

RAPPORT

Voorlopig ontwerp dijkversterking Vianen (definitief)

Technische uitwerking VKA

Klant: Waterschap Rivierenland

Referentie: BG2964MARP181011

Status: 2.0/Finale versie

Datum: 26 februari 2019

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX AMERSFOORT
Maritime & Aviation
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Voorlopig ontwerp dijkversterking Vianen (definitief)

Ondertitel: VO Vianen
Referentie: BG2964MARP181011
Status: 2.0/Finale versie
Datum: 26 februari 2019
Projectnaam: PPWW Vianen
Projectnummer: BG2964
Auteur(s): C. Spoorenberg / J. Rolvink

Opgesteld door: C. Spoorenberg / J. Rolvink

Gecontroleerd door: C. Spoorenberg

Datum/Initialen: 15 februari 2019 C.S

Goedgekeurd door: E. Arnold

Datum/Initialen: 26 februari 2019 E.A

Classificatie

Projectgerelateerd



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Kader en doel	1
1.3	Relatie met overige onderzoeken PPWW	2
1.3.1	Geohydrologisch onderzoek	2
1.3.2	Vergunningenscan	2
1.3.3	Grondverwerving	2
2	Uitgangspunten en randvoorwaarden	3
2.1	Beschikbare informatie en uitgangspunten	3
2.1.1	Ontwerplevensduur	3
2.1.2	Bodemopbouw	3
2.1.3	Vak indeling	3
2.2	Randvoorwaarden bij het voorlopig ontwerp	4
2.2.1	Maatgevende waterstanden	4
2.2.2	Instrumentarium voor langsconstructies	4
3	Technisch VO-ontwerp damwand	5
3.1	Algemeen	5
3.2	Ontwerpberekeningen stabiliteit langsconstructie	5
3.2.1	Resultaten Plaxis berekeningen	5
3.2.2	Dimensies en specificaties damwand op basis van stabiliteit	9
3.2.3	Gevoeligheidsanalyse NGIADP-parameters	10
3.3	Ontwerpberekeningen piping	11
3.3.1	Opbarsten en van de deklaag	11
3.3.2	Ontwerp pipingscherp op heave	13
3.3.3	Ontwerp pipingscherp op basis van Lane	14
3.3.4	Dimensies damwand op basis van piping	15
3.3.5	Overgangs- / aansluitconstructie en achterloopsheid	15
3.4	Ontwerpberekeningen overige ontwerpssporen	17
3.4.1	Hoogte en bekleding kruin en binnentalud	17
3.4.2	Macrostabiliteit buitenwaarts	17
3.4.3	Microstabiliteit	17
4	Overige ontwerpaspecten	18
4.1	Beheer en onderhoud	18
4.2	Uitbreidbaarheid	18
5	Aanbevelingen en aandachtspunten vervolg	19
5.1	Aansluiting traject Hazelaarplein	19

5.2	Aanvullende sonderingen m.b.t. maakbaarheid	19
5.3	Peilbuismetingen t.b.v. hydrologische uitgangspunten	19
5.4	Risico's met betrekking tot de uitvoering	20

Bijlagen

Bijlage 1 Geotechnische lengteprofielen Vianen

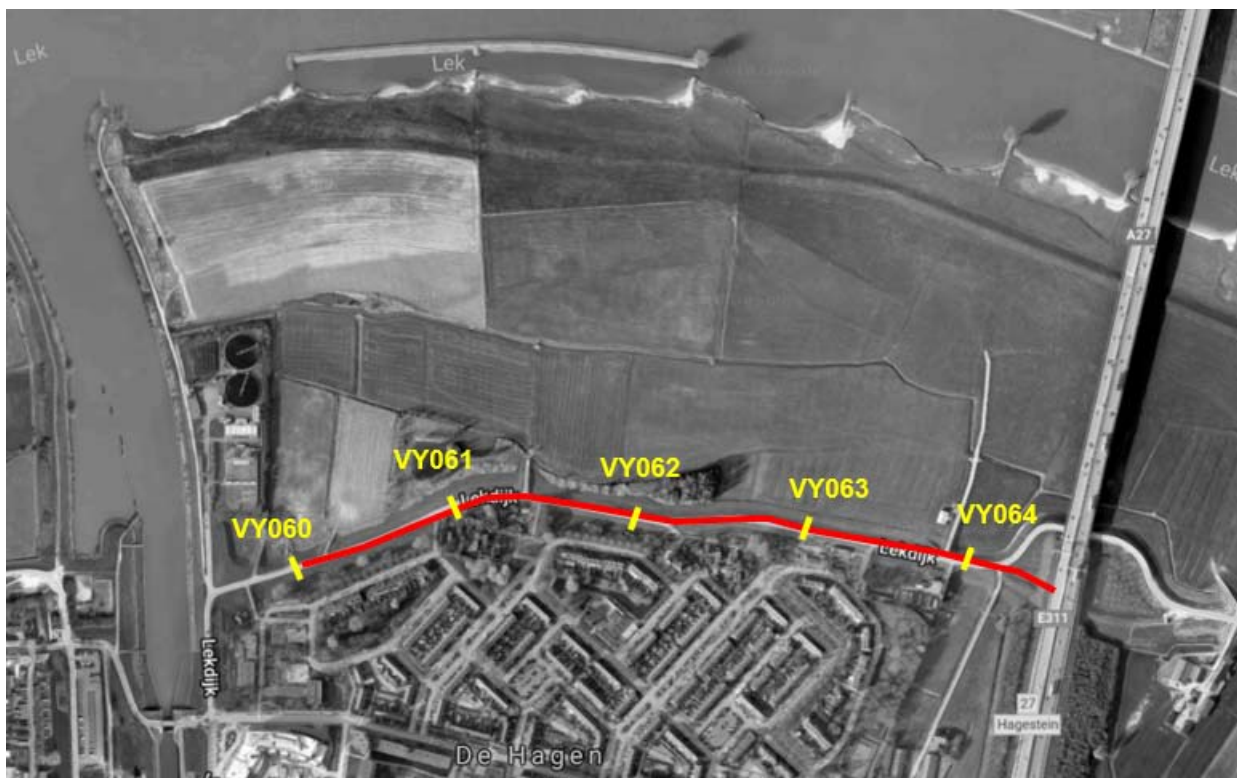
Bijlage 2 Sellmeijer berekening aansluiting A27

Bijlage 3 Geotechnische berekeningen

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Waterschap Rivierenland heeft Royal HaskoningDHV opdracht verstrekt voor het uitwerken van het VKA tot voorlopig ontwerpniveau (VO) voor de dijkversterking Vianen. Het te versterken traject omvat dijkpaal VY060 tot VY64+125. De Primaire waterkering van Vianen maakt onderdeel uit van dijkkring 16, Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden. Het wettelijke dijktraject waartoe Vianen behoort is 16-4, Ameide-Fort Everdingen, zie Figuur 1-1.



