rivierdijken in geschat conform onderstaande afbeelding, zie bijlage B2.



Niveau van de maatgevende grondwaterstand bij rivierdijken

Dit is een veilige inschatting van de grondwaterstand in het dijklichaam uit het Technisch Rapport Asfalt voor Waterkeren [2].

Er wordt een conservatieve aanname voor de GWS gemaakt, namelijk dat deze gelijk is aan het maaiveld. Vervolgens wordt conform [2] de laagdikte bepaald. Deze dient minimaal 0.50 m te bedragen tot een hoogte van NAP + 2m. Daarboven neemt de laagdikte lineair af tot 0.2 m aan de bovenzijde van het binnentalud.

Het reduceren van de opwaartse waterdruk onder de bekleding leidt tot een dunnere bekleding en kan mogelijk verkregen worden door:

- Het aanbrengen van watervoerende laag onder de bekleding van het binnentalud
- Het aanbrengen van de waterdichte voorzieningen aan de buitenzijde van het grondlichaam
- Het plaatsen van drainage in het dijklichaam

ARCADIS

Aandacht- en controlepunten voor DO:

- watersprong komt los van talud en valt horizontaal gemeten circa 1,5 m verder op het talud;
- bekleding is niet getoetst op zuiging als gevolg van het loskomen van de waterstroom aan de bovenzijde van het binnentalud;
- overgang binnentalud op horizontale bekleding dient gestroomlijnd te worden.

Buitentalud

Indien de klep geopend wordt, gaat ook het water over het buitentalud stromen. De stroomsnelheid aan de bovenzijde van het buitentalud is maatgevend en is gelijk aan de stroomsnelheid aan de bovenzijde van het binnentalud. Deze is in Bijlage B1 al bepaald (u_2) en bedraagt circa 3 m/s.

Er zijn diverse mogelijkheden om het buitentalud te bekleden, onder andere stortsteen (eventueel gepenetreerd of Elastocoast), asfalt en zetsteen.

Een kleibekleding is niet in staat om deze stroomsnelheden te weerstaan, zeker niet omdat deze belasting relatief langdurig optreedt.

Omdat ook het buitentalud een groen uiterlijk moet hebben, wordt gekozen voor open steenasfalt omdat dit bestand is tegen de optredende stroomsnelheid én begroeid kan worden.

Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de wortels van bomen en struiken de bekleding kunnen aantasten.

De dikte van de bekleding is de minimaal benodigde laagdikte namelijk 0.2 meter.

Woelbak

De waterstroom loopt van het talud over op de bodembescherming.

Uiteindelijk stroomt het water in de droge geul en zal de waterstroom de zogenaamde evenwichtssituatie benaderen waarbij de weerstand van de ondergrond gelijk is aan de zwaartekrachtscomponent langs de bodemhelling.

De evenwichtsdiepte wordt berekend met Chézy en is in bijlage B3 uitgevoerd welke leidt tot een conservatieve evenwichtsdiepte van circa 3 m.

Het water wat van het talud af stroomt, heeft een dusdanig grote snelheid dat het water schietend is. Dit water botst op het water wat al de evenwichtsdiepte heeft bereikt, wat leidt tot een watersprong.

Om te voorkomen dat de watersprong op een grote afstand van de overlaat optreedt, wordt de watersprong dicht bij de overlaat gecreëerd door het aanbrengen van een woelbak in de vorm van een verticale damwand. In de meest conservatieve benadering treedt de evenwichtsdiepte direct achter de damwand op, waardoor de lengte van de watersprong 7 tot 10 keer het verschil tussen beide waterdiepte bedraagt, circa 25 m. De damwand zal dus bij de meeste conservatieve benadering op 25 m achter het binnentalud moeten worden geplaatst.

ARCADIS

Aandacht- en controlepunten voor DO:

- overgang talud op horizontale bekleding dient gestroomlijnd te zijn
- draagvermogen ondergrond t.p.v. overgang helling op woelbak dient gecontroleerd te worden aan de hand van waterdruk. Eventueel versterking ondergrond in de vorm van zandbed
- aansluiting van de bodembescherming met damwand is aandachtspunt.
- De locatie van de damwand en optimalisatie van de lengte van de bodembescherming dient onderzocht te worden door middel van modelproeven en de inzet van (externe) specialisten.
- Het ontwikkelen van de evenwichtsdiepte als het water de droge hoogwatergeul binnenstroomt en de optredende stroomsnelheid hierbij is buiten beschouwing laten. Dit kan mogelijk leiden tot het aanbrengen van bodembescherming in de hoogwatergeul. Het modelleren hiervan is noodzakelijk.

Literatuurlijst:

1. ir. I.W. Nortier ,Toegepaste vloeistofmechanica, 5e, herziene druk 1980
2. TAW, Technisch Rapport Asphalt voor Waterkeren, DWW-2002-121, november 2002
3. CUR 200 Natuurvriendelijke oevers: Aanpak en toepassingen
4. CUR 201 Natuurvriendelijke oevers: belasting en sterkte

Project: Inlaat Veessen-Wapenveld Hoogwatergeul snip 3
Project nummer: C03021.000043
Onderwerp: Bijlage 1 Bernouilli tbv max stroomsnelheid Binnentalud
Datum: 24 augustus 2010
Opgesteld: ir. F.V. Lenting
Gecontroleerd: dr. ir. H.G. Voortman
Vrijgegeven: ir. F.V. Lenting
Status: Versie A

Bronnen:

- 1) ir. I.W. Nortier, Toegepaste vloeistofmechanica, 5e, herziene druk 1980
- 2)

Definities

$$h_{\max} := 5.95\text{m}$$

$$h_{\text{kruin}} := 4.9\text{m}$$

$$h_{\text{maaiveld}} := 2.5\text{m}$$

Wet van Bernouilli

$$H := z + h + \frac{u^2}{2g} \quad \text{--> Wet van Bernouilli}$$

Referentievlak is NAP

Snede 1: ter plaatse van gesloten klep

$$z_1 := h_{\text{kruin}} = 4.9\text{m}$$

$$h_1 := h_{\max} - h_{\text{kruin}} = 1.05\text{m}$$

$$u_1 := 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$H_1 := z_1 + h_1 + \frac{u_1^2}{2g} = 5.95\text{m}$$

Snede 2: ter plaatse van overlaat (bovenzijde binnentalud)

$$z_2 := h_{\text{kruin}} = 4.9 \text{ m}$$

$$h_2 := \frac{2}{3} h_1 = 0.7 \text{ m}$$

--> Het betreft een volkomen overlaat waarvoor geldt $h_2 = 2/3 h_1$

$$H_2 := H_1 = 5.95 \text{ m}$$

$$H_2 := z_2 + h_2 + \frac{u_2^2}{2g}$$

$$u_2 := 2.62 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$q_2 := h_2 \cdot u_2 = 1.834 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Snede 3: ter plaatse van begin bodembescherming (onderzijde binnentalud)

$$z_3 := h_{\text{maximaal}} = 2.5 \text{ m}$$

$$q_3 := q_2 = 1.834 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$H_3 := H_1 = 5.95 \text{ m}$$

$$H_3 := z_3 + h_3 + \frac{u_3^2}{2g}$$

$$q_3 := h_3 \cdot u_3$$

$$h_3 := 0.23 \text{ m}$$

$$u_3 := 7.95 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$q_3 := h_3 \cdot u_3 = 1.829 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Project: Inlaat Veessen-Wapenveld Hoogwatergeul snip 3

Project nummer: C03021.000043

Onderwerp: Bijlage 2 Wateroverdruk binnentalud bekleding

Datum: 24 augustus 2010

Opgesteld: ir. F.V. Lenting

Gecontroleerd: dr. ir. H.G. Voortman

Vrijgegeven: ir. F.V. Lenting

Status: Versie A

Bronnen:

1) Technisch Rapport Asphalt voor Waterkeren, November 2002, TAW;

2)

Definities:

$\rho_w := 1025 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ -> Dichtheid van zoet rivierwater

$\rho_a := 2300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ -> Dichtheid waterbouwasfalt (conform bron [1], tabel 7.3)

Randvoorwaarden

$h_{\text{mhw}} := 5.95\text{m}$ -> Ontwerppeil ten opzichte van NAP

$\text{GWS} := 2.5\text{m}$ -> Conservatieve aanname: Gemiddelde waterstand (NAP +m) bevindt zich op maaiveld

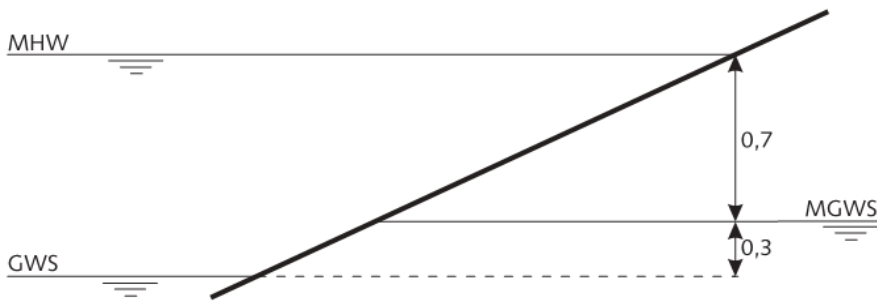
$\alpha := \text{atan}\left(\frac{1}{4}\right) = 14.04 \cdot \text{deg}$ -> taludhelling te beschouwen bekleding

$h_{\text{ondergrens_asfalt}} := 0.5\text{m}$ -> Onderkant waterbouwasfalt t.o.v. NAP, incl woelbak en asfaltdikte

$h_{\text{bovengrens_asfalt}} := 4.90\text{m}$ -> Bovenzijde waterbouwasfalt t.o.v. NAP

Bepaling laagdikte benodigd tegen wateroverdrukken

Berekening conform bron [1] paragraaf 7.3



Niveau van de maatgevende grondwaterstand bij rivierdijken

$$\text{MGWS} := \text{GWS} + 0.3(h_{\text{mhw}} - \text{GWS}) = 3.54 \text{ m} \quad \rightarrow \text{Maatgevende grondwaterstand (NAP +m) als functie van Noordzeewaterstand conform bron [1] fig. 7.5}$$

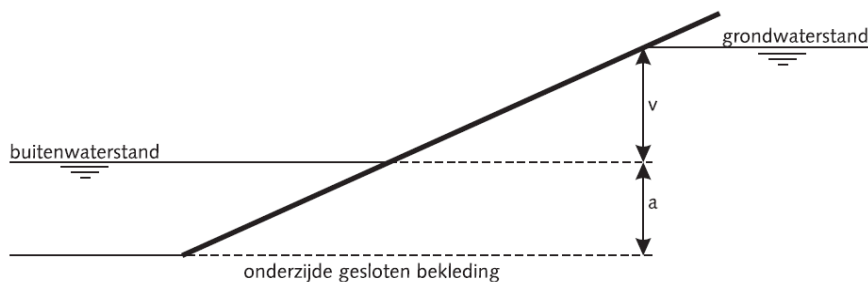
$$R_w := 1$$

\rightarrow Reductiefactor < 1 als maatgevende buitenwaterstand lager is dan gemiddelde waterstand. Anders $R_w=1$. Controle volgt verderop

$$Q_n := \frac{0.96}{\cos(\alpha)^{1.4}} = 1$$

\rightarrow taludfactor, conform bron [3] paragraaf 6.3 of af te lezen uit bron [1] figuur 7.10

Bepaling van waterstand waarbij maximale wateroverdruk optreedt:



Theoretisch treedt de grootste wateroverdruk op in de situatie bij een buitenwaterstand v onder de grondwaterstand, waarbij v gelijk is aan 53% van de totale afstand tussen grondwaterstand en de onderzijde van de gesloten bekleding.

$$a := 0.47 \cdot (\text{MGWS} - h_{\text{ondergrens_asfalt}}) = 1.43 \text{ m}$$

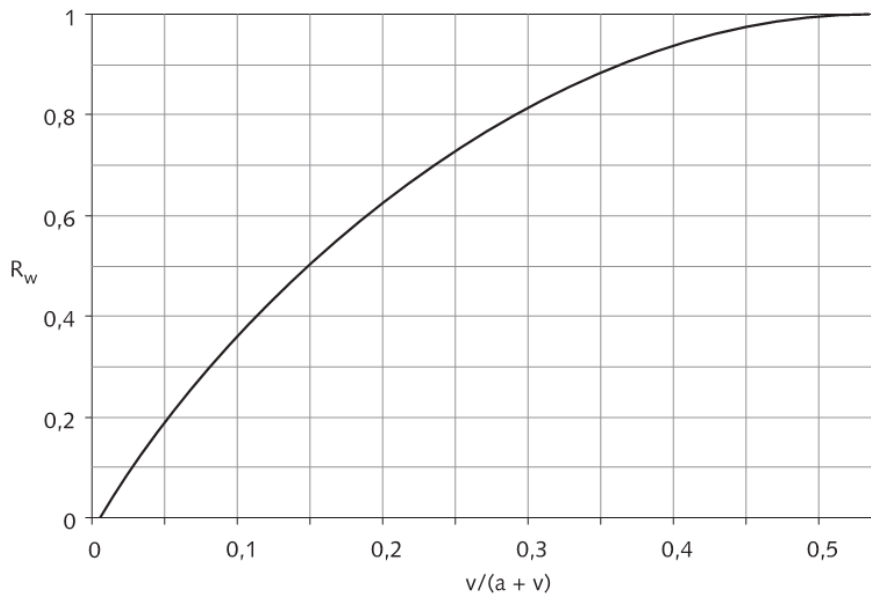
$$v := 0.53 \cdot (\text{MGWS} - h_{\text{ondergrens_asfalt}}) = 1.61 \text{ m}$$

$$h_{\Delta P_{\text{max}}} := h_{\text{ondergrens_asfalt}} + a = 1.93 \text{ m}$$

\rightarrow Buitenwaterstand boven onderzijde bekleding waarbij maximale wateroverdruk optreedt t.o.v m NAP, conform Bron [1], fig. 7.8.

$$\text{Check aanname } R_w = 1: \quad h_{\Delta P_{\text{max}}} = 1.93 \text{ m} \quad > \quad \text{GWS} = 2.5 \text{ m}$$

Aanname niet correct



Bepaling van Reductiefactor:

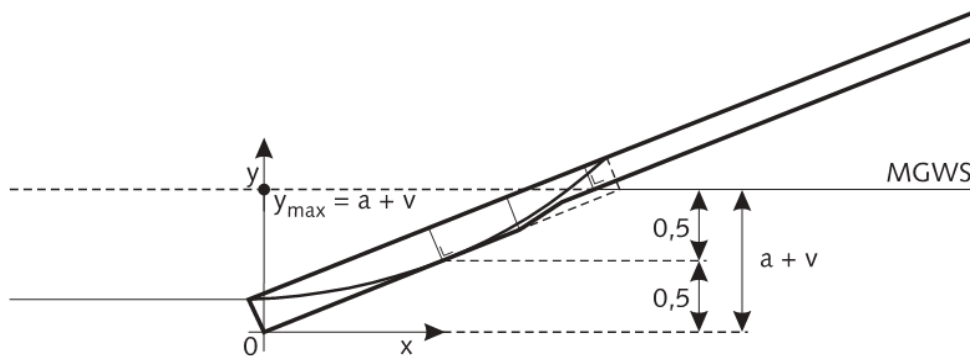
$$\frac{v}{a+v} = 0.53 \quad R_w \rightarrow 1$$

Bepaling maximaal benodigde laagdikte

$$d_{\text{max_benodigd}} := 0.21 Q_n \cdot (a + v) \cdot \frac{\rho_w}{\rho_a - \rho_w} \cdot R_w = 0.51 \text{ m} \quad \rightarrow \text{formule conform Bron [1] paragraaf 7.3.4}$$

Bovenstaande waarde $d_{\text{max_benodigd}}$ betreft de benodigde laagdikte ter plaatse van de maatgevende wateroverdruk. Langs het talud zal deze overdruk variëren, zodat een reductie op de laagdikte mogelijk is. Een en ander conform onderstaande formule (bron [1] paragraaf 7.3.4):

$$d(y) := \frac{4}{a + v} \cdot d_{\text{max_benodigd}} \cdot \left(y - \frac{y^2}{a + v} \right)$$



Figuur 7.11 Bepaling van de benodigde laagdikte in de wateroverdrukkenzone

De benodigde laagdikte is maximaal op $0.5 \cdot (a + v)$. Daarboven kan de laagdikte gereduceerd worden. De minimaal benodigde laagdikte is 0.2 m uit praktische uitvoerbaarheid. Er is aangenomen dat de laagdikte lineair afneemt van de maximale laagdikte (0.5 m) op NAP +1.93 tot de minimale laagdikte (0.2 m) aan de bovenzijde van het binnentalud.

Project: Inlaat Veessen-Wapenveld Hoogwatergeul snip 3

Project nummer: C03021.000043

Onderwerp: Bijlage 3 Woelbak en Bodembescherming

Datum: 24 augustus 2010

Opgesteld: ir. F.V. Lenting

Gecontroleerd: dr. ir. H.G. Voortman

Vrijgegeven: ir. F.V. Lenting

Status: Versie A

Bronnen:

1) ir. I.W. Nortier, Toegepaste vloeistofmechanica, 5e, herziene druk 1980

2)

$$q := 1.85 \frac{\frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\text{m}}$$

$$b := 1 \text{ m}$$

$$C := 40 \frac{\sqrt{\text{m}}}{\text{s}}$$

-> Conservatieve aanname voor coefficient van Chézy

$$I := 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

-> Conservatieve aanname verhang hoogwatergeul

$$h_e := \sqrt[3]{\frac{q^2}{b^2 \cdot C^2 \cdot I}} = 2.776$$

$$u_e := \frac{q}{h_e} = 0.666 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

De lengte van de watersprong is circa 7 á 10 keer het verschil tussen de evenwichtsdiepte en de waterdiepte aan het einde van de helling ($h = 0.23 \text{ m}$, zie bijlage 1).

De lengte van de bodembescherming is daarmee gesteld op 25 m

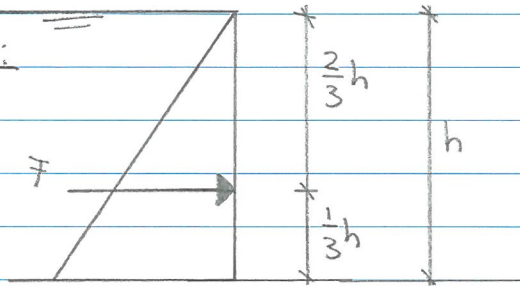
BIJLAGE 9

Berekening krachten in kabel kleppen

Berekening kracht in kabel (1)

Variant: klepjes over de volle breedte

Schematisatie:



$$h = 0,75 \text{ m } (= 5,65 - 4,90)$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

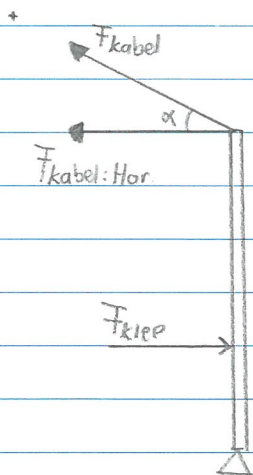
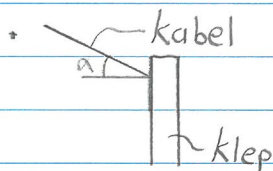
$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{breedte klep} = \pm 80 \text{ m}$$

Berekening: $F = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot h^2 = 2800 \text{ N/m} = 2,8 \text{ kN/m}$

$$F_{\text{klep}} = 2,8 \text{ kN/m} \cdot 8,0 = 22,4 \text{ kN}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(1,85/4,2) \approx 25^\circ$$



$$F_{\text{kabel:Hor}} = \frac{22,4 \cdot \frac{1}{3}h}{h} = 7,5 \text{ kN}$$

$$F_{\text{kabel}} = \frac{7,5}{\cos 25^\circ} = 8,3 \text{ kN}$$

+ Een factor 3 toevoegen i.v.m.:

* kleine hoek v/d klep: de kracht in de kabel wordt hierdoor iets groter

* de kabel grijpt niet aan op de bovenkant v/d klep maar iets lager: kleinere arm \rightarrow grotere kracht

* veiligheidsfactoren aan de belasting en materiaal kant

* het dynamische karakter van de belasting

* de voorspanning v/d klep op de rubbers

$$+ F_{\text{kabel}} = 8,3 \cdot 3 = 25 \text{ kN}$$

+ Een mogelijke staalkwaliteit is S235. De kabel mag bij de maximale belasting niet gaan vloeien i.v.m. de waterdichtheid van de kering.

De minimale doorsnede wordt dan gelijk aan:

$$A_{\text{kabel}} = \frac{25 \cdot 10^3}{235} = 106 \text{ mm}^2$$

Bij een diameter van 12mm is de doorsnede gelijk aan:

$$A = \pi \cdot \frac{1}{4} \cdot d^2 = \pi \cdot \frac{1}{4} \cdot 12^2 = 113 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Conclusie: De maximale trekkracht in de kabel is gelijk aan 25kN (inclusief veiligheidsfactoren).

Een kabel met een diameter van 12mm en een kwaliteit van S235 kon deze kracht opnemen.

BIJLAGE 10 Varianten studie inlaat

**VEESSEN-WAPENVELD HOOGWATERGEUL
SNIP 3
VW TM IN- UITLAAT EN BRUGGEN VARIANTEN
INLAAT**

PROVINCIE GELDERLAND

SNIP-codes: 1.2.2, 1.2.4, 2.1.5, 3.1.1, 5.8.5

7 oktober 2010
074984711:A.56
C03021.000043/GF

Inhoud

1	Inleiding	4
2	Keuzeproces varianten	6
3	Functies/Rand-voorwaarden en Uitgangspunten	12
3.1	Randvoorwaarden	13
4	Klepjes over de volle breedte	15
4.1	Uitgangspunten ontwerp	15
4.2	Ontwerp	15
4.3	Werking / aansturing kleppen	17
4.4	Faalkans en robuustheid	18
4.5	Kosten	20
5	Hoge kleppen over 2x150 m	22
5.1	Uitgangspunten ontwerp	22
5.2	Ontwerp	22
5.3	Werking / aansturing kleppen	24
5.4	Faalkans en robuustheid	25
5.5	Kosten	26
6	Verwijderbare caissons	28
6.1	Uitgangspunten ontwerp	28
6.2	Ontwerp	29
7	Ruimtelijke kwaliteit	30
7.1	Inpassing kunstwerk	30
7.2	Vormgeving kunstwerken	31
7.3	Fietspad zuidzijde	31
8	Hydraulische beschouwing	32
9	Uitvoering	33
10	Aanbevelingen	34
10.1	Score matrix	34
10.2	Aanbevelingen	37
1	Effecten variaties ontwerp	40
2	Analyse flexibiliteit inlaatconstructie	41
3	Ontwerp klepjes over de volle breedte	42

4	Ontwerp hoge kleppen over 2 x 150 m	43
5	Berekening taludbescherming / woelbak	44
6	Berekening trekkracht in staalkabel	45
7	Notitie Stuurgroep 20 mei 2010	46
8	Frequentie en duur hoogwater	47
	Colofon	48

HOOFDSTUK 1 Inleiding

Algemeen

De inlaat is een wezenlijk onderdeel van de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld. Bij de voorkeursvariant (SNIP2A) is gekozen voor een inlaat die zorg draagt voor het gebruik van de hoogwatergeul met een frequentie van “eens in een mensenleven”. Voor het in gebruik nemen van de hoogwatergeul is rekening gehouden met de door de stuurgroep geformuleerde randvoorwaarde: een inlaat die zonder bestuursbeslissing in werking treedt. De inlaat is ter plekke van de Kerkdijk gesitueerd, onder andere om inlaat en hoogwatervrije verbinding te combineren. Bij SNIP 2A is de voorlopige keus gemaakt voor een inlaat uit te voeren als overlaat over de gehele breedte, met deuren in de overlaat en een brug voor het verkeer.

Bij de toetsing van SNIP 2A bleek dat er binnen de hierboven geformuleerde randvoorwaarden meerdere en misschien betere varianten te bedenken waren, die wel binnen de gemaakte hoofdkeuzen (randvoorwaarden) bleven maar mogelijk goedkoper, betrouwbaarder of beter beheersbaar waren.

De minister van Verkeer en Waterstaat heeft daarom bij SNIP 2A onder andere gevraagd: “om meerdere varianten van de inlaat te overwegen, zodat een goedkopere inlaat kan worden gekozen, met een hogere betrouwbaarheid en een betere beheersbaarheid. Ik vraag u om de inlaatkeuze tussentijds (in het derde kwartaal van 2010) aan de DG Water voor te leggen, zodat zij hierover een besluit kan nemen”.

Op basis van deze notitie wordt de stuurgroep Veessen-Wapenveld gevraagd om tot een bijgestelde inlaatkeuze te komen en deze in september 2010 aan de DG water voor te leggen.

Notitie (leeswijzer)

In deze notitie worden de varianten van de inlaat Veessen-Wapenveld, welke op basis van het besluit van de stuurgroep 20 mei zijn vastgesteld, nader uitgewerkt.

Het betreft de inlaat varianten:

- Klepjes over de volle breedte (circa 800 m¹) – Hoofdstuk 4;
- Hoge kleppen over 2 x 150 m¹ – Hoofdstuk 5;
- Verwijderbare caissons over 2 x 150 m¹ – Hoofdstuk 6.

De inlaat wordt gecombineerd met een brug die over het tracé van de inlaat/kering zal lopen. Deze brug is één van de twee hoogwatervrije verbindingen in het geval dat de geul meestroomt.

In deze notitie, bijlage 7, wordt nader ingegaan op de varianten die voor het project Veessen-Wapenveld al in een eerder stadium minder optimaal zijn gebleken. Dit zijn de volgende varianten:

- Hybride inlaat;
- Vertande vaste inlaat;
- Verwijderbaar grond.

Hoofdstuk 2 beschrijft het keuzeproces van de varianten;

Hoofdstuk 3 beschrijft de functies, randvoorwaarden en uitgangspunten;

Hoofdstuk 7 beschrijft de afwegingen vanuit het perspectief van Ruimtelijke Kwaliteit;

Hoofdstuk 8 beschrijft de uitvoeringsaspecten;

Hoofdstuk 9 beschrijft de hydraulische aspecten;

Hoofdstuk 10 geeft aanbevelingen voor een keuze, op basis van beoordelingscriteria.

HOOFDSTUK 2 Keuzeproces varianten

Hieronder krijgt u inzicht in de hoofdstappen die doorlopen zijn om te komen tot het voorliggende advies ten behoeve van het te nemen tussenbesluit.

In de door de Stuurgroep vastgestelde Voorkeursvariant van SNIP 2A zit de zogenaamde hybride inlaatconstructie. Deze variant bestaat uit een combinatie van een overstroombkade en diepe inlaatconstructie tot op maaiveld.

Uit de door de PDR uitgevoerde (voor)toets blijkt dat dit een haalbare constructie is maar waarschijnlijk niet de meest optimale. Vanuit de PDR is er de wens om te komen tot een betrouwbare, landschappelijk inpasbare, kosteneffectievere en eenvoudig te beheren en onderhouden variant.

Om aan deze (gedeelde) ambitie verder invulling te geven zijn in tussenliggende periode de volgende momenten belangrijk geweest:

- PDR-concept voor vaste vertande overlaat;
- Workshop februari: ontwikkeling van concepten;
- Stuurgroep april: richtinggevende uitspraken over concepten en criteria;
- Stuurgroep van mei: keuze voor uit te werken concepten;
- Stuurgroep van juli: consultatie over het advies 'tussenbesluit';
- Tussentijdse overlegmomenten met specialisten van de verschillende betrokken organisaties.

Bij deze momenten is achtereenvolgens het onderstaande aan bod gekomen:

Als mogelijk alternatief voor de hybride inlaat heeft de PDR de zogenaamde 'Vertande vaste inlaat' opgesteld (zie onderstaande afbeelding).

Afbeelding 2.1

Vertande vaste inlaat



Daarnaast zijn bij een workshop inlaat Veessen-Wapenveld (PDR) d.d. 2 februari 2010, diverse inlaatvarianten ontwikkeld en ontwerpcriteria bedacht. In de SNIP 3 fase zijn de varianten nader onderzocht en is er op basis van de criteria, per variant, een scorematrix en kostenafweging opgesteld (zie bijlage 7).

In de Stuurgroep van april is gesproken over de inlaat. Hierbij zijn twee randvoorwaarden meegegeven.

Ten eerste de inzet van de geul dient te voldoen aan 'eens in een mensenleven'.

Ten tweede voor het 'vollopen van de geul is geen bestuursbeslissing nodig'. Dit betekent dat het IJsselpeil bepalend is wanneer er water in de geul gaat stromen. Aansluitend mag er wel (aanvullend) menselijk handelen nodig zijn om de benodigde waterstanddaling te realiseren.

Verder zijn de volgende criteria meegegeven die in zwaarwegend waren:

- Draagvlak: niet tornen aan de gemaakte afspraken over de frequentie die met gebied zijn gecommuniceerd en in Voorkeursalternatief zijn opgenomen dus vasthouden aan de peilen van 5,65 (inlaat) m + NAP;
- Veiligheid: menselijk handelen zoveel mogelijk beperken en er voor zorgen dat het 'voorkomen' van falen ingebouwd wordt;
- Eenvoudig uitvoeren: dit heeft zowel betrekking op de (beproefde) techniek als de kosten die gemaakt moeten worden in het beheer.

In de Stuurgroep van mei is, op grond van het voorgaande, het onderstaande besluit genomen om af te laten vallen:

- De hybride inlaat zoals die in de Voorkeursvariant staat, vanwege de mindere betrouwbaarheid en hogere aanleg- en beheerkosten t.o.v. andere varianten;
- De vaste vertande overlaat, vanwege met name het risico op een minder effectieve werking bij 'veranderende waterstanden' op de IJssel als gevolg van de andere Ruimte voor Rivier maatregelen en de inschatting dat er zeer weinig draagvlak is voor deze variant;
- De verwijderbare dijk in grond, vanwege met name de 'onzekerheid' over het snel/tijdig genoeg kunnen afgraven om de taakstelling te behalen (incl. het belemmeren van het gebruik van de brug door ander verkeer) en het opnieuw moeten opbouwen en het daarmee ontbreken van een kostenvoordeel.

Verder uit te werken:

- 'Klepjes over de breedte', omdat deze variant goed scoort op de diverse criteria;
- De twee concepten verwijderbare damwand met scharnier en caisson, om te kunnen beoordelen of deze inderdaad veel goedkoper zijn en ook veilig en eenvoudig uit te voeren zijn.

De onderstaande tabel(len) is de basis geweest waarop de Stuurgroep bovenstaande selectie heeft gemaakt.

Selectiecriteria

hoofdcriterium	Omschrijving	score	0 (neutrale score tov andere varianten / criterium)	- slechtste score tov andere varianten / criterium
Leidraad rivieren	"Toekomstvastheid en robuustheid"	Oplosbaar binnen ontwerp of via eenvoudige aanvullende ingreep	Ingrijpende of kostbare ingreep	Ingrijpend en (zeer) kostbare ingreep
	Een 'robuust' ontwerp houdt rekening met toekomstige ontwikkelingen en onzekerheden. De afvoercapaciteit van het inlaatwerk is eenvoudig te vergroten (uitbreidbaarheid).	Minst gevoelig voor veranderingen	Matig gevoelig voor veranderingen	Zeer gevoelig voor veranderingen
Betrouwbaarheid / veiligheid	Mate van menselijk handelen om taakstelling te halen	Geen menselijk handelen nodig, voldoet aan taakstelling	Beperkt en eenvoudig menselijk handelen nodig om taakstelling te realiseren	Ingrijpend / complex menselijk handelen nodig om taakstelling te realiseren
	Faalkans meestromen ; mate van risico (kans * gevolg) voor het niet behalen van taakstelling en mate waarin dit te beheersen is	Nauwelijks een risico voor taakstelling en zeer eenvoudig te beheersen	Beperkt risico voor taakstelling en redelijk te beheersen	Groot risico voor taakstelling en alleen door grootschalig ingrijpen te beheersen
	Faalkans bezwijken; mate van risico (kans * gevolg) voor bezwijken van constructie	Kleine kans en klein gevolg	Kleine kans en groot gevolg	Grootste kans en groot gevolg
	Eenvoud van bediening; snelheid van openen	Geen tot twee uur voorbereiding- en uitvoeringstijd	Beperkte (2tot 6 uur) voorbereiding- en uitvoeringstijd	behoorlijke (>6 tot24 uur) voorbereiding- en uitvoeringstijd
	Eenvoud van bediening; snelheid van sluiten na gebruik	Meestromen kan snel en via eenvoudige handeling worden gestopt zodra inzet niet meer nodig is	Meestromen kan pas gestopt worden bij lage waterstand zonder (her)aanleg	Meestromen kan pas gestopt worden bij lage waterstand en na (her)aanleg
Aanlegkosten	€ (inlaat inclusief hoogwatervrije ontsluiting en oppervlakte)	€ 12-15 miljoen	€ 15-18 miljoen	> 18 miljoen
	Kans op besparing van andere onderdelen (bv korte brug / smallere brug door fietspad los, minder grondoppervlak)	Substantiële besparing mogelijk (€ 1-3 miljoen)	Matige besparing mogelijk (< € 1 miljoen)	Nauwelijks besparing mogelijk (nihil)
Beheerkosten (LCC)	€/jaar voor beheer / onderhoud	< 70.000,-/jaar	70.000,- tot 90.000/jaar	> 90.000,-
	Schadeloosstelling inzet geul	Laagste uitkering	10-20% hogere uitkering	>20% hogere uitkering
Ruimtelijke kwaliteit (nota)	Ingetogen in ruimtelijk beeld	Ingetogen in vorm en materiaal (gras)	Matig ingetogen in vorm en materiaal	Dominant aanwezig in vorm en/ of materiaal
	lineair (in dwars- en lengteprofiel)	In lengte en dwarsprofiel	In lengte of dwarsprofiel	Zowel lengte als dwarsprofiel niet lineair
Draagvlak (inwoners gebied)	Randvoorwaarde; Eens in een mensenleven	Binnen dit bestuurlijke besluit		Buiten bestuurlijke besluit
	Ontwerppuitgangspunt VKA; 5,65 en 4.20 +NAP	Geen verandering in peil	Zeer beperkte verandering (enkele cm)	Sterke verandering > enkele cm
	Extra onttrekking Agrarische grond (m2) tov VKA	Geen extra onttrekking	Beperkte extra onttrekken < enkele ha	Extra onttrekking > enkele ha
Secundaire criteria	Deze werken we in de volgende fase uit: waterdichtheid, complexiteit aanleg, stuurbaarheid debiet en moment, mate waarin constructie te testen is, etc	pm	pm	pm

Scorematrix

hoofdcriterium	omschrijving	score						
		hybride	vaste vertande overlaat	Klepjes over breedte	Verwijderbaar grond	Verwijderbare damwand scharnier	Verwijderbaar caisson	
Leidraad rivieren	"Toekomstvastheid en robuustheid"	-	+	+	+	-	-	
	Een 'robuust' ontwerp houdt rekening met toekomstige ontwikkelingen en onzekerheden. De afvoercapaciteit van het inlaatwerk is eenvoudig te vergroten (uitbreidbaarheid).	Fundering en grote eenheid	Grondwerk wel over grote lengte en grote nauwkeurigheid	Verstelbare klepjes of iets oplassen	grondwerk	Fundering en grote eenheid	Fundering en grote eenheid	
	Flexibiliteit van overstroomhoogte en diepte van de inlaat	0	-	+	0	0	0	
Betrouwbaarheid / veiligheid	Mate van menselijk handelen om taakstelling te halen	-	+		0	-	0	
	Faalkans ; mate van risico (kans * gevolg) voor het niet behalen van taakstelling en mate waarin dit te beheersen is	-	+	+		0	0	
	Faalkans bezwijken; mate van risico (kans) voor bezwijken van constructie, gevolg is gelijk	-	+	+	+	-	-	
	Eenvoud van bediening; snelheid van openen	0	+	+	In een of twee handeling	- Graven kost tijd	+	0 Lucht in pompen kost tijd
	Eenvoud van bediening; snelheid van sluiten	0	+	+	heeft drempel	0 heeft drempel wel opbouwen	- Geen drempel en opbouwen	0
Aanlegkosten	€ (zie bijlage voor specificatie)	0	0	0	0	0	+	
		17,5/16,7	15,6	17	16,7	10,5	11,2	
	Kans op besparing van andere onderdelen (o.a. fietspad)	-	-	+	+	+	+	
Beheerkosten		nihil	nihil	2-3 milj	1-2 milj	1-2 milj	1-2 milj	
	Beheer: onderhoudskosten per jaar / Kapitalisatie (factor 23,6; 4%+100jr)	-	+		0	0	0	0
		104 / 2.5	59 / 1.4	78 / 1.8	72 / 1.7	76 / 1.8	82 / 1.9	
Ruimtelijke kwaliteit (nota)	Ingetogen in ruimtelijk beeld	0	-		0	+	-	0
	eenduidig (in dwars- en lengteprofiel)	-	-	+	+	-	-	
Draagvlak (inwoners gebied)	Eens in een mensenleven	+	+	+	+	+	+	
	Ontwerpuitgangspunt VKA 5,65 en 4.20	+	-	+	+	+	+	
	Extra onttrekking Agrarische grond (m2) tov VKA	+	-	+	+	+	+	
Secundaire criteria	Deze worden relevant bij nadere uitwerking. Volgt in de volgende fase. waterdichtheid, complexiteit aanleg, etc							

In interactie met het ruimtelijke ontwerp zijn de 'hoekpunten' van de inlaat, daar waar deze aansluit op de oost- en westdijk bepaald. Binnen deze afstand van circa 800 meter zijn de varianten verder vormgegeven. Zoals in de tekeningen (bijlage 3) zichtbaar is gaat het bij de variant 'klepjes over de breedte' om een circa 800m brede inlaat met 96 kleppen met elk een afmeting van circa 8 m lang bij 0,75m hoog. De variant 'hoge kleppen' (zie bijlage 4) bestaat uit twee inlaten van elk circa 150 m breed met totaal 24 kleppen met elk een afmeting van circa 12 meter lang en 1,95 m hoog. Hiermee is een behoorlijke technische verbetering doorgevoerd ten opzicht van de in mei gepresenteerde concepten.