Figuur 1-1: Scope dijkversterking Vianen

1.2 Kader en doel

Het voorkeursalternatief voor de dijkversterking betreft een damwand zoals opgenomen in de notitie VKA (ref. WATRC_BE6266-102_R0002_414320_f, RHDHV, 12 februari 2018). Voorliggend rapport bevat de technische uitwerking van het VKA tot VO. Deze rapportage maakt onderdeel uit van het Projectplan Waterwet (PPWW), tezamen met de in 1.3 beschreven onderzoeken.

Het doel van voorliggende rapportage omvat de technische uitwerking van het VKA, een piping- / stabiliteitsscherm, tot een voorlopig ontwerp. De berekeningen die zijn uitgevoerd ten behoeve van deze technische uitwerking, zijn opgenomen in de volgende hoofdstukken.

Het VKA bestaat uit een piping- / stabiliteitsscherm in het binnentalud van de waterkering dat ten doel heeft om het veiligheidstekort voor de ontwerpsoorten piping en macrostabiliteit binnenwaarts op te lossen. Aan de hand van de VO-berekeningen zijn de dimensies en eigenschappen van de wand bepaald die

benodigd zijn om aan de wettelijke norm te voldoen. Ook is een controle uitgevoerd voor de overige ontwerpssporen om tot een volledig VO-ontwerp te komen.

1.3 Relatie met overige onderzoeken PPWW

1.3.1 Geohydrologisch onderzoek

Om de omgevingseffecten op de geohydrologische situatie in Vianen inzichtelijk te maken, is een geohydrologisch modelonderzoek uitgevoerd (ref. WATBG5964R001D01WM, RHDHV, 18 januari 2019). Uit het geohydrologische onderzoek blijkt dat er een beperkt positief effect voor het grondwater te zijn, doordat de kwelstroom tijdens hoogwater licht afneemt en tijdens een droge periode nauwelijks verandert. Dit effect zal echter zo beperkt zijn, dat verwacht wordt dat de wateroverlast bij hoogwater niet anders of minder zal worden ervaren. Vanwege dit beperkte effect is dit niet meegenomen bij de schematisering van het VO t.o.v. de huidige situatie.

1.3.2 Vergunningenscan

Voor dijkversterking Vianen is een vergunningenscan opgesteld, waarin de noodzakelijke vergunningen voor het realiseren van voorliggende VO zijn onderzocht. Uit de vergunningenscan blijkt een omgevingsvergunning bouw en een ontheffing voor natuur (vleermuizen en buizerd) nodig te zijn.

1.3.3 Grondverwerving

Om de voorgenomen dijkversterking uit te kunnen voeren is ruimte en dus grondoppervlak nodig. Het waterschap wil gronden binnen het (toekomstige) waterstaatswerk (kernzone), die blijvend nodig zijn voor de dijkversterking en na gereed komen daarvan belangrijk zijn voor het uitoefenen van een doelmatig beheer en onderhoud, in eigendom hebben of verkrijgen. Voor de voorgenomen dijkversterking dient er geen grond aangekocht te worden van derden. Het waterschap zal de dijkversterkingsmaatregel op eigendom van het waterschap realiseren. Wel is er tijdelijk grond nodig van derden als werkstrook. Het waterschap streeft ernaar voor het tijdelijk gebruik van grond gebruiksregelingen af te sluiten met de betreffende rechthebbenden. Indien er geen minnelijke overeenstemming bereikt wordt over een gebruiksregeling dan zal het waterschap het instrument van de gedoogplicht op basis van artikel 5.24 Waterwet inzetten. Een grondeigenaar dient hiermee de werkzaamheden van het waterschap te gedogen.

2 Uitgangspunten en randvoorwaarden

2.1 Beschikbare informatie en uitgangspunten

In het Uitgangspuntenrapport Vianen¹ (ref. BF1769MARP181211, RHDHV, 11 januari 2019) zijn de ontwerputgangspunten met betrekking tot het ontwerpinstrumentarium, (hydraulische) belastingen, levensduur, etc. opgenomen. Onderstaand is een korte samenvatting opgenomen ten behoeve van de VO-berekeningen.

2.1.1 Ontwerplevensduur

Voor het ontwerp van de dijk geldt een ontwerplevensduur van 50 jaar, voor een damwandontwerp is dit 100 jaar. Omdat een damwandscherm na installeren niet meer te verlengen is (met betrekking tot de benodigde lengte in de zandlaag ten behoeve van piping), is de bepaling van de inbrengdiepte voor het ontwerpspoor piping bepaald op basis van de ontwerpwaterstanden voor 100 jaar (zichtjaar 2125).

Voor het ontwerpspoor hoogte is ervan uitgegaan dat na 50 jaar aanvullende maatregelen mogelijk zijn, zoals het verhogen van de kruin. Voor het dijkontwerp voor dit faalmechanisme is uitgegaan van een ontwerplevensduur van 50 jaar, waarbij de sterkte van de damwand op de belastingen behorend bij een ontwerplevensduur van 100 jaar is ontworpen. Dit houdt in dat een eventuele kruinverhoging wel in het damwandontwerp (VO) is beoordeeld, maar niet in de dijkversterking wordt meegenomen.

2.1.2 Bodemopbouw

De bodemopbouw bestaat grofweg uit een relatief dunne kleideklaag op een dik zandpakket. De deklaag bestaat hoofdzakelijk uit silthoudende klei en heeft een dikte van krap 1 tot ruim 5 m. De zandondergrond bestaat uit zeer grof tot uiterst grof zand dat lokaal grindhoudend is. De dikte van de zandlaag is onbekend, er is van uitgegaan dat deze laag zeker 60 m dik kan zijn.

2.1.3 Vak indeling

Op basis van de geotechnische lengteprofielen ter plaatse van kruin en binnenteen is een vak indeling opgesteld waarbij de dikte van de deklaag als indelingscriterium is gehanteerd. Dit hangt samen met al dan niet opbarsten van de deklaag, hetgeen voor zowel macrostabiliteit binnenwaarts als piping een belangrijk ontwerpcriterium is. De betreffende lengteprofielen zijn opgenomen in bijlage 1.