Binnen het uitwerken van deze opdracht heeft het projectteam:

- Geconstateerd dat het concept 'caisson' geen meerwaarde heeft op zowel technisch (betrouwbaar en beheersbaar) als financieel vlak in vergelijking met de andere twee concepten;
- Geconstateerd dat de variant 'klepjes over de volle breedte' optimaal tegemoet komt aan de opdracht om de betrouwbaarheid en beheersbaarheid te vergroten en ook kosteneffectief is ten opzichte van SNIP 2A. De door verschillende partijen ingebrachte punten zoals beperken van de faalkans en eenvoud van bedienen zijn ingepast. Bovendien is er sprake van een behoorlijke flexibiliteit in het ontwerp. Optimaal vergroten van de betrouwbaarheid en beheersbaarheid leidt wel tot (relatief) meer kosten;
- Geconstateerd dat tijdens de uitwerking het concept 'verwijderbare damwand' vanwege inzichten in de (slechte) technische werking ingewisseld is voor de variant 'hoge kleppen over 2 x 150m1';
- De beperking van de kosten sturend gemaakt voor de variant 'hoge kleppen over 2 x 150m1'. Dit betekent dat ervoor is gekozen om bij het vergroten van de betrouwbaarheid en beheersbaarheid van deze variant een 'basisniveau' te hanteren. Daarmee kan een goede vergelijking worden gemaakt tussen de goedkope maar wel verantwoorde variant en de technisch optimale variant (de variant "klepjes over de volle breedte') die kan rekenen op draagvlak bij partijen en in het gebied.

In de Stuurgroep van juli en in ambtelijk overleg is gebleken dat partijen in het gebied ondanks het verschil in kosten tussen de varianten voorkeur hebben voor de variant 'klepjes over volle breedte' vanwege de betere betrouwbaarheid en beheersbaarheid en vanwege het brede draagvlak. Hierbij wordt opgemerkt dat partijen weten dat deze variant betrouwbaar en beheersbaar is en dat hiermee hun ambities en wensen gehonoreerd worden.

Een belangrijk punt om onder uw aandacht te brengen is de zoektocht die heeft plaatsgevonden voor het NAP-peil voor de onderkant van de kleppen/ de bovenkant van het grondlichaam voor de variant 'klepjes over de volle breedte'. Vanuit de hydraulische berekeningen is naar voren gekomen dat dit peil maximaal 4,90 m +NAP dient te zijn. De beschouwingen in deze notitie gaan dan ook uit van dit peil. Echter in de discussie over robuustheid en flexibiliteit is de behoefte ontstaan om dit peil te verlagen naar 4,80 m +NAP (en de klepjes te vergroten met 0,1m). Met dit cijfer is vervolgens getekend en gerekend bij de raming. Door dit werkproces is een kleine inconsistentie opgetreden. Dit heeft geen gevolgen in de voorliggende keuze die gemaakt moet worden, het gaat wat geld betreft en het scoren van de criteria om een marginaal verschil.

De discussie over flexibiliteit en robuustheid wordt sterk bepaald door onzekerheden in de zogenaamde pakketsummen (effecten van alle maatregelen langs de IJssel in onderlinge samenhang). De onzekerheden in de pakketsum zijn voor het project Veessen-Wapenveld een exogene variabele. Van de PDR en DG Water wordt daarom gevraagd in hun reactie op deze notitie aan te geven naar welke drempelhoogte (onderzijde van de kleppen / bovenzijde grondlichaam) hun voorkeur uit gaat en waarom.

HOOFDSTUK 3

Functies/Randvoorwaarden en Uitgangspunten

Korte beschrijving

De inlaat bevindt zich aan de zuidzijde van de hoogwatergeul. De inlaat verbindt de oostelijke begrenzing van de geul met de westelijke begrenzing en is tevens de zuidelijke ontsluiting van het oeverwalgebied. In normale omstandigheden ($< 5,65 \text{ m+ NAP}$ bij de inlaat) dient de inlaat het gebied ten noorden van de inlaat te beschermen tegen hoogwater. In extreme situaties ($> 5,65 \text{ m+ NAP}$ bij de inlaat) dient de inlaat juist water door te laten richting de hoogwatergeul.

De functies van de inlaat zijn:

- Het afvoeren van water tijdens de hoogwatercondities met een waterstand $> 5,65 \text{ m+ NAP}$ bij de inlaat;
- Het keren van water buiten hoogwatercondities met een waterstand $< 5,65 \text{ m+ NAP}$ bij de inlaat.

De functie van de brug is:

- Het faciliteren van wegverkeer (vervanging bestaande verbinding en zuidelijke ontsluiting bij hoogwater).

Afbeelding 3.2

Locatie inlaat



3.1

RANDVOORWAARDEN***Doorlaten water***

- De inlaat dient statistisch niet vaker dan eens per mensenleven, in werking te treden. In alle overige gevallen dient de inlaat het water te keren tot 5,65 m+ NAP t.p.v. de inlaat;
- De inlaat dient een debiet van circa 1.150 m³/s te kunnen verwerken om de IJsselwaterstand tussen km 960,7 en 961,7 met 73 cm te verlagen (71 cm werktaakstelling + 2 cm beheerruimte). Hierdoor wordt het peil van de huidige situatie van 6,67 m+ NAP verlaagd naar 5,95 m+ NAP nabij de inlaat (km 960,8);
- De inlaat dient bij waterstanden boven 5,65 m+ NAP, zonder verdere ingrepen (bestuursbeslissing), te overstromen;
- De doorstroomopening dient volledig geopend te zijn voordat het peil van 5,95 m+ NAP nabij de inlaat (km 961) wordt bereikt;
- De doorstroomopening dient, binnen 12 uur na het bereiken van de waterstand van 5,65 m+ NAP, volledig geopend te zijn (relatie maximaal peil van 5,95 m+ NAP met stijgsnelheid maatgevende golf van gemiddeld 0,5 m per dag);
- De doorstroomopening dient, tijdens instromen van de geul, vergroot te kunnen worden middels een eenvoudige bediening. Dit in verband met de lage gebruiksfrequentie van het kunstwerk en het beperken van de kosten voor beheer en onderhoud;
- De inlaat dient robuust (inspelen op nieuwe omstandigheden) en betrouwbaar (faalkans) te zijn;
- De betrouwbaarheid van het openen van de inlaat bij hoogwater dient door middel van testen in situ getoetst te kunnen worden. Aan voorzijde van de kleppen, tussen de pijlers, kunnen hiervoor schotbalken geplaatst worden. De tussenliggende ruimte kan vervolgens vol met water worden gepompt waarna de klep kan worden neergelaten.

Keren water

- De inlaat/kering dient zodanig ontworpen te worden dat deze statistisch niet vaker dan eens per mensenleven, in werking treedt;
- De inlaat/kering dient bij waterstanden tot 5,65 m+ NAP het water van de IJssel te keren;
- De inlaat dient betrouwbaar te zijn. De kans op niet sluiten binnen een nader te bepalen periode dient kleiner dan eens op 10 te zijn;
- De betrouwbaarheid van het functioneren van de kering dient door middel van testen in situ getoetst te kunnen worden.

Faciliteren wegverkeer

- De brug over de inlaat dient het autoverkeer en, in geval van "meestromen geul", alle verkeersdeelnemers de mogelijkheid te bieden de hoogwatergeul te passeren.

Ruimtelijke kwaliteit

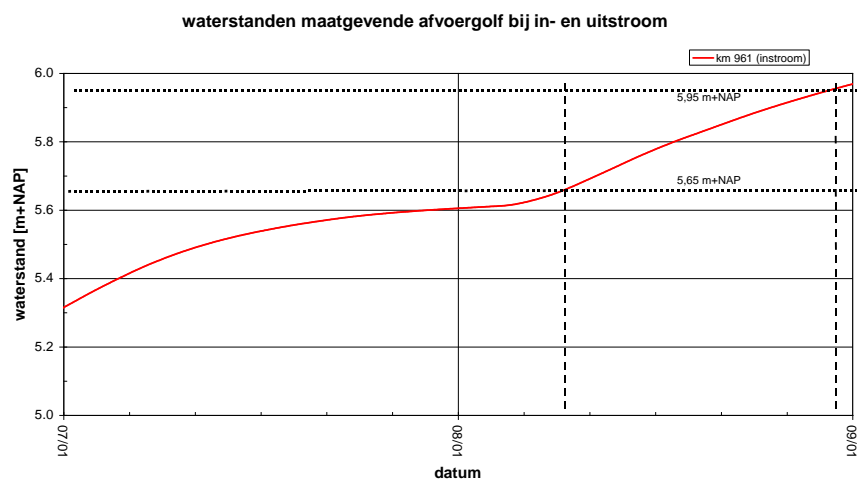
De inlaat dient te passen binnen de Nota Ruimtelijke Kwaliteit, zie hoofdstuk 6.

Hydraulische beschouwing

De hoogwatergeul wordt gevuld vanuit de IJssel zodra de waterstand bij de inlaat het niveau van 5,65 m+ NAP overschrijdt en bij de uitlaat de waarde van 4,10 m+ NAP. Deze waterstanden worden statistisch eens per 100 jaar overschreden. Aangezien het MHW (ontwerppeil uit de leidraad en addendum) bovenstrooms niet hoger mag worden dan 5,95 m+ NAP, dient de inlaat de volle capaciteit te halen binnen de termijn waarin de rivier stijgt van 5,65 naar 5,95 m+ NAP. Zonder inlaat kan deze waarde met een maximale stijgsnelheid van 0,5 meter per dag in circa 12 uur worden bereikt, zie afbeelding 3.2. De stijgsnelheid is bepaald tussen 5,65 m+ NAP en 5,95 m+ NAP gezien deze stijgsnelheid gemiddeld hoog is. Door het inlaten van water in de hoogwatergeul zal de waterstand op de IJssel minder snel stijgen.

Afbeelding 3.3

Stijgsnelheid maatgevende golf
HR 2006



HOOFDSTUK

4 Klepjes over de volle breedte

4.1

UITGANGSPUNTEN ONTWERP

Bij deze variant is gekozen om te zoeken naar een uitgekende/ geoptimaliseerde variant voor de onderwerpen betrouwbaarheid en beheersbaarheid. Het concept gaat uit van het benutten van de volle breedte tussen de dijken waardoor de klepjes relatief laag gehouden kunnen worden.

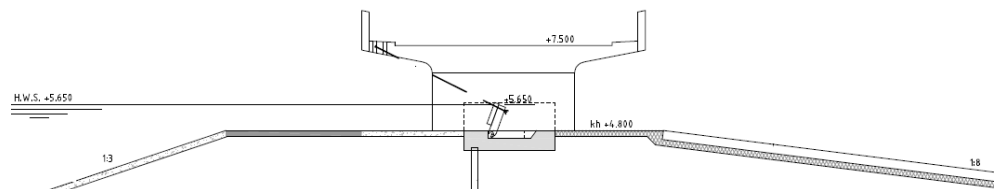
Voor de variant “klepjes over de volle breedte” zijn de volgende uitgangspunten vastgesteld:

- De kruinhoogte (drempelhoogte) in relatie met de dijk lengte wordt zo hoog mogelijk uitgevoerd waardoor de afmetingen van de kleppen beperkt blijven, zie bijlage 1 voor berekening kruinhoogte (maximaal +4,90 m NAP).
- De inlaat (bij de huidige statistieken) zal statistisch eens in de honderd jaar in werking te treden. In verband met deze voorwaarde dient de klepconstructie (kering) eenvoudig en eenduidig bedienbaar te zijn.
- Door de lage gebruiksfrequentie van de inlaat dient de constructie zeer bedrijfszeker en onderhoudsarm te zijn. Geen elektrische bediening (installaties/aansturing) toepassen waarvan de aanleg, het in stand houden en op termijn vervangen kostbaar zijn. Hydrauliek wordt ook niet toegepast in verband met veelvuldig onderhoud wanneer hydraulische installaties "niet of zeer weinig" in beweging zijn.
- Het bedienen van de klep dient onder alle omstandigheden veilig te zijn voor de bedieners en derden.

4.2

ONTWERP**Afbeelding 4.1**

Principe doorsnede



Op basis van de bovenstaande principe doorsnede is het ontwerp verder uitgewerkt.

In bijlage 3 is de ontwerp-tekening + horizontaal alignement van deze variant opgenomen. In bijlage 5 is de ontwerp-berekening van de taludbescherming opgenomen.

Dijk lengte + kruinhoogte inlaat

Door in het ruimtelijke plan de oost- en westdijk vast te leggen, is de lengte van de inlaat berekend, deze is circa 800 meter. De netto breedte van de doorstroomopening ingepast in deze dijk lengte is circa 760 m (= bruto breedte – brugpijlers en - tussensteunpunten kleppen). Om het debiet van 1.150 m³/s te kunnen realiseren dient de drempelhoogte maximaal +4,90 m NAP te bedragen (bijlage 1). De bovenkant van de klep ligt op 5,65 +m NAP.

Klep inrichting

De brug boven de inlaat heeft pijlers met een onderlinge afstand van 25 meter. Gekozen is voor een lichte klepconstructie met een hoogte van circa 75 cm (= waterhoogte bij inzet 5,65 +NAP – kruinhoogte 4,90+NAP grondlichaam onder de klepjes) welke tussen de brugpijlers is opgesloten. Door de lichte constructie van de klep heeft deze een relatief beperkte stijfheid zodat de maximale kleplengte beperkt moet blijven. Een kleplengte van circa 8 meter is goed haalbaar. Door de beperking van de kleplengte, inclusief het aanbrengen van een deksloof (gording), wordt de klep voldoende stijf.

Dit resulteert in 3 kleppen tussen de brugpijlers inclusief 2 extra tussensteunpunten voor de klep. In totaal zijn er circa 96 kleppen over de afstand van circa 800 m.

De klep heeft een vast scharnier aan de onderzijde en wordt aan de bovenzijde centrisch gefixeerd middels een staalkabel. Middels deze kabel, in het midden van de klep, worden de kleppen onder lichte voorspanning tegen de aanslag(nokken) geperst. Het contactvlak tussen de klep en de betonnen aanslag(nokken) wordt voorzien van rubbers waardoor de waterdichtheid gewaarborgd is.

De staalkabel is met een vasthouder aan de brug gemonteerd en is vanaf de bovenzijde van de brug (inspectiepad) te bereiken. De lichte aanspanning is vanaf de achterzijde van de klep aan te brengen door draadeinden met moeren en/of een spanconstructie. De spanning in de kabel dient gelijk of groter dan de maximale waterdruk te zijn. De staalkabel is niet elastisch (de kabels zijn bij fabricage opgerekt tot over de vloeigrens) waardoor de klep door waterdruk nauwelijks zal verplaatsen. Zie bijlage 6; berekening kracht in kabel.

Doordat de klep alleen in het midden wordt vastgehouden en neergelaten, zal de klep bij neerlaten niet schranken.

Mogelijk alternatief is om de staalkabel vlak voor de klep te splitsen zodat er op de klep 2 bevestigingspunten zijn. De bovenzijde van de klep kan in dat geval minder stijf worden uitgevoerd. Nadeel is een introductie van een extra mogelijkheid dat er, tijdens meestromen, takken etc. achter de kabel blijven haken.

Grondlichaam + bescherming tegen stroming

De inlaat bestaat voornamelijk uit een dijk (zandlichaam). Het zandlichaam wordt als dijk gedimensioneerd waarop een inlaatconstructie wordt aangebracht. Onderloopsheid van de inlaatconstructie wordt ondervangen door het plaatsen van een kwelscherm, hoogte kwelscherm is circa 2 meter. Maatregelen voor piping onder dijk kunnen zijn; aanbrengen van een kleikist in de buitenteen.

Doordat de dijk met zand wordt opgebouwd op een zandondergrond, kan de inlaatconstructie (betonnen bak in combinatie met een kwelscherm) op staal worden gefundeerd.

Wanneer de inlaat in werking is, zullen er grote stroomsnelheden van circa 8 m/s over het binnentalud over de dijk plaatsvinden. Hiervoor worden beschermingsvoorzieningen aangebracht op de taluds en het maaiveld achter de inlaat. Aan de achterzijde van de inlaat dient tevens in de teen van de dijk de energie in het stromende water verminderd te worden. Dit kan middels een woelbak of een damwand. Zie bijlage 5.

Uitgangspunt bij dit ontwerp is dat de woelbak zodanig ontworpen wordt dat deze de stroomsnelheid tot onder 6 m/s reduceert. De aannemer dient echter middels een fysisch modelonderzoek aan te tonen dat het ontwerp hieraan voldoet.

Om het groene karakter van de inlaat te waarborgen kan over de taludbescherming een afdeklaag van teelaarde worden aangebracht waarin gras wordt gezaaid. Na meestromen van de geul zal de teelaarde zijn weggespoeld.

Bij het afdekken van de taludbescherming dient rekening gehouden te worden dat de bekleding niet meer, of alleen steekproefsgewijs, geïnspecteerd kan worden. Dit zijn kostenverhogende omstandigheden voor het beheer.

4.3

WERKING / AANSTURING KLEPPEN

Neerlaten kleppen

Wanneer de waterstand een hoogte boven 5,65 m+ NAP bereikt zal het water in de geul gaan meestromen. Het IJsselpeil is dus sturend voor het moment waarop er water in de geul gaat lopen, hierover is er geen bestuursbeslissing nodig voor het moment waarop de geul in werking treedt. Zodra het water over de kleppen stroomt, mogen deze worden neergelaten om de doorstroomopening te vergroten.

De klep is aan één kabel gefixeerd aan de brug. In geval dat de klep neergelaten dient te worden kan de kabel op de volgende twee manieren, vanaf de brug, gedeblokkeerd worden:

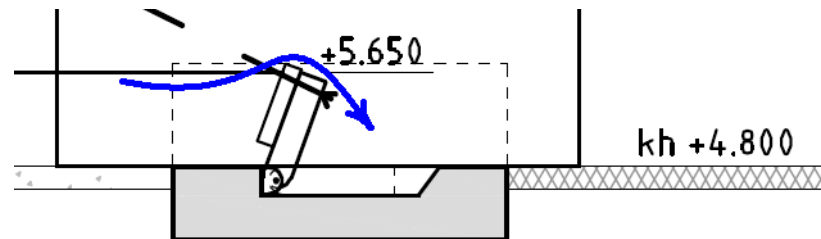
- Middels een lierconstructie;
- Middels doorknippen kabel.

Het neerlaten van de kleppen is een menselijke handeling en dient binnen 12 uur gerealiseerd te zijn. De inschatting is dat het neerlaten van de kleppen met een lier 8 uur duurt, op basis van 4 ploegen. Indien gekozen wordt voor knippen kan het met 2 ploegen binnen 3 uur. Voor het doorknippen van de kabel kan ook worden gekozen als terugvaloptie wanneer het neerlaten met een lierconstructie op een aantal plekken niet functioneert.

Tijdens de bediening van de kleppen vanaf de brug zal de brug op één weghelpt tijdelijk gesloten zijn.

Doordat de klep in een verlaging van een betonelement is gepositioneerd zal het neerlaten van de klep worden gedempt door het water, dat na overstromen van de inlaat, vrij snel in deze "kuip" zal staan.

Afbeelding 4.2
Verlaging achter klep



4.4

FAALKANS EN ROBUUSTHEID

Een van de randvoorwaarden is dat de inlaat robuust en betrouwbaar is. Een robuust ontwerp houdt rekening met toekomstige ontwikkelingen en onzekerheden. De betrouwbaarheid kan worden aangetoond met het effect van het mogelijk falen van de kleppen en het daardoor niet behalen van de taakstelling (faalkans).

Faalkans: meestromen

Een belangrijk punt is het beperken van het risico (= kans*gevolg) dat door falen van de kleppen de taakstelling niet behaald kan worden. Hoe is dit te beheersen? Het onderscheidende bij dit risico zit in de kans waarop het optreedt en niet in het gevolg, want de taakstelling wordt wel of niet gehaald.

Gezien de eenvoud van het ontwerp en dat de kleppen onder de belasting van het water, zonder tegendruk, open zullen klappen, is de faalkans van niet openen zeer gering wanneer de kabels worden neergelaten en/of doorgeknipt.

Beheerruimte in de het ontwerp:

Welke ruimte zit er nu in het ontwerp om de kans op falen te verkleinen? De taakstelling voor de maatregel is 71 cm. Op dit moment realiseert het ontwerp 73 cm, er is dus sprake van 2 cm beheerruimte. Deze 2 cm betrekken wij in het verkleinen van de kans op falen.

Door falen van een of meer kleppen neemt de netto doorstroombreedte van de inlaat af. De afvoercapaciteit van de inlaatconstructie neemt ook af. Dus is het waterstandsverlagende effect van de hoogwatergeul minder. Analytisch is uitgerekend hoeveel de waterstand bovenstrooms van de inlaat omhoog moet gaan om dezelfde afvoer over de inlaat te stuwen. Door de hogere waterstand neemt namelijk het verval over de inlaat toe en daarmee de afvoer over de inlaatconstructie.

Onderstaande tabel geeft voor verschillende aantallen falende kleppen het maximale opstuwende effect.

In bijlage 2a zijn in een notitie diverse berekeningen uitgevoerd. Bij het falen van 6 of minder kleppen is het maximaal opstuwend effect, bij deze variant met klepjes over de volle breedte, < 2 cm (beheerruimte), zie onderstaand tabel 4.1.

Tabel 4.1

Opstuweffect bij falen kleppen

Aantal falende kleppen van 8 meter	Netto doorstroombreedte inlaat [m]	Maximale opstuwende effect [cm]
0	757	0
1	749	0,3
2	741	0,6
4	725	1,25
6	709	2
8	693	2,7

Faalkans: bezwijken constructie

Het bezwijken van de constructie is een risico (kans *gevolg) dat kan optreden. Het onderscheidende bij dit risico zit in de kans waarop het optreedt en niet in het gevolg, want het gevolg is altijd dat er water in de geul stroomt. Hoe is met dit risico omgegaan in dit ontwerp?

Het onderste deel van de constructie is uitgevoerd in grond waarvan de kruin op 4,90 m+ NAP ligt. De kans dat een grondlichaam bezwijkt is klein. Het buitendijks waterpeil komt in de toekomst gemiddeld eens per zes à zeven jaar boven de drempel van 4,90 m+ NAP. Dit betekent een verkleining van de kans op bezwijken van de constructie (dit in vergelijking met de andere variant met hoge kleppen, in het volgende hoofdstuk).

Indien het risico nog te hoog wordt ingeschat door andere organisaties kan nader onderzocht of aanvullende maatregelen in het ontwerp wenselijk zijn. Bijvoorbeeld door het aanbrengen van schotbalksponningen. De tussensteunpunten dienen in dat geval verlengd te worden, zodat de sponningen vanaf de brug bereikt kunnen worden. Dit brengt uiteraard wel meer kosten met zich mee.

Robuustheid ontwerp

Een robuust ontwerp kan inspelen op toekomstige ontwikkelingen en onzekerheden in bijvoorbeeld de maatgevende waterstand en ingeval dat de afvoercapaciteit onvoldoende blijkt te zijn.

De inlaat kan hiervoor zodanig ontworpen worden dat bijvoorbeeld een aantal kleppen wel gemaakt worden maar dicht blijven tijdens het meestromen van de geul. Bijvoorbeeld door aan weerszijde een aantal kleppen dicht te laten en de drempel lager aan te brengen dan met het huidige maatgevend hoogwater strikt noodzakelijk zou zijn om aan de te taakstelling te voldoen (4,90 m+ NAP). Dan hoeft in de toekomst de drempel niet te worden verlaagd maar kunnen de "extra kleppen" worden ingeschakeld.

Gegeven de maximale breedte van de inlaat is er een relatie tussen de drempelhoogte en het aantal kleppen dat gesloten kan blijven. In bijlage 2a zijn in een notitie diverse berekeningen uitgevoerd voor het bepalen van het aantal gesloten kleppen in relatie tot de drempelhoogte.

Tabel 4.2

Verlaging drempel in relatie met "extra" kleppen

Drempelhoogte [m+NAP]	Netto doorstroombreedte inlaat [m]	Aantal kleppen van 8 m dat gesloten blijft
4,90	757	0
4,85	712	5,5
4,80	675	10,3
4,75	642	14,4

De inlaat heeft een (ontwerp)drempelhoogte van 4,90 m+ NAP. Wanneer de drempelhoogte bijvoorbeeld 10 cm wordt verlaagd kunnen 10 "extra" kleppen gesloten blijven waarbij de taakstelling, bij verwachte maatgevende waterstanden, gewaarborgd blijft. De klepjes worden in dat geval 0,1m groter (hoogte 0,85 m).

In deze ontwerpfase is met een drempelverlaging van 10 cm gerekend in de raming en ook aangehouden op de tekeningen. Een verlaging van het grondlichaam met 0,1 m in relatie met iets grotere klepjes geven marginale verschillen in de raming. Een definitieve keuze van de drempelhoogte dient in het vervolgetraject worden vastgesteld.

4.5

KOSTEN

De kosten voor deze variant zijn op hoofdlijnen bepaald met als doel een onderlinge vergelijking mogelijk te maken (en met SNIP2A variant vanwege de opdracht om een goedkopere variant te ontwikkelen). Voor de vergelijking met SNIP2A gaat het om de bouwkosten, die zijn voor deze variant circa € 18,1 mln. De investeringskosten van deze variant zijn geraamd op € 22,95 mln.

De jaarlijkse beheerskosten zijn geraamd op € 78.000,00.

Zie tabel kosten op volgende bladzijde.

De onderstaande tabel geeft de opbouw van de kostenraming weer.

variant 1	Klepjes over de volle breedte (801 meter)				
Onderdeel	Verantwoording	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs/eenheid	Bedrag
Brug	Brug over gehele lengte van de inlaat (2 landhoofden), eenheidsprijs brug €10.500 per strekkende meter.	8.010	m2	€ 1.050,00	€ 8.410.500,00
Grondwerk	Taluds 1 op 3 respectievelijk 1:8, kruinbreedte 14,50 meter, hoogte boven maaiveld is 2,45 meter.	56.070	m3	€ 12,50	€ 700.875,00
Dijkbekleding instroomzijde	Bescherming instroomzijde en kruin met open steenasfalt en gras, 20 m2/m.	16.020	m2	€ 20,00	€ 320.400,00
Fietspad	Fietspad breed 4,50m1, slijtlaag 4,50m2/m1	3.605	m2	€ 6,00	€ 21.627,00
Dijkbekleding uitstroomzijde	Bescherming uistroomzijde 21 m2 per strekkende meter, waterbouwasfalt 35 cm + ca 30 cm afdekgrond (klei) met gras.	16.821	m2	€ 40,00	€ 672.840,00
Woelbak	Kleine betonnen woelbak aan onderzijde talud om watersprong tijdens inlaten water te controleren.	2.403	m3	€ 450,00	€ 1.081.350,00
Bodembescherming	Achter woelbak 25 meter bodembescherming waterbouwasfalt + (klei) teelaarde.	20.025	m2	€ 25,00	€ 500.625,00
Mechanisch / constructief	Klepconstructie, in betonnen bak, ca 80kg/m2	64.080	kg	€ 4,00	€ 256.320,00
Klepbak	Kleine betonnen klepbak onder de brug tussen de pijlers	1.202	m3	€ 450,00	€ 540.675,00
Bewegingsmechanisme	Staalkabel met toebehoren, 3 stuks per opening (tussen de pijlers)	100	stuks	€ 250,00	€ 25.000,00
Tussensteunpunten	Betonnen tussensteunpunten tussen de pijlers, 2 st per opening	66	stuks	€ 900,00	€ 59.400,00
Kwelscherm	Stalen damwand AZ 18, l=2 m	812	m1	€ 260,00	€ 211.120,00
Totaal directe kosten		801	m1	€ 15.980,94	€ 12.800.732,00
nader te detailleren	nadere uitwerking en kleine niet benoemde posten	5%		€ 12.800.732,00	€ 640.036,60
Directe kosten + ntd					€ 13.440.768,60
Indirecte kosten	eenmalige- uitvoeringskosten + AK + W&R	25%		€ 13.440.768,60	€ 3.360.192,15
Objectonvoorzien	Niet voorziene kosten	10%		€ 13.440.768,60	€ 1.344.076,86
Totaal bouwkosten					€ 18.145.037,61
Vastgoed kosten	Grondaankoop en opstellen, pm. Uitgangspunt vastgoedkosten zijn voor beide opties gelijk.				€ 0,00
Engineeringkosten		10%		€ 18.145.037,61	€ 1.814.503,76
Overige bijkomende kosten		5%		€ 18.145.037,61	€ 907.251,88
Totaal basisraming					€ 20.866.793,25
Objectonvoorzien		10%		€ 20.866.793,25	€ 2.086.679,33
Afronding					€ 1.527,42
Totaal investeringskosten excl. BTW					€ 22.955.000,00
(LCC) herstelkosten van kleppen na meestomen geul	Beperkte schade (€ 150.000,= per keer kans 1/100 per jaar)				€ 55.000,00

HOOFDSTUK 5

Hoge kleppen over 2x150 m

5.1

UITGANGSPUNTEN ONTWERP

Het beperken van de kosten is sturend gemaakt voor de variant "hoge kleppen over 2 x 150 m¹". Dit betekent dat ervoor is gekozen om bij het vergroten van de betrouwbaarheid en beheersbaarheid van deze variant een 'basisniveau' te hanteren.

Voor de variant "Hoge kleppen over 2 x 150 m¹" zijn de volgende uitgangspunten vastgesteld:

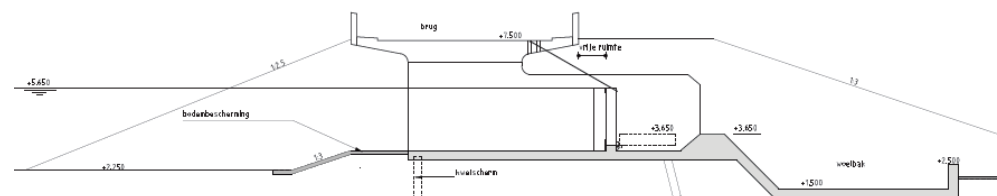
- Inlaat opening is twee keer 150 meter (totaal netto breedte 290 m¹);
- Drempelhoogte is +3,70 m NAP (bruto breedte 300 m¹), zie bijlage 1 berekening drempelhoogte. Drempelhoogte bij netto doorstroombreedte van 290 m¹ (totale breedte opening – breedte brugpeilers) is 3,65 m+ NAP;
- De inlaat zal statistisch eens in de honderd jaar in werking te treden. In verband met deze voorwaarde dient de klepconstructie (kering) eenvoudig en eenduidig bedienbaar te zijn;
- Door de lage gebruiksfrequentie (eens in de 100 jaar) van de inlaat dient de constructie zeer bedrijfszeker en onderhoudsarm te zijn. Geen elektrische bediening (installaties/aansturing) toepassen waarvan de aanleg, het in stand houden en op termijn vervangen kostbaar zijn. Hydrauliek wordt ook niet toegepast in verband met veelvuldig onderhoud wanneer hydraulische installaties "niet of zeer weinig" in beweging zijn;
- Het bedienen van de klep dient onder alle omstandigheden veilig te zijn voor bedieners en derden.

5.2

ONTWERP

Afbeelding 5.1

Principe doorsnede



Principe doorsnede Hoge kleppen over 2 x 150 m¹

Op basis van bovenstaand principe doorsnede is het ontwerp verder uitgewerkt.

In bijlage 4 is de ontwerptekening + horizontaal alignement van deze variant opgenomen. In bijlage 5 is de ontwerpberekening van de taludbescherming opgenomen.

Afmetingen inlaat

De inlaat heeft een bruto doorstroomopening van 2 x 150 meter. Om het debiet van 1.150 m³/s te kunnen realiseren dient de drempelhoogte maximaal 3,65 m+ NAP te zijn (bijlage 1). De bovenkant van de inlaat (hoge kleppen) ligt op 5,65 m+ NAP.

Klep inrichting

De brug boven de inlaat heeft pijlers met een onderlinge afstand van 25 meter. Gekozen is voor een klepconstructie bestaande uit een damwand met aan de onderzijde een vast scharnierpunt. De damwandconstructie is tussen de brugpijlers opgesloten. Doordat de constructie relatief zwaar is, is het ook mogelijk om voldoende stijfheid in te brengen waardoor de kleplengte 12 meter kan zijn in plaats van 8 meter (zoals bij de variant met de kleine klepjes). De hoogte van de kleppen is 2,00 m (= 5,65 – 3,65).

Dit resulteert in 2 kleppen tussen de brugpijlers inclusief 1 extra tussensteunpunt voor de klep. In totaal 24 kleppen over de lengte van 2 x 150 m.

De klep heeft een vast scharnier aan de onderzijde en wordt aan de bovenzijde centrisch gefixeerd middels een staalkabel. Middels deze kabel, in het midden van de klep, worden de kleppen onder lichte voorspanning tegen de aanslag(nokken) geperst. Het contactvlak tussen de klep en de betonnen aanslag(nokken) wordt voorzien van rubbers waardoor de waterdichtheid gewaarborgd is.

De staalkabel is met een vasthouder aan de brug gemonteerd en is vanaf de bovenzijde van de brug (inspectiepad) te bereiken. De aanspanning is vanaf de achterzijde van de klep aan te brengen door een spanconstructie. De spanning in de kabel dient gelijk of groter dan de maximale waterdruk te zijn. De staalkabel is niet elastisch (de kabels zijn bij fabricage opgerekt tot over de vloeigrens) waardoor de klep door waterdruk nauwelijks zal verplaatsen. Zie bijlage 6; berekening kracht in kabel.

Door de kleplengte van 12 meter, in relatie met stijfheid, is het uitgangspunt dat de kabel zich splitst voor de klep, waardoor er op de klep twee aangrijppunten zijn en op de brug één per klep. De klep wordt, in geval van meestromen geul, vanaf één punt vanaf de brug, neergelaten waardoor de klep niet of nauwelijks zal schranken.

Inlaatconstructie + bescherming tegen stroming

De inlaat bestaat voornamelijk uit een doorlopende betonnen constructie waarin ook de woelbak is opgenomen. Wanneer de inlaat in werking is zullen grote stroomsnelheden optreden. In verband hiermee dient het maaiveld achter de woelbak beschermd te worden. Hiervoor is in het ontwerp, achter de woelbak, waterbouwasfalt opgenomen.

Uitgangspunt bij dit ontwerp is dat de woelbak zodanig ontworpen wordt dat deze de stroomsnelheid tot onder 6 m/s reduceert. De aannemer dient echter middels een fysisch modelonderzoek aan te tonen dat het ontwerp hieraan voldoet. Gezien naast de stroomsnelheden ook turbulentie zal optreden wordt er voor waterbouwasfalt gekozen.

De stroomsnelheden in de geul zijn analytisch bepaald in bijlage 1 (figuur 7)

5.3

WERKING / AANSTURING KLEPPEN***Neerlaten klep***

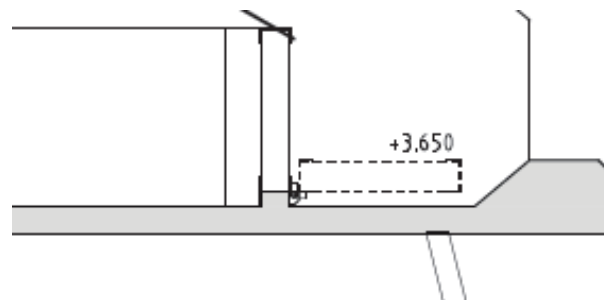
Wanneer de waterstand een hoogte boven 5,65 m+ NAP bereikt zal het water in de geul gaan meestromen. Het IJsselpeil is dus sturend voor het moment waarop er water in de geul gaat lopen, hierover is er geen bestuursbeslissing nodig voor het moment waarop de geul in werking treedt. Zodra het water over de kleppen stroomt, mogen deze worden neergelaten om de doorstroomopening te vergroten. Het neerlaten van de kleppen is een menselijke handeling en dient binnen 12 uur gerealiseerd te zijn. Voor het neerlaten van de kleppen dienen de kabels te worden doorgeknipt. De inschatting is dat 6 uur duurt, op basis van 2 ploegen.

Elke klep is aan één kabel gefixeerd aan de brug. Voor het neerlaten van de klep, bij meestromen geul, dient de kabel (door)geknipt te worden.

Doordat de klep in een verlaging van een betonelement is gepositioneerd zal het neerlaten van de klep worden gedempt door het water, dat na overstromen vrij snel in deze "kuip" zal staan.

Afbeelding 5.2

Verlaging achter klep

***Schade na openen kleppen bij hoog water***

Gezien de grote spanningen in de kabel, zal na neerklappen van de hoge kleppen, vervorming in de kleppen en ook schade aan de betonconstructie ontstaan. De afschrijvingstermijn van de kleppen komt (nagenoeg) overeen met de 'eens in een mensenleven' waarin de geul wordt ingezet. Dat er dus schade aan de kleppen optreedt, is geen probleem. De investeringskosten excl. BTW voor het herstellen van de inlaat zijn geraamd tussen de € 700.000,00 en € 1.300.000,00 per keer.

Binnen 4-6 maanden kunnen de nieuwe kleppen worden 'besteld' en geplaatst. Gedurende deze periode kan het water vrij de geul instromen. Dit heeft grote gevolgen voor de agrarische bedrijfsvoering in de geul.

5.4

FAALKANS EN ROBUUSTHEID

Een van de randvoorwaarden is dat de inlaat robuust (inspelen op nieuwe omstandigheden) en betrouwbaar (faalkans) is. Dit wordt hieronder toegelicht. Gezien de keuze om geld sturend te laten zijn bij deze variant is er maar in beperkte mate rekening gehouden met deze criteria.

Faalkans: meestromen

Een belangrijk punt is de mate van risico (kans * gevolg) voor de mate waarin bij het falen van de kleppen de taakstelling niet behaald kan worden. Hoe is dit te beheersen?