- Van dijkpaal VY60 tot VY62 heeft de deklaag een geringe dikte van 1 à 3 m. Lokaal zijn bovendien zandtussenlagen aanwezig. Voor de damwandberekeningen is uitgegaan van een gemiddelde deklaagdikte van 2 m waarbij deze deklaag volledig opbarst;
- Van dijkpaal VY62 tot VY63 heeft de deklaag een relatief grote dikte van >5 m. Op basis van de geotechnische lengteprofielen van GeoDelft (1995) kan niet worden uitgesloten dat zich onderin deze deklaag dunne zandlaagjes bevinden. Er is van uitgegaan dat de deklaag hier niet opbarst. Dit hangt samen met de aanwezige dikte van de deklaag en daarnaast is ervan uitgegaan dat wanneer in de naastgelegen vakken al opbarsten optreedt, dit tot een verlaging van de waterdruk zal leiden, waardoor het onwaarschijnlijk is dat de deklaag hier eveneens zal opbarsten;
- Van dijkpaal VY63 tot VY64+125 heeft de deklaag een dikte van circa 4 m. Gezien de beperkte dikte van de omringende deklaag wordt hier niet vanuit gegaan dan de deklaag opbarst. Wel is hier met een grenspotentiaal gelijk aan het gewicht van de deklaag gerekend.

De opbarstberekeningen zijn opgenomen bij de ontwerpberekeningen op het ontwerpspoor piping in 3.3.1.

¹ Zoals besproken in het technisch startoverleg op 13 september jl. wordt hiervan nog een update / actualisatie opgesteld op basis van een controle op aanvullende uitgangspunten en actuele stand van zaken / aanvullende kennis.

2.2 Randvoorwaarden bij het voorlopig ontwerp

2.2.1 Maatgevende waterstanden

In de berekening is rekening gehouden met een waterstand over 100 jaar (constructie). De hydraulische randvoorwaarden voor over 100 jaar zijn bepaald op NAP +7,14 à +7,17 m². Hierbij hoort een kruinhoogte van circa NAP +8,0 m (HBN voor een ontwerplevensduur van 100 jaar bij een overslagdebiet <5,0 l/m/s). Omdat de huidige kruinhoogte voldoet bij een HBN voor een ontwerplevensduur van 50 jaar, hoeft de kruinhoogte niet te worden aangepast in het kader van dit VO-dijkversterking. Wel is er bij het uitvoeren van de stabiliteitsberekeningen voor het ontwerp van de damwand, rekening mee gehouden dat de verhoging op termijn nog moet worden kunnen uitgevoerd.

Voor het bepalen van de initiële grondspanning is in het Plaxis-model uitgegaan van een polderpeil van NAP +0.85 m. De sloten aan de binnen zijde staan vermoedelijk in contact met het zand daarom is er gerekend met een stijghoogte van NAP +0.85 m. Gezien de grote van het voorland wordt hier ook een waterstand van NAP +0.85 m aangehouden. In de kruin is een opbolling meegenomen van 3 m.

Voor de opbarstberekeningen is het streefpeil in de singels aangehouden van NAP +0,85 m als polderpeil. Het is echter de vraag of dit streefpeil gehandhaafd kan worden onder maatgevende hoogwaterstanden op de rivier. Voor de opbarstberekeningen is dit daarom een conservatief uitgangspunt. Voor het ontwerpen van de langsconstructie is dit niet conservatief. Voor de langsconstructie is de grenspotential bepaald bij de teen van de berm.

2.2.2 Instrumentarium voor langsconstructies

De beoordeling van de macrostabiliteit van het grondlichaam en de damwand is uitgevoerd met Plaxis-2D 2018 waarbij gebruik is gemaakt van het SHANSEP NGI-ADP-materiaalmodel. Dit model komt overeen met het CSSM-model dat wordt beschreven in het WBI2017 en OI2014v4. De berekeningen zijn uitgevoerd volgens POVM Rekentechnieken Basisrapport Eindige-elementenmethode versie 1.0 (Kortweg BEEM) en POVM Publicatie stabiliteit verhogende langsconstructies conceptversie 12 okt. Voor het berekenen van de krachten in de damwand kunnen er 2 verschillende rekenschema's worden gehandhaafd. Er is gerekend met rekenschema B. Dit houdt in dat de berekening wordt opgebouwd met karakteristieke parameters en wanneer de krachten en stabiliteit wordt berekend worden de sterkteparameters gedeeld door de benodigde partiële factoren.

² Conform de hydraulische randvoorwaarden in het Uitgangspuntenrapport is er een gering verhang aanwezig over het tracé.

3 Technisch VO-ontwerp damwand

3.1 Algemeen

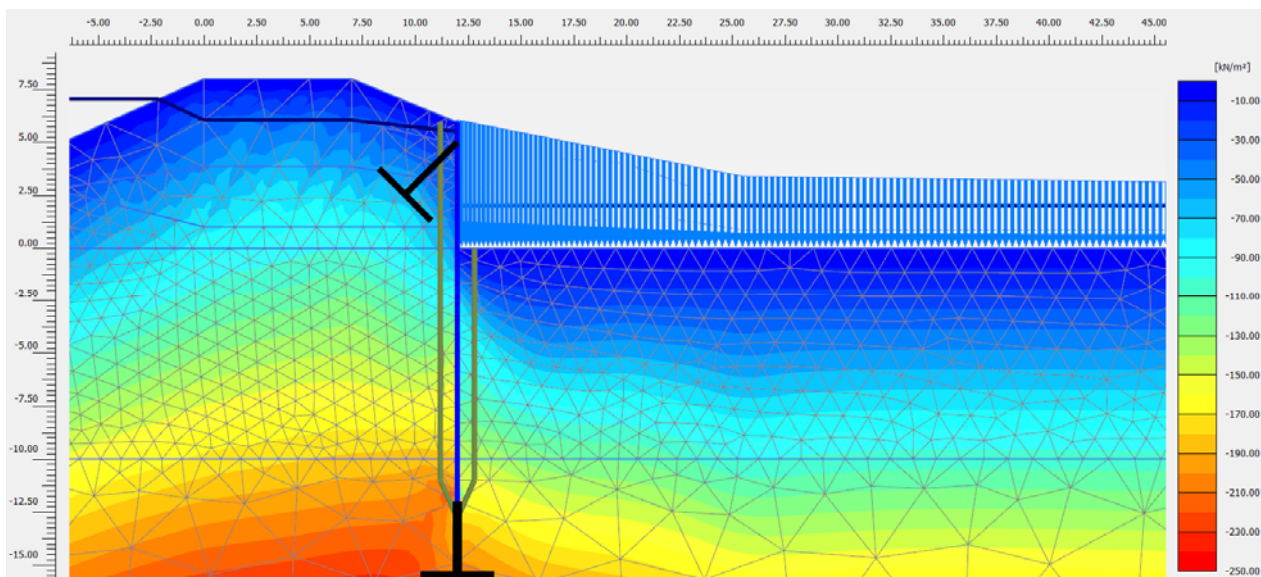
Het VKA bestaat uit een damwand die zowel het tekort aan binnenwaartse macrostabiliteit- als het pipingtekort moet oplossen. In onderstaande paragrafen zijn de ontwerpberekeningen voor beide mechanismen uitgewerkt. In de laatste paragraaf is de beoordeling op de overige ontwerpmechanismen opgenomen.