Het onderscheidende bij dit risico zit in de kans waarop het optreedt en niet in het gevolg, want de taakstelling wordt wel of niet gehaald.

Gezien de eenvoud van het ontwerp en dat de kleppen onder de belasting van het water, zonder tegendruk, open zullen klappen, is de faalkans van niet openen zeer gering wanneer de kabels worden doorgeknipt.

Beheerruimte in de het ontwerp:

Welke ruimte zit er nu in het ontwerp om de kans op falen te verkleinen? De taakstelling voor de maatregel is 71 cm. Op dit moment realiseert het ontwerp 73 cm, er is dus sprake van 2 cm beheerruimte. Deze 2 cm betrekken wij in het verkleinen van de kans op falen.

Door falen van een of meer kleppen neemt de netto doorstroombreedte van de inlaat af. De afvoercapaciteit van de inlaatconstructie neemt dan ook af. Dus is het waterstandsverlagende effect van de hoogwatergeul minder. Analytisch is uitgerekend hoeveel de waterstand bovenstrooms van de inlaat omhoog moet gaan om dezelfde afvoer over de inlaat te stuwen. Door de hogere waterstand neemt namelijk het verval over de inlaat toe en daarmee de afvoer over de inlaatconstructie.

Onderstaande tabel geeft voor verschillende aantallen falende kleppen het maximale opstuwende effect.

In bijlage 2b, zijn in een notitie diverse berekeningen uitgevoerd. Slechts bij het falen van 1 klep is het maximaal opstuwend effect < 2 cm (beheerruimte). De invloed van het niet openen van een "hoge" klep is dus veel groter dan bij de inlaat klepjes over de volle breedte, zie onderstaand tabel 5.1.

Tabel 5.1

Opstuwefect bij falen kleppen

Aantal falende kleppen van 12 meter	Netto doorstroombreedte inlaat [m]	Maximale opstuwende effect [cm]
0	290	0
1	278	1,1
2	266	2,4
4	242	5,5

Faalkans: bezwijken constructie

Het bezwijken van de constructie is een risico (kans * gevolg) dat kan optreden. Het onderscheidende bij dit risico zit in de kans waarop het optreedt en niet in het gevolg, want het gevolg is altijd dat er water in de geul stroomt. Hoe is met dit risico omgegaan in dit ontwerp?

Het onderste deel van de constructie is uitgevoerd in grond waarvan de kruin op 3,65 m+ NAP ligt. De kans dat een grondlichaam bezwijkt is klein. Het buitendijks waterpeil komt in de toekomst gemiddeld meer dan eens per jaar boven de drempel van 3,65 m+ NAP. Het aantal dagen dat het waterpeil boven van 3,65 m+ NAP komt is gemiddeld 15 dagen per jaar. (Zie bijlage 8; frequentielijn en onderschrijdingslijn nabij inlaat.) Dit betekent een vergroting van de kans op bezwijken van de constructie (dit in vergelijking met de variant in het vorige hoofdstuk).

Robuustheid ontwerp

Een robuust ontwerp kan inspelen op toekomstige ontwikkelingen en onzekerheden in bijvoorbeeld de maatgevende waterstand en ingeval dat de afvoercapaciteit onvoldoende blijkt te zijn.

De inlaat kan hiervoor zodanig ontworpen worden dat bijvoorbeeld een aantal kleppen wel gemaakt worden maar dicht blijven tijdens het meestromen van de geul.

De robuustheid van deze variant kan in theorie worden vergroot door meer kleppen aan te brengen (eventueel in relatie met een lagere drempelhoogte) dan strikt noodzakelijk zou zijn om aan te taakstelling te voldoen. Uitgaande van de huidige ontwerpuitgangspunten zijn enkele kleppen van de inlaatconstructie dan niet nodig en kunnen dus gesloten blijven. Ingeval de afvoercapaciteit onvoldoende blijkt te zijn (bv door nog hogere afvoeren of onzekerheden in de waterstanden), kunnen deze alsnog bijgeschakeld worden. Hiermee wordt de kans beperkt dat de gehele constructie moet worden aangepast in de toekomst.

In bijlage 2b, zijn in een notitie diverse berekeningen uitgevoerd voor het bepalen van het aantal gesloten kleppen in relatie tot de drempelhoogte.

In het geval van deze variant “hoge kleppen” kleven er echte grote nadelen aan het vergroten van de robuustheid. Hiermee wordt echter direct het sterke punt (lagere kosten) van deze variant aangetast. De brug over deze inlaat is namelijk veel korter dan bij de variant ‘klepjes over de breedte’. Een vergroting van het aantal kleppen leidt tot meerkosten voor kleppen maar ook tot een langere en daarmee duurdere brug.

Daarnaast kent het verlagen van de drempel hydraulische nadelen, zie de beschouwing in hoofdstuk 8. Gezien de kortere inlaat lengte (effectief 290 meter) zal een verlaging eerder in decimeters dienen te zijn dan in centimeters. Ook hiervoor geldt dus dat er grote nadelen verbonden zijn aan een robuuster ontwerp.

5.5

KOSTEN

De kosten voor deze variant zijn op hoofdlijnen bepaald met als doel een onderlinge vergelijking mogelijk te maken (en met SNIP2A variant vanwege de opdracht om een goedkopere variant te ontwikkelen). Voor de vergelijking met SNIP2A gaat het om de bouwkosten, die zijn voor deze variant circa € 12,7 mln. De investeringskosten van deze variant zijn geraamd op op € 16,12 mln.

De jaarlijkse beheerskosten zijn geraamd op € 76.000,00.

Zie tabel kosten op volgende bladzijde.

De onderstaande tabel geeft de opbouw van de kostenraming weer.

variant 2	Hoge kleppen over 2 x 150m1				
Onderdeel	Verantwoording	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs/eenheid	Bedrag
Brug	Brug over 2 x 150 m1 (4 landhoofden in plaats van 2 stuks is in m1 prijs opgenomen), eenheidsprijs brug € 11.000 per strekkende meter.	3.000	m2	€ 1.100,00	€ 3.300.000,00
Grondwerk	Dijk 510m1, taluds 1:3 respectievelijk 1:2,5, kruinbreedte 10,00 meter, hoogte boven maaiveld is 5,25 meter.	71.400	m3	€ 15,00	€ 1.071.000,00
Dijkbekleding instroomzijde	Bescherming instroomzijde en kruin met open steenasfalt en gras, 20 m2/m.	2.400	m2	€ 20,00	€ 48.000,00
Verhardings-constructie uitstroomzijde	Bescherming uitstroomzijde is betonconstructie inclusief woelbak	nvt			
Fietspad	Fietspad aan zuidzijde breed 4,50m1 lang ca. 800 m1 waarbij 500 m1 extra fundatie (tpv dijk) (gemiddeld € 25,= / m2)	3.600	m2	€ 25,00	€ 90.000,00
Woelbak/constructie tbv klep	Grote betonnen woelbak aan onderzijde talud om watersprong tijdens inlaten water te controleren.	6.300	m3	€ 450,00	€ 2.835.000,00
Bodembescherming	Achter woelbak 25 meter bodembescherming waterbouwasfalt	7.500	m2	€ 40,00	€ 300.000,00
Mechanisch / constructief	Damwandconstructie, in betonnen bak, ca. 167kg/m2	113.925	kg	€ 3,00	€ 341.775,00
Klepbak	opgenomen bij woelbak				€ 0,00
Bewegingsmechanisme	Staalkabel met toebehoren, 2 stuks per opening (tussen de pijlers)	24	stuks	€ 750,00	€ 18.000,00
Tussensteunpunten	Betonnen tussensteunpunten tussen de pijlers, 1 st per opening + aanpassing brugpijlers locatie klep achter de brug	12	stuks	€ 15.000,00	€ 180.000,00
Fundering	Gewapende betonnen palen 380x380, l=12m1	172	stuks	€ 1.050,00	€ 180.600,00
Kwelscherm	Stalen damwand AZ 18, l=12m	3.600	m2	€ 130,00	€ 468.000,00
Verbreding pijlers brug	Beton	200	m3	€ 800,00	€ 160.000,00
Totaal directe kosten		801	m1	€ 11.226,44	€ 8.992.375,00
nader te detailleren	nadere uitwerking en kleine niet benoemde posten	5%		€ 8.992.375,00	€ 449.618,75
Directe kosten + ntd					€ 9.441.993,75
Indirecte kosten	eenmalige- uitvoeringskosten + AK + W&R	25%		€ 9.441.993,75	€ 2.360.498,44
Objectonvoorzien	Niet voorziene kosten	10%		€ 9.441.993,75	€ 944.199,38
Totaal bouwkosten					€ 12.746.691,56
Vastgoed kosten	Grondaankoop en opstellen, pm. Uitgangspunt vastgoedkosten zijn voor beide opties gelijk.				€ 0,00
Engineeringskosten		10%		€ 12.746.691,56	€ 1.274.669,16
Overige bijkomende kosten		5%		€ 12.746.691,56	€ 637.334,58
Totaal basisraming					€ 14.658.695,30
Objectonvoorzien	(evt aanpassing klepconstructie)	10%		€ 14.658.695,30	€ 1.465.869,53
Afronding					€ 435,17
Totaal investeringskosten excl. BTW					€ 16.125.000,00
(LCC) herstellkosten van hoge kleppen na meestomen geul	Volledig vervangen kleppen (€ 1.3 mln,= per keer kans 1/100 per jaar)				€ 476.000,00

HOOFDSTUK

6 Verwijderbare caissons

6.1**UITGANGSPUNTEN ONTWERP**

Voor de variant met verwijderbare caissons gelden dezelfde uitgangspunten als voor de voorgaande varianten. Tijdens het ontwerpproces is naar voren gekomen dat moeilijk aan deze eisen en uitgangspunten voldaan kan worden. Er was geen vergelijkbaar basisniveau te vinden wat betrouwbaarheid en beheersbaarheid. Daarom wordt deze variant, zie afbeelding paragraaf 6.2, niet verder uitgewerkt.

Voornaamste reden om deze variant niet verder uit te werken zijn:

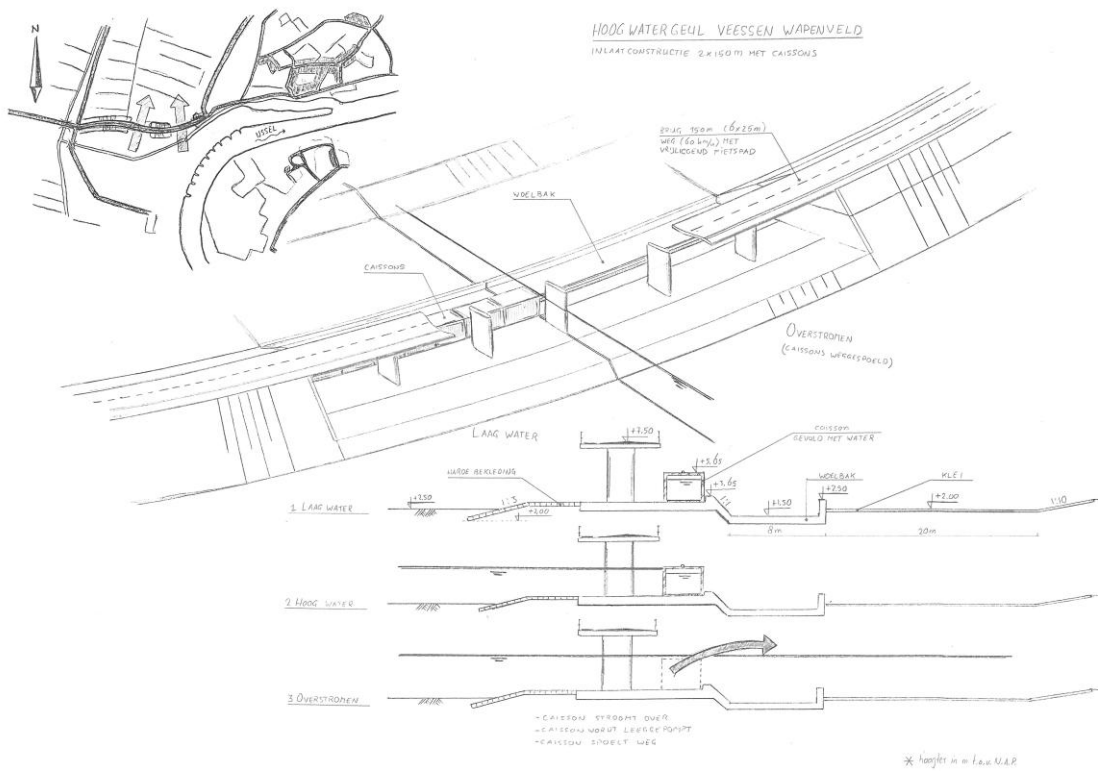
- Het moment van opdrijven van de caissons, wanneer het waterpeil boven 5,65 m+ NAP komt, is voor de periode 1/100 jaar moeilijk voorspelbaar. Verwering, zettingen etc. kan er voor zorgen dat de caissons geklemd komen te zitten en/of ongelijkmatig laten opdrijven waardoor ze mogelijk schranken;
- Terugvaloptie wanneer inlaat niet werkt is niet realiseerbaar;
- Gedrag van opdrijvende caissons, in de geul, is moeilijk voorspelbaar en onbeheersbaar.

Deze constructie variant voldoet daarmee niet aan de eisen zoals gesteld in hoofdstuk 3 waaronder de voornaamste:

- De inlaat dient voldoende betrouwbaar te zijn.

6.2

ONTWERP



Op basis van bovenstaande bevindingen is dit ontwerp niet verder uitgewerkt.

HOOFDSTUK

7

Ruimtelijke kwaliteit

Bij de beoordeling van de ruimtelijke kwaliteit van de beide overblijvende inlaatvarianten staan twee aspecten centraal: de inpassing van het kunstwerk (paragraaf 7.1) en de vormgeving (paragraaf 7.2).

7.1

INPASSING KUNSTWERK

Een belangrijk aspect uit de Nota Ruimtelijke Kwaliteit is de diversiteit van de landschappen die aanwezig is binnen het plangebied. Voor een oordeel over de verschillende inlaatvarianten is de herkenbaarheid van de verschillende landschappen belangrijk. Veluwerand, komgebied, oeverwal en IJsseluiterwaarden vormen de duidelijk herkenbare landschappen in het gebied. De markante overgang van Veluwe naar IJssel in het gebied is het meest voelbaar bij de Werverdijk in het noorden en in het zuiden bij de Kerkdijk. In de voorkeursvariant is gekozen om de inlaat te plaatsen in de Kerkdijk. Op deze manier blijft de markante opeenvolging van de uiteenlopende landschappen goed voelbaar. Daarbij valt de inlaat ruwweg samen met de open komgronden waardoor de eenheid van dit landschap merkbaar aanwezig blijft.

Markeren overgangen Ten opzichte van de vorige fase zijn de hoekpunten van de inlaat gewijzigd. Aan de oostzijde wordt iets meer afstand gehouden tot de IJsselhoeve De Hollewand. Aan de westzijde ligt de dijk niet meer ten westen van de huidige Grote Wetering. De lengte van de inlaat wordt daarmee beperkt hetgeen een besparing geeft van de kosten, terwijl de landschappelijke markering van de overgang naar de kom in tact blijft. De oprit naar de dijk en de landschapszone liggen nu pal ten oosten van de Grote Wetering en markeren, komende vanuit het westen, de overgang naar de nieuwe landschapseenheid Geul. Komende vanaf de besloten Veluweflank met zijn statige eiken en buitens is, zodra men via de oprit op de brug is aangekomen, zowel de open kom als IJsseluiterwaarden te overzien.

Eenheid in beeld Bij de variant met klepjes over de volle breedte wordt vastgehouden aan het tracé van de voorkeursvariant uit SNIP 2A; een flauwe boog over de Kerkdijk die vloeiend aansluit op de IJsseldijk bij Veessen. Dit tracé kende een lange boog om eenheid van de komgronden te benadrukken: over de gehele breedte één continu beeld. Voor de variant 'hoge kleppen over 2x150 m' is een knik ter hoogte van de westdijk nodig om een efficiëntere instroom (debiet) te kunnen realiseren. Deze slinger in de inlaat(dijk) zal nadrukkelijker aanwezig zijn, zonder dat daar een direct zichtbare relatie is met de beide inlaatwerken.

Nog meer bepalend voor het beeld van de inlaat met de hoge kleppen is dat in het dwarsprofiel een opdeling ontstaat; drie stukken met een dijk en twee stukken met een technisch profiel met bruggen en kleppen.

Over de gehele lengte geeft dit een onrustig beeld. De nagestreefde eenheid in verband met het benadrukken van de landschappelijke eenheid ontbreekt hier. De variant met de klepjes over de hele breedte kent over de gehele lengte een continu en rustig dwarsprofiel.

7.2

VORMGEVING KUNSTWERKEN

Vanuit het oogpunt van ruimtelijke kwaliteit is naast de inpassing de vormgeving van de kunstwerken van belang. Als uitgangspunt daarbij is in de vorige fase vastgesteld dat de kunstwerken een ingetogen beeld moesten kennen. Beide kunstwerken, inlaat en uitlaat, hebben een forse omvang en zullen daardoor onmiskenbaar aanwezig zijn. Ze moeten echter niet alle aandacht vragen, er moet ruimte zijn voor de beleving van het landschap en de diversiteit ervan.

Ingetogen vormgeving De variant 'klepjes over de volle breedte' kent over de volle breedte eenzelfde dwarsprofiel. Daarbij zijn de klepjes opgenomen onder de brug, tussen de brugpijlers. Het fietspad ligt op de hogere drempel zuidelijk van de constructie. Op deze wijze ontstaat een samenhangend geheel. De hele doorsnede beslaat zo'n 50 meter waarbij echter alleen het fietspad, het deel onder de brug en de woelbak echt verhard zullen worden. De dijkbekleding (waterbouwasfalt aan noordzijde) kan hiervoor met een afdeklaag grond met gras worden afgewerkt. Het openasfalt aan zuidzijde kan met gras worden begroeid. De variant met hoge kleppen bestaat uit een afwisselend dwarsprofiel. Dat geeft onrust in het beeld. De inlaat bestaat uit een dijk, die op twee plekken wordt onderbroken door een zwaar en massief kunstwerk van zo'n 150 meter lang en ruim 30 meter breed met twee relatief korte bruggen. De grote kleppen zijn daarbij opvallend, circa 2 meter hoog, en naast het brugdek geplaatst waardoor hier een minder samenhangende doorsnede ontstaat. Ook de benodigde verharding is omvangrijker. Hierdoor ontstaat een niet samenhangend, onrustig beeld.

7.3

FIETSPAD ZUIDZIJDE

Om verder op de kosten van de brug te besparen is het fietspad van de inlaat af gehaald en aan de zuidzijde op de drempel geplaatst. Het brugdek wordt daarmee smaller wat ook beter aansluit op de bestaande ranke dijken. Het fietspad komt daarmee op de buitenzijde van de drempel van de inlaat te liggen en zal bij hoogwater dus niet altijd te gebruiken zijn. Op dat moment kan over de brug gefietst worden maar natuurlijk is er ook op kort afstand een alternatieve route beschikbaar in de vorm van het fietspad van Heerde naar Veessen wat zal aansluiten op de Broekstraat.

Realisatie fietspad Bij de variant klepjes over de volle breedte is de drempel van de inlaat hoger. Deze ligt op 4.90 m+ NAP. Daardoor zal het fietspad slechts eens per 5 jaar onder water komen. Doordat de doorsnede over de hele lengte gelijk is ontstaat een hoog gelegen en continu pad.

Bij de variant hoge kleppen ligt de drempel ter hoogte van de kleppen op 3.65 m+ NAP waardoor de route elk jaar, voor kortere tijd, wel onder water zal komen te staan. Daarbij varieert de doorsnede tussen de trajecten waar een dijk aanwezig is en de delen met het technische profiel met de kleppen. Het fietspad kan daardoor niet op hoogte blijven en zal op en neer gaan. Beide aspecten maken deze route minder aantrekkelijk.

HOOFDSTUK

8

Hydraulische
beschouwing

In dit hoofdstuk wordt een hydraulische beschouwing van de twee varianten “klepjes over de volle breedte” en “hoge kleppen over 2 x 150 m¹” gegeven.

De inlaat met klepjes over de volle breedte geeft lagere stroomsnelheden in de hoogwatergeul omdat de afvoer gelijk vanaf de inlaat over de hele geulbreedte wordt gespreid. Bij de variant hoge kleppen over 2 x 150 m¹ zijn de snelheden in de 'straal' belangrijk hoger, ook in het gebied ten noorden van de inlaat.

In het ontwerp met de “2 openingen van 150 m¹” is rekening gehouden met het commentaar van A. Vrijburcht (DID) op de voorkeursvariant van SNIP2A (hybride inlaat). De totale uitstroombreedte is verhoogd van 185 m naar 300 m, zodat de stroombreedte van de beweegbare inlaat groter is dan 1/3e van de breedte van de hoogwatergeul. Verder is de hoogte van de drempel verhoogd van maaiveldhoogte (2,20 m+ NAP) naar 3,65 m+ NAP. Deze aanpassingen zorgen er voor dat het uitstromende water over de gehele waterdiepte zijn energie kwijt en de hoge snelheden en turbulenties veel sneller (lees over veel kortere afstand) zullen afnemen. De kans op erosie van de nevengeul is dan kleiner. Toch kunnen de 'stralen', door de 2 openingen van 150 m¹, over grote lengte aanwezig blijven. De straalwerking dempt naar verwachting langzaam uit, zodat ook noordelijk in de hoogwatergeul nog sprake van hoge snelheden kan zijn. Dit “kan” betekenen, dat de westelijke dijk langs de hoogwater toch extra verdedigd zou moeten worden. Ook kunnen de stralen in de hoogwatergeul gaan meanderen (kwispelen), waardoor de oostelijke en westelijke dijk extra belast kunnen worden.

HOOFDSTUK 9 Uitvoering

De locatie van de inlaatconstructie inclusief brug zijn bij beide varianten op de locatie en/of direct nabij de Kerkdijk gepositioneerd. In het uitvoeringsplan SNIP 2a is de voorkeur uitgesproken om de inlaat inclusief brug noordelijke of zuidelijk van de Kerkdijk aan te leggen.

Zuidelijk verplaatsen is niet haalbaar aangezien de constructie van de inlaat aan de achterzijde van de kleppen het grootste ruimtebeslag heeft in verband met het talud en de woelbak.

Een noordelijke verplaatsing wordt nader onderzocht in vergelijking met de in dit ontwerp aangehouden ligging.

Door het lineaire karakter van variant met klepjes over de volle breedte en ook door de kleinere klepconstructie, lijkt de uitvoering van deze variant eenvoudiger echter dit hangt mede af van de uiteindelijke positionering van de inlaat.

HOOFDSTUK 10 Aanbevelingen

10.1

SCORE MATRIX

De onderstaande matrix (A t/m G) geeft de criteria weer waarop de inlaatvarianten zijn beoordeeld.

Selectiecriteria (A + B)

hoofdcriterium	Omschrijving	score		
		+ (beste score tov andere varianten / criterium)	0 (neutrale score tov andere varianten / criterium)	- slechtste score tov andere varianten / criterium
A. Leidraad rivieren	"Toekomstvastheid en robuustheid" Een 'robuust' ontwerp houdt rekening met toekomstige ontwikkelingen en onzekerheden. De afvoercapaciteit van het inlaatwerk is eenvoudig te vergroten (uitbreidbaarheid).	Oplosbaar binnen ontwerp of via eenvoudige aanvullende ingreep	Ingrijpende of kostbare ingreep	Ingrijpend en (zeer) kostbare ingreep
	Flexibiliteit: mate waarin inlaat kan anticiperen op veranderingen of anders gezegd mate waarin inlaat gevoelig is voor veranderingen.	Minst gevoelig voor veranderingen	Matig gevoelig voor veranderingen	Zeer gevoelig voor veranderingen
B. Betrouwbaarheid / veiligheid	Mate van menselijk handelen om taakstelling te halen	Geen menselijk handelen nodig, voldoet aan taakstelling	Bepert en eenvoudig menselijk handelen nodig om taakstelling te realiseren	Ingrijpend / complex menselijk handelen nodig om taakstelling te realiseren
	Wel/geen bestuursbeslissing inzet geul	Geen bestuursbeslissing		Bestuursbeslissing stromen geul
	Faalkans meestromen; mate van risico (kans * gevolg) voor het niet behalen van taakstelling en mate waarin dit te beheersen is	Kleinste risico voor taakstelling en zeer eenvoudig te beheersen	Bepert risico voor taakstelling en redelijk te beheersen	Grootste risico voor taakstelling en alleen door grootschalig ingrijpen te beheersen
	Faalkans bezwijken; mate van risico (kans * gevolg) voor bezwijken van constructie	Kleinste kans en klein gevolg	Kleinste kans en groot gevolg	Grotere kans en groot gevolg
	Eenvoud van bediening; snelheid van openen	Geen tot twee uur voorbereiding- en uitvoeringstijd	Beperte (2 tot 12 uur) voorbereiding- en uitvoeringstijd	behoorlijke (>12 tot 24) uur) voorbereiding- en uitvoeringstijd
	Eenvoud van bediening; snelheid van sluiten na gebruik	Meestromen kan snel en via eenvoudige handeling worden gestopt zodra inzet niet meer nodig is	Meestromen kan pas gestopt worden bij lage waterstand zonder (her)aanleg	Meestromen kan pas gestopt worden bij lage waterstand en na (her)aanleg

Selectiecriteria (C t/m G)

hoofdcriterium	Omschrijving	score		
		+ (beste score tov andere varianten / criterium)	0 (neutrale score tov andere varianten / criterium)	- slechtste score tov andere varianten / criterium
C. Aanlegkosten (bouwkosten) Beheer en onderhoudskosten / jaar Risico eerdere vervanging dan afschrijvingstermijn	€ (inlaat inclusief hoogwatervrije ontsluiting en oppervlakte)	€ 12-15 miljoen	€ 15-18 miljoen	> 18 miljoen
	€ / jaar voor beheer / onderhoud	< 70.000,=	70.000,= tot 90.000,=	> 90.000,=
	€ Schade na openen kleppen bij hoog water. Deels / geheel vervangen kleppen incl. bijkomende werkzaamheden (Kans* gevolg)	< 200.000,=-	200.000,= tot 700.000,=	> 700.000,= (tot 1,3 mln)
D. Ruimtelijke kwaliteit (nota)	Markering landschappelijke overgang	Sterk	matig	Slecht
	Eenheid in beeld	Groot	Matig	Gering
	Ingetogen vormgeving	Groot	Matig	Slecht
	Realisatie fietspad	Op gelijke hoogte en minder dan 1x / jaar onder water	Enkele hoogteverschillen en enkele dagen per jaar onder water	Ongelijk en vaker dan 10 dagen per jaar onder water
E. Draagvlak (inwoners gebied)	Randvoorwaarde; Eens in een mensenleven	Binnen dit bestuurlijke besluit		Buiten bestuurlijke besluit
	Ontwerpuitgangspunt VKA; 5,65 +NAP	Geen verandering in peil	Zeer beperkte verandering (enkele cm)	Sterke verandering > enkele cm
	Extra onttrekking agrarische grond (m2) tov VKA snip 2A	Minder grondaankopen	Grondaankopen gelijkwaardig	Meer grondaankoop
F. Beheer en onderhoud	Zwaarte constructie; Inzet van materieel en eenvoud van uit te voeren werkzaamheden.	Lichte constructie, licht materieel en eenvoudige handelingen (kleine voorspanning kabel)		Zware constructie, zwaar materieel en handelingen (grote voorspanning kabel)
G. Secundaire criteria	Complexiteit uitvoering	Eenvoudig/eenduidig uitvoerbaar	gemiddelde complexiteit	complexe uitvoering
	Testbaarheid constructie. (hulpconstructie voor klep tbv creëren kuis met water)	Eenvoudige hulpconstructie (bij kleine kleppen)		Zware hulpconstructie (bij grote kleppen)

Scorematrix

Hoofdcriterium	Omschrijving	varianten	
		'klepjes over de volle breedte'	'hoge kleppen over 2x 150 m'
A. Leidraad rivieren	"Toekomstvastheid en robuustheid" " Een 'robuust' ontwerp houdt rekening met toekomstige ontwikkelingen en onzekerheden. De afvoercapaciteit van het inlaatwerk is eenvoudig te vergroten (uitbreidbaarheid).	+	-
	Flexibiliteit: mate waarin inlaat kan anticiperen op veranderingen of anders gezegd mate waarin inlaat gevoelig is voor veranderingen.	+	-
B. Betrouwbaarheid / veiligheid	Mate van menselijk handelen om taakstelling te halen	0 menselijk handelen nodig (beperkt)	0 menselijk handelen nodig (beperkt)
	Wel/geen bestuursbeslissing inzet geul	+	+
	Faalkans meestromen; mate van risico (kans * gevolg) voor het niet behalen van taakstelling en mate waarin dit te beheersen is	+	0
	Faalkans bezwijken; mate van risico (kans * gevolg) voor bezwijken van constructie	0 kruin (drempel) op 4,90 m+ NAAP	- drempel op 3,65 m+ NAP
	Eenvoud van bediening; snelheid van openen	0 in één of twee handelingen	0 in één of twee handelingen
	Eenvoud van bediening; snelheid van sluiten na gebruik	+ lichte constructie eenvoudig te sluiten en relatief hoge drempel	- zware constructie mogelijk opnieuw opbouwen en lage drempel
C. Aanlegkosten (bouwkosten) Beheer en onderhoudskosten / jaar Risico eerdere vervanging dan afschrijvingstermijn	€ (inlaat inclusief hoogwatervrije ontsluiting en oppervlakte)	0 € 18 mln	+ € 13 mln
	€ / jaar voor beheer / onderhoud	0	0
	€ Schade na openen kleppen bij hoog water. Deels / geheel vervangen kleppen incl. bijkomende werkzaamheden (Kans* gevolg)	+	-
D. Ruimtelijke kwaliteit (nota)	Markering landschappelijke overgang	+	+
	Eenheid in beeld	+	-
	Ingetogen vormgeving	+	-
	Realisatie fietspad	+	-
E. Draagvlak (inwoners gebied)	Randvoorwaarde; Eens in een mensenleven	+	+
	Ontwerputgangspunt VKA; 5,65 +NAP	+	+
	Extra onttrekking agrarische grond (m2) tov VKA snip 2A	0	0
F. Beheer en onderhoud	Zwaarte constructie; Inzet van materieel en eenvoud van uit te voeren werkzaamheden.	+	-
G. Secundaire criteria	Complexiteit uitvoering	+	-
	Testbaarheid constructie. (hulpconstructie voor klep tbv creëren kuip met water)	+	0

10.2

AANBEVELINGEN

Opdracht

De minister van Verkeer en Waterstaat heeft in zijn SNIP2A beslissing gevraagd “om meerdere varianten van de inlaat te overwegen, zodat een goedkopere inlaat kan worden gekozen, met een hogere betrouwbaarheid en een betere beheersbaarheid. Ik vraag u om de inlaatkeuze tussentijds (in het derde kwartaal van 2010) aan de DG Water voor te leggen, zodat zij hierover een besluit kan nemen”.

In de Stuurgroep van mei is op basis van de hoofdcriteria:

- Draagvlak: niet tornen aan de gemaakte afspraken over de frequentie die met gebied zijn gecommuniceerd en in Voorkeursalternatief zijn opgenomen dus vasthouden aan het peil van 5,65m + NAP en het daarmee samenhangende gebruik van de geul “ eens in een mensenleven”;
- Betrouwbaarheid / veiligheid: menselijk handelen zoveel mogelijk beperken en er voor zorgen dat het ‘voorkomen’ van falen ingebouwd wordt
- Eenvoudig uitvoeren: dit heeft zowel betrekking op de (beproefde) techniek als de kosten die gemaakt moeten worden in het beheer.

Het besluit genomen om enkele varianten af te laten vallen en

- ‘Klepjes over de breedte’, verder uit te werken naar een hoger detail niveau omdat deze variant goed scoort op de meeste criteria die vooral betrekking hebben op betrouwbaarheid en beheersbaarheid en
- De twee concepten verwijderbare damwand met scharnier en caisson, verder uit te werken om te kunnen beoordelen of ze inderdaad veel goedkoper zijn en in welke mate ze ook betrouwbaar en beheer(s)baar zijn.

Binnen het uitwerken deze opdracht heeft het projectteam:

- Geconstateerd dat het concept 'caisson' geen meerwaarde heeft op zowel technische (betrouwbaar en beheersbaar) als financiële vlak in vergelijking met de andere twee;
- Geconstateerd dat de variant 'klepjes over de volle breedte' optimaal tegemoet komt aan de opdracht om de betrouwbaarheid en beheersbaarheid te vergroten en ook kosteneffectief is ten opzichte van SNIP 2A. De door verschillende partijen ingebrachte punten als beperken van de faalkans en eenvoud van bedienen zijn ingepast. Bovendien is er sprake van een behoorlijke flexibiliteit in het ontwerp. Optimaal vergroten van de betrouwbaarheid en beheersbaarheid leidt wel tot (relatief) meer kosten. Zoals in de tekeningen zichtbaar is gaat het om een circa 800m brede inlaat met 96 kleppen met een afmeting van circa 8 m lang bij 75 cm hoog;
- Geconstateerd dat tijdens de uitwerking het concept 'verwijderbare damwand' vanwege inzichten in de (slechte) technische werking ingewisseld is voor de variant 'hoge kleppen over 2 x 150m1'. Deze variant bestaat uit twee inlaten van elk circa 150 m breed met totaal 24 kleppen met een afmeting van circa 12 meter lang 1,95 m hoog. Hiermee is een behoorlijke technische verbetering doorgevoerd ten opzicht van de in mei gepresenteerde concepten;
- De beperking van de kosten sturend gemaakt voor de variant 'hoge kleppen over 2 x 150m1'. Dit betekent dat ervoor is gekozen om bij het vergroten van de betrouwbaarheid en beheersbaarheid van deze variant een 'basisniveau' te hanteren. Daarmee kan een goede vergelijking worden gemaakt tussen de goedkope maar wel verantwoorde variant en de technisch optimale variant (de variant "klepjes over de volle breedte) die kan rekenen op draagvlak bij partijen en in het gebied.

Beschouwing

De keuze die voorligt, is in zijn essentie een keuze tussen:

- De geld gestuurde (maar wel technisch verantwoorde) variant 'hoge kleppen over 2 x 150m1' en
- De op betrouwbaarheid en beheersbaarheid geoptimaliseerde / uitgekende variant 'klepjes over volle breedte'. Bovendien blijkt uit consultatie van de verschillende partijen dat het draagvlak voor deze variant groot is omdat partijen hierin hun wensen het beste gehonoreerd zien.

In de tabellen van Hoofdstuk 10 zijn alle criteria en hun score op een rijtje gezet. Hieronder staan de belangrijkste / meest onderscheidende verschillen weergegeven die (vooral) betrekking hebben op de gevraagde vergroting van de betrouwbaarheid en beheersbaarheid. De optimalisatie van de variant 'klepjes over volle breedte' zit in de volgende punten:

- Faalkans: niet behalen taakstelling doordat klepjes niet openen. De constructie is eenvoudig waardoor de kans op falen gering is (openen door de waterdruk). Mocht dat desondanks gebeuren is de beheersmaatregel dat 6 kleppen mogen falen alvorens de kritische grens van 71 cm waterstanddaling wordt bereikt;
- Faalkans bezwijken constructie. De beheersmaatregel is dat het grondlichaam het grootste kerende deel is. Slecht eens per 5 jaar komt er water tegen de klepjes te staan. Hierdoor is de kans op falen aanmerkelijk lager dan bij de andere variant waar circa 50 dagen per jaar water tegen de kleppen staat;
- Ruimtelijke kwaliteit. De landschappelijke inpassing is goed door het lineaire karakter van de constructie.

Het grootste bezwaar van de variant 'hoge kleppen over 2 x 150m1' is

- Eenvoud van bedienen: snelheid van sluiten na gebruik. De kans is groot dat de kleppen na gebruik van de geul zodanig beschadigd zijn dat ze geheel moeten worden vervangen. Dit heeft tot gevolg na zes maanden de geul weer gesloten en er geen rivierwater meer in kan stromen. Dit is een zeer gevoelig punt voor het draagvlak.

Financieel

Ten opzichte van de 'hybride inlaat' uit SNIP 2A zijn de twee huidige varianten goedkoper geworden.

Posten	SNIP 2A	Klepjes over volle breedte	Hoge kleppen over 2 x 150 m1
Directe kosten (in milj €)	17,5/16,7	13,2	9,2
Indirecte kosten 25%	4,3	3,3	2,3
Objectonvoorzien 10%	1,7	1,3	0,9
Totaal in milj €	23,1	18,1	12,7
LCC kleppen na stromen		€ 55.000	€ 476.000
Jaarlijkse beheerkosten	-	€ 78.000	€ 76.000

- Indien na inzet van de geul de grote kleppen vervangen moeten worden en de geul zal (ruim) binnen de afschrijvingstermijn weer ingezet worden, dan is een extra 'vervanging' nodig. De kosten van dit risico zijn tussen de 0,7 en 1,3 miljoen euro per keer (LCC €476.000,=).

Eindadvies

Beide uitgewerkte varianten voldoen aan de opdracht van de minister. Ze zijn goedkoper, betrouwbaarder en beheersbaarder. Uit de consultatie van de relevante partijen in het gebied blijkt dat de variant 'klepjes over volle breedte' de sterke voorkeur heeft. De mate van betrouwbaarheid, beheersbaarheid en de goede landschappelijke inpassing geven hierbij de doorslag. De variant 'hoge kleppen over 2 x 150m1' scoort relatief matig op deze punten. Bovendien scoort deze variant ook slechter op enkele andere criteria zoals eenvoud van bediening. Dit geldt echter niet voor de financiën, daarin scoort de 'hoge kleppen over 2 x 150m1' beter. Ondanks het verschil in kosten adviseren wij te kiezen voor variant 'klepjes over volle breedte' vanwege de betere betrouwbaarheid en beheersbaarheid en vanwege het brede draagvlak. Hierbij wordt opgemerkt dat partijen weten dat deze variant betrouwbaar en beheersbaar is en dat hiermee hun ambities en wensen gehonoreerd worden.