3.2 Ontwerpberekeningen stabiliteit langsconstructie

Voor het berekenen van de krachten in de damwand en verankering zijn conform de vak indeling in 2.1.3 de volgende twee doorsneden beschouwd:

- een opgebarste deklaag van 2 m dik;
- een deklaag van 5 m dik die opdrijft.

Wanneer de deklaag opbarst, moet in de Plaxis-berekeningen rekening worden gehouden met verlies aan sterkte in het achterland. Dit betekent dat de deklaag 'volledig weg' wordt geschematiseerd en vervangen wordt door een bovenbelasting gelijk aan het grond gewicht, waarbij de damwand een grotere kerende hoogte krijgt (zie Figuur 3-1). Wanneer de deklaag intact blijft, moet er alleen rekening worden gehouden met een restprofiel in de uiterste grenstoestand.



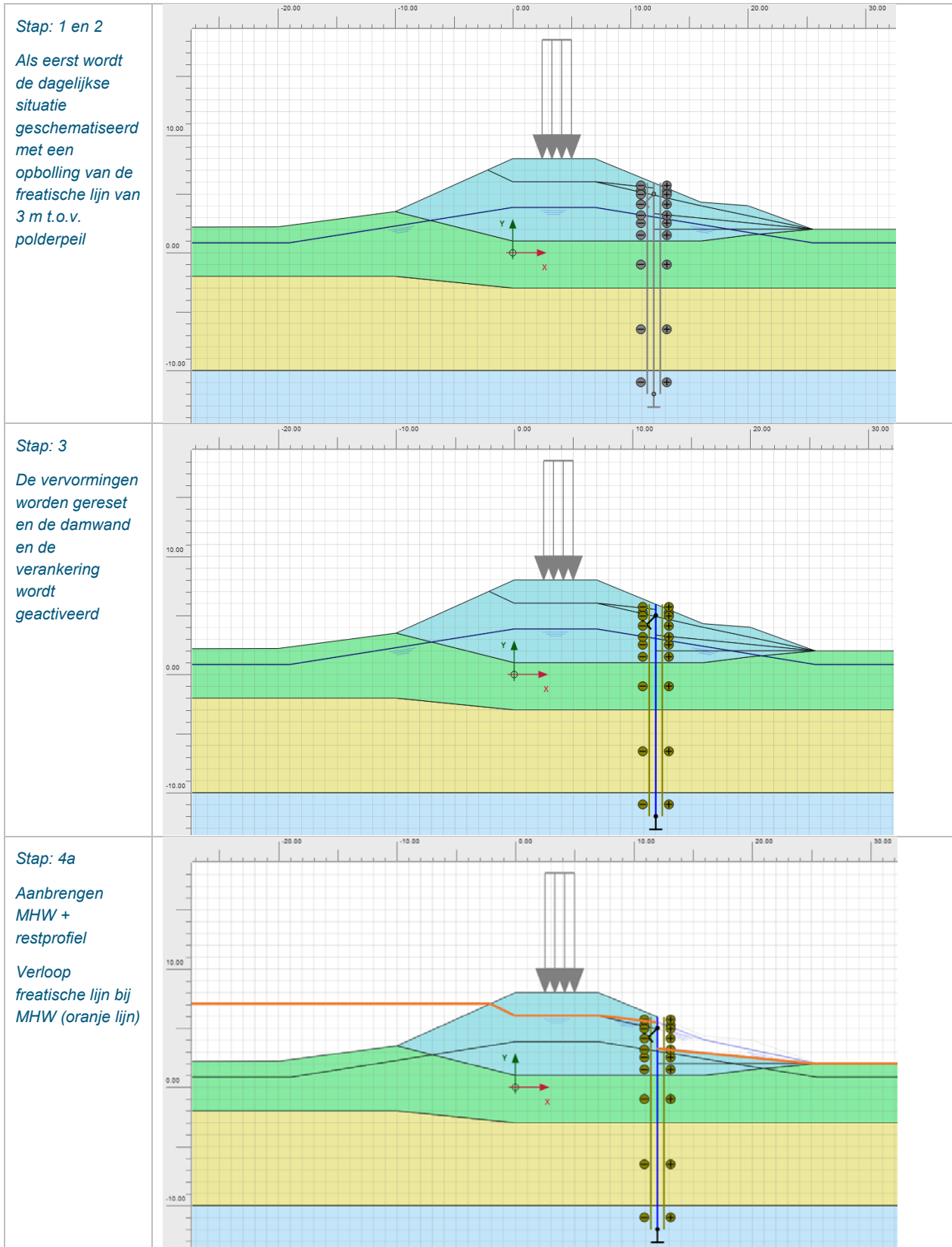
Figuur 3-1 Schematisering opgebarste deklaag Plaxis

Voor de berekening van de deklaag met een dikte van 5 m is de grenspotentiaal aangehouden voor een deklaag van 4 m. Gezien de zeer beperkte aanwezigheid van een deklaag van 5 m zal hier niet een net zo hoge waterdruk als de grondspanning optreden. De grenspotentiaal die hoort bij een deklaag van 4 m is een veilige waarde voor de maximale waterspanning in het watervoerende pakket.