BIJLAGE

1

Effecten variaties ontwerp

memorandum

PR1448.30

Project : Veessen-Wapenveld Hoogwatergeul SNIP 3
Projectnr. : C03021.000043
Datum : 2 juli 2010
Onderwerp : VW Hydraulica & Morfologie Effecten variaties ontwerp
Van : Arjan ter Harmsel
Opsteller : Hermjan Barneveld, Joana Vieira da Silva
Aan : Projectteam

1 Beschrijving van de varianten

Tabel 1 beschrijft de varianten die zijn doorgerekend met WAQUA voor een maatgevende afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith.

naam	dijken	inlaat	Zomerkade /fietspad op 3 m+NAP	Laanbeplanting	Drempelhoogte ⁴⁾
MWV_ vast	Meest waarschijnlijke variant	Vast met klepjes ¹⁾	nee	nee	4.90 m+NAP
MWV_ 2gaten	Meest waarschijnlijke variant	2 gaten van 150 m breed ²⁾	nee	nee	3,70 m+NAP
MWV_+	Meest waarschijnlijke variant	Vast met klepjes	ja	ja	4.90 m+NAP
Smalle variant	Smalle variant ³⁾	Vast met klepje	ja	ja	4.90 m+NAP

Tabel 1: Beschrijving van de varianten

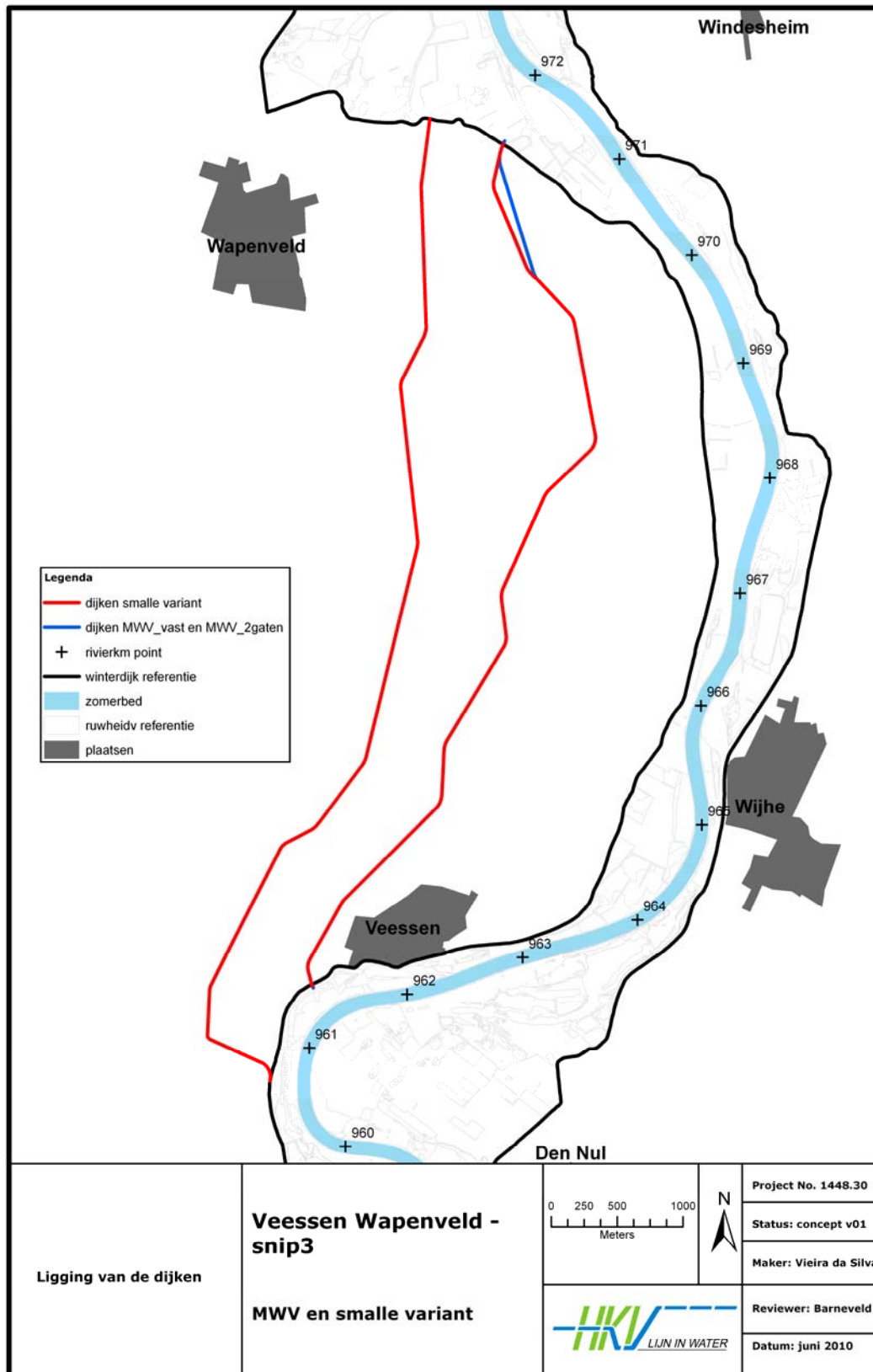
¹⁾ netto doorstroombreedte 757 m

²⁾ netto breedte 2 gaten: 290 m

³⁾ verschil met MWV is slechts het noordstuk van de oostdijk

⁴⁾ drempelhoogte afgeleid van met WAQUA berekende waterstanden ten zuiden en noorden van de inlaat en de werkelijke (netto) doorstroombreedte en de overlaatcoëfficiënt afgeleid uit WAQUA (zie bijlage 1).

Figuur 1 geeft de ligging van de dijken van de diverse varianten, waarin de afwijkend positie van de oostelijke dijk in de smalle variant de enige afwijking is in dijkligging ten opzichte van de overige varianten.

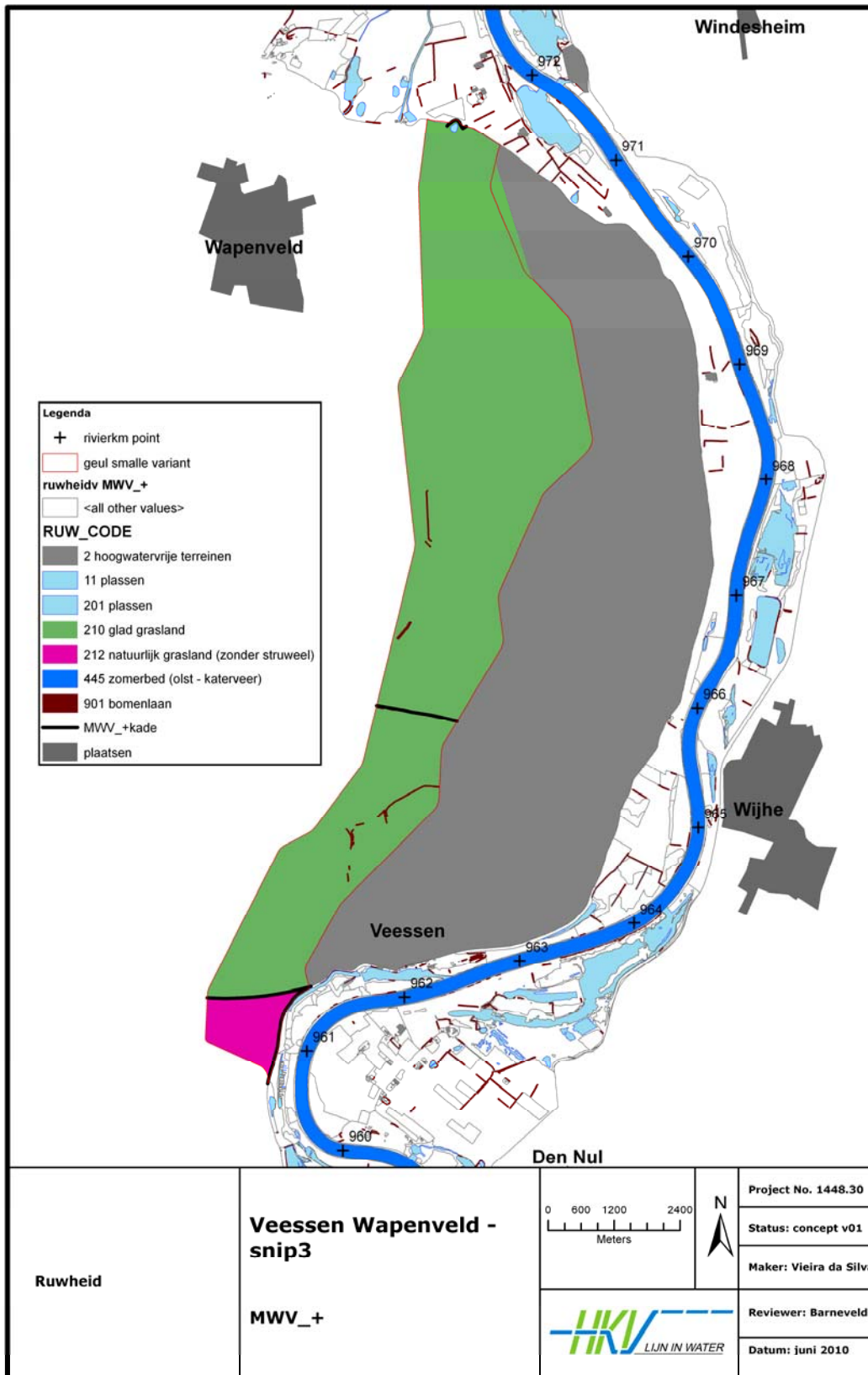


Figuur 1: Ligging van de dijken

Figuur 2 geeft een overzicht van de onderdelen van de diverse varianten. Te zien zijn:

- de locaties met laanbeplanting (bomenlaan in figuur)
- de locatie van de Plakkenweg (waarlangs ook bomen staan)
- de nieuwe uiterwaard met iets hogere stromingsweerstand

- de zomerkade bij de inlaat ter plaatse van de oude bandijk met het fietspad er op (kruinhoogte 3 m+NAP)

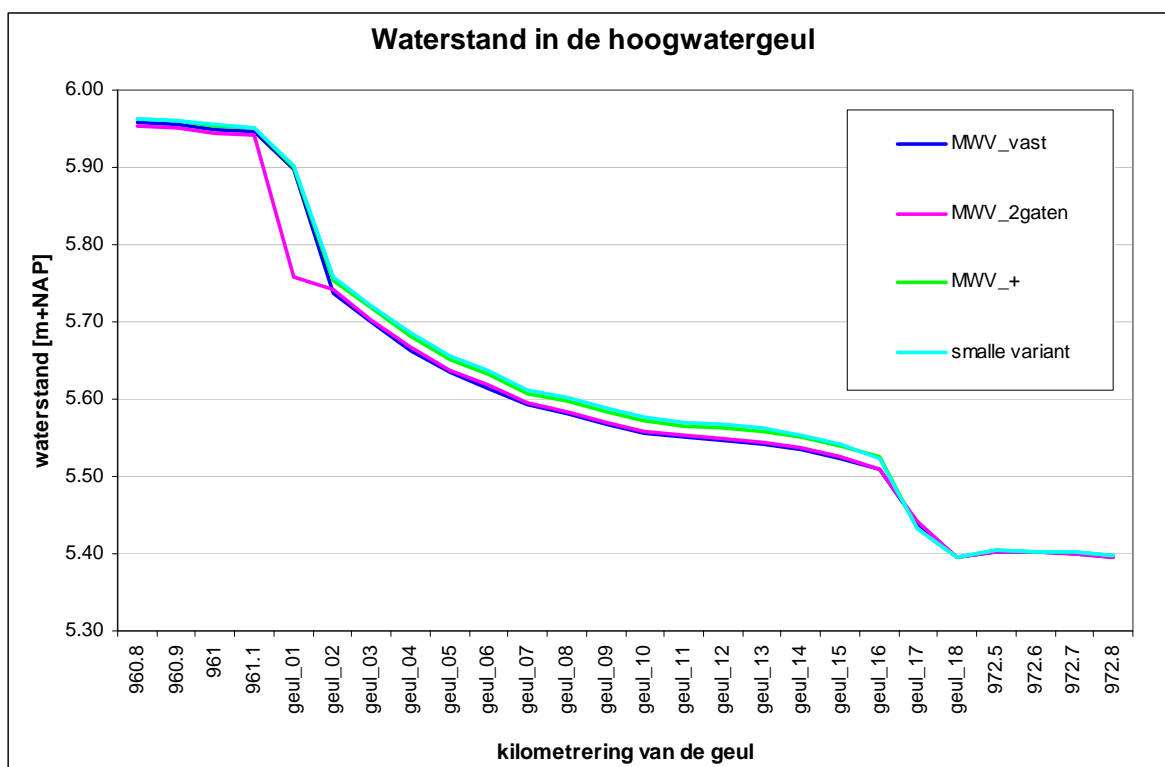


Figuur 2: Onderdelen (laanbeplanting, ligging dijken, zomerkades) van de varianten

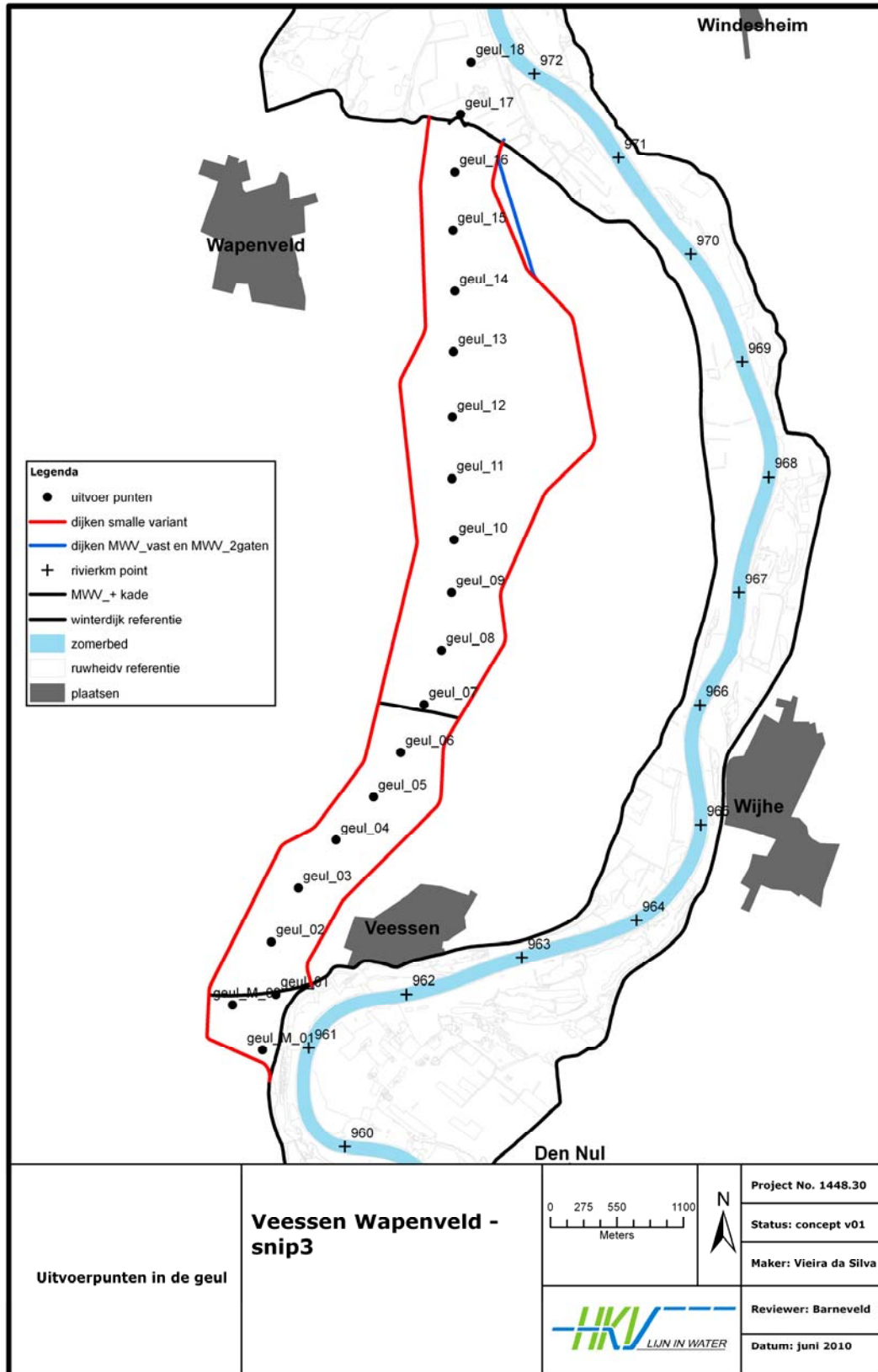
2 Effecten bij maatgevend hoogwater

naam	dijken	inlaat	Zomerkade /fietspad Op 3 m+NAP	Laanbeplanting	Effect [cm]
MWV_ vast	Meest waarschijnlijke variant	Vast met klepjes ¹⁾	nee	nee	73.0
MWV_ 2gaten	Meest waarschijnlijke variant	2 gaten van 150 m breed ²⁾	nee	nee	73.5
MWV_ +	Meest waarschijnlijke variant	Vast met klepjes	ja	ja	72.6
Smalle variant	Smalle variant ³⁾	Vast met klepje	ja	ja	72.5

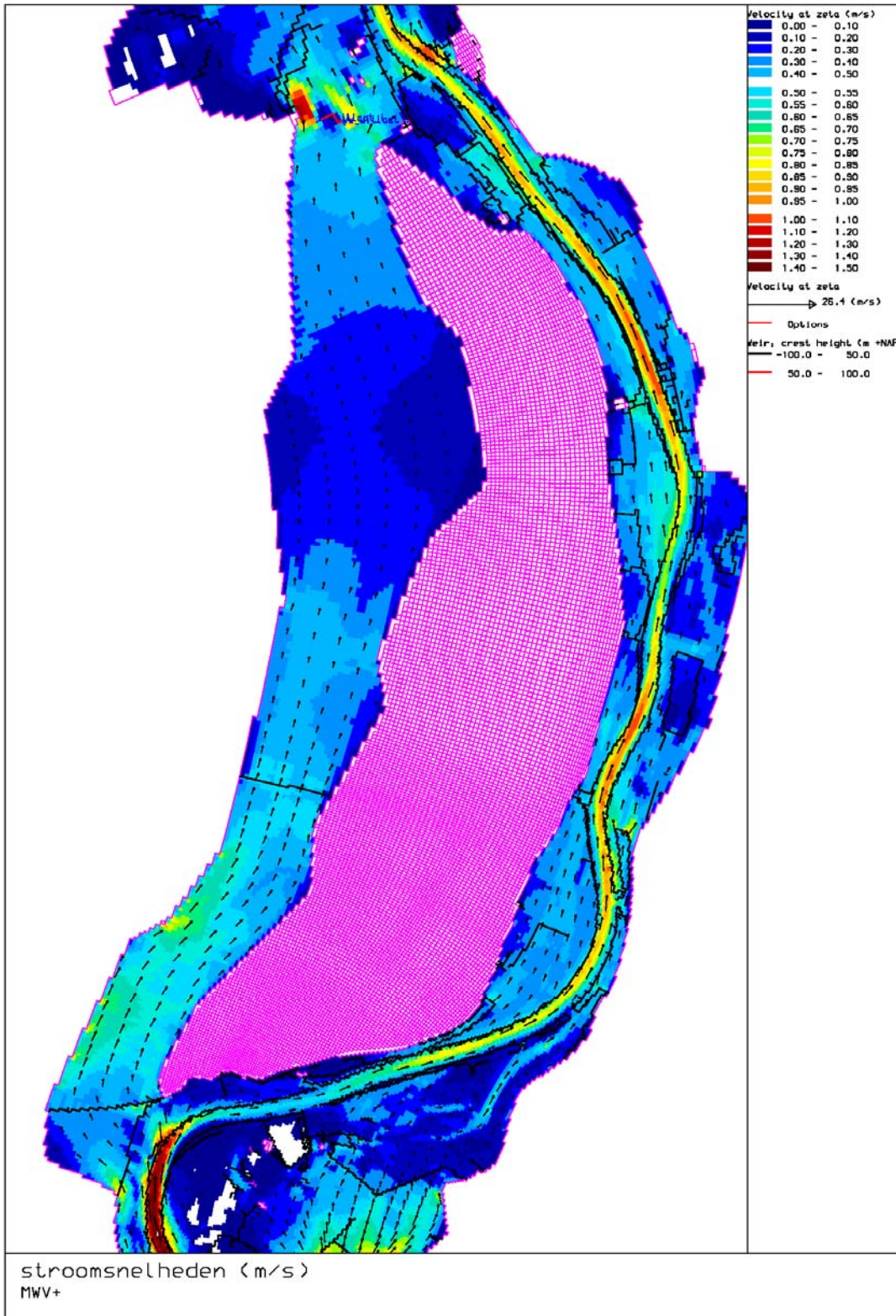
Tabel 2: Maximaal waterstandseffect bij MHW. Opm: in MWV_+ en de Smalle variant is de netto doorstroombreedte van de bruggen nog iets aangepast om precies aan te sluiten bij 140 m (westelijke opening) en 309 m (oostelijke opening)



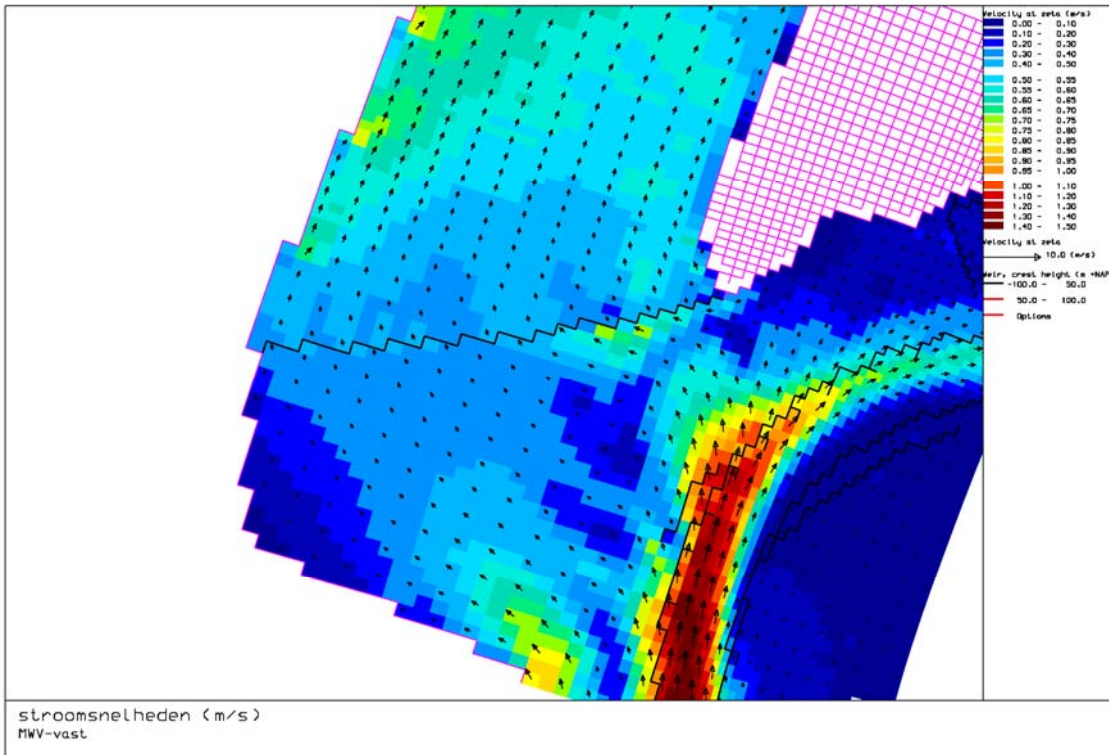
Figuur 3: Waterstandslijn in de hoogwatergeul



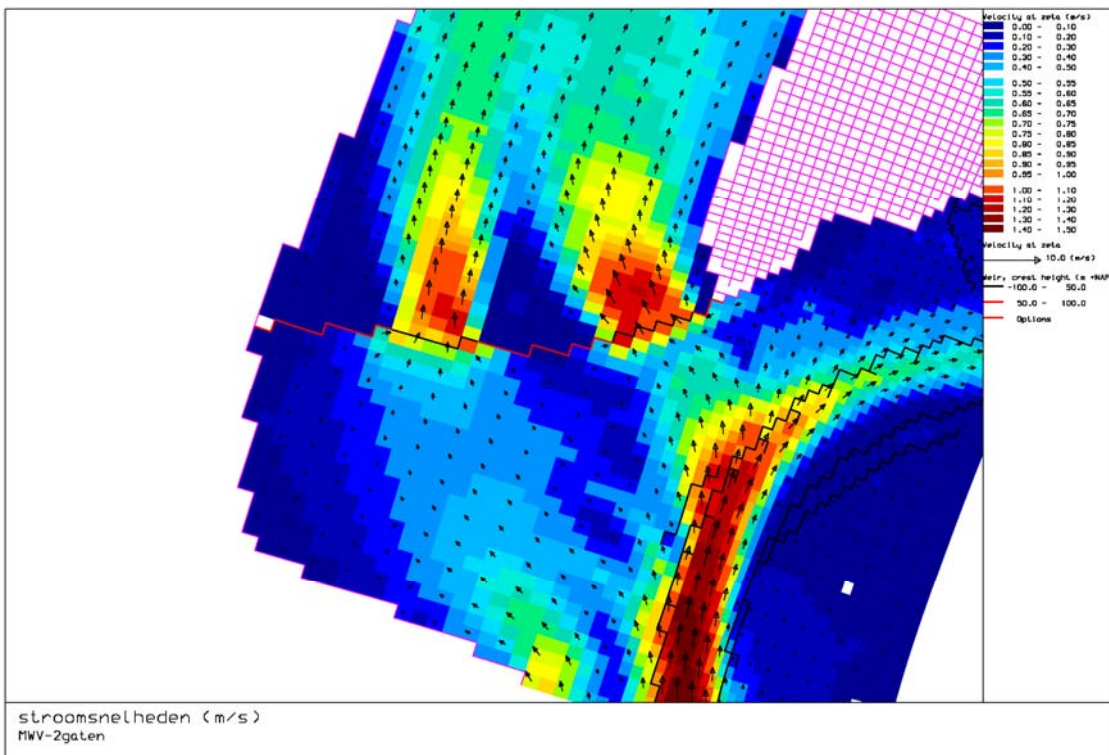
Figuur 4: Ligging van uitvoerpunten in de geul



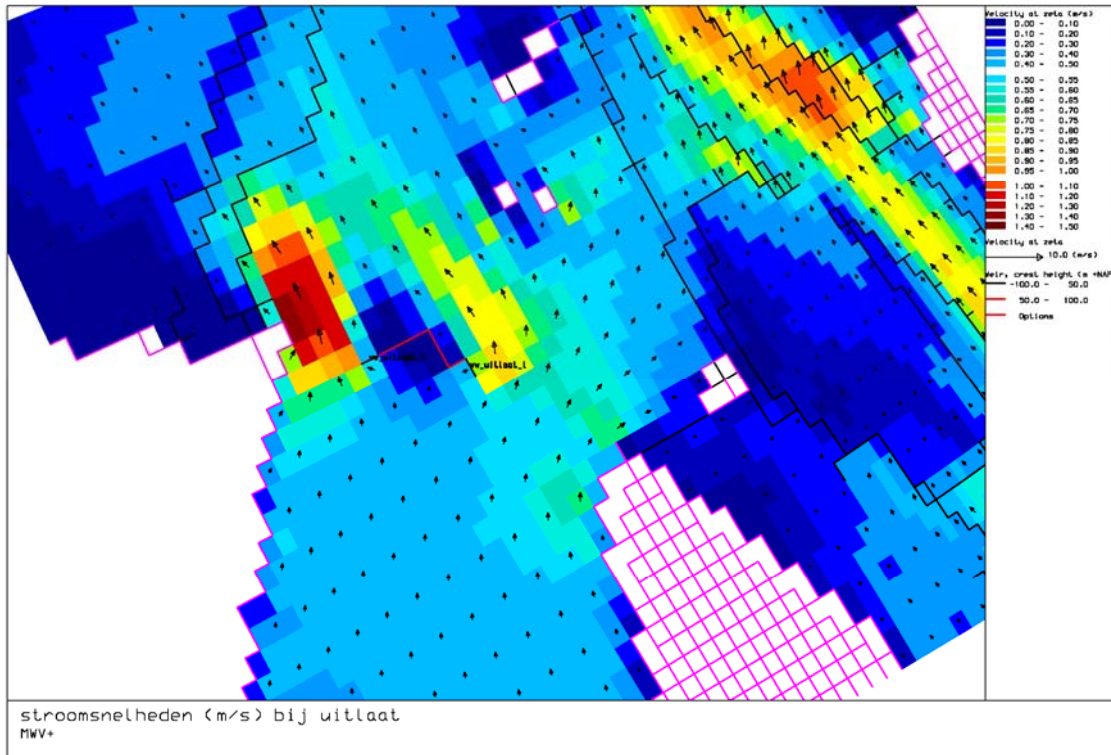
Figuur 5: Stroomsnelheden bij mhw voor MWV_+



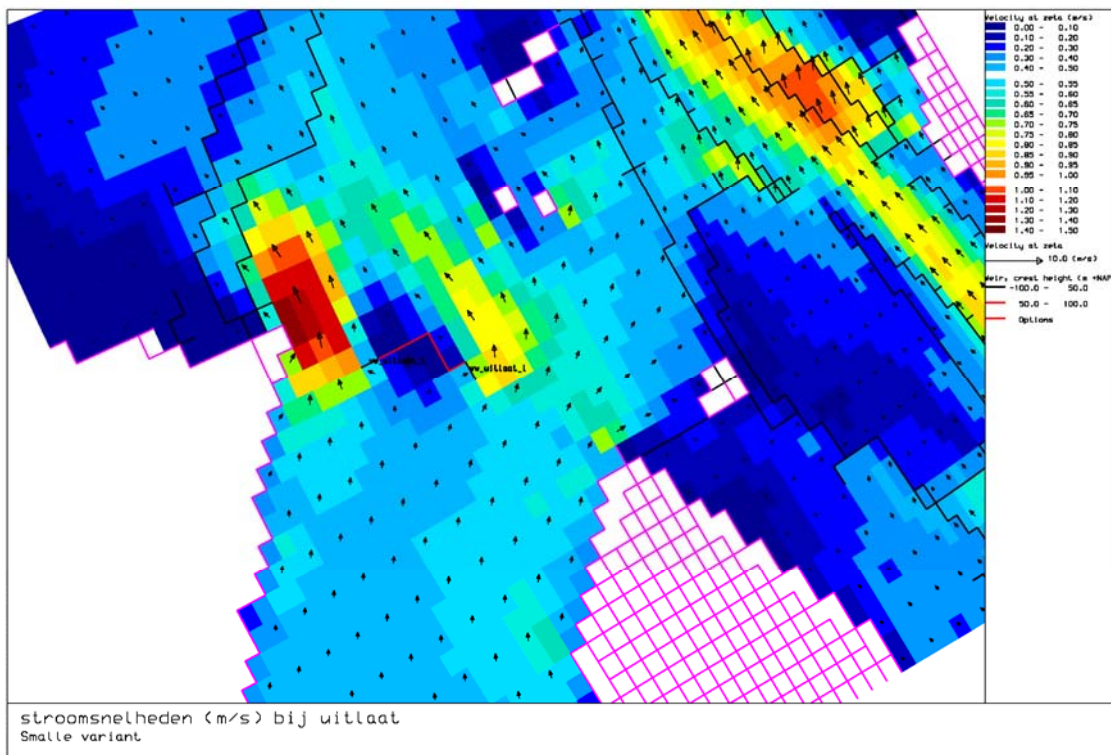
Figuur 6: Stroomsnelheden in de inlaat bij mhw voor MWV_vast



Figuur 7: Stroomsnelheden in de inlaat bij mhw voor MWV_2gaten



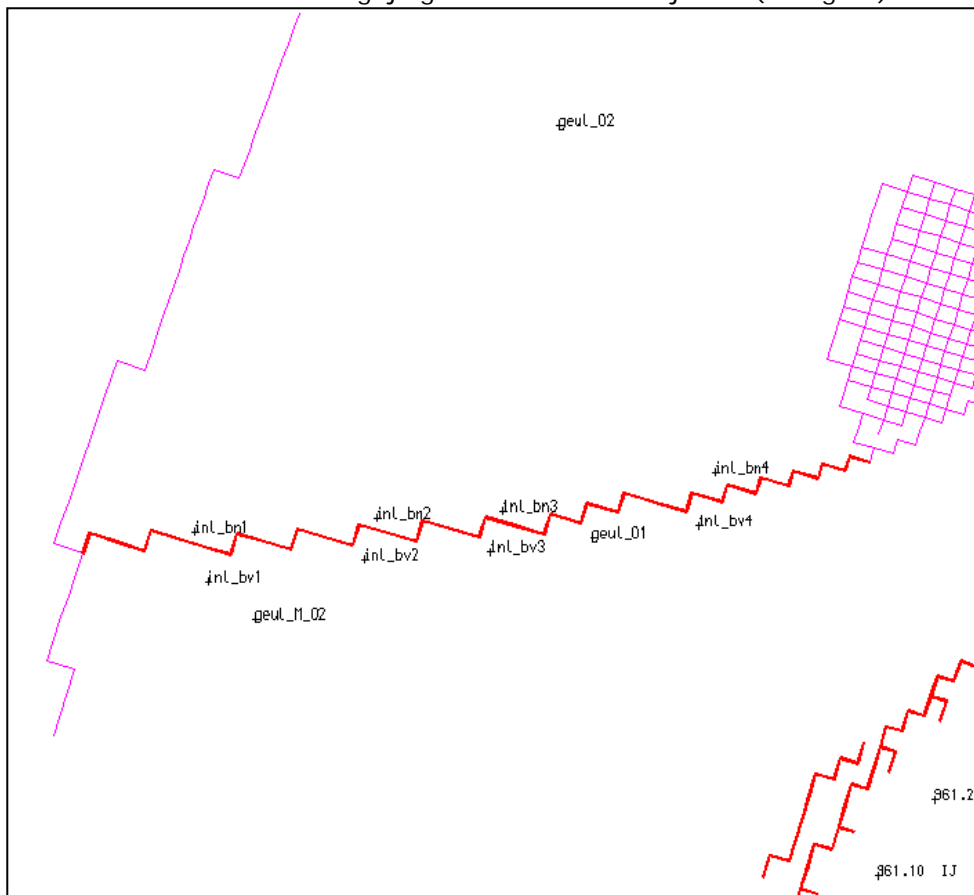
Figuur 8: Stroomsnelheden in de uitlaat bij mhw voor MWV_+



Figuur 9: Stroomsnelheden in de uitlaat bij mhw voor smalle variant

BIJLAGE 1 Berekening drempelhoogte inlaatconstructie

Het WAQUA-model wordt opgebouwd via Baseline. Op basis van de bodemgeometrie en informatie over lijnelementen (bv kades), wordt de riviergeometrie op het rekengrid (rooster) van WAQUA geprojecteerd. Als de lijnelementen niet precies langs roosterlijnen lopen, worden trapjeslijnen gedefinieerd of zogenaamde diagonale overlaten gelegd. Bij controle van het via Baseline gegenereerde model bleek de inlaatconstructie voor een klein deel door diagonale overlaten, maar voor een groot deel door de eerder genoemde trapjeslijnen te worden weergegeven. De lengte van de overlaat is daarmee belangrijk groter dan in werkelijkheid (zie figuur).



Dit betekent, dat de afvoer over een dergelijke te lange overlaat door WAQUA wordt overschat. Daarbij komt ook, dat de brugpijlers op de overlaat de netto doorstroombreedte verkleinen. Iets dat in WAQUA alleen via een speciale behandeling kan worden meegenomen. Om de goede hoogte van de inlaat af te leiden, waarmee bij maatgevend hoogwater voldoende water door de hoogwatergeul stroomt om de vereiste waterstandsdaling te halen, is de volgende procedure gevolgd:

1. opbouw WAQUA-model met overlaat ter plaatse van de inlaat, waarmee 73 cm waterstandsdaling wordt gehaald (71 cm werктаakstelling + 2 cm beheerruimte);
2. van de met WAQUA berekende waterstanden en snelheden bovenstrooms en benedenstrooms van de inlaat worden de gemiddelde energiehogte bovenstrooms van de inlaat en gemiddelde waterstand benedenstrooms van de inlaat bepaald.
3. op basis van de overlaatformules (volkomen of onvolkomen), de netto doorstroombreedte van de inlaat, de uit de WAQUA-berekening volgende afvoercoëfficiënt en de bovenstaande

energiehoogte en waterstand, wordt de hoogte van de inlaatdrempel bepaald. Zodanig, dat de afvoer uit de handberekening overeenkomt met de afvoer over de (te lange en te lage) overlaat in WAQUA.

Bovenstaande is gedaan voor zowel de inlaat met kleppen en de inlaatconstructie met 2 gaten van 150 m elk.

BIJLAGE

2

Analyse flexibiliteit inlaatconstructie

memorandum

PR1448.30

Project : Planstudie Veessen-Wapenveld
Datum : 5 augustus 2010
Onderwerp : Gevoeligheidsanalyse inlaatconstructie
Van : Hermjan Barneveld
Aan : projectteam

Inleiding

Op de Sleuteldag van 20 juli is duidelijk geworden dat de inlaat met kleppen over de volle breedte de voorkeursvariant is.

Daarbij zijn enige vragen gesteld die waarvoor het van belang is om inzicht te hebben in de gevoeligheid van de werking van de inlaat voor falen van kleppen, of een verandering van de drempelbreedte Of –hoogte:

1. Faalkans: Wat is de ruimte in het ontwerp cq invloed wanneer een paar kleppen niet geopend kunnen worden. Bijvoorbeeld 6 kleppen van 8 meter lengte kunnen niet geopend worden of komen klem te zitten.
2. Robuustheid: Gedachte is de drempelhoogte zodanig te ontwerpen dat bijvoorbeeld een aantal kleppen wel gemaakt worden maar dicht blijft tijdens de golf. Bijvoorbeeld aan weerszijde een aantal kleppen dicht te laten en de drempel (niet lager) op NAP + 4,80 m. Dan hoeft in de toekomst de drempel niet te worden verlaagd maar kunnen de extra kleppen worden ingeschakeld. De flexibiliteit kan zo goed worden aangetoond.