3.2.1 Resultaten Plaxis berekeningen

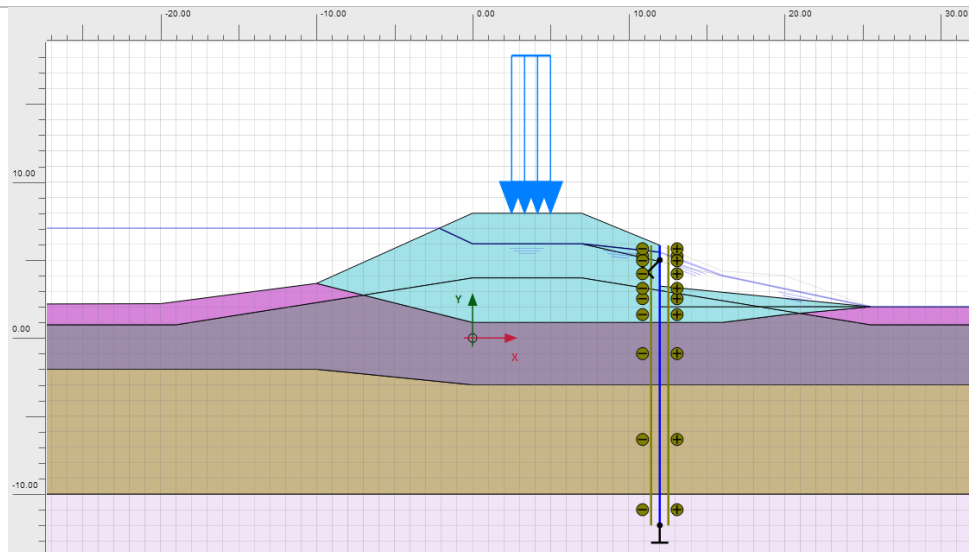
Op basis van de berekeningen is gebleken dat de deklaag van 5 m maatgevend is voor de krachten in de constructies. Een samenvatting van deze berekeningsresultaten is in onderstaande tabel weergegeven. Echter liggen de resultaten van de berekeningen vrij dicht bij elkaar. Op een tweetal locaties kan de

damwand niet in het talud worden geplaatst in verband met de aanwezige bebouwing. Voor deze twee locaties zijn aanvullende berekeningen gemaakt met een damwand in de kruin.



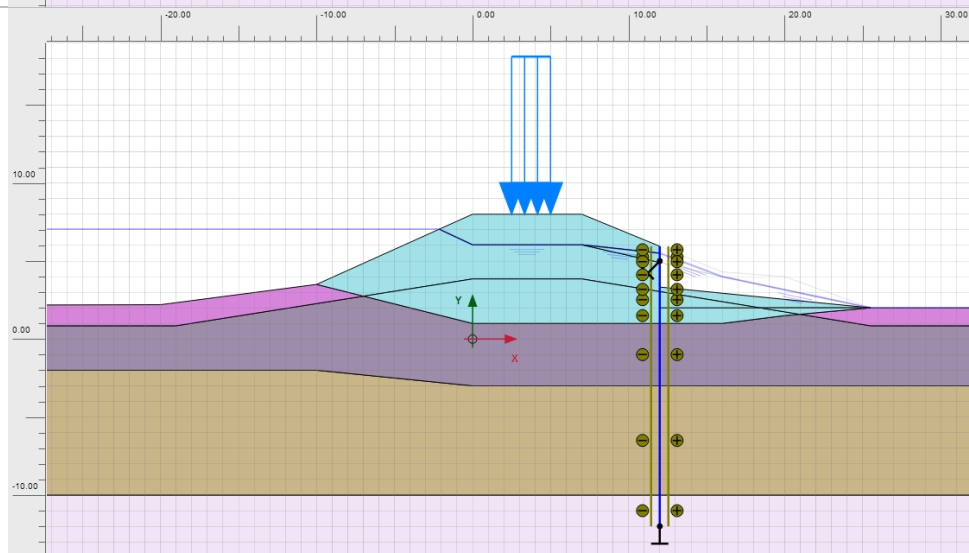
Stap: 4b

*Switch naar
Shansep en
CSSM*



Stap 5 en 6

*Switch naar ULS
STR en GEO
d.m.v. design
approach*



In de fase voor het controleren van de vervormingen in de SLS wordt de puntveer onderaan de damwand gedeactiveerd. In deze fase worden de vervormingen uitgelezen. In de onderstaande tabel zijn de berekende krachten met Plaxis weergegeven. Een uitgebreid overzicht met een verificatie van de berekende krachten en de toetsing conform BEEM is toegevoegd in de bijlage.

Tabel 3-1 Berekende kracht met Plaxis

Krachten uit Plaxis	Calc 1	Calc 2	Calc 3	Calc 4	[eenheden]
Kruinzakking stap SLS	0.00	0.00	0.01	0.01	[m]
Uitbuiging in stap SLS	0.02	0.04	0.04	0.04	[m]
vertikalen vervorming SLS	0.00	0.00	0.00	0.00	[m]
Fs;A;plx;ULS	798	636	889	579	[kN/anker]
Fs;A;plx;SLS	667	586	755	518	[kN/anker]
Ms;max;plx;ULS	284	420	358	333	[kNm/m ¹]
Vs;max;plx;ULS	164	160	184	142	[kN/m ¹]
Ns;max;plx;ULS	241	238	278	199	[kN/m ¹]
Ms;max;plx;SLS	203	309	252	208	[kNm/m ¹]
Vs;max;plx;SLS	130	167	144	121	[kN/m ¹]
Ns;max;plx;SLS	185	193	211	137	[kN/m ¹]
Kracht door zakkende grond op ankerstang	72	70	68	80	[kN/anker]

Calc 1: Deklaag 2 m dik damwand in talud

Calc 2: Deklaag 2 m dik damwand in binnenkruin

Calc 3: Deklaag 5 m dik damwand in talud

Calc 4: Deklaag 5 m dik damwand in binnenkruin

3.2.2 Dimensies en specificaties damwand op basis van stabiliteit

Voor het bepalen van de diepte van de damwand is het heave criterium maatgevend. Over het grootste deel van de dijkstrekking kan de damwand in het talud worden geplaatst. Zoals te zien in Tabel 3-1 liggen de krachten van calc 1 en calc 3 vlak bij elkaar. Om deze reden is gekozen voor het toepassen van 1 type ontwerp.

Tabel 3-2 Ontwerp + samenvatting constructieve toetsing

Resulterende constructie		
Damwand profiel	AZ 20-700	[-]
Staalkwaliteit	S320/S355*	[-]
Unity check damwand	0.81	[-]
Onderkant damwand	-12.0	[m NAP]
Bovenkant damwand	8.0 tot 6.0	[m NAP]
Ankertype	groutinjectie	
Buitendiameter	76.6	[mm]
Wanddikte	17.5	[mm]
Hart op hart afstand	2.8	[m]
Unity check verankering	0.93	[-]
Hoek verankering	45	[°]
Lengte vrije ankerstang	15 - 20	[m]
Lengte groutlichaam	5 - 10	[m]

*S320 is voldoen wanneer er geen rekening gehouden wordt met voorboren, S355 moet worden toegepast wanneer voor het installeren van de damwanden voorboren nodig is.