In het memo "Effecten variaties ontwerp" van 2 juli 2010 (Auteurs: Hermjan Barneveld en Joana Vieira da Silva; documentnaam: 1448.30_memo_13_effect varianten_v02.doc) is beschreven hoe op basis van de WAQUA-berekeningen en een nabewerking daarvan, de drempelhoogte voor de voorkeursvariant met kleppen over de gehele breedte is vastgesteld op 4,90 m+NAP. De bijbehorende netto doorstroombreedte van de inlaat is 757 m. In Bijlage 1 van het memo is de procedure toegelicht hoe de met WAQUA-berekende drempelhoogte is gecorrigeerd om de inlaathoogte van 4,90 m+NAP te bepalen. Dit was nodig omdat in WAQUA de inlaat als een 'trapjeslijn' wordt geschematiseerd, waardoor de effectieve lengte van de inlaat wordt overschat. Dat betekent dat de minimale inlaathoogte waarmee de benodigde afvoercapaciteit van de inlaat wordt gehaald in WAQUA te hoog wordt geschat. De met WAQUA berekende inlaathoogte moet derhalve naar beneden worden bijgesteld. Daartoe is een spreadsheet opgesteld, waarmee de overschatting van de inlaatlengte in WAQUA wordt gebruikt om de correctie op de inlaathoogte te berekenen. Daaruit volgde dat de met WAQUA berekende inlaathoogte van 5,15 m+NAP in werkelijkheid 0,25 m lager moet zijn (ofwel 4,90 m+NAP), om dezelfde afvoercapaciteit van het inlaatwerk te realiseren.

Dit spreadsheet¹ is gebruikt om onderstaande gevoeligheidsanalyses uit te voeren.

Falen van kleppen

Door falen van een of meer kleppen neemt de netto doorstroombreedte van de inlaat af. De afvoercapaciteit van de inlaatconstructie neemt ook af. Dus is het waterstandsverlagende effect van de hoogwatergeul minder. Met het spreadsheet is uitgerekend hoeveel de waterstand bovenstrooms van de inlaat omhoog moet gaan om dezelfde afvoer over de inlaat te stuwen. Door

¹ Pr\1448.30\werkmap\resultaten-waqua\Resultaten_16i_snip3.xls, werkblad "inlaat (3)"

de hogere waterstand neemt namelijk het verval over de inlaat toe en daarmee de afvoer over de inlaatconstructie.

Onderstaande tabel geeft voor verschillende aantallen falende kleppen het maximale opstuwende effect.

Aantal falende kleppen van 8 meter	Netto doorstroombreedte inlaat [m]	Maximale opstuwende effect [cm]
0	757	0
1	749	0,3
2	741	0,6
4	725	1,25
6	709	2
8	693	2,7

Tabel 1 maximale vermindering waterstandseffect door falen kleppen

In Tabel 1 wordt gesproken over het maximale opstuwende effect omdat:

1. er ook nog steeds water over een falende klep zal stromen. De bovenkant van de klep ligt immers op 5,65 m+NAP. Deze afvoer is in bovenstaande analyse niet meegenomen;
2. door de opstuwning bij de inlaat zal er meer water via de IJssel gaan stromen, waardoor de opstuwning bovenstrooms van de inlaat minder wordt.

Robuustheid van inlaatconstructie

Idee is om ervan uit te gaan dat enkele kleppen van de inlaatconstructie niet nodig zijn en dus gesloten kunnen blijven. Pas als de afvoercapaciteit onvoldoende blijkt te zijn (bv door nog hogere afvoeren of onzekerheden in de waterstanden), kunnen deze bijgeschakeld worden.

Vraag is als volgt geformuleerd: hoeveel moet de drempelhoogte van de inlaat worden verlaagd als een aantal kleppen niet wordt gestreken? Ofwel, als de netto doorstroombreedte van 757 m kleiner wordt, hoeveel moet de drempel lager worden dan de eerder berekende 4,90 m+NAP, om toch dezelfde hoeveelheid afvoer ($1.140 \text{ m}^3/\text{s}$) over de inlaat te krijgen.

In onderstaande tabel zijn de resultaten op basis van het spreadsheet gepresenteerd.

Drempelhoogte [m+NAP]	Netto doorstroombreedte inlaat [m]	Aantal kleppen van 8 m dat gesloten blijft
4,90	757	0
4,85	712	5,5
4,80	675	10,3
4,75	642	14,4

Tabel 2 verlagen drempelhoogte bij knippen doorstroombreedte

Op een zelfde manier kan worden berekend, dat als de 2 buitenste openingen van de inlaat gesloten blijven (6 kleppen van 8 m) de drempel op 4,84 m+NAP moet liggen om bij gelijkblijvende waterstanden in de rivier en de hoogwatergeul $1.140 \text{ m}^3/\text{s}$ door het inlaatwerk te krijgen.

Ook hierbij geldt weer dat de afvoer over de gesloten kleppen niet is meegenomen in de analyse, waardoor de berekende drempelhoogten in Tabel 2 minimumwaarden zijn.

memorandum

PR1448.30

Project : Planstudie Veessen-Wapenveld
Datum : 9 september 2010
Onderwerp : Gevoeligheidsanalyse inlaatconstructie met 2 openingen
Van : Hermjan Barneveld
Aan : projectteam

Inleiding

In HKV-memo "Gevoeligheidsanalyse inlaatconstructie" van 5 augustus is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor de inlaatconstructie met kleppen over de volle breedte. Dit memo beschrijft dezelfde analyse voor de variant met 2 openingen in de inlaat.

Uitgangspunten voor de analyse:

1. 2 gaten met ieder een netto doorstroombreedte van 145 m
2. 12 kleppen per opening
3. iedere klep is ca 12 m breed
4. drempelhoogte van de 2 openingen: 3.65 m+NAP

Falen van kleppen

Door falen van een of meer kleppen neemt de netto doorstroombreedte van de inlaat af. De afvoercapaciteit van de inlaatconstructie neemt ook af. Dus is het waterstandsverlagende effect van de hoogwatergeul minder. Uitgerekend is hoeveel de waterstand bovenstrooms van de inlaat omhoog moet gaan om dezelfde afvoer over de inlaat te stuwen. Door de hogere waterstand neemt namelijk het verval over de inlaat toe en daarmee de afvoer over de inlaatconstructie. Onderstaande tabel geeft voor verschillende aantallen falende kleppen het maximale opstuwende effect.

Aantal falende kleppen van 12 meter	Netto doorstroombreedte inlaat [m]	Maximale opstuwende effect [cm]
0	290	0
1	278	1,1
2	266	2,4
4	242	5,5

Tabel 1 maximale vermindering waterstandseffect door falen kleppen

In Tabel 1 wordt gesproken over het maximale opstuwende effect omdat:

1. er ook nog steeds water over een falende klep zal stromen. De bovenkant van de klep ligt immers op 5,65 m+NAP. Deze afvoer is in bovenstaande analyse niet meegenomen;
2. door de opstuwung bij de inlaat zal er meer water via de IJssel gaan stromen, waardoor de opstuwung bovenstrooms van de inlaat minder wordt.

Robuustheid van inlaatconstructie

Idee is om ervan uit te gaan dat enkele kleppen van de inlaatconstructie niet nodig zijn en dus gesloten kunnen blijven. Pas als de afvoercapaciteit onvoldoende blijkt te zijn (bv door nog hogere afvoeren of onzekerheden in de waterstanden), kunnen deze bijgeschakeld worden.

Vraag is als volgt geformuleerd: hoeveel moet de drempelhoogte van de inlaat worden verlaagd als een aantal kleppen niet wordt gestreken? Ofwel, als de netto doorstroombreedte van 290 m kleiner wordt, hoeveel moet de drempel lager worden dan de eerder berekende 3,65 m+NAP, om toch dezelfde hoeveelheid afvoer over de inlaat te krijgen.

In onderstaande tabel zijn de resultaten op basis van het spreadsheet gepresenteerd.

Drempelhoogte [m+NAP]	Netto doorstroombreedte inlaat [m]	Aantal kleppen van 12 m dat gesloten blijft
3,65	290	0
3,60	282	0,67
3,55	275	1,25
3,50	269	1,75
3,45	263	2,25

Tabel 2 *verlagen drempelhoogte bij knippen doorstroombreedte*

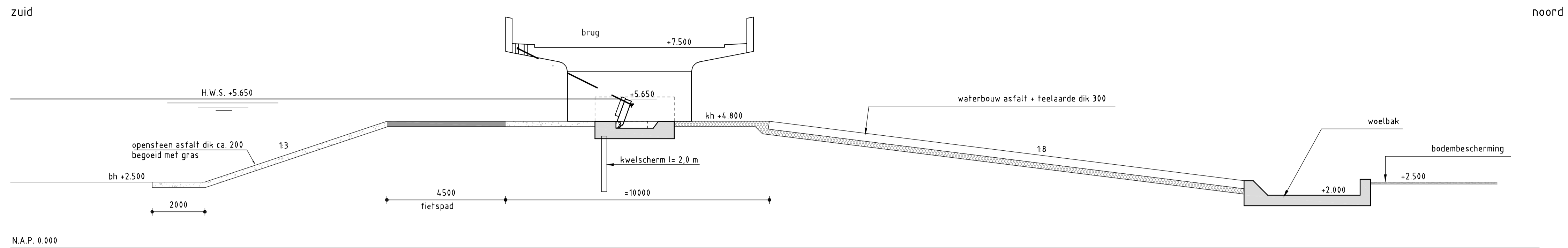
Op een zelfde manier kan worden berekend, dat als in elke opening de 2 buitenste openingen van de inlaat gesloten blijven (2 kleppen van 12 m) de drempel ca 20 cm moet zakken om bij gelijkblijvende waterstanden in de rivier en de hoogwatergeul voldoende afvoer door het inlaatwerk te krijgen.

Ook hierbij geldt weer dat de afvoer over de gesloten kleppen niet is meegenomen in de analyse, waardoor de berekende drempelhoogten in Tabel 2 minimumwaarden zijn.

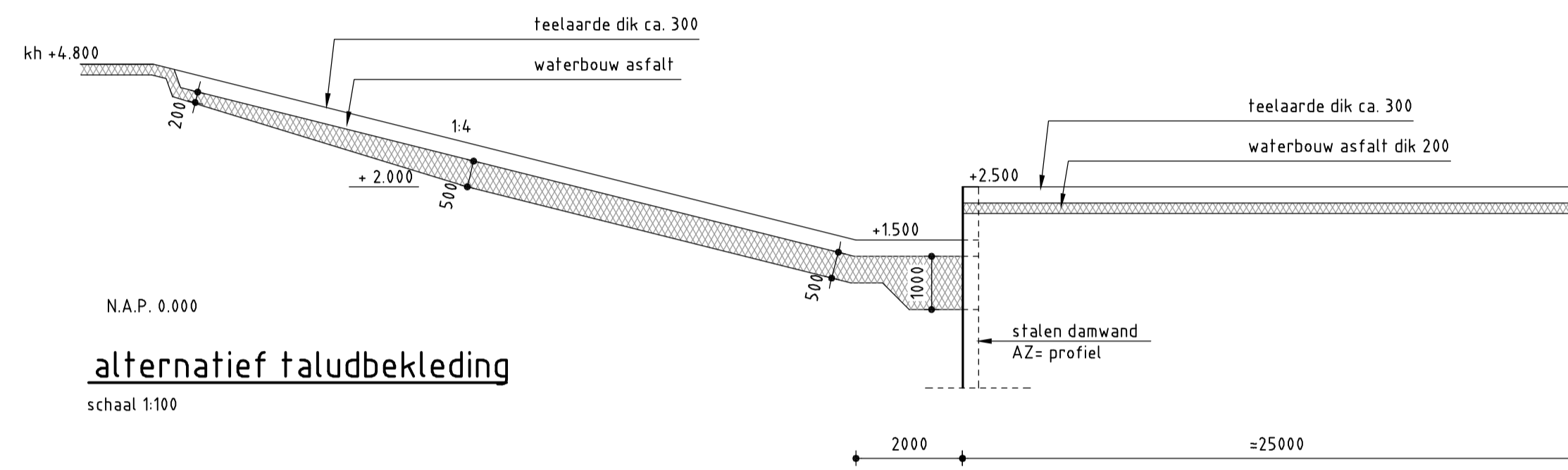
BIJLAGE

3

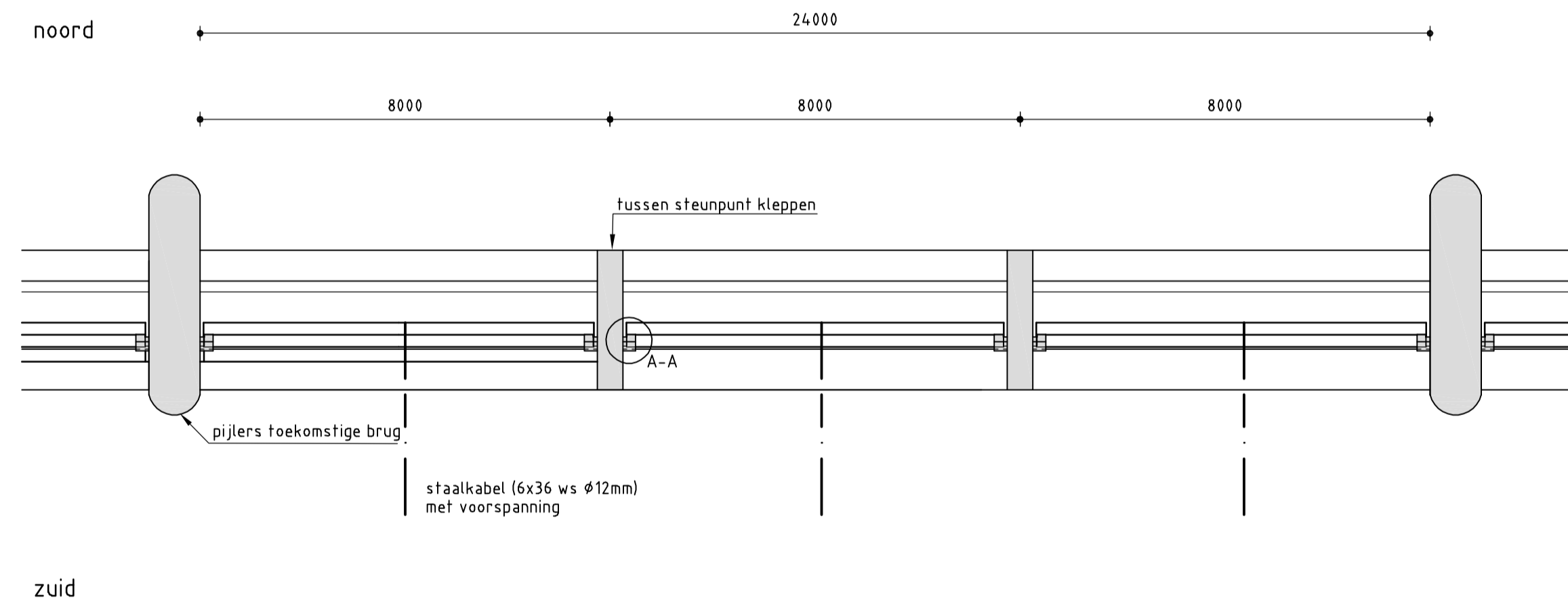
Ontwerp klepjes over de volle breedte



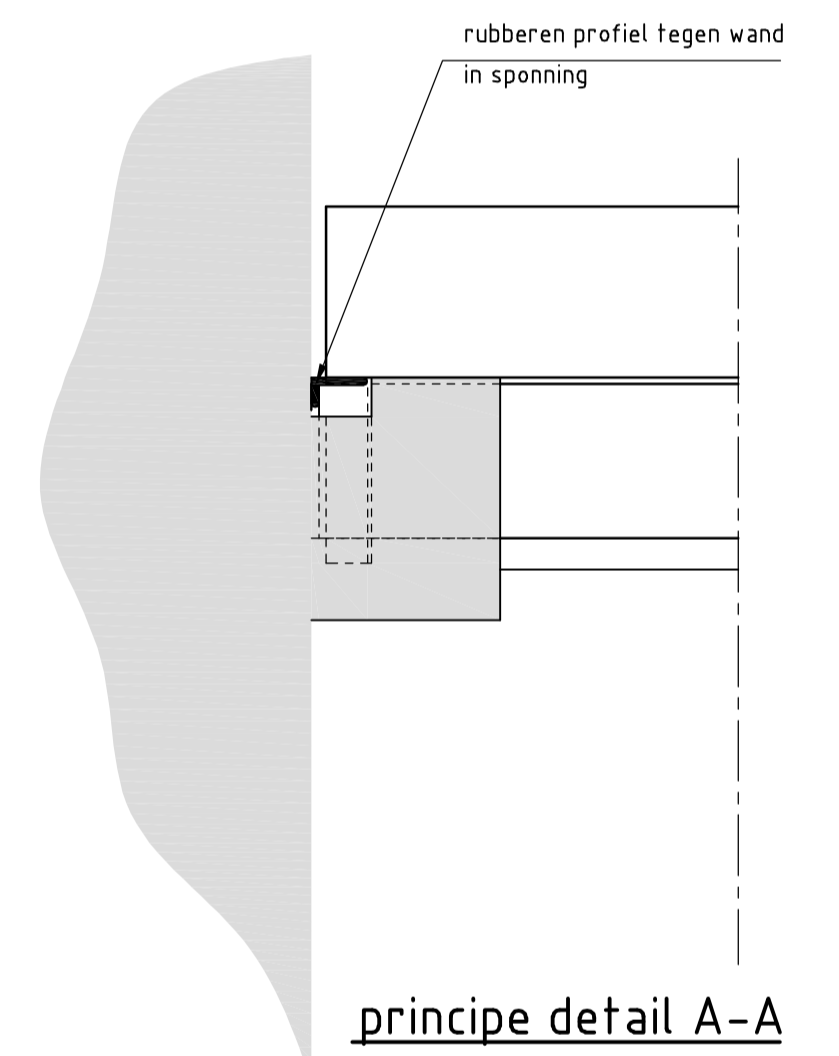
langsdoorsnede
schaal 1:100



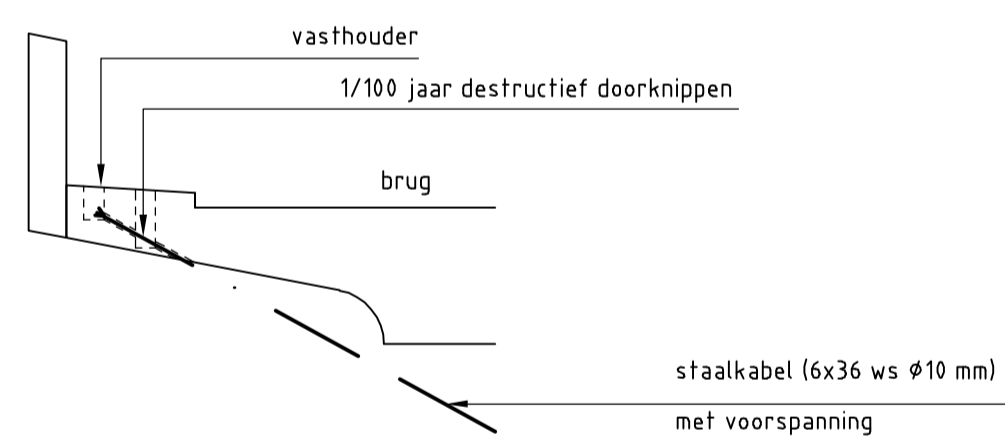
alternatief taludbekleding
schaal 1:100



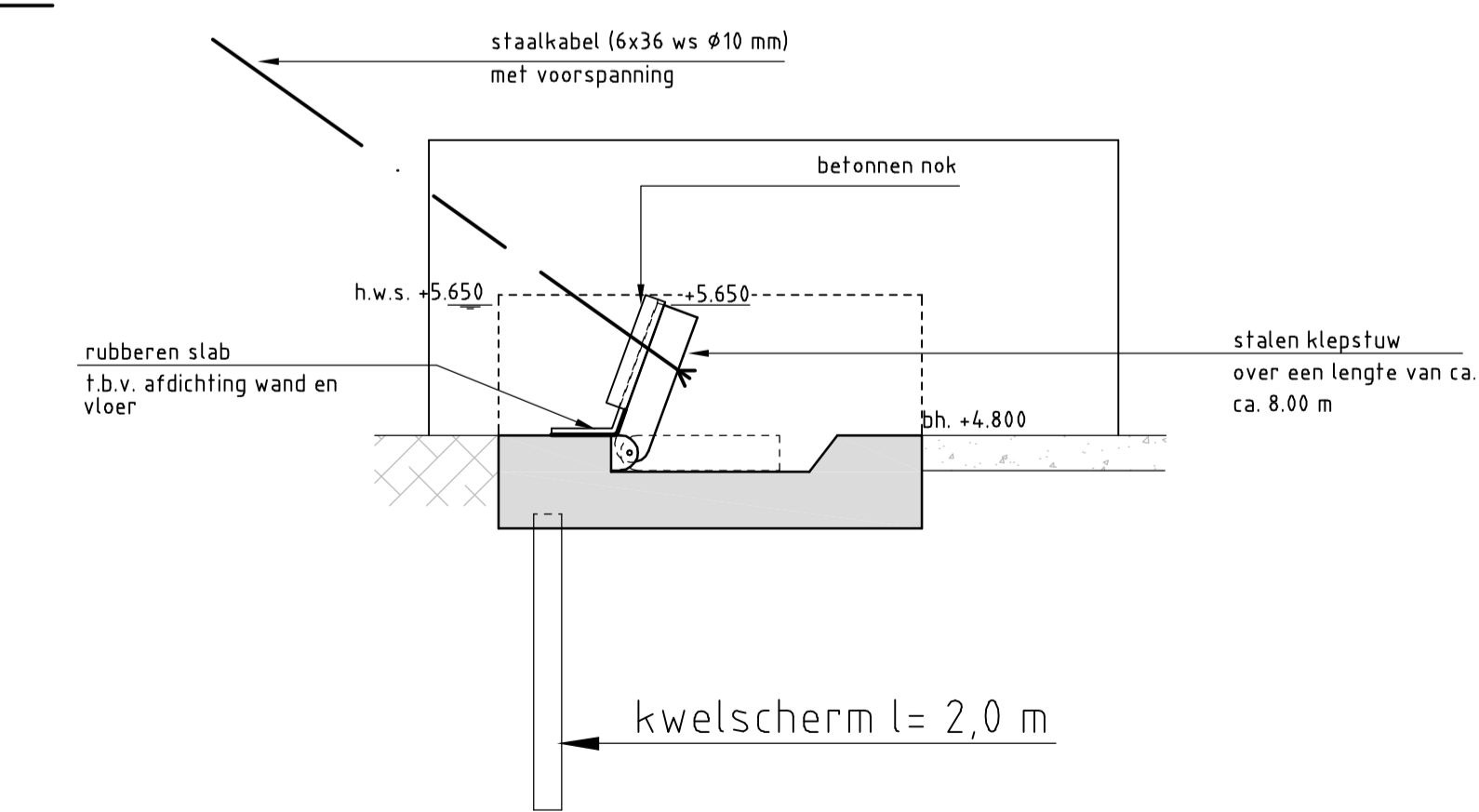
principe bovenaanzicht
schaal 1:100



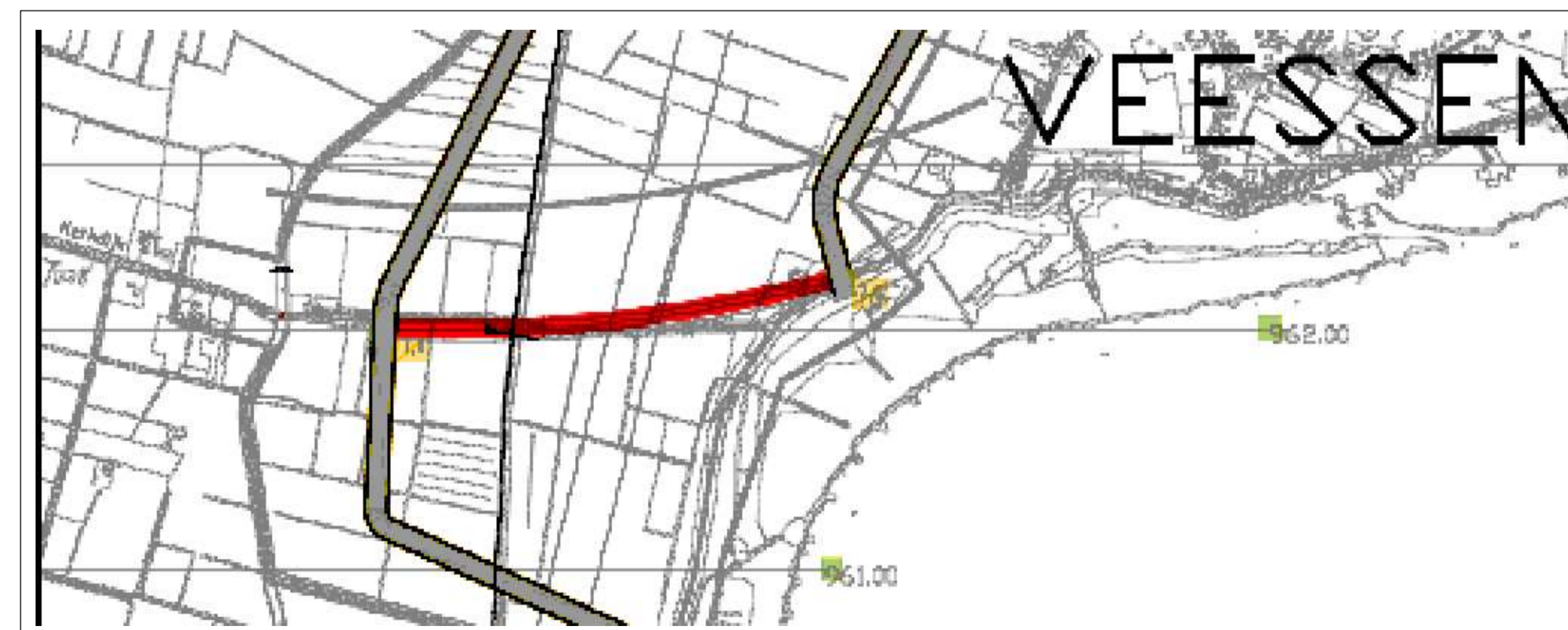
principe detail A-A



principe detail staalkabel
schaal 1:50

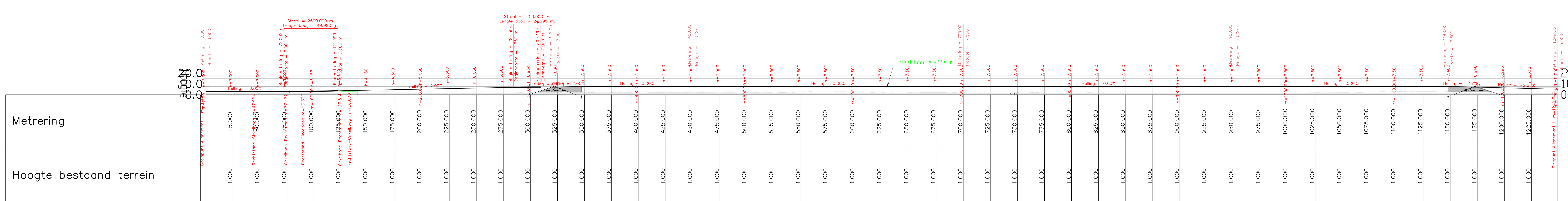


principe detail klepstuw
schaal 1:50

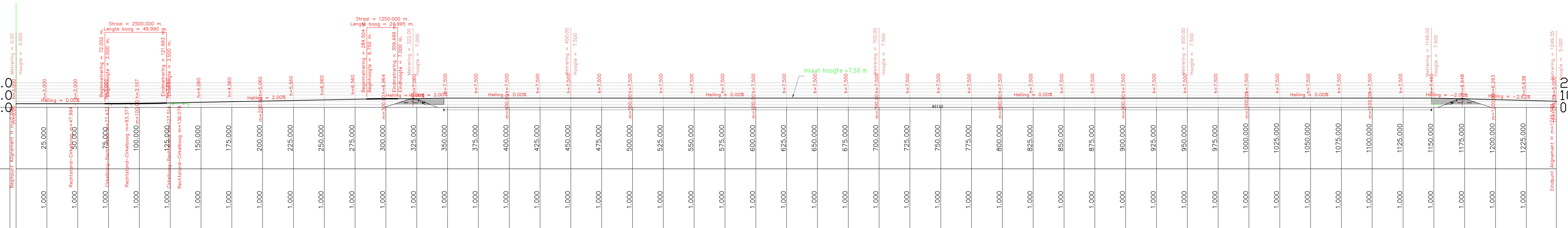


alle maten in millimeters, tenzij anders aangegeven
alle hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P.

Versie : C	Datum : 23-8-2010	Getekend : bouwmanl
Onsrijving :		
Gecontroleerd : Velde, S.	Vrijgegeven : Velde, S.	
		
Polarisavenue 15 Postbus 410 2130 AK Hoofddorp Tel 023 5668 411 Fax 023 5611 575 info@arcadis.nl www.arcadis.nl		
Oprichtgever : Provincie Gelderland		
Ontwerp : Inlaaatconstructie Veessen		
Project : Hoogwatergeul SNIP 3		
Onderwerp : Variant: kleppen over de volle breedte		
Fase : Voorontwerp		
Schaal : 150/1:100	Divisie : Water	
Bladformaat : (594 x 841) A1	Status : Concept	
Bestek nr. :	Projectleider : Raalten, DW.	
Projectnummer : C03021.000043.1000	Tekeningnummer : 01	Versie : C

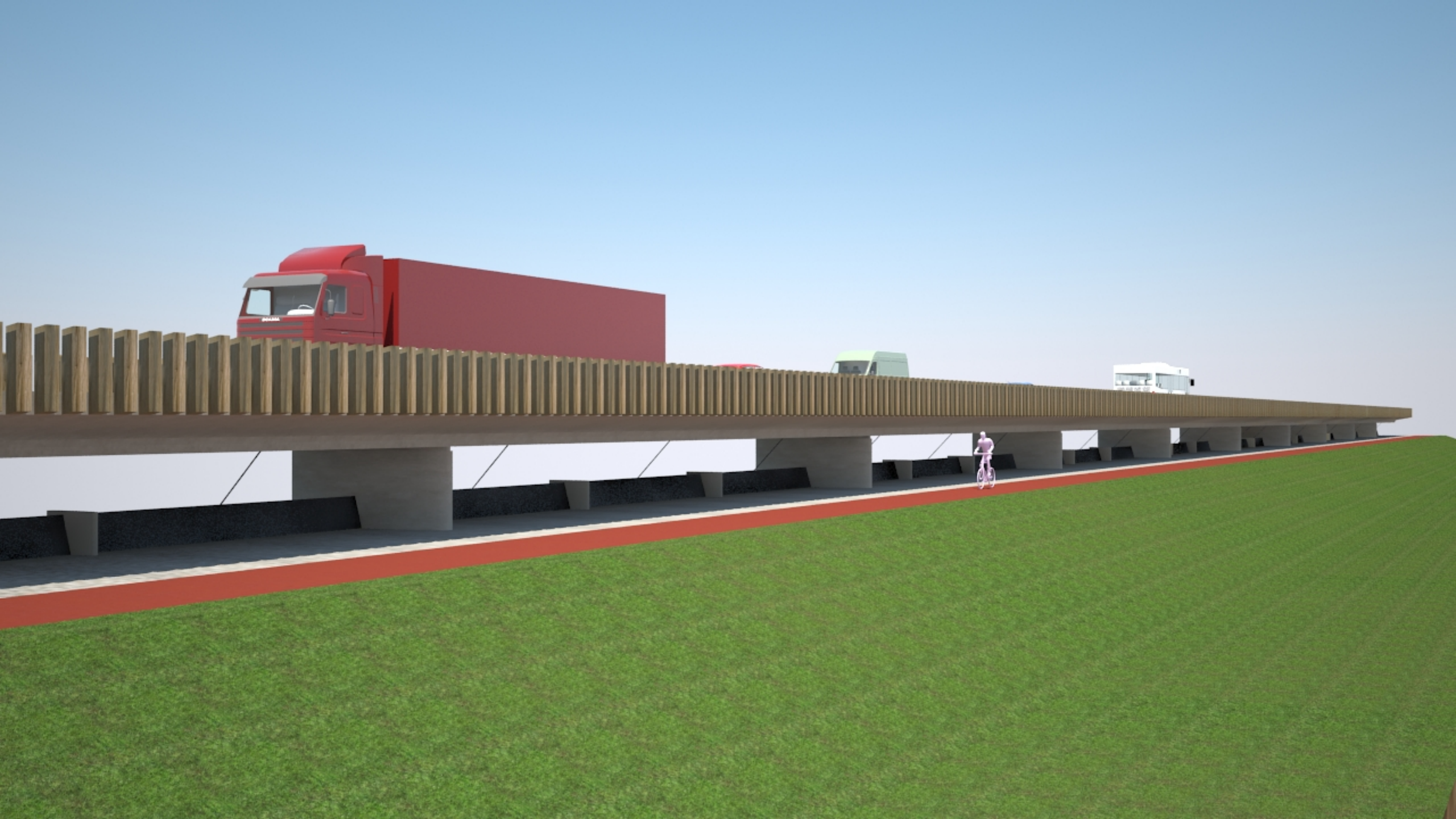


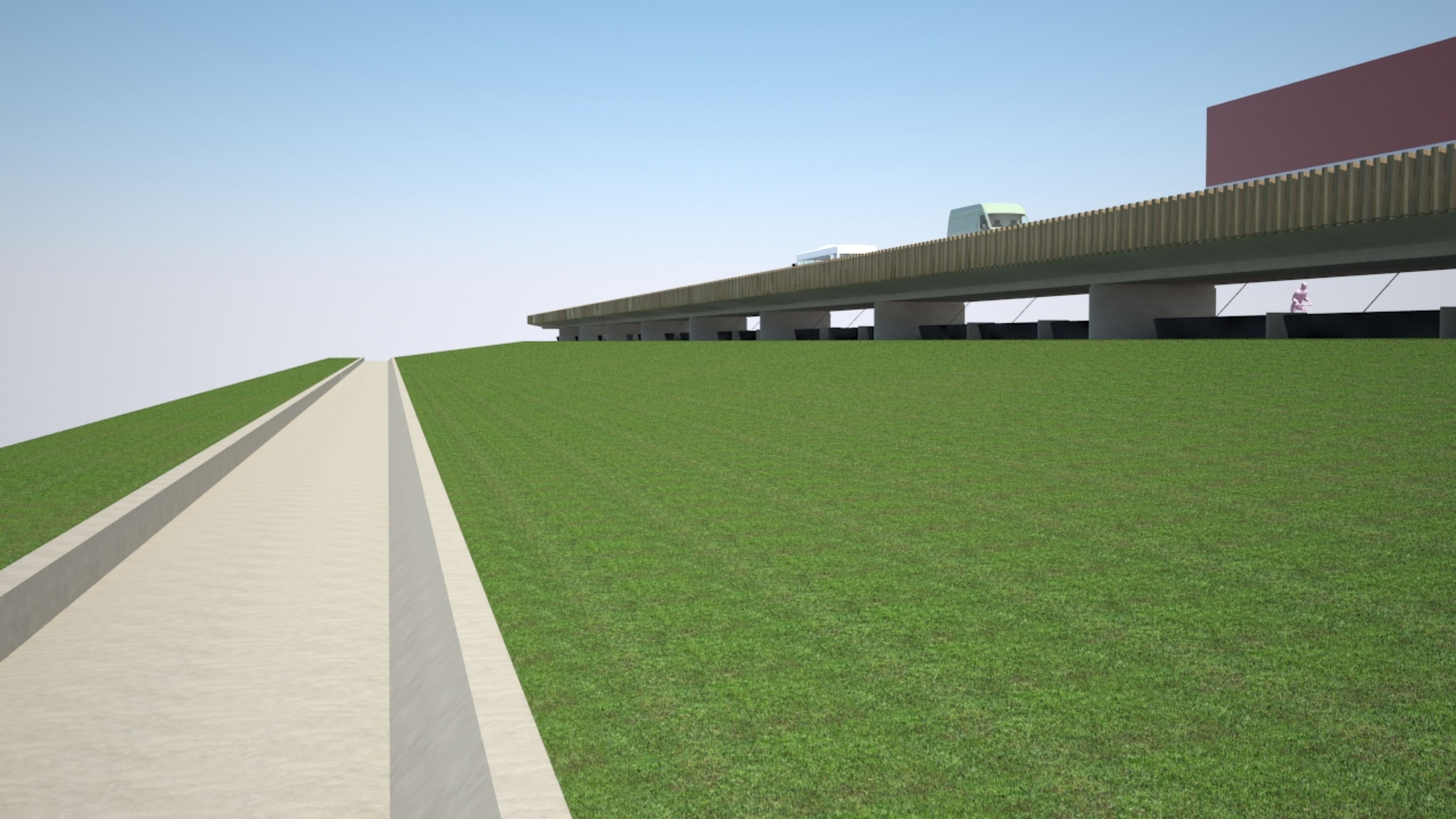
Metrering	Hoogte bestand terrein
0.00	1.000
25.000	1.000
50.000	1.000
75.000	1.000
100.000	1.000
125.000	1.000
150.000	1.000
175.000	1.000
200.000	1.000
225.000	1.000
250.000	1.000
275.000	1.000
300.000	1.000
325.000	1.000
350.000	1.000
375.000	1.000
400.000	1.000
425.000	1.000
450.000	1.000
475.000	1.000
500.000	1.000
525.000	1.000
550.000	1.000
575.000	1.000
600.000	1.000
625.000	1.000
650.000	1.000
675.000	1.000
700.000	1.000
725.000	1.000
750.000	1.000
775.000	1.000
800.000	1.000
825.000	1.000
850.000	1.000
875.000	1.000
900.000	1.000
925.000	1.000
950.000	1.000
975.000	1.000
1000.000	1.000
1025.000	1.000
1050.000	1.000
1075.000	1.000
1100.000	1.000
1125.000	1.000
1150.000	1.000
1175.000	1.000
1200.000	1.000
1225.000	1.000

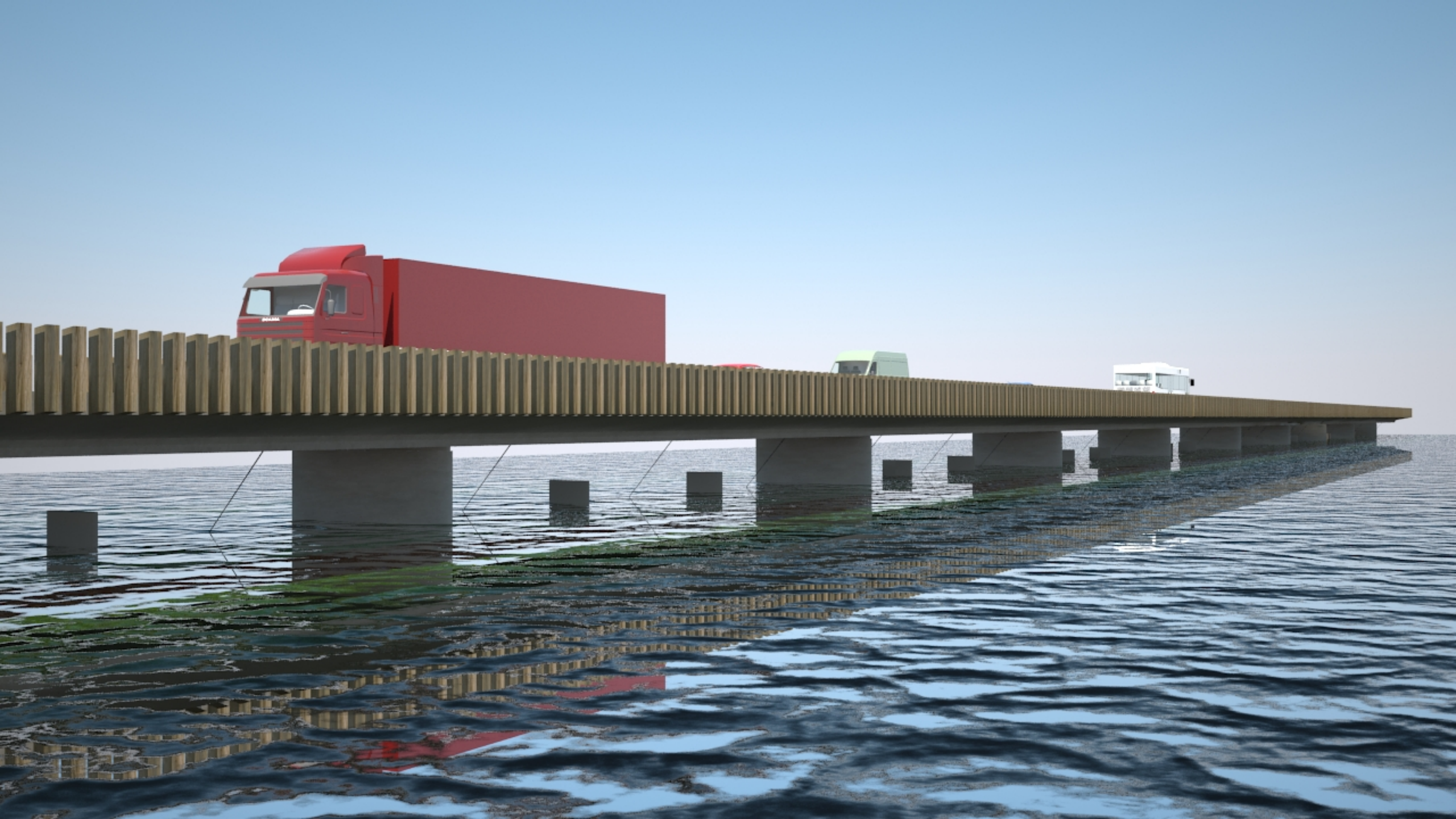


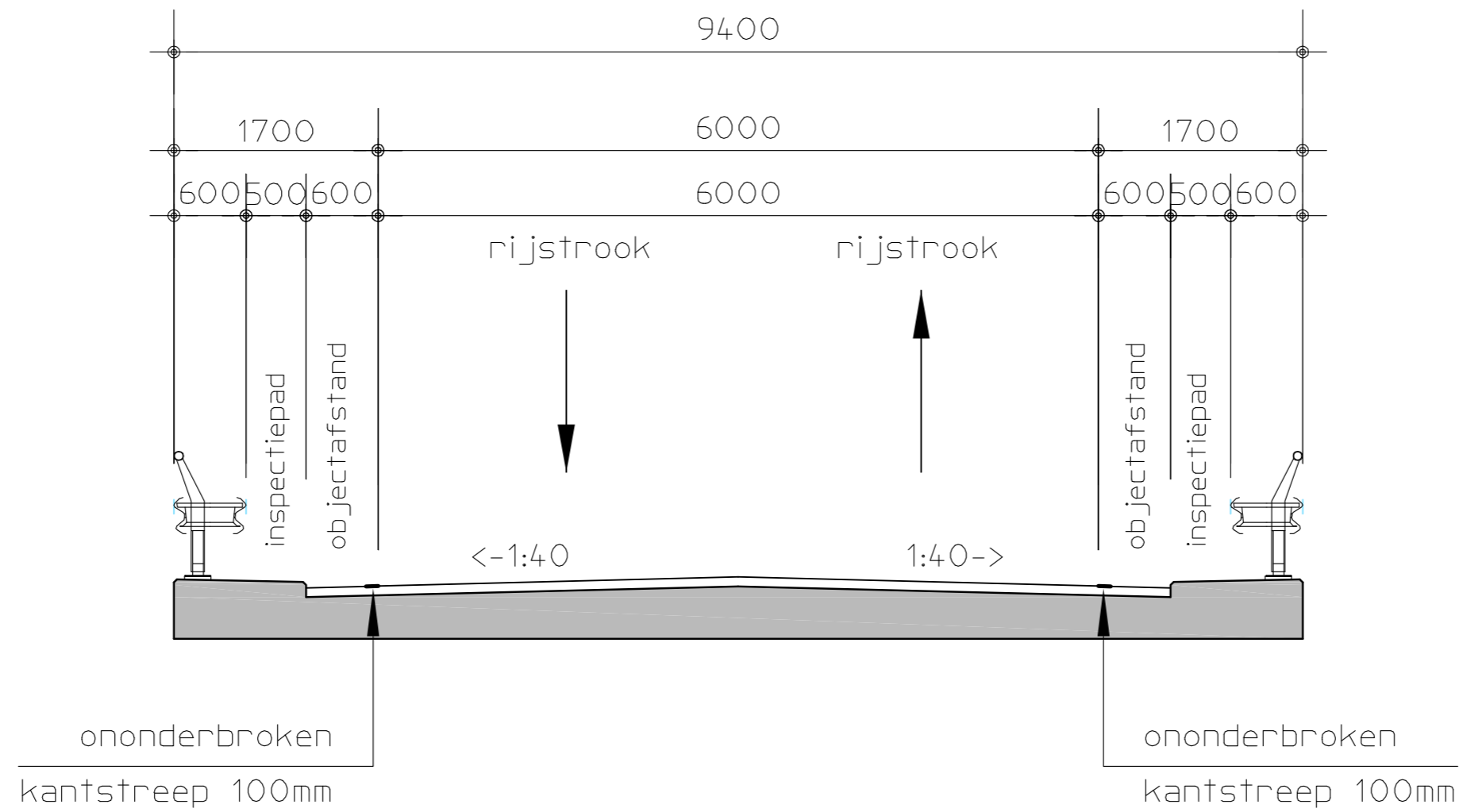
Lengteprofiel van As –inlaat
 Horizontale schaal 1 : 1000.000
 Verticale schaal 1 : 1000.000

Versie: 06 Datum: 21-5-2010 Getekend: hermanh
 Omschrijving:
 Geautoriseerd: Ynggevoorn
ARCADIS Infrastructuur, milieu, gebouwen
 Heer Rijkveld 50a
 Postbus 375
 7300 AR Apeldoorn
 Tel 055 5815 999
 Fax 055 5815 599
 info@arcadis.nl
 www.arcadis.nl
 Opdrachtgever: Provincie Gelderland
 Opdracht:
 Project: Privé-Gid planstudie hvegal VeessenWapenveld
 Onderwerp: **situatie inlaat**
kleppen over volle breedte
 Fase:
 Schaal: 1:1000 Drukker: Mies & Ruiter
 Bladformaat: Status:
 Bestel nr.: Projectleider: Harrold A
 Projectnummer: Tekeningnummer: 02
 Pagina: 016
 C03021.000034.0100







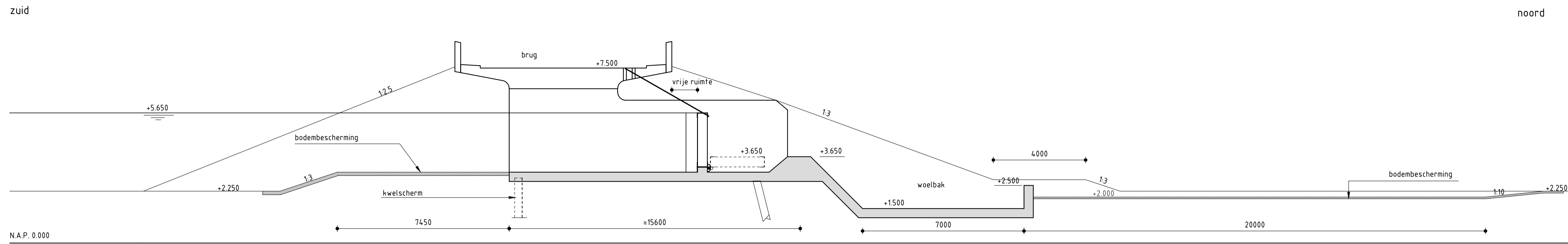


60km/h
 zonder fietsers
 schaal 1:50

BIJLAGE

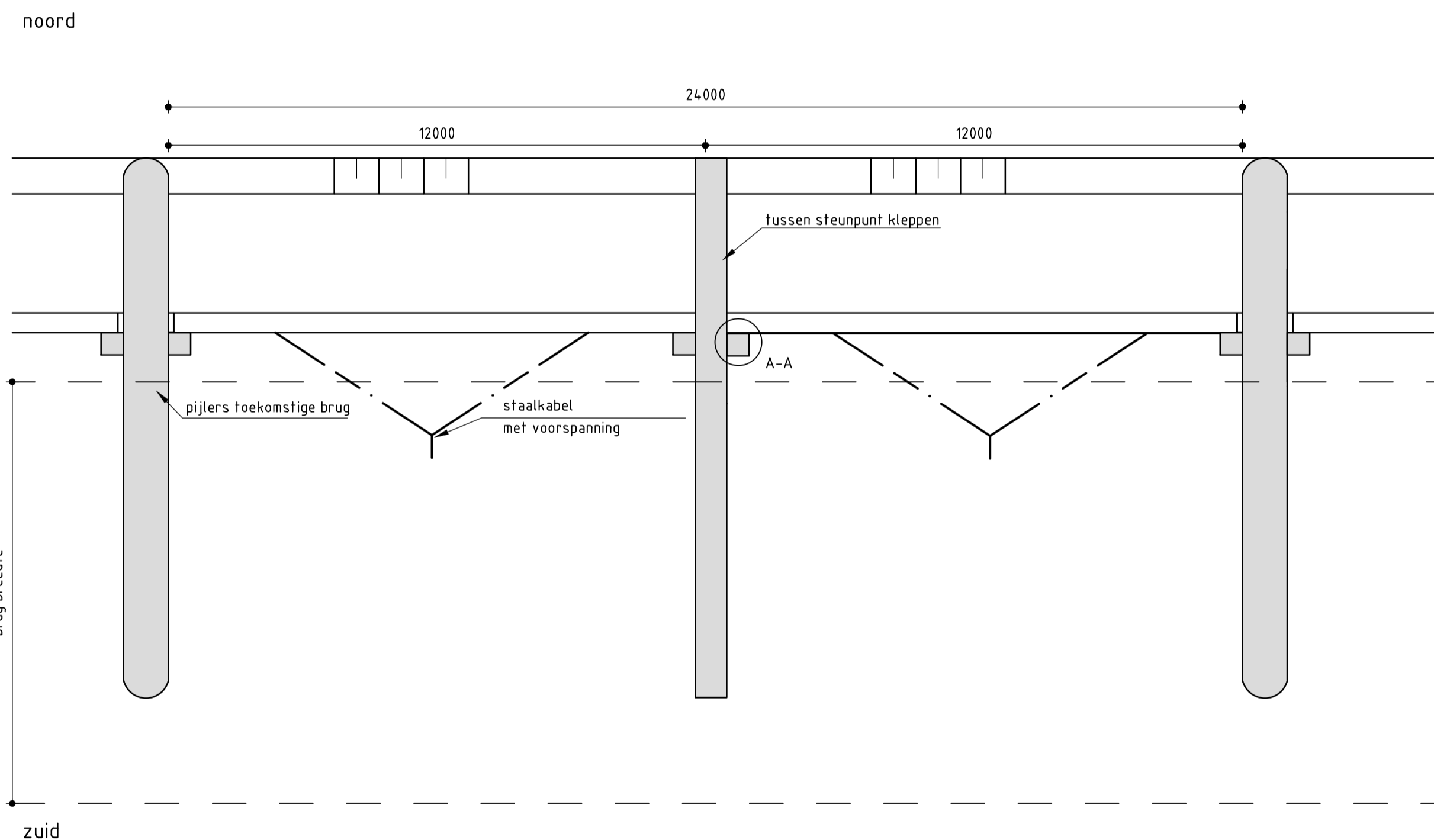
4

Ontwerp hoge kleppen over 2 x 150 m¹



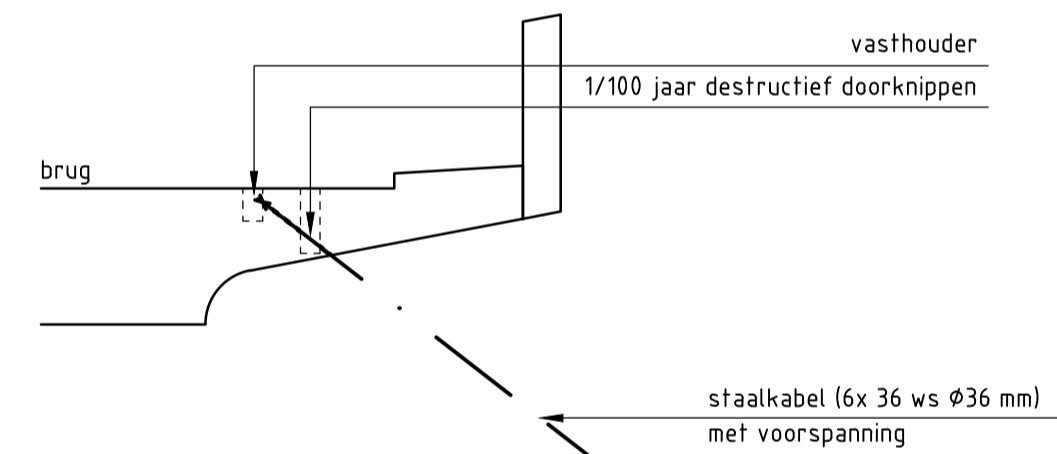
langsdoorsnede

schaal 1:100



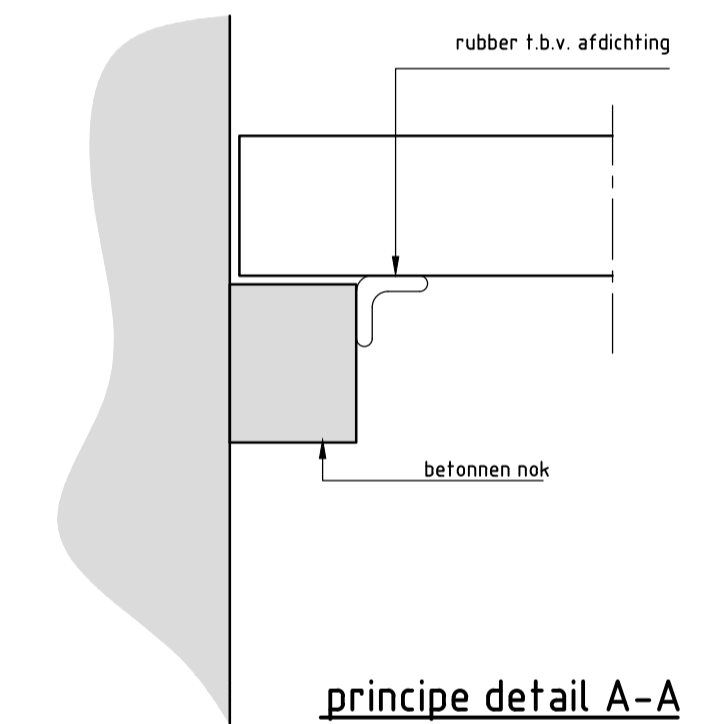
principe bovenaanzicht

schaal 1:100

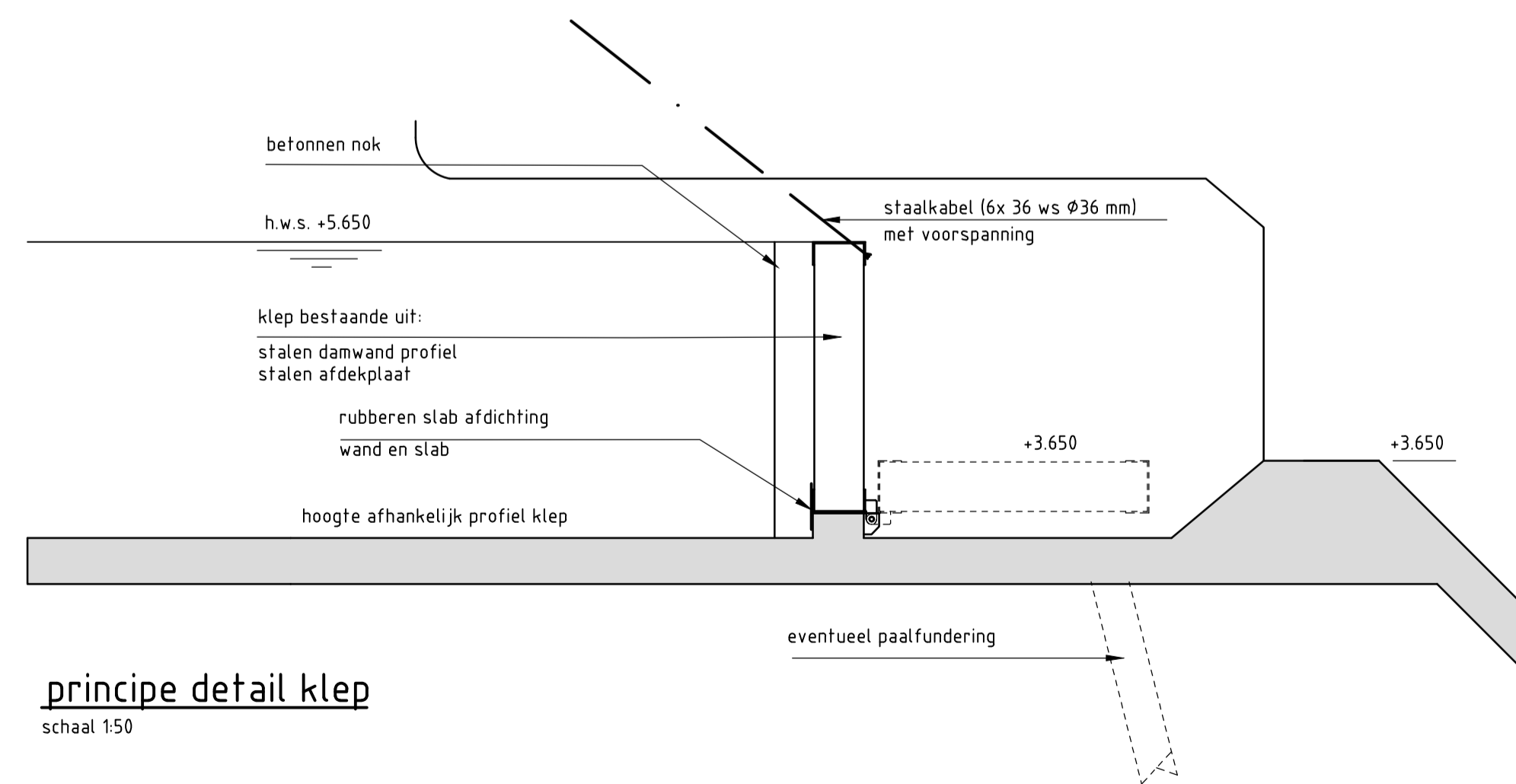


principe detail staalkabel

schaal 1:50

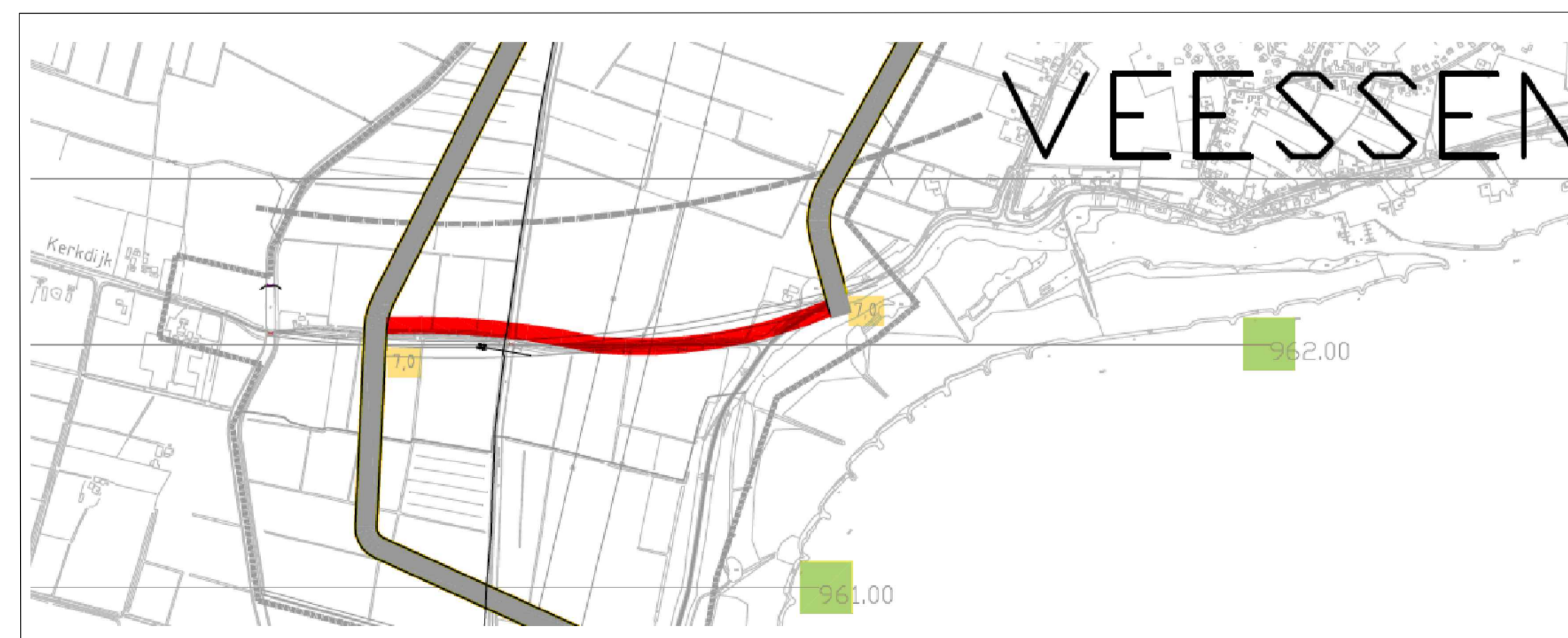


principe detail A-A



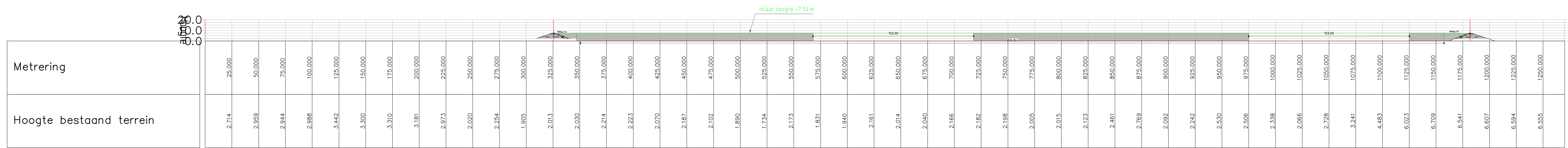
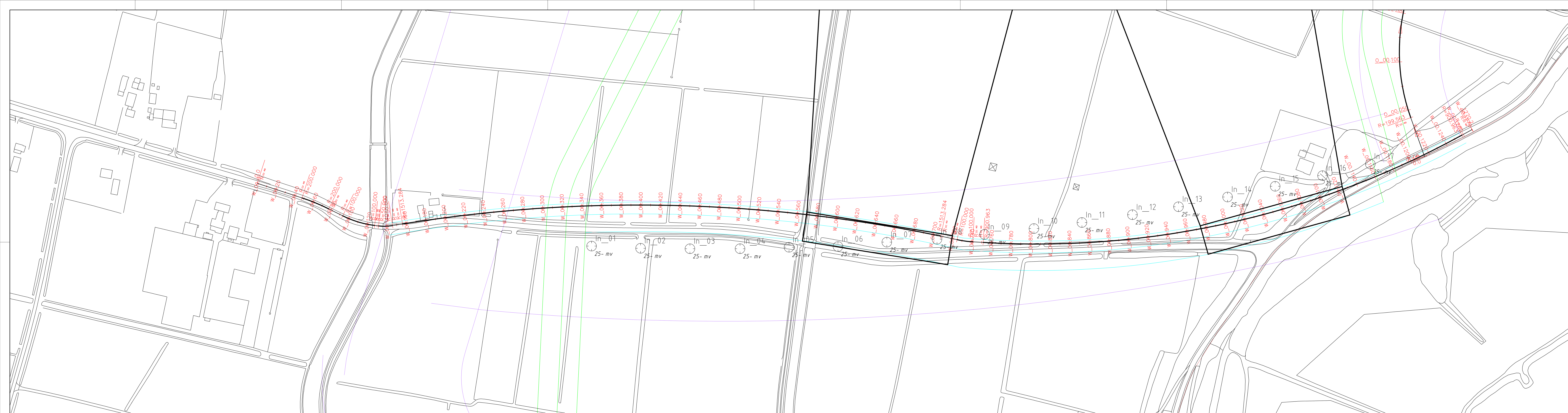
principe detail klep

schaal 1:50



alle maten in millimeters, tenzij anders aangegeven
alle hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P.

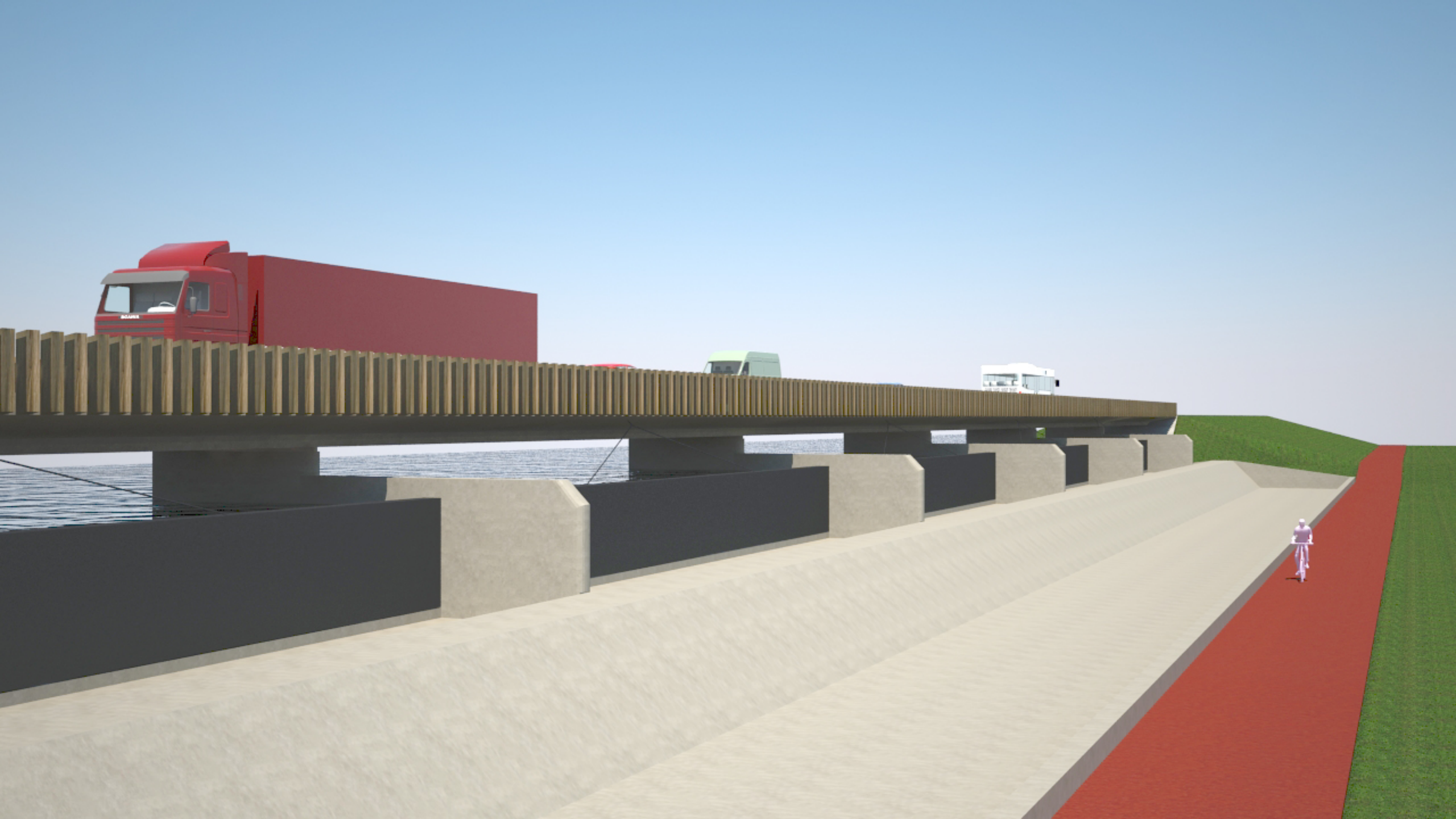
Versie : C	Datum : 23-8-2010	Getekend : Bouwman
Omschrijving : wijziging talud	Gecontroleerd : Veldes	Vrijgegeven : Veldes
		
Polarisavenue 15 Postbus 410 2130 AK Hoofddorp Tel 023 5668 411 Fax 023 5611 575 info@arcadis.nl www.arcadis.nl		
Oprichtgever : Provincie Gelderland		
Ontwerp : Inlaatconstructie Veessen		
Project : Hoogwatergeul SNIP 3		
Onderwerp : Variant: 2x 150 m damwand met scharnier		
Fase : Voorontwerp		
Schaal : 150/1:100	Divisie : Water	
Bladformaat : (54 x 84) A1	Status : Concept	
Bestek nr. :	Projectleider : Raalten, DW.	
Projectnummer : C03021.00004.3.1000	Tekeningnummer : 02	Versie : C



Lengteprofiel van As Inlaat Hoogwatergeul
 Horizontale schaal 1 : 1000.000
 Verticale schaal 1 : 1000.000

Versie: 06 Datum: 21-5-2010 Getekend: Hermaans
 Omschrijving:
 Geometrisch:
ARCADIS
 Infrastructuur, milieu, gebouwen
 Postbus 375
 7300 AR Apeldoorn
 Tel 055 5815 999
 Fax 055 5815 599
 info@arcadis.nl
 www.arcadis.nl
 Opdrachtgever: Provincie Gelderland
 Oplever:
 Project: PrvGid planstudie hvegul VeessenWapenveld
 Oplever: **situatie inlaat**
 2X150M
 Fase:
 Schaal: 1:1000 Datas: Mieu & Ruete
 Bouwjaar: Status:
 Beheer: Projectleider: Harro A.
 Projectnummer: Tekeningnummer: 02
 Pagina: **016**
 C03021.000034.0100







BIJLAGE

5

Berekening taludbescherming / woelbak

MEMO

Onderwerp:

Hoorn,
19 augustus 2010

Van:
Fred Lenting

Afdeling:
Waterbouw

Aan:
Sylvain van der Velden

Projectnummer:

Opgesteld door:
Fred Lenting

Ons kenmerk:

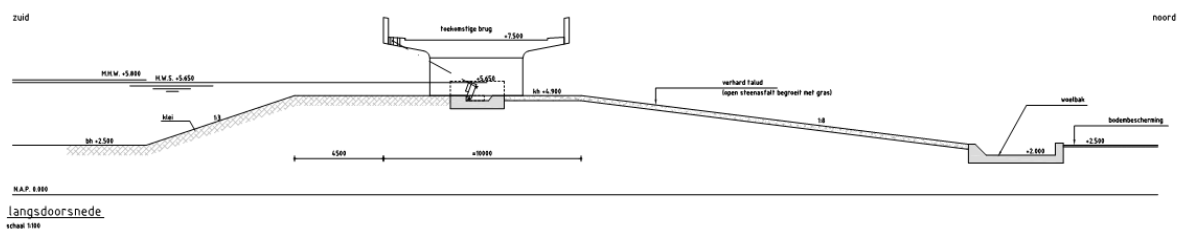
Kopieën aan:
Hessel Voortman

ARCADIS NEDERLAND BV
Nieuwe Steen 3
Postbus 173
1620 AD Hoorn
Tel 0229 285 285
Fax 0229 219 996
www.arcadis.nl

DIVISIE WATER

In deze memo wordt de schets van de variant “Kleppen over de volle breedte” nader uitgewerkt tot een voorlopig ontwerp.

In onderstaande afbeelding is de variant te zien welke in deze memo geoptimaliseerd wordt tot een VO.



Voor het uitwerken hiervan gelden een aantal uitgangspunten:

- De maximale waterstand welke op kan treden bedraagt NAP + 5.95 m
- De kleppen gaan één voor één open
- De levensduur is 100 jaar
- Het geheel dient een ‘groen’ uiterlijk te hebben

ARCADIS

Hydraulische randvoorwaarden.

Als gevolg van het openen van de kleppen zal het water gaan stromen door het aanwezige verval. Als conservatieve benadering worden kleine vertragingverliezen als gevolg van hoeken verwaarloosd waardoor de hydraulische randvoorwaarden bepaald mogen worden met de Wet van Bernouilli, waarbij plaatshoogte wordt omgezet in snelheidshoogte als het water naar beneden stroomt.

Het maximale verval waarmee gerekend wordt is het verschil tussen de maximale waterstand (NAP +5,95 m) en de kruinhoogte van drempel (NAP +4.90 m).

De overlaat kan beschouwd worden door een volkomen lange overlaat. Lang omdat zich boven de drempel rechte stroomlijnen ontwikkelen en volkomen omdat de benedenwaterstand geen remmende invloed uitoefent op de afvoer. De afvoercoëfficiënt van de overlaat is conservatief op 1 gesteld.

De berekening van de maximale stroomsnelheid is in Bijlage 1 toegevoegd. De maximaal optredende stroomsnelheid aan de onderzijde van het binnentalud bedraagt circa 8 m/s.

Type en helling binnentalud

Deze grote stroomsnelheid bepaald het type bekleding.

De bekleding kan bestaan uit een plaatbekleding of uit losse elementen. Aangezien de hoge stroomsnelheid leidt tot zeer grote afmetingen van de losse elementen, is dit type bekleding onrealistisch gezien de hoge kosten hiervan.

Als plaatbekleding is waterbouwasfalt een goede oplossing omdat deze een vlakke plaat vormt waar het water overstroomt. Omdat waterbouwasfalt dicht is, krijg het water geen kans om het asfalt stuk te maken. Dit kan wel optreden bij open steenasfalt waardoor dit geen alternatief is.

Vol en zat gepenetreerd breuk heeft nagenoeg dezelfde eigenschappen als waterbouwasfalt en vormt daarmee een goed alternatief. De afweging tussen beide zal grotendeels bepaald worden door de financiële aspecten zoals aanschaf en verwerking van beide materialen.

Een goed alternatief is Elastocoast. Dit is een bekleding welke in ontwikkeling is en bestaat uit stortsteen wat door middel van een component aan elke gelijmd wordt. Dit is tot nu toe in een aantal projecten succesvol toegepast maar voordat dit een haalbaar alternatief is, is het noodzakelijk om hiervan meer informatie te verkrijgen, onder andere of het succesvol toegepast kan worden onder hoge stroomsnelheden.

Vooralsnog wordt uitgegaan van een bekleding van waterbouwasfalt, met als alternatief vol en zat gepenetreerd breuksteen.

Voor beide is de maximale taludhelling 1:3 in wateroverdrukzone. Dit is ook afhankelijk van de grondmechanische stabiliteit van het buitentalud en de stabiliteit van het mengsel.

Hier wordt een talud van 1:4 aangehouden wat ook voor het beheer een werkzaam talud oplevert.

ARCADIS

Het talud dient een 'groen' uiterlijk te krijgen. Dit is mogelijk door een laag teelaarde op het talud aan te brengen wat begroeid kan worden.

Hierbij dient voldoende aandacht besteed te worden aan de stabiliteit van het pakket zodat deze niet afschuift, met name door een waterfilm welke op kan treden tussen het waterdichte asfaltpakket en het grondpakket.