In het ontwerp is ook gekeken naar de invloed van voorboren. Het voorboren om de damwand op diepte te krijgen heeft rekenkundig een beperkte invloed. Om de toenamen van de krachten in de wand mee te nemen moet er een zwaardere staal kwaliteit toegepast worden. De resultaten van deze berekening zijn toegevoegd in bijlage 3.

3.2.3 Gevoeligheidsanalyse NGIADP-parameters

Gezien de recente ontwikkelingen en introductie van een ander sterkte model moet er gevoel worden verkregen van de invloed van de NGIADP-sterkte parameters. In dit geval gaat het vooral om de rekpercentages voor de 3 verschillende zones: compressie, shear en extentie en de G_{ur}/S_{uA} . Voor deze 3 parameters en de G_{ur}/S_{uA} zijn er berekeningen uitgevoerd met een onder en bovengrens van deze parameters. Zoals te zien in Tabel 3-3 is de invloed van de NGIADP-parameter van zeer beperkte invloed op de resultaten van de berekening.

Tabel 3-3 resultaten gevoeligheidsanalyse

RESULTATEN		NGIADPS ondergrens	NGIADPS bovengrens	alleen g_{ur}/s_{ua} bovengrens Yf ondergrens
Kruinzakking stap SLS	[m]	0.01	0.01	0.01
Uitbuiging in stap SLS	[m]	0.03	0.03	0.03
vertikalen vervorming damwand SLS	[m]	0.00	0.00	0.00
Uitbuiging in stap ULS	[m]	0.05	0.05	0.05
vertikalen vervorming damwand ULS	[m]	0.00	0.00	0.00
$F_s; A; p_{lx}; ULS$	[kN/anker]	978	986	976
$F_s; A; p_{lx}; SLS$	[kN/anker]	818	818	819
$M_s; max; p_{lx}; ULS$	[kNm/m ¹]	343	347	335
$V_s; max; p_{lx}; ULS$	[kN/m ¹]	203	204	202
$N_s; max; p_{lx}; ULS$	[kN/m ¹]	275	285	280
$M_s; max; p_{lx}; SLS$	[kNm/m ¹]	219	218	217
$V_s; max; p_{lx}; SLS$	[kN/m ¹]	159	158	158

In het VO is gerekend met de 95% ondergrens waarde voor de NGIADPS. Een overzicht van de parameters is toegevoegd in het uitgangspunten rapport.

3.3 Ontwerpberekeningen piping

3.3.1 Opbarsten en van de deklaag

De veiligheid tegen opbarsten is berekend in de huidige binnenteen van de dijk op basis van Vergelijking 1 en Vergelijking 2.

Vergelijking 1 $(\Phi_z - h_p) \leq 1/\gamma_{up} (\Phi_{z,g} - h_p)$

Vergelijking 2 $\Phi_{z,g} = h_p + d^*(\gamma_{nat} - \gamma_w)/\gamma_w$

Hierin is: Φ_z = stijghoogte in de zandlaag: Best Guess op basis van berekening (in m t.o.v. NAP);

h_p = freatische stijghoogte in de afdekkende laag (NAP +2,1 m);

$\Phi_{z,g}$ = de grensstijghoogte of grenspotentiaal volgens Vergelijking 2 (in m t.o.v. NAP)

γ_{up} = veiligheidsfactor voor opbarsten conform OI2014v4 (1,58)

γ_w = volumegewicht van water (10 kN/m³)

γ_{nat} = nat volumegewicht van afdekkende grondlaag (17 kN/m³);

Opgemerkt wordt dat Vergelijking 2 de grensstijghoogte in initiële toestand weergeeft. Normaliter is de freatische stijghoogte lager dan maaiveld. Gezien de grote waterdoorlatendheid van de ondergrond, wordt er in het specifieke geval voor Vianen van uitgegaan dat de freatische waterstand in de deklaag bij het begin van opbarsten al gelijk is aan maaiveld.

Voor de stijghoogte in de zandlaag (Φ_z) zijn de hydrologische berekeningen uit de "Notitie VKA – Pipingmaatregel Vianen" (Royal HaskoningDHV, 12 februari 2018) gehanteerd.

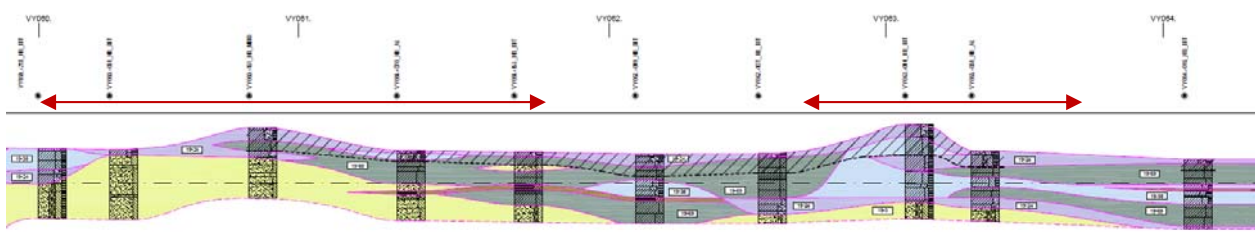
Op basis van bovenstaande uitgangspunten is de veiligheid tegen opbarsten berekend en opgenomen in Tabel 3-4. Op basis van deze tabel wordt geconcludeerd dat uitsluitend de locaties met een deklaagdikte > 4 m over voldoende veiligheid tegen opbarsten beschikken. Hierbij wordt opgemerkt dat uit de geotechnisch lengteprofielen blijkt dat de dikte van de deklaag in de lengterichting van de dijk sterk varieert. Het is niet onwaarschijnlijk dat deze variatie in deklaagdikte eveneens in de richting haaks op de dijk op kan treden. Ook zijn er wegcunetten en bebouwing aanwezig in het achterland, waardoor de deklaagdikte gewijzigd kan zijn. Het kan daarom niet worden uitgesloten dat ter plaatse van de profielen met voldoende opbarstveiligheid in de binnenteen van de dijk, mogelijk op een andere locatie in het achterland toch opbarsten. Dit kan niet worden gemodelleerd op basis van de bestaande gegevens, maar bij het opstellen van het ontwerp van het pipingscherm is hiermee impliciet wel rekening gehouden.

Tabel 3-4: Resultaten opbarstberekeningen VO Vianen

Dijkpaal [nr]	Deklaagdikte [m]	Φ_z [m +NAP]	$\Phi_{z,g}$ [m +NAP]	S.F. [-]	Opmerkingen [-]
VY060+068	0,1	3,90	2,17	0,02	
VY061+083	2,95	3,90	4,02	0,67	
VY061+177	3,5	3,90	4,45	0,82	
VY062+038	5,1	3,90	5,67	1,26	Voldoende veilig tegen opbarsten
VY062+080	4,35	3,90	5,15	1,07	Voldoende veilig tegen opbarsten
VY063+016	3,34	3,90	4,34	0,78	
VY063+054	4,4	3,90	5,68	1,50	Voldoende veilig tegen opbarsten
VY063+117	5,04	3,90	5,27	1,03	Voldoende veilig tegen opbarsten

Met: Φ_z = de stijghoogte ter plaatse van de binnenteen. Hierbij is rekening gehouden met de aanwezigheid van de singels met een streefpeil van NAP +0,85 m.

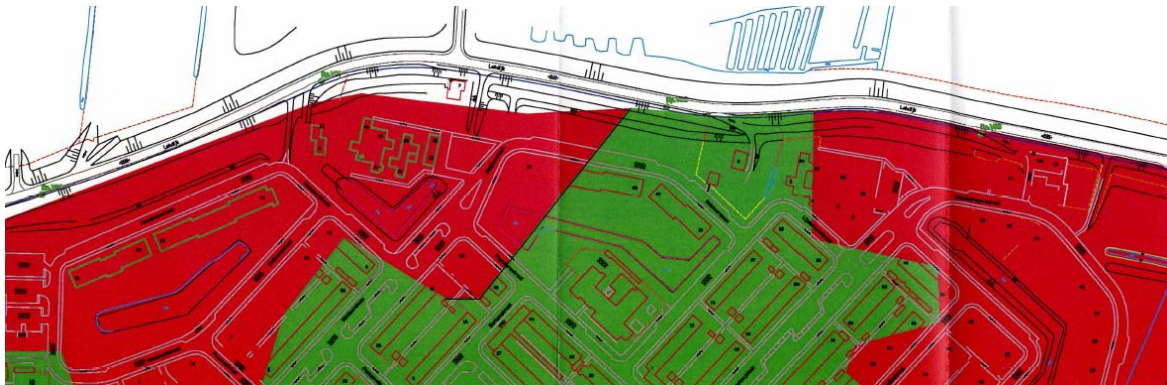
In Figuur 3-2 is het geotechnisch lengteprofiel in de binnenteen opgenomen. Hierin zijn de zones die het meest opbarstgevoelig zijn aangegeven (rode pijlen). Opgemerkt wordt dat er kleine interpretatieverschillen zijn tussen het GeoDelft lengteprofiel (1995) en het door Wiertsema opgestelde lengteprofiel in de binnenteen. Hierdoor kunnen de vak grenzen iets variëren. De verschillen worden veroorzaakt door aanvullende gegevens (Wiertsema) en doordat niet alle meetpunten op exact dezelfde (binnenteen)lijn liggen, enkele boringen liggen meer op de binnenberm, zoals ook is te zien aan de maaiveldhoogtes in onderstaand lengteprofiel, en andere meetpunten kunnen meer in het achterland liggen.



Figuur 3-2: Geotechnische lengteprofiel binnenteen Vianen DP VY060 tot en met VY064+125 (Wiertsema, 2017)

De opbarstzones komen nagenoeg overeen met de opbarstkaart³ die ter illustratie is opgenomen in Figuur 3-3. Deze kaart is overgenomen uit "Kwelproblematiek Vianen – hydrologische modelstudie" (Deltares, 2003).

³ Opgemerkt wordt dat deze kaart is opgesteld voor een lager MHW-peil en bij een volumegewicht van $\gamma_{sat} = 15 \text{ kN/m}^3$. Op basis van het onderzoek van Wiertsema blijkt dat het volumegewicht van de deklaag hoger is, waardoor bij een hoger MHW (ontwerppeil 2125) bij benadering dezelfde kaart ontstaat.



Figuur 3-3: Ter illustratie: Kaart met opbarstzones Vianen gebaseerd op Deltares, 2003

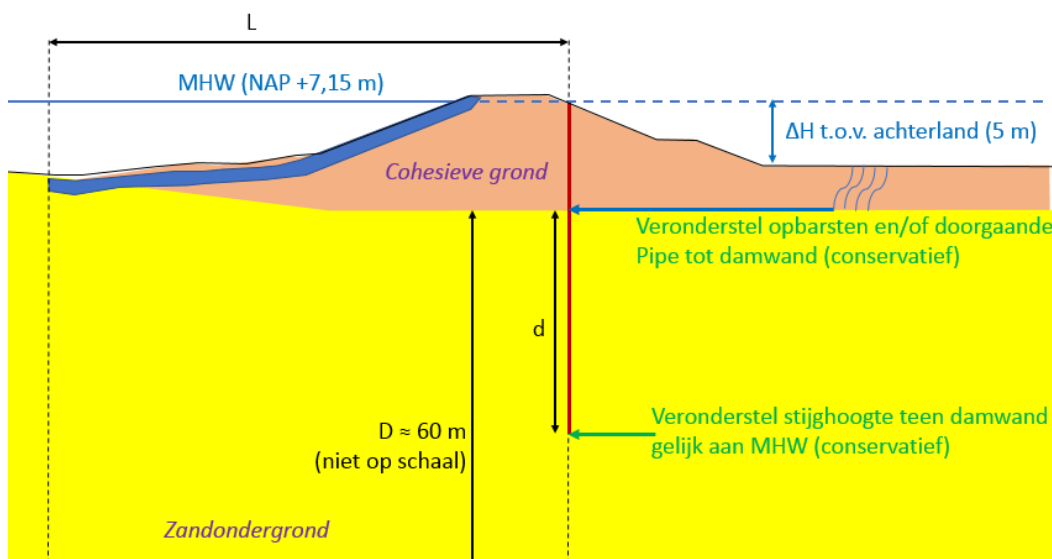
Op basis van Tabel 3-4 in combinatie met de geotechnisch lengteprofielen is de onderstaande dijkvakschematisering zoals benoemd in 2.1.3 nader onderbouwd:

- Dijkpaal VY60 tot VY62: Deklaag met gemiddelde dikte 2 m barst op onder MHW-condities;
- Dijkpaal VY62 tot VY63: Deklaag een relatief grote dikte van >4 m opbarsten onwaarschijnlijk door ontlasten (door opbarsten) in naastgelegen vakken;
- Dijkpaal VY63 tot VY64+125: Deklaag met een dikte van circa <4 m barst op onder MHW-condities.