De mogelijke oplossingen hiervoor zijn:

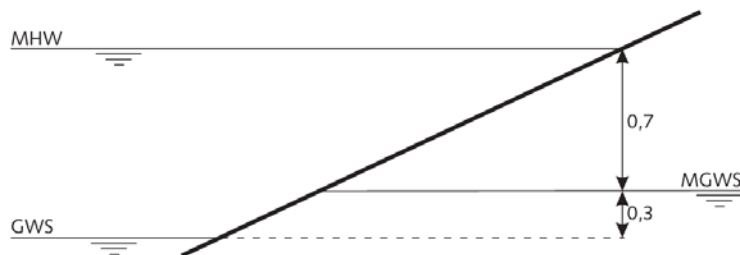
- Vergroten ruwheid bekleding door uitsteeksels;
- Aanbrengen waterafvoerende laag of onderdelen in het grondpakket;
- Het aanbrengen van een ondersteunende grondberm in de vorm van een flauwer talud van het grondpakket.

Dikte binnentalud

De dikte van de bekleding op het binnentalud wordt bepaald door de wateroverdrukken welke kunnen ontstaan als gevolg van langdurige waterstandverschillen aan weerszijden van de inlaat.

Als gevolg van hoogwater aan de buitenzijde van de inlaat, kan de grondwaterstand in het grondlichaam stijgen waardoor de waterdruk onder de bekleding groter kan worden dan het eigen gewicht van de bekleding.

Het niveau van de maatgevende grondwaterstand in het grondlichaam (MGWS) wordt voor rivierdijken in geschat conform onderstaande afbeelding.



Niveau van de maatgevende grondwaterstand bij rivierdijken

Dit is een veilige inschatting van de grondwaterstand in het dijklichaam uit het Technisch Rapport Asfalt voor Waterkeren [2].

Er wordt een conservatieve aanname voor de GWS gemaakt, namelijk dat deze gelijk is aan het maaiveld. Vervolgens wordt conform [2] de laagdikte bepaald. Deze dient minimaal 0.50 m te bedragen tot een hoogte van NAP + 2m. Daarboven neemt de laagdikte lineair af tot 0.2 m aan de bovenzijde van het binnentalud.

Het reduceren van de opwaartse waterdruk onder de bekleding leidt tot een dunnere bekleding en kan mogelijk verkregen worden door:

- Het aanbrengen van watervoerende laag onder de bekleding van het binnentalud
- Het aanbrengen van de waterdichte voorzieningen aan de buitenzijde van het grondlichaam
- Het plaatsen van drainage in het dijklichaam

ARCADIS

Aandacht- en controlepunten voor DO:

- watersprong komt los van talud en valt horizontaal gemeten circa 1,5 m verder op het talud;
- bekleding is niet getoetst op zuiging als gevolg van het loskomen van de waterstroom aan de bovenzijde van het binnentalud;
- overgang binnentalud op horizontale bekleding dient gestroomlijnd te worden.

Buitentalud

Indien de klep geopend wordt, gaat ook het water over het buitentalud stromen. De stroomsnelheid aan de bovenzijde van het buitentalud is maatgevend en is gelijk aan de stroomsnelheid aan de bovenzijde van het binnentalud. Deze is in Bijlage 1 al bepaald (u_2) en bedraagt circa 3 m/s.

Er zijn diverse mogelijkheden om het buitentalud te bekleden, onder andere stortsteen (eventueel gepenetreerd of Elastocoast), asphalt en zetsteen.

Een kleibekleding is niet in staat om deze stroomsnelheden te weerstaan, zeker niet omdat deze belasting relatief langdurig optreedt.

Omdat ook het buitentalud een groen uiterlijk moet hebben, wordt gekozen voor open steenasfalt omdat dit bestand is tegen de optredende stroomsnelheid én begroeid kan worden. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de wortels van bomen en struiken de bekleding kunnen aantasten.

De dikte van de bekleding is de minimaal benodigde laagdikte namelijk 0.2 meter.

Woelbak

De waterstroom loopt van het talud over op de bodembescherming.

Uiteindelijk stroomt het water in de droge geul en zal de waterstroom de zogenaamde evenwichtssituatie benaderen waarbij de weerstand van de ondergrond gelijk is aan de zwaartekrachtcomponent langs de bodemhelling.

De evenwichtsdiepte wordt berekend met Chézy en is in bijlage 3 uitgevoerd welke leidt tot een conservatieve evenwichtsdiepte van circa 3 m.

Het water wat van het talud af stroomt, heeft een dusdanig grote snelheid dat het water schietend is. Dit water botst op het water wat al de evenwichtsdiepte heeft bereikt, wat leidt tot een watersprong.

Om te voorkomen dat de watersprong op een grote afstand van de overlaat optreedt, wordt de watersprong dicht bij de overlaat gecreëerd door het aanbrengen van een woelbak in de vorm van een verticale damwand. In de meest conservatieve benadering treedt de evenwichtsdiepte direct achter de damwand op, waardoor de lengte van de watersprong 7 tot 10 keer het verschil tussen beide waterdiepte bedraagt, circa 25 m. De damwand zal dus bij de meeste conservatieve benadering op 25 m achter het binnentalud moeten worden geplaatst.

ARCADIS

Aandacht- en controlepunten voor DO:

- overgang talud op horizontale bekleding dient gestroomlijnd te zijn
- draagvermogen ondergrond t.p.v. overgang helling op woelbak dient gecontroleerd te worden aan de hand van waterdruk. Eventueel versterking ondergrond in de vorm van zandbed
- aansluiting van de bodembescherming met damwand is aandachtspunt.
- De locatie van de damwand en optimalisatie van de lengte van de bodembescherming dient onderzocht te worden door middel van modelproeven en de inzet van (externe) specialisten.
- Het ontwikkelen van de evenwichtsdiepte als het water de droge hoogwatergeul binnenstroomt en de optredende stroomsnelheid hierbij is buiten beschouwing laten. Dit kan mogelijk leiden tot het aanbrengen van bodembescherming in de hoogwatergeul. Het modelleren hiervan is noodzakelijk.

Literatuurlijst:

1. ir. I.W. Nortier ,Toegepaste vloeistofmechanica, 5e, herziene druk 1980
2. TAW, Technisch Rapport Asphalt voor Waterkeren, DWW-2002-121, november 2002
3. CUR 200 Natuurvriendelijke oevers: Aanpak en toepassingen
4. CUR 201 Natuurvriendelijke oevers: belasting en sterkte

Project: Inlaat Veessen-Wapenveld Hoogwatergeul snip 3
Project nummer: C03021.000043
Onderwerp: Bijlage 1 Bernouilli tbv max stroomsnelheid Binnentalud
Datum: 24 augustus 2010
Opgesteld: ir. F.V. Lenting
Gecontroleerd: dr. ir. H.G. Voortman
Vrijgegeven: ir. F.V. Lenting
Status: Versie A

Bronnen:

- 1) ir. I.W. Nortier, Toegepaste vloeistofmechanica, 5e, herziene druk 1980
- 2)

Definities

$$h_{\max} := 5.95\text{m}$$

$$h_{\text{kruin}} := 4.9\text{m}$$

$$h_{\text{maaiveld}} := 2.5\text{m}$$

Wet van Bernouilli

$$H := z + h + \frac{u^2}{2g} \quad \text{--> Wet van Bernouilli}$$

Referentievlak is NAP

Snede 1: ter plaatse van gesloten klep

$$z_1 := h_{\text{kruin}} = 4.9\text{m}$$

$$h_1 := h_{\max} - h_{\text{kruin}} = 1.05\text{m}$$

$$u_1 := 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$H_1 := z_1 + h_1 + \frac{u_1^2}{2g} = 5.95\text{m}$$

Snede 2: ter plaatse van overlaat (bovenzijde binnentalud)

$$z_2 := h_{\text{kruin}} = 4.9 \text{ m}$$

$$h_2 := \frac{2}{3} h_1 = 0.7 \text{ m}$$

--> Het betreft een volkomen overlaat waarvoor geldt $h_2 = 2/3 h_1$

$$H_2 := H_1 = 5.95 \text{ m}$$

$$H_2 := z_2 + h_2 + \frac{u_2^2}{2g}$$

$$u_2 := 2.62 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$q_2 := h_2 \cdot u_2 = 1.834 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Snede 3: ter plaatse van begin bodembescherming (onderzijde binnentalud)

$$z_3 := h_{\text{maximaal}} = 2.5 \text{ m}$$

$$q_3 := q_2 = 1.834 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$H_3 := H_1 = 5.95 \text{ m}$$

$$H_3 := z_3 + h_3 + \frac{u_3^2}{2g}$$

$$q_3 := h_3 \cdot u_3$$

$$h_3 := 0.23 \text{ m}$$

$$u_3 := 7.95 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$q_3 := h_3 \cdot u_3 = 1.829 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Project: Inlaat Veessen-Wapenveld Hoogwatergeul snip 3

Project nummer: C03021.000043

Onderwerp: Bijlage 2 Wateroverdruk binnentalud bekleding

Datum: 24 augustus 2010

Opgesteld: ir. F.V. Lenting

Gecontroleerd: dr. ir. H.G. Voortman

Vrijgegeven: ir. F.V. Lenting

Status: Versie A

Bronnen:

1) Technisch Rapport Asphalt voor Waterkeren, November 2002, TAW;

2)

Definities:

$\rho_w := 1025 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ -> Dichtheid van zoet rivierwater

$\rho_a := 2300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ -> Dichtheid waterbouwasfalt (*conform bron [1], tabel 7.3*)

Randvoorwaarden

$h_{\text{mhw}} := 5.95\text{m}$ -> Ontwerppeil ten opzichte van NAP

$\text{GWS} := 2.5\text{m}$ -> Conservatieve aanname: Gemiddelde waterstand (NAP +m) bevindt zich op maaiveld

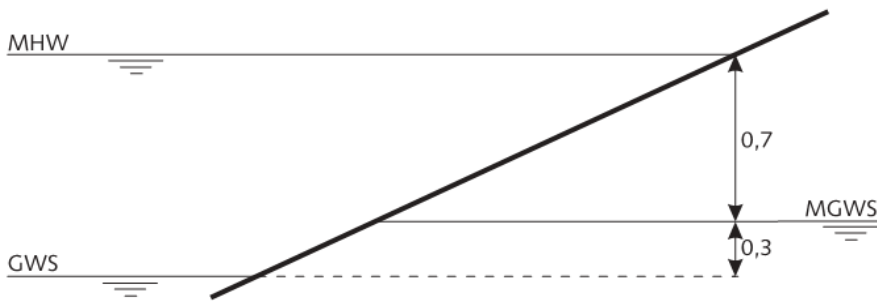
$\alpha := \text{atan}\left(\frac{1}{4}\right) = 14.04 \cdot \text{deg}$ -> taludhelling te beschouwen bekleding

$h_{\text{ondergrens_asfalt}} := 0.5\text{m}$ -> Onderkant waterbouwasfalt t.o.v. NAP, incl woelbak en asfaltdikte

$h_{\text{bovengrens_asfalt}} := 4.90\text{m}$ -> Bovenzijde waterbouwasfalt t.o.v. NAP

Bepaling laagdikte benodigd tegen wateroverdrukken

Berekening conform bron [1] paragraaf 7.3



Niveau van de maatgevende grondwaterstand bij rivierdijken

$$\text{MGWS} := \text{GWS} + 0.3(h_{\text{mhw}} - \text{GWS}) = 3.54 \text{ m} \quad \rightarrow \text{Maatgevende grondwaterstand (NAP +m) als functie van Noordzeewaterstand conform bron [1] fig. 7.5}$$

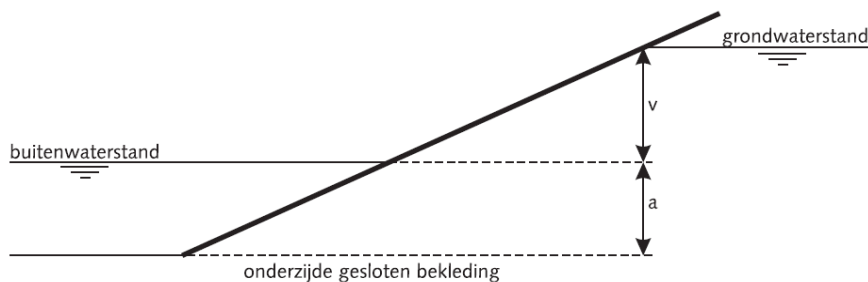
$$R_w := 1$$

\rightarrow Reductiefactor < 1 als maatgevende buitenwaterstand lager is dan gemiddelde waterstand. Anders $R_w=1$. Controle volgt verderop

$$Q_n := \frac{0.96}{\cos(\alpha)^{1.4}} = 1$$

\rightarrow taludfactor, conform bron [3] paragraaf 6.3 of af te lezen uit bron [1] figuur 7.10

Bepaling van waterstand waarbij maximale wateroverdruk optreedt:



Theoretisch treedt de grootste wateroverdruk op in de situatie bij een buitenwaterstand v onder de grondwaterstand, waarbij v gelijk is aan 53% van de totale afstand tussen grondwaterstand en de onderzijde van de gesloten bekleding.

$$a := 0.47 \cdot (\text{MGWS} - h_{\text{ondergrens_asfalt}}) = 1.43 \text{ m}$$

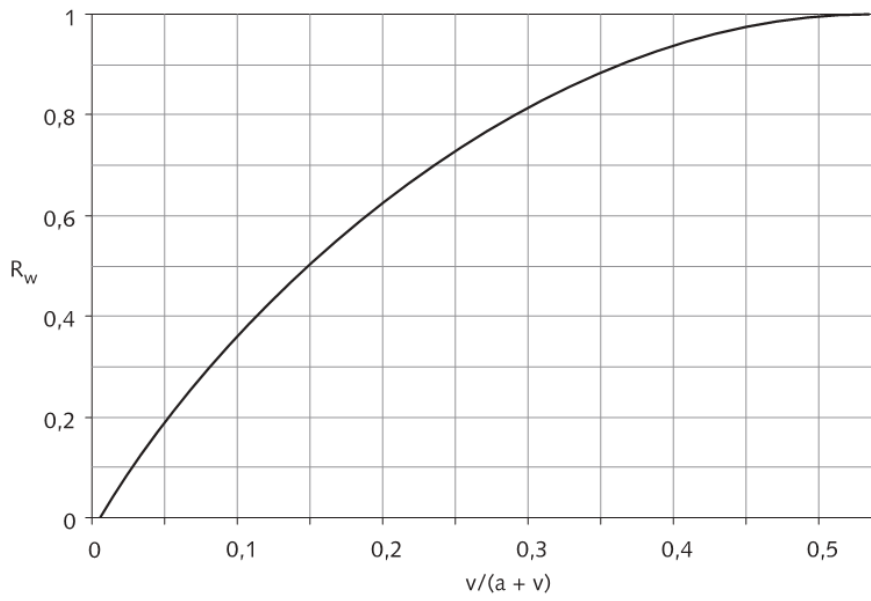
$$v := 0.53 \cdot (\text{MGWS} - h_{\text{ondergrens_asfalt}}) = 1.61 \text{ m}$$

$$h_{\Delta P_{\text{max}}} := h_{\text{ondergrens_asfalt}} + a = 1.93 \text{ m}$$

\rightarrow Buitenwaterstand boven onderzijde bekleding waarbij maximale wateroverdruk optreedt t.o.v m NAP, conform Bron [1], fig. 7.8.

$$\text{Check aanname } R_w = 1: \quad h_{\Delta P_{\text{max}}} = 1.93 \text{ m} \quad > \quad \text{GWS} = 2.5 \text{ m}$$

Aanname niet correct



Bepaling van Reductiefactor:

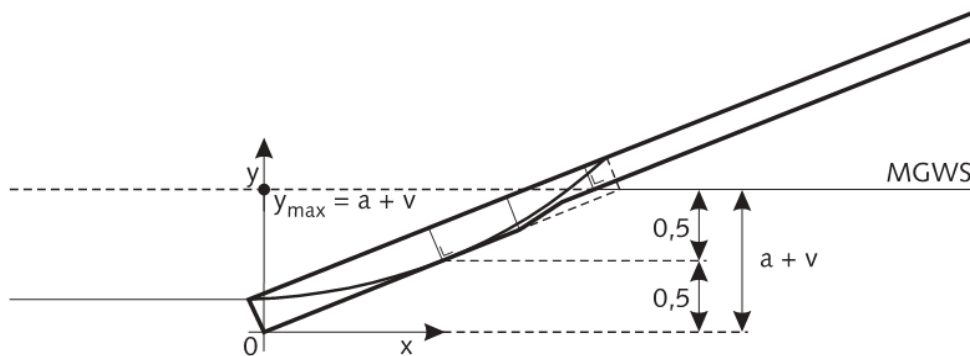
$$\frac{v}{a+v} = 0.53 \quad R_w \rightarrow 1$$

Bepaling maximaal benodigde laagdikte

$$d_{\text{max_benodigd}} := 0.21 Q_n \cdot (a + v) \cdot \frac{\rho_w}{\rho_a - \rho_w} \cdot R_w = 0.51 \text{ m} \quad \rightarrow \text{formule conform Bron [1] paragraaf 7.3.4}$$

Bovenstaande waarde $d_{\text{max_benodigd}}$ betreft de benodigde laagdikte ter plaatse van de maatgevende wateroverdruk. Langs het talud zal deze overdruk variëren, zodat een reductie op de laagdikte mogelijk is. Een en ander conform onderstaande formule (bron [1] paragraaf 7.3.4):

$$d(y) := \frac{4}{a + v} \cdot d_{\text{max_benodigd}} \cdot \left(y - \frac{y^2}{a + v} \right)$$



Figuur 7.11 Bepaling van de benodigde laagdikte in de wateroverdrukkenzone

De benodigde laagdikte is maximaal op $0.5 \cdot (a + v)$. Daarboven kan de laagdikte gereduceerd worden. De minimaal benodigde laagdikte is 0.2 m uit praktische uitvoerbaarheid. Er is aangenomen dat de laagdikte lineair afneemt van de maximale laagdikte (0.5 m) op NAP +1.93 tot de minimale laagdikte (0.2 m) aan de bovenzijde van het binnentalud.

Project: Inlaat Veessen-Wapenveld Hoogwatergeul snip 3

Project nummer: C03021.000043

Onderwerp: Bijlage 3 Woelbak en Bodembescherming

Datum: 24 augustus 2010

Opgesteld: ir. F.V. Lenting

Gecontroleerd: dr. ir. H.G. Voortman

Vrijgegeven: ir. F.V. Lenting

Status: Versie A

Bronnen:

1) ir. I.W. Nortier, Toegepaste vloeistofmechanica, 5e, herziene druk 1980

2)

$$q := 1.85 \frac{\frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\text{m}}$$

$$b := 1 \text{ m}$$

$$C := 40 \frac{\sqrt{\text{m}}}{\text{s}}$$

-> Conservatieve aanname voor coefficient van Chézy

$$I := 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

-> Conservatieve aanname verhang hoogwatergeul

$$h_e := \sqrt[3]{\frac{q^2}{b^2 \cdot C^2 \cdot I}} = 2.776$$

$$u_e := \frac{q}{h_e} = 0.666 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

De lengte van de watersprong is circa 7 á 10 keer het verschil tussen de evenwichtsdiepte en de waterdiepte aan het einde van de helling ($h = 0.23 \text{ m}$, zie bijlage 1).

De lengte van de bodembescherming is daarmee gesteld op 25 m

BIJLAGE

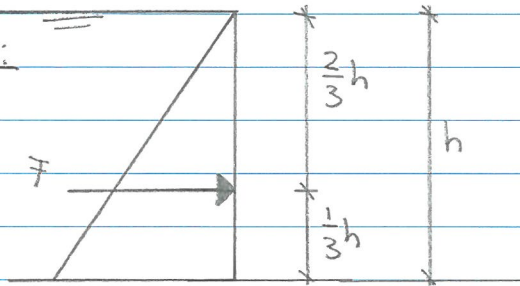
6

Berekening trekkracht in staalkabel

Berekening kracht in kabel (1)

Variant: klepjes over de volle breedte

Schematisatie:



$$h = 0,75 \text{ m } (= 5,65 - 4,90)$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

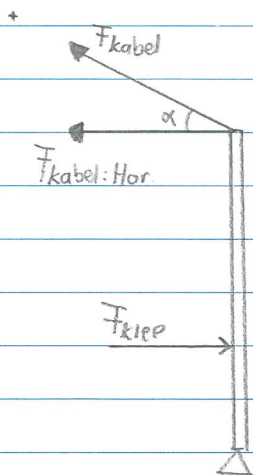
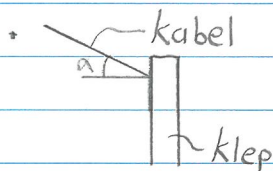
$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{breedte klep} = \pm 80 \text{ m}$$

Berekening: $F = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot h^2 = 2800 \text{ N/m} = 2,8 \text{ kN/m}$

$$F_{\text{klep}} = 2,8 \text{ kN/m} \cdot 8,0 = 22,4 \text{ kN}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(1,85/4,2) \approx 25^\circ$$



$$F_{\text{kabel:Hor}} = \frac{22,4 \cdot \frac{1}{3}h}{h} = 7,5 \text{ kN}$$

$$F_{\text{kabel}} = \frac{7,5}{\cos 25^\circ} = 8,3 \text{ kN}$$

+ Een factor 3 toevoegen i.v.m.:

* kleine hoek v/d klep: de kracht in de kabel wordt hierdoor iets groter

* de kabel grijpt niet aan op de bovenkant v/d klep maar iets lager: kleinere arm \rightarrow grotere kracht

* veiligheidsfactoren aan de belasting en materiaal kant

* het dynamische karakter van de belasting

* de voorspanning v/d klep op de rubbers

$$+ F_{\text{kabel}} = 8,3 \cdot 3 = 25 \text{ kN}$$

+ Een mogelijke staalkwaliteit is S235. De kabel mag bij de maximale belasting niet gaan vloeien i.v.m. de waterdichtheid van de kering.

De minimale doorsnede wordt dan gelijk aan:

$$A_{\text{kabel}} = \frac{25 \cdot 10^3}{235} = 106 \text{ mm}^2$$

Bij een diameter van 12mm is de doorsnede gelijk aan:

$$A = \pi \cdot \frac{1}{4} \cdot d^2 = \pi \cdot \frac{1}{4} \cdot 12^2 = 113 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

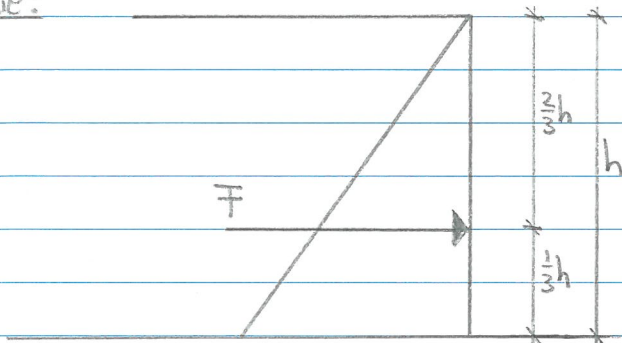
Conclusie: De maximale trekkracht in de kabel is gelijk aan 25kN (inclusief veiligheidsfactoren).

Een kabel met een diameter van 12mm en een kwaliteit van S235 kan deze kracht opnemen.

Berekening kracht in kabel (2)

Variant: 2x150m damwand met scharnier

Schematisatie:



$$h = 3.4 \text{ m } (= 5.65 - 2.25)$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{breedte klep} = \pm 12 \text{ m}$$

Berekening: + $F = \frac{1}{2} \cdot \rho g h^2 = 57800 \text{ N/m} = 57.8 \text{ kN/m}$

+ $F_{\text{klep}} = 57.8 \text{ kN/m} \cdot 12 = 694 \text{ kN}$

+ $\alpha = \tan^{-1}(1.05 / \pm 3.75) \approx 26^\circ$

+ $F_{\text{kabel, Hor}} = \frac{694 \cdot \frac{1}{3} h}{h} = 231 \text{ kN}$

+ $F_{\text{kabel}} = \frac{231}{\cos(25^\circ)} = 255 \text{ kN}$

+ Een factor 3 toevoegen i.v.m.:

- * de veiligheidsfactoren aan de belasting- en materiaalkant
- * het dynamische karakter van de belasting
- * de voorspanning v/d klep op de rubbers

Naam: Tom Wijdenes

Datum: 26-7-10

Blad: 1/2

$$+ F_{\text{kabel}} = 255 \cdot 3 = 765 \text{ kN}$$

+ Een mogelijke staalkwaliteit is S235. Bij de maximale belasting mag de kabel niet gaan vloeien. i.v.m. de waterdichte aansluiting op de rubbers.

De minimale doorsnede wordt dan gelijk aan:

$$A_{\text{kabel}} = \frac{765 \cdot 10^3}{235} = 3255 \text{ mm}^2$$

Bij een diameter van 65mm is de doorsnede gelijk aan:

$$A = \pi \cdot \frac{1}{4} \cdot d^2 = \pi \cdot \frac{1}{4} \cdot 65^2 = 3318 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Bij een staalkwaliteit van S355 wordt de diameter 55mm.

Conclusie: De maximale trekkracht in de kabel is gelijk aan 765 kN (inclusief veiligheidsfactoren).

Een kabel met een diameter van 65mm en een staalkwaliteit van S235 kan deze kracht opnemen.

Opmerking: + De kracht in de kabel is erg groot en het "doorknippen" zal een grote krachtsverandering op het viaduct betekenen.

+ Ook kunnen de losschietende kabeluiteindes schade veroorzaken en zal de klep hard op de fundering klappen.

+ Mogelijk zal door de grote belasting de klep een relatief grote doorbuiging hebben bij slechts één kabel.

BIJLAGE

7

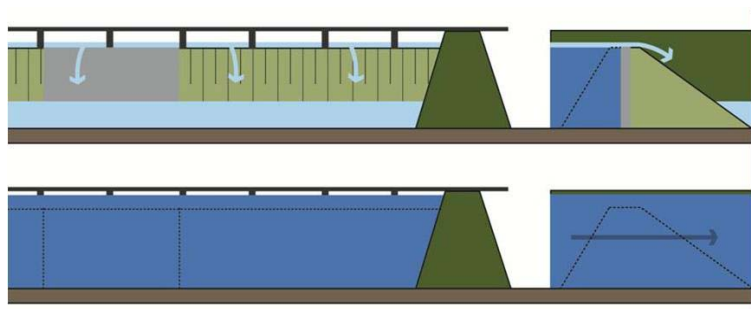
Notitie Stuurgroep 20 mei 2010

Voor u ligt de notitie **'Keuze voor uit te werken inlaat constructies voor SNIP 3'** voor de Stuurgroep van 20 mei. Doel van deze notitie is de Stuurgroep advies geven over de te nemen beslissing over de uit te werken inlaatconstructie. In de notitie worden de volgende onderwerpen behandeld:

- Aanleiding
- Stappen
- De concepten
- Selectiecriteria
- Scoren concepten
- Advies aan Stuurgroep

Aanleiding en randvoorwaarden

In de door de Stuurgroep vastgestelde Voorkeursvariant zit de zogenaamde hybride inlaatconstructie. Zie afbeelding hieronder.



Uit de door de PDR uitgevoerde (voor)toets blijkt dat dit een haalbare constructie is maar waarschijnlijk niet de meest optimale. Vanuit de PDR is er de wens om te komen tot een betrouwbare, landschappelijk inpasbare, kosteneffectievere en eenvoudig te beheren en onderhouden variant die kan rekenen op draagvlak. Om aan deze (gedeelde) ambitie verder invulling te geven zijn er in tussenliggende periode twee belangrijke momenten geweest. Ten eerste is door de V&W /PDR de zogenaamde 'Vertande vaste inlaat' opgesteld (zie onderstaande afbeelding).



Ten tweede is er in januari een workshop met diverse experts geweest waarin inlaat concepten zijn ontwikkeld en criteria bedacht. (zie bijlage voor verslag)

Alle inlaat concepten moeten functioneren binnen de randvoorwaarden van waterstanddaling van tenminste 71 cm en een overstromingsfrequentie van 'eens in een mensenleven'.

Voor alle inlaat concepten geldt tevens dat de geul begint mee te stromen zonder dat een bestuursbeslissing nodig is. Dit wordt gegarandeerd door een vaste overstromhoogte bij de inlaat en bij de uitlaat.

Stappen

Via onderstaande tussenstappen die we voor leggen aan de SG willen we komen tot een uitgewerkte (referentie) variant voor de inlaat in SNIP 3.

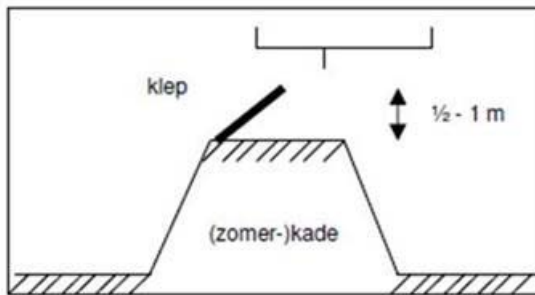
De te volgen stappen:

1. Notitie naar de Stuurgroep van april 2010 met: de concepten, uitgangspunten en selectiecriteria
2. Notitie naar de Stuurgroep van mei 2010 met: bovenstaande aangevuld met scores en advies voor keuze met welke twee concepten we verder gaan uitwerken
3. De twee concepten op niveau van voorlopig ontwerp (VO) uitwerken
4. Notitie in Stuurgroep juni met beschouwing op hoofdresultaten
5. In de Stuurgroep van juli wordt de definitieve keuze in samenhang met andere bouwstenen vastgesteld
6. Hierna wordt tot op niveau van definitief ontwerp (DO) uitgewerkt voor SNIP 3

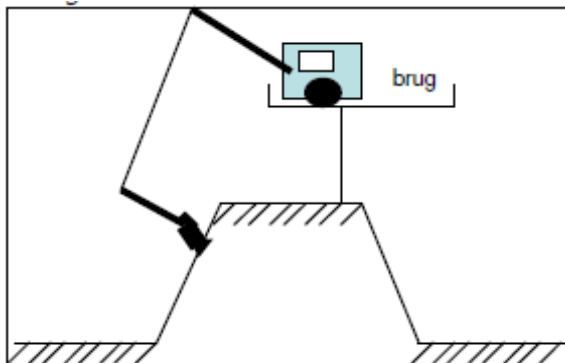
De concepten

De onderstaande zes concepten zijn hoofdzakelijk gebaseerd op de workshop die in januari is gehouden.

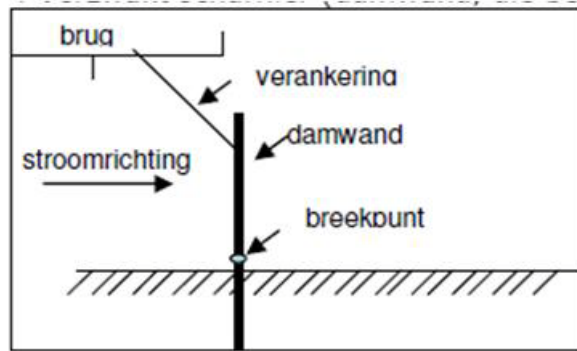
1. Hybride inlaat (zie bovenaan)
2. Vertande vaste inlaat (zie bovenaan)
3. Klepjes over breedte



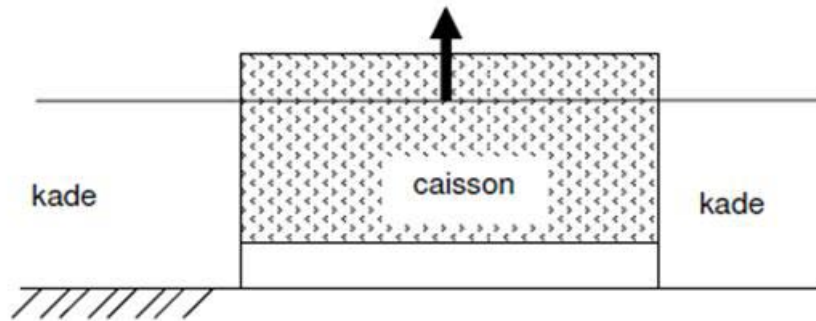
4. Verwijderbaar grond (vergraven over breedte)



5. Verwijderbare damwand met verzwakt scharnier



6. Verwijderbaar caisson



Selectiecriteria concepten inlaatconstructie

hoofdcriterium	Omschrijving	score		
		+ (beste score tov andere varianten / criterium)	0 (neutrale score tov andere varianten / criterium)	- slechtste score tov andere varianten / criterium
Leidraad rivieren	"Toekomstvastheid en robuustheid" Een 'robuust' ontwerp houdt rekening met toekomstige ontwikkelingen en onzekerheden. De afvoercapaciteit van het inlaatwerk is eenvoudig te vergroten (uitbreidbaarheid).	Oplosbaar binnen ontwerp of via eenvoudige aanvullende ingreep	Ingrijpende of kostbare ingreep	Ingrijpend en (zeer) kostbare ingreep
	Flexibiliteit: mate waarin inlaat kan anticiperen op veranderingen of anders gezegd mate waarin gevoelig is voor veranderingen	Minst gevoelig voor veranderingen	Matig gevoelig voor veranderingen	Zeer gevoelig voor veranderingen
Betrouwbaarheid / veiligheid	• Mate van menselijk handelen om taakstelling te halen	Geen menselijk handelen nodig, voldoet aan taakstelling	Beperkt en eenvoudig menselijk handelen nodig om taakstelling te realiseren	Ingrijpend / complex menselijk handelen nodig om taakstelling te realiseren
	• Faalkans meestromen ; mate van risico (kans * gevolg) voor het niet behalen van taakstelling en mate waarin dit te beheersen is	Nauwelijks een risico voor taakstelling en zeer eenvoudig te beheersen	Beperkt risico voor taakstelling en redelijk te beheersen	Groot risico voor taakstelling en alleen door grootschalig ingrijpen te beheersen
	• Faalkans bezwijken; mate van risico (kans * gevolg) voor bezwijken van constructie	Kleine kans en klein gevolg	Kleine kans en groot gevolg	Grootste kans en groot gevolg
	• Eenvoud van bediening; snelheid van openen	Geen tot twee uur voorbereiding- en uitvoerings tijd	Beperkte (2tot 6 uur) voorbereiding- en uitvoeringstijd	behoorlijke (>6 tot24 uur) voorbereiding- en uitvoeringstijd
	• Eenvoud van bediening; snelheid van sluiten na gebruik	Meestromen kan snel en via eenvoudige handeling worden gestopt zodra inzet niet meer nodig is	Meestromen kan pas gestopt worden bij lage waterstand zonder (her)aanleg	Meestromen kan pas gestopt worden bij lage waterstand en na (her)aanleg

Aanlegkosten	<ul style="list-style-type: none"> • € (inlaat inclusief hoogwatervrije ontsluiting en oppervlakte) 	€ 12-15 miljoen	€ 15-18 miljoen	> 18 miljoen
	<ul style="list-style-type: none"> • Kans op besparing van andere onderdelen (bv korte brug / smallere brug door fietspad los, minder grondoppervlak) 	Substantiële besparing mogelijk (€ 1-3 miljoen)	Matige besparing mogelijk (< € 1 miljoen)	Nauwelijks besparing mogelijk (nihil)
Beheerkosten (LCC)	<ul style="list-style-type: none"> • €/jaar voor beheer / onderhoud 	< 70.000,-/jaar	70.000,- tot 90.000/jaar	> 90.000,-
	<ul style="list-style-type: none"> • Schadeloosstelling inzet geul 	Laagste uitkering	10-20% hogere uitkering	>20% hogere uitkering
Ruimtelijke kwaliteit (nota)	<ul style="list-style-type: none"> • Ingetogen in ruimtelijk beeld 	Ingetogen in vorm en materiaal (gras)	Matig ingetogen in vorm en materiaal	Dominant aanwezig in vorm en/ of materiaal
	<ul style="list-style-type: none"> • lineair (in dwars- en lengteprofiel) 	In lengte en dwarsprofiel	In lengte of dwarsprofiel	Zowel lengte als dwarsprofiel niet lineair
Draagvlak (inwoners gebied)	<ul style="list-style-type: none"> • Randvoorwaarde; Eens in een mensenleven 	Binnen dit bestuurlijke besluit		Buiten bestuurlijke besluit
	<ul style="list-style-type: none"> • Ontwerpuitgangspunt VKA; 5,65 en 4.20 +NAP 	Geen verandering in peil	Zeer beperkte verandering (enkele cm)	Sterke verandering > enkele cm
	<ul style="list-style-type: none"> • Extra onttrekking Agrarische grond (m2) tov VKA 	Geen extra onttrekking	Beperkte extra onttrekken < enkele ha	Extra onttrekking > enkele ha
Secundaire criteria	Deze werken we in de volgende fase uit: waterdichtheid, complexiteit aanleg, stuurbaarheid debiet en moment, mate waarin constructie te testen is, etc	pm	pm	pm

Scoretabel concepten inlaatconstructie

hoofdcriterium	omschrijving	score					
		hybride	vaste vertande overlaat	Klepjes over breedte	Verwijderbaar grond	Verwijderbare damwand - scharnier	Verwijderbaar caisson
Leidraad rivieren	<p>"Toekomstvastheid en robuustheid"</p> <ul style="list-style-type: none"> Een 'robuust' ontwerp houdt rekening met toekomstige ontwikkelingen en onzekerheden. De afvoercapaciteit van het inlaatwerk is eenvoudig te vergroten (uitbreidbaarheid). 	- Fundering en grote eenheid	+ Grondwerk wel over grote lengte en grote nauwkeurigheid	+ Verstelbare klepjes of iets oplassen	+ grondwerk	- Fundering en grote eenheid	- Fundering en grote eenheid
	<ul style="list-style-type: none"> Flexibiliteit van overstroomhoogte en diepte van de inlaat 	0	-	+	0	0	0
Betrouwbaarheid / veiligheid	<ul style="list-style-type: none"> Mate van menselijk handelen om taakstelling te halen 	-	+	0	-	0	-
	<ul style="list-style-type: none"> Faalkans ; mate van risico (kans * gevolg) voor het niet behalen van taakstelling en mate waarin dit te beheersen is 	-	+	+ Extra klepjes om risico te voorkomen	0	0	0
	<ul style="list-style-type: none"> Faalkans bezwijken; mate van risico (kans) voor bezwijken van constructie, gevolg is gelijk 	-	+	+	+	-	-
	<ul style="list-style-type: none"> Eenvoud van bediening; snelheid van openen 	0	+	+ In een of twee handeling	- Graven kost tijd	+	0 Lucht in pompen kost tijd
	<ul style="list-style-type: none"> Eenvoud van bediening; snelheid van sluiten 	0	+	+ heeft drempel	0 heeft drempel wel opbouwen	- Geen drempel en opbouwen	0
Aanlegkosten	<ul style="list-style-type: none"> € (zie bijlage voor specificatie) 	0 17,5/16,7	0 15,6	0 17	0 16,7	+ 10,5	+ 11,2
	<ul style="list-style-type: none"> Kans op besparing van andere onderdelen (o.a. fietspad) 	- nihil	- nihil	+ 2-3 milj	+ 1-2 milj	+ 1-2 milj	+ 1-2 milj
Beheerkosten	<ul style="list-style-type: none"> Beheer: onderhoudskosten per jaar / Kapitalisatie (factor 23,6; 4%+100jr) 	- 104 / 2.5	+ 59 / 1.4	0 78 / 1.8	0 72 / 1.7	0 76 / 1.8	0 82 / 1.9

Ruimtelijke kwaliteit (nota)	• Ingetogen in ruimtelijk beeld	0	-	0	+	-	0
	• eenduidig (in dwars- en lengteprofiel)	-	-	+	+	-	-
Draagvlak (inwoners gebied)	• Eens in een mensenleven	+	+	+	+	+	+
	• Ontwerpuitgangspunt VKA 5,65 en 4.20	+	-	+	+	+	+
	• Extra onttrekking Agrarische grond (m2) tov VKA	+	-	+	+	+	+
Secundaire criteria	Deze worden relevant bij nadere uitwerking. Volgt in de volgende fase. waterdichtheid, complexiteit aanleg, etc						

Advies aan Stuurgroep

Op basis van bovenstaande scoringstabel scoort de inlaat met klepjes, het beste van alle concepten. Deze variant scoort op geen enkel criterium negatief. Voor wat betreft toekomstvast en de mate waarin de inlaat kan anticiperen op veranderingen, in de maatgevende waterstanden van de IJssel, scoort de variant met klepjes als enige variant positief op flexibiliteit.