3.3.2 Ontwerp pipingscherm op heave

Het ontwerp van de minimaal benodigde lengte van het pipingscherm is berekend met behulp van het heave criterium. Om voldoende veiligheid tegen heave te waarborgen dient bij een verticale kwelstroming in zandige grond achter een kwelscherm het maximaal optredende verhang kleiner te zijn dan het verhang waarbij heave optreedt.

In Figuur 3-4 is de hydrologische schematisering voor het VO-ontwerp van het pipingscherm voor Vianen opgenomen. Opgemerkt wordt dat de in de figuur weergegeven schematisering betrekking heeft op de profielen waarbij opbarsten in de binnenteen optreedt (dunne deklaag <4 m).



Figuur 3-4: Kenmerkende schematisering ontwerp heave pipingscherm Vianen

Het optredend verticale verhang aan de binnenzijde van de waterkering is afhankelijk van het totale verval over de kering en het grondwaterstromingspatroon in de zandlaag en derhalve afhankelijk van de geohydrologische configuratie van die laag en de plaats en diepte van de kwelschermen. Voor de bepaling van het optredende verhang is een grondwaterstromingsanalyse nodig. Hiervoor geeft het “Onderzoeksrapport zandmeevoerende Wellen” (OI2014v4) verschillende mogelijkheden.

Voor het ontwerp van het pipingscherm voor Vianen is ervoor gekozen om de meest conservatieve ontwerpmethode te hanteren. Uit de vergelijking tussen Lane, het heave criterium op basis van conservatieve hydrologische uitgangspunten en het heave criterium op basis van de modellering aan de hand van de fragmentenmethode, blijkt de tweede methode maatgevend te zijn voor het ontwerp.

Het optredend verhang is gelijk genomen aan het totale verhang over de waterkering bij een respons van 100% (gebaseerd op de peilbuisanalyses van Deltares uit 1995). Aan de hand van dit uitgangspunt is het ontwerp opgesteld met behulp van het heave criterium van $i_{toel} = 0,5$. Hierbij is geen veiligheidsfactor op heave $\gamma_{he} = 1,2$ aangehouden, omdat het verhang niet groter kan worden dan bij 100% respons.

In Tabel 3-5 zijn de resultaten van het ontwerp op heave conform deze uitgangspunten opgenomen voor een ontwerp inheidiepte van NAP -12 m.

Tabel 3-5: Ontwerp inbeddingslengte pipingscherm bij een toelaatbaar verhang in verband met heave $i_{toel} = 0,5$

Dwarsprofiel	060+068	061+083	061+177	062+038	062+080	063+016	063+054	063+117
MHW (m +NAP)	7,14	7,15	7,15	7,15	7,16	7,16	7,17	7,17
mv teen (m +NAP)	2,10	1,95	2,00	2,10	2,10	2,00	2,60	1,74
Deklaagdikte (m)	0,10	2,95	3,50	5,10	4,35	3,34	4,40	5,04
$\varphi_0 - h_p (= \Delta H, m)$	5,04	5,20	5,15	5,05	5,06	5,16	4,57	5,43
$x (=d, m)$	14,00	11,00	10,50	9,00	9,75	10,66	10,20	8,70
$i_{optr} (-)$	0,36	0,47	0,49	n.v.t.	n.v.t.	0,48	n.v.t.	n.v.t.

Op basis van de uitkomsten op heave wordt geconcludeerd dat het pipingscherm op alle opbarstlocaties bestand is tegen het maximale gemiddelde verticale verhang bij een inheidiepte van NAP -12 m. Dit is een conservatief ontwerp, omdat er in het geheel geen horizontale weerstand meegenomen.

3.3.3 Ontwerp pipingscherm op basis van Lane

Voor de locaties waar geen opbarsten optreedt (deklaagdikte >4 m), kan niet op heave ontworpen worden, aangezien er geen sprake is van een zuiver verticale grondwaterstroming. In het meest conservatieve scenario, kan een horizontale kwelweg achter het scherm ontstaan. Deze locaties worden daarom ontworpen op achterloopsheid. Hiervoor is de rekenregel van Lane toegepast, omdat hierin zowel horizontale als verticale kwelwegcomponenten beschouwd kunnen worden. Voor de volledigheid zijn alle profielen berekend met Lane. De resultaten zijn opgenomen in x voor een creepfactor van $C_{w,creep} = 6$ (matig grof zand, >210 μm) en een inheinniveau van NAP -12 m.

Tabel 3-6: Ontwerp inbeddingslengte pipingscherm op basis van Lane

Dwarsprofiel	060+068	061+083	061+177	062+038	062+080	063+016	063+054	063+117
L _h (bestek 1995, m)	57,00	57,00	59,00	59,00	57,00	44,00	57,00	60,00
L _v (Tabel 3-5, m)	14,00	11,00	10,50	9,00	9,75	10,66	10,20	8,70
ΔH (Tabel 3-5, m)	5,04	5,20	5,15	5,05	5,06	5,16	4,57	5,43
ΔH _c (Lane)	7,83	6,83	6,78	6,28	6,42	6,00	6,57	6,23
S.F.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1,24	1,27	n.v.t.	n.v.t.	1,15

Zoals te zien in Tabel 3-6 voldoen alle profielen aan de ontwerpregel van Lane. Voor de profielen die op heave ontworpen zijn, is de mate van veiligheid met betrekking tot Lane niet weergegeven omdat deze berekeningen niet zijn gebruikt voor het ontwerp. Voor de berekeningen die wel met behulp van Lane ontworpen zijn (met een dikke, niet opbarstende deklaag) is de horizontale lengte tussen buitenteen (of voorlandverbetering op basis van bestekstekeningen 1995) en de binnenteen als maatgevend beschouwd. Dit is een conservatief uitgangspunt, aangezien het aannemelijk is dat het opbarstpunt op grotere afstand (en wellicht niet loodrecht in het dwarsprofiel) gelegen is.

3.3.4 Dimensies damwand op basis van piping