Daarnaast biedt het grondlichaam van de dijk een veilige en betrouwbare kering in de meest voorkomende gevallen van waterstanden. De klepjes keren alleen vanaf een waterstand hoger dan vaste kruin (onder de klepjes).

Vanuit de besparingsopdracht is het mogelijk wenselijk om de variant met de "verwijderbare damwand" en de variant met de "verwijderbare caissons" verder uit te werken. Waardoor deze twee varianten zowel technisch als voor wat betreft mogelijke besparing beter kunnen worden onderbouwd. Tevens dienen de herstellkosten vanaf het moment dat de hoogwatergeul in werking is getreden nog nader te worden bepaald. Deze zullen bij deze twee varianten hoger uitvallen dan bij de variant met de klepjes.

Bijlagen

- kosten onderbouwing
- Analyse flexibiliteit inlaatconstructie

7 mei 2010

BIJLAGE

8

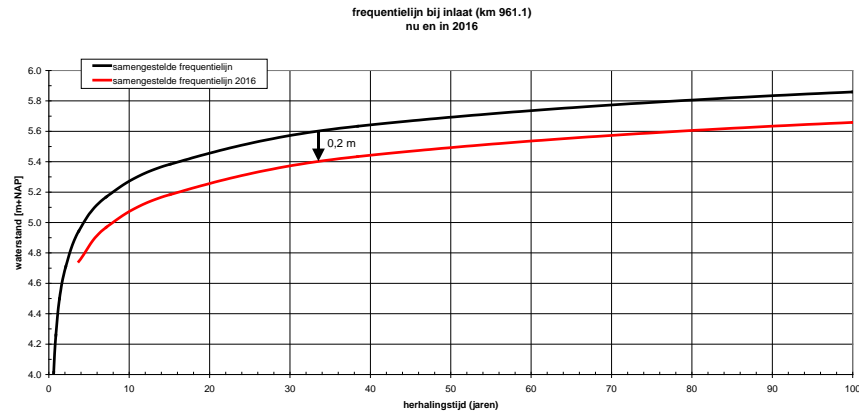
Frequentie en duur hoogwater

Frequentie en aantal dagen hoogwater nabij inlaat

De overstromingsfrequentie en het aantal dagen dat de waterstand de in tabel 2.1 opgenomen hoogtes overschrijdt is bepaald middels onderstaande grafieken.

Grafiek 2.1

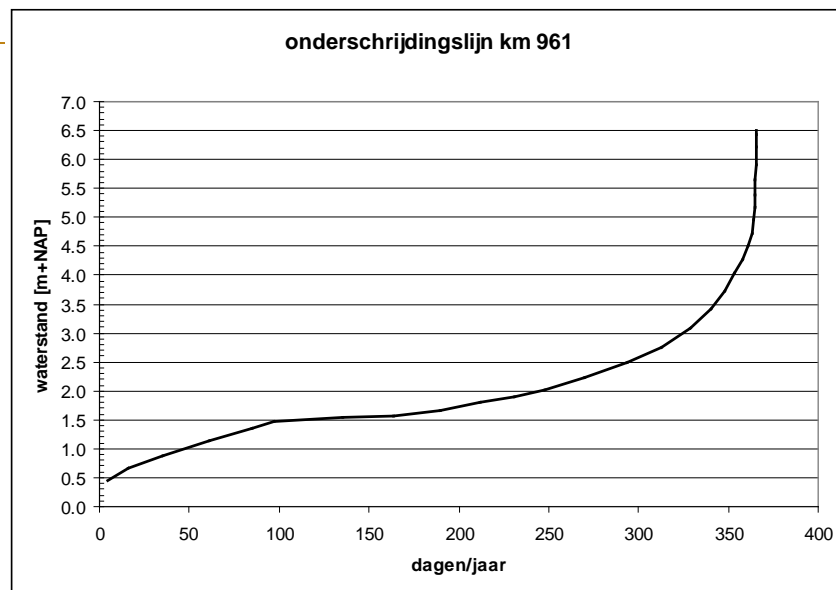
Frequentielijn inlaat



Op basis van de rode lijn zijn de overschrijdingsfrequenties van 4,90, 5,65 en 4,10 m+NAP bepaald. (De zwarte lijn ca. 20 cm omlaag (ongeveer het effect van ander RvdR maatregelen op de IJssel) voor overstromingsfrequenties van 3,00 en 3,65 m+NAP.)

Grafiek 2.2

Onderschrijdingslijn inlaat



Onderschrijdingslijn IJssel bij km 961 in de huidige situatie. Horizontale as geeft het gemiddeld aantal dagen per jaar dat de waterstand kleiner is dan de waterstand op de verticale as. Gebaseerd op gegevens in de periode 1901-2000.

Tabel 2.1

Maatgevende ontwerphoogtes

Omschrijving	NAP hoogte	Overstromingsfrequentie	Gemiddelde overschrijding per jaar
Fietspad verlaagde IJsseldijk (nieuwe uitwaard)	+ 3,00 m	meer dan 1 maal per jaar	35 dagen
Drempel inlaat (2 x 150 meter)	+ 3,65 m	meer dan 1 maal per jaar	15 dagen
Drempel inlaat (800 meter)	+ 4,80 m	eens per 6-7 jaar	0 dagen
Hoogte keerconstructie inlaat	+ 5,65 m	eens per 100	0 dagen
Uitlaat	+ 4,10 m	eens per 100	0 dagen

COLOFON

VEESSEN-WAPENVELD HOOGWATERGEUL SNIP 3
VW TM IN- UITLAAT EN BRUGGEN VARIANTEN INLAAT**OPDRACHTGEVER:**

PROVINCIE GELDERLAND

STATUS:

Concept

AUTEUR:

De heer ing. S.J. van der Velde

GECONTROLEERD DOOR:

De heer ir. D. W. van Raalten

VRIJGEGEVEN DOOR:

De heer drs. A. ter Harmsel

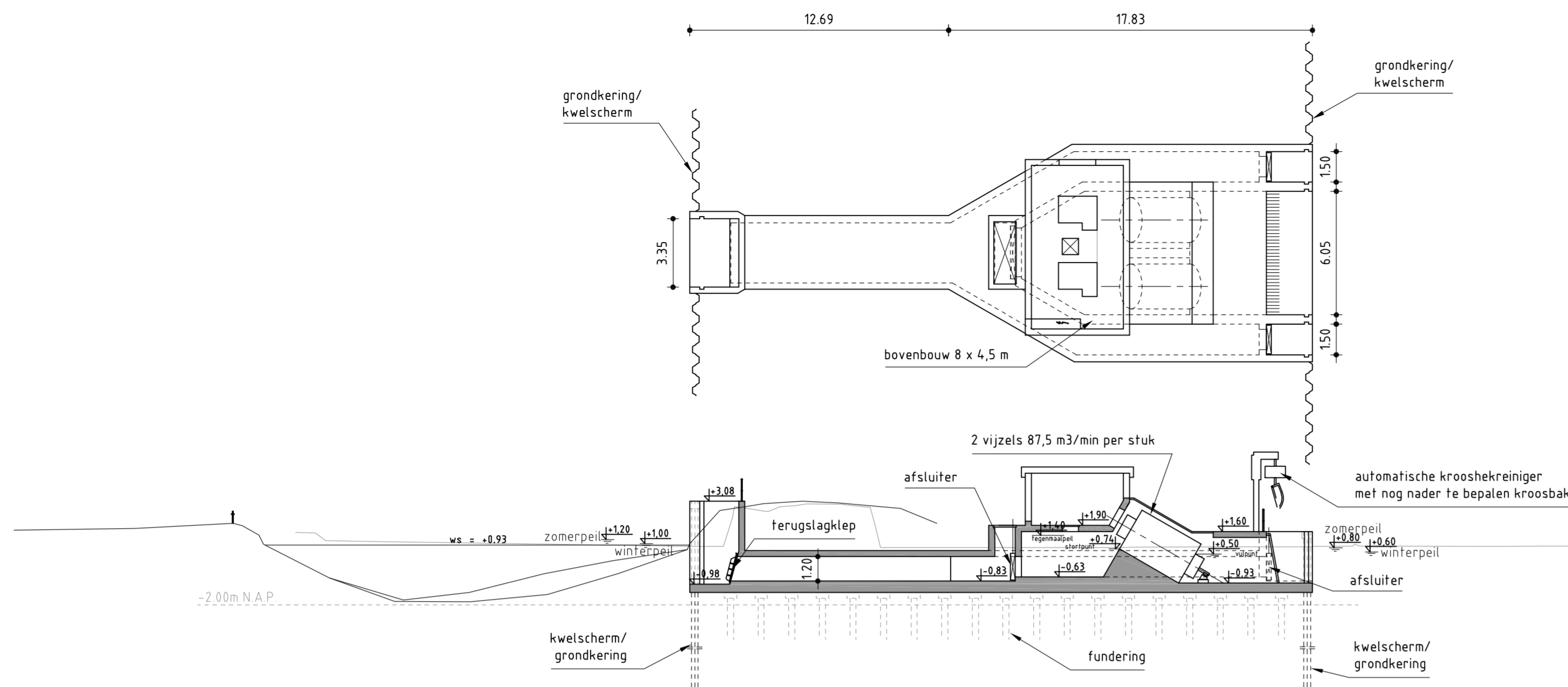
7 oktober 2010

074984711:A.52

ARCADIS NEDERLAND BV
Beaulieustraat 22
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Tel 026 3778 911
Fax 026 3515 235
www.arcadis.nl
Handelsregister
9036504

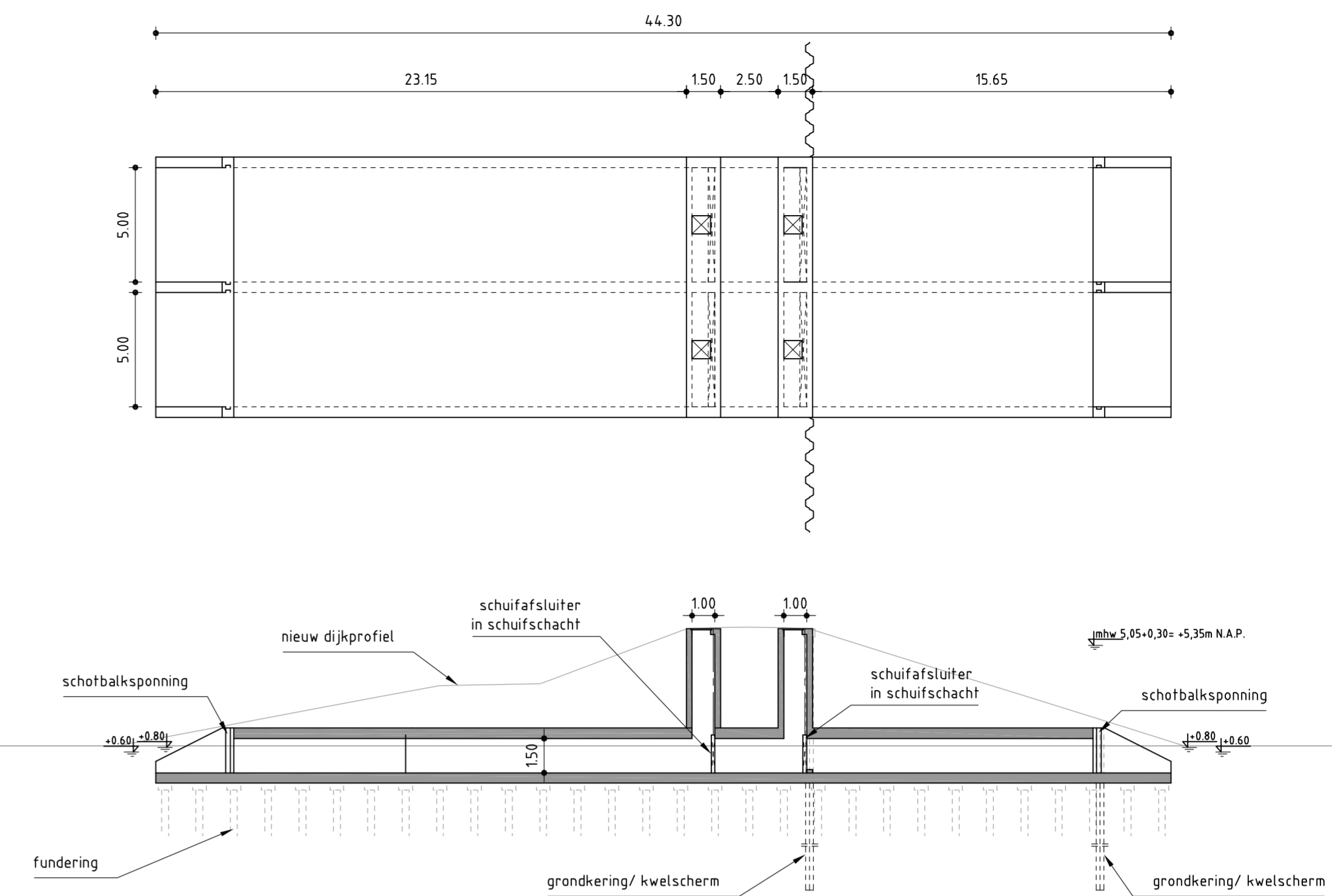
©ARCIRCADIS. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets uit dit document worden veeveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins.

BIJLAGE 11 Ontwerptekening (WH05)



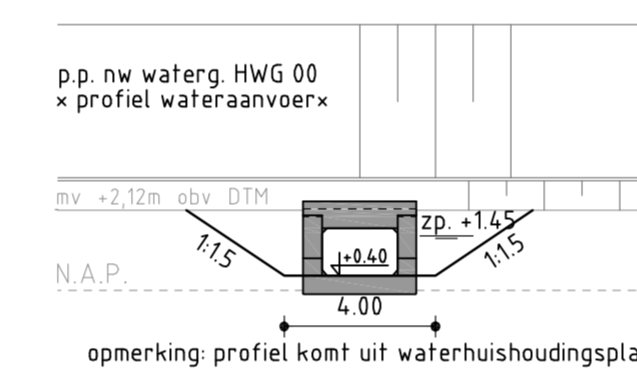
principe bovenaanzicht en doorsnede Gemaal Nieuw Wapenveld (175m3/min)

schaal 1:200



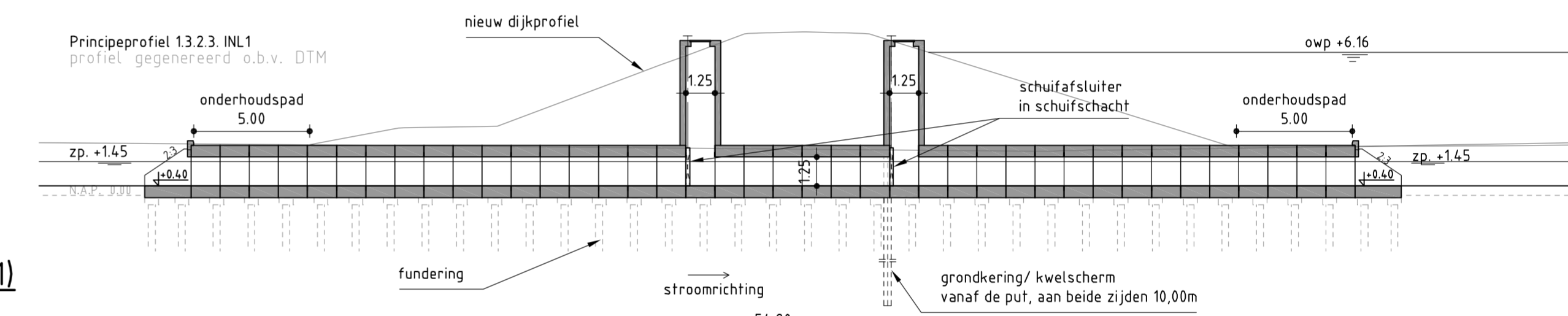
principe bovenaanzicht en doorsnede uitstroomvoorziening

schaal 1:200



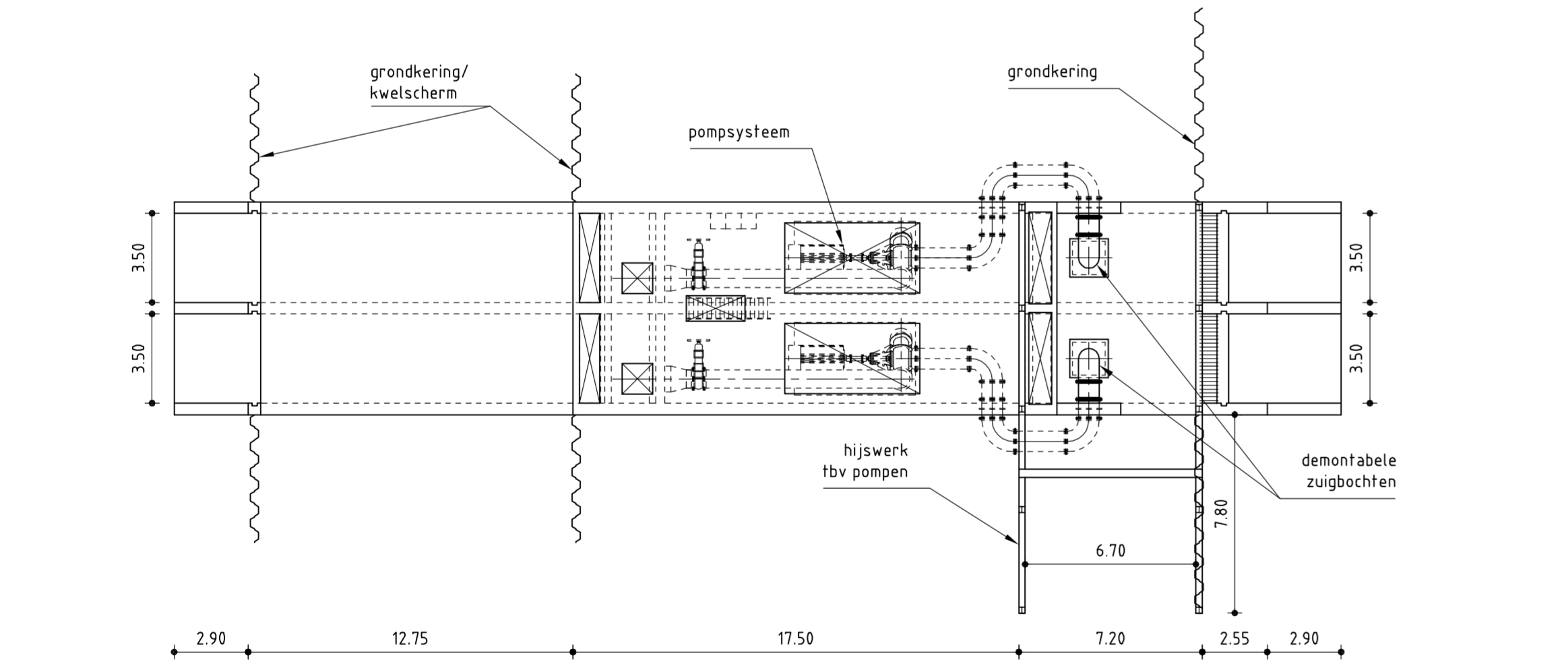
principe vooraanzicht inlaatduiker (1.3.2.3. INL1)

schaal 1:200



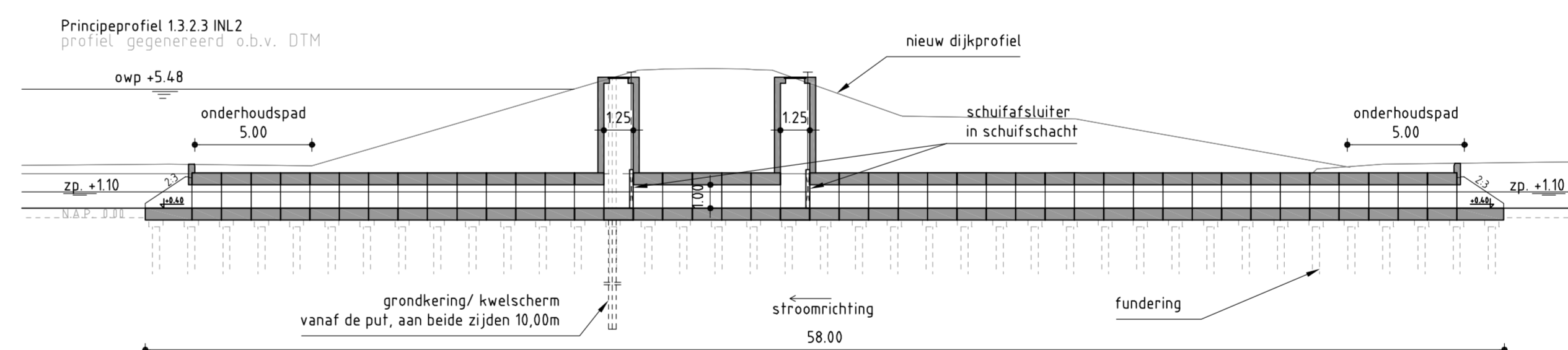
principe lengtedoorsnede inlaatduiker (1.3.2.3. INL1)

schaal 1:200



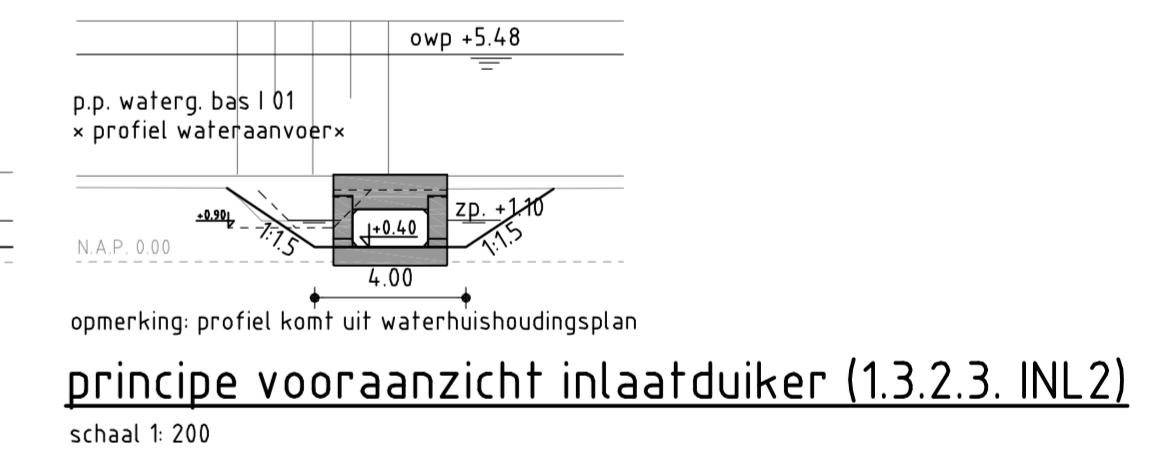
principe bovenaanzicht en doorsnede gemaal Oeverwal (100m3/min)

schaal 1:200



principe lengtedoorsnedes inlaatduiker (1.3.2.3. INL2)

schaal 1:200



principe vooraanzicht inlaatduiker (1.3.2.3. INL2)

schaal 1:200

Versie : B	Datum : 22-12-2010	Getekend : barge2
Omschrijving : voortoets		
Versie : A	Datum : 3-12-2010	Getekend : Barge, B. Ten
Omschrijving : voortoets		
Gecontroleerd : wesselinkb	Vrijgegeven : harmsela	
		
Het Rietveld 59a Postbus 673 7300 AR Apeldoorn Tel 055 5815 999 Fax 055 5815 599 info@arcadis.nl www.arcadis.nl		
Oprachtgever : Provincie Gelderland		
Ontwerp :		
Project : Veessen-Wapenveld Hoogwatergeul SNP 3		
Onderwerp : gemalen en inlaatwerken		
Fase : Voorontwerp		
Schaal : zie tekening	Divisie : Water	
Bladformaat : A1 (594 x 841)	Status : Concept	
Contractnummer :	Projectleider : Raalten, DW	
Projectnummer :	Tekeningnummer :	Versie :
C03021.00004.3.1000	WH 05	B

BIJLAGE 12

Berekeningen LCC-studie

Gemaal Bottenstrank

Pompgemaal Bottenstrank 2x 87,5 m3/min		
Aanlegkosten		
investering B		€ 2.198.588
investering EM		€ 675.164
rente lening		4,5%
afschrijftermijn B		30 jr
afschrijftermijn EM		20 jr
lineaire afschrijving B		€ 73.286
lineaire afschrijving EM		€ 33.758
Renovatiekosten 100 jaar		
25 jaar na aanleg		€ 220.493
50 jaar na aanleg		€ 504.403
75 jaar na aanleg		€ 220.493
prijsindex groot onderhoud		3%
investering na 25 jaar		€ 461.663
investering na 50 jaar		€ 2.211.255
investering na 75 jaar		€ 2.023.889
Exploitatiekosten 100 jaar		
uurloon onderhoud		€ 40,00
prijsindex lonen		3,25%
prijsindex materiaal		2,0%
prijsindex energie		2,5%
materiaalkosten, geïndexeerd		€ 793.070
loonkosten, geïndexeerd		€ 3.885.768
energiekosten, geïndexeerd		€ 36.787.867
Rente + afschrijving		€ 9.165.260
huidige boekwaarde		€ -
discontovoet		4,0%
contante waarde materiaal		€ 108.783
contante waarde loon		€ 369.208
contante waarde energie		€ 4.343.672
contante waarde rente +afschrijving		€ 3.685.334
contante waarde totaal		€ 8.506.996
Energie gemaal Veluwe		
kWh prijs gemiddeld		€ 0,19
kWh totaal(gemiddelde over 2009+2010)	kWh/jaar	315.195
jaarlijkse energiekosten (op basis van 1650m3/min(huidige debiet Veluwe))		€ 59.749
Energie Nieuw Wapenveld		
kWh prijs gemiddeld		€ 0,17
kWh totaal	kWh/jaar	150.216
draaiuren dagbedrijf	h/jaar	750

Pompgemaal Bottenstrank 2x 87,5 m3/min					
draaiuren nachtbedrijf				h/jaar	750
opgenomen vermogen dagbedrijf				kW	100,14
opgenomen vermogen nachtbedrijf				kW	100,14
perspeil normaal				NAP	2,00
polderpeil gemiddeld				NAP	0,70
polderpeil nacht				NAP	0,70
statische opvoerhoogte dagbedrijf				mwk	1,3
statische opvoerhoogte nachtbedrijf				mwk	1,3
dynamisch hoogteverlies				mwk	0,3
capaciteit				m3/min	175
mechanisch/hydraulisch rendement					60%
elektrisch rendement					80%
hulpenergie					5%
jaarlijkse energiekosten					€ 25.300
Totale energiekosten 2 gemalen					€ 85.049
Activiteit	20- jaarlijks	10- jaarlijks	5- jaarlijks	jaarlijks	(€/jaar)
				<i>manuren*</i>	<i>materiaal*</i>
periodiek					
smeren lagers				4	€ 10
snaren spannen					
NEN inspectie			8	1,6	€ 200
controle niveaumetingen			8	1,6	€ 300
reinigen gemaal				8	€ 10
revisie lagers		40		4	€ 250
revisie afsluiters	80			4	€ 200
revisie terugslagklep	40			2	€ 20
revisie reiniger		32		3,2	€ 100
ruimen filterberging				60	
schilderwerk					€ 200
correctief					
storingsdienst				20	€ 200
overig correctief				8	€ 100
vervangen E onderdelen				12	€ 600
besturing				6	€ 150
abonnement telefoon					€ 200
Totaal				134,4	€ 2.540
<i>* De manuren en materialen van de meer-jaarlijkse activiteiten zijn teruggerekend naar jaarlijkse bedragen</i>					

Gemaal Westdijk

Pompgemaal Westdijk 2x 87,5 m3/min		
Aanlegkosten		
investering B	€	985.487
investering EM	€	632.396
rente lening		4,5%
afschrijftermijn B		30 jr
afschrijftermijn EM		20 jr
lineaire afschrijving B	€	32.850
lineaire afschrijving EM	€	31.620
Renovatiekosten 100 jaar		
25 jaar na aanleg	€	206.237
50 jaar na aanleg	€	572.443
75 jaar na aanleg	€	206.237
prijsindex groot onderhoud		3%
investering na 25 jaar	€	431.814
investering na 50 jaar	€	2.509.536
investering na 75 jaar	€	1.893.034
Exploitatiekosten 100 jaar		
uurloon onderhoud	€	40,00
prijsindex lonen		3,25%
prijsindex materiaal		2,0%
prijsindex energie		2,5%
materiaalkosten, geïndexeerd	€	793.070
loonkosten, geïndexeerd	€	3.885.768
energiekosten, geïndexeerd	€	32.051.181
Rente + afschrijving	€	7.427.890
huidige boekwaarde	€	-
discontovoet		4,0%
contante waarde materiaal	€	108.783
contante waarde loon	€	369.208
contante waarde energie	€	3.784.395
contante waarde rente +afschrijving	€	2.406.134
contante waarde totaal	€	6.668.519
Energie gemaal Veluwe		
kWh prijs gemiddeld	€	0,18
kWh totaal(gemiddelde over 2009+2010)	kWh/jaar	352.592
jaarlijkse energiekosten (op basis van 1650m3/min(huidige debiet Veluwe))	€	62.668
Energie Nieuw Wapenveld		
kWh prijs gemiddeld	€	0,17
kWh totaal	kWh/jaar	65.719
draaiuren dagbedrijf	h/jaar	750
draaiuren nachtbedrijf	h/jaar	750
opgenomen vermogen dagbedrijf	kW	43,81
opgenomen vermogen nachtbedrijf	kW	43,81
perspeil normaal	NAP	1,1
polderpeil gemiddeld	NAP	0,70

Pompgemaal Westdijk 2x 87,5 m3/min					
polderpeil nacht				NAP	0,70
statische opvoerhoogte dagbedrijf				mwk	0,4
statische opvoerhoogte nachtbedrijf				mwk	0,4
dynamisch hoogteverlies				mwk	0,3
capaciteit				m3/min	175
mechanisch/hydraulisch rendement					60%
elektrisch rendement					80%
hulpenergie					5%
jaarlijkse energiekosten					€ 11.430
Totale energiekosten 2 gemalen					€ 74.098
Activiteit	20- jaarlijks	10- jaarlijks	5-jaarlijks	jaarlijks	(€/jaar)
				<i>manuren*</i>	<i>materiaal*</i>
periodiek					
smeren lagers				4	€ 10
snaren spannen					
NEN inspectie			8	1,6	€ 200
controle niveaumetingen			8	1,6	€ 300
reinigen gemaal				8	€ 10
revisie lagers		40		4	€ 250
revisie afsluiters	80			4	€ 200
revisie terugslagklep	40			2	€ 20
revisie reiniger		32		3,2	€ 100
ruimen filterberging				60	
schilderwerk					€ 200
correctief					
storingsdienst				20	€ 200
overig correctief				8	€ 100
vervangen E onderdelen				12	€ 600
besturing				6	€ 150
abonnement telefoon					€ 200
Totaal				138,4	€ 2.540
<i>* De manuren en materialen van de meerjaarlijkse activiteiten zijn teruggerekend naar jaarlijkse bedragen</i>					

Gemaal Nieuw Wapenveld

Vijzelgemaal Nieuw Wapenveld 2x 87,5 m3/min		
Aanlegkosten		
investering B		€ 1.045.383
investering EM		€ 606.735
rente lening		4,5%
afschrijftermijn B		30
afschrijftermijn EM		20
lineaire afschrijving B		€ 34.846
lineaire afschrijving EM		€ 30.337
Renovatiekosten 100 jaar		
25 jaar na aanleg		€ 209.088
50 jaar na aanleg		€ 569.722
75 jaar na aanleg		€ 209.088
prijsindex groot onderhoud		3%
investering na 25 jaar		€ 437.784
investering na 50 jaar		€ 2.497.608
investering na 75 jaar		€ 1.919.203
Exploitatiekosten 100 jaar		
uurloon onderhoud		€ 40,00
prijsindex lonen		3,25%
prijsindex materiaal		2,0%
prijsindex energie		2,5%
materiaalkosten,geïndexeerd		€ 805.559
loonkosten, geïndexeerd		€ 4.001.416
energiekosten, geïndexeerd		€ 31.073.017
Rente + afschrijving		€ 7.485.762
huidige boekwaarde		€ -
discontovoet		4,0%
contante waarde materiaal		€ 110.496
contante waarde loon		€ 380.196
contante waarde energie		€ 3.668.900
contante waarde rente +afschrijving		€ 2.442.518
contante waarde totaal		€ 6.602.109
Energie gemaal Veluwe		
kWh prijs gemiddeld		€ 0,18
kWh totaal(gemiddelde over 2009+2010)	kWh/jaar	352.592
jaarlijkse energiekosten (op basis van 1650m3/min(huidige debiet Veluwe))		€ 62.668
Energie Nieuw Wapenveld		
kWh prijs gemiddeld		€ 0,20
kWh totaal	kWh/jaar	46.734
draaiuren dagbedrijf	h/jaar	750
draaiuren nachtbedrijf	h/jaar	750
opgenomen vermogen dagbedrijf	kW	31,16
opgenomen vermogen nachtbedrijf	kW	31,16
perspeil normaal	NAP	1,1
polderpeil gemiddeld	NAP	0,70

Vijzelgemaal Nieuw Wapenveld 2x 87,5 m3/min					
polderpeil nacht		NAP			0,70
statische opvoerhoogte dagbedrijf		mwk			0,4
statische opvoerhoogte nachtbedrijf		mwk			0,4
dynamisch hoogteverlies		mwk			0,3
capaciteit		m3/min			175
mechanisch/hydraulisch rendement					75%
elektrisch rendement					90%
hulpenergie					5%
jaarlijkse energiekosten					€ 9.169
Totale energiekosten 2 gemalen					€ 71.837
Activiteit	20- jaarlijks	10- jaarlijks	5- jaarlijks	jaarlijks	(€/jaar)
				<i>manuren*</i>	<i>materiaal*</i>
periodiek					
smeren lagers				4	€ 10
snaren spannen				4	€ 40
NEN inspectie			8	1,6	€ 200
controle niveaumetingen			8	1,6	€ 300
reinigen gemaal				8	€ 10
revisie lagers	80			4	€ 250
revisie afsluiters	80			4	€ 200
revisie terugslagklep	40			2	€ 20
revisie reiniger		32		3,2	€ 100
ruimen filterberging				60	
schilderwerk					€ 200
correctief					
storingsdienst				20	€ 200
overig correctief				8	€ 100
vervangen E onderdelen				12	€ 600
besturing				6	€ 150
abbonement telefoon					€ 200
Totaal				138,4	€ 2.580
<i>* De manuren en materialen van de meerjaarlijkse activiteiten zijn teruggerekend naar jaarlijkse bedragen</i>					

COLOFON

VEESSEN-WAPENVELD HOOGWATERGEUL SNIP 4
VW TM GROTE KUNSTWERKEN**OPDRACHTGEVER:**

WATERSCHAP VELUWE en WATERSCHAP VELUWE
SNIP-CODE: 5.8.9

STATUS:

Definitief

AUTEUR:

Bert Wesslink

GECONTROLEERD DOOR:

Hessel Voortman
Gertjan Schaap

VRIJGEGEVEN DOOR:

Arjan ter Harmsel en
Marja Menke

5 juli 2012

075246711:A.12

ARCADIS NEDERLAND BV
Het Rietveld 59a
Postbus 673
7300 AR Apeldoorn
Tel 055 5815 999
Fax 055 5815 599
www.arcadis.nl
Handelsregister
9036504

©ARCADIS. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets uit dit document worden veelevoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins.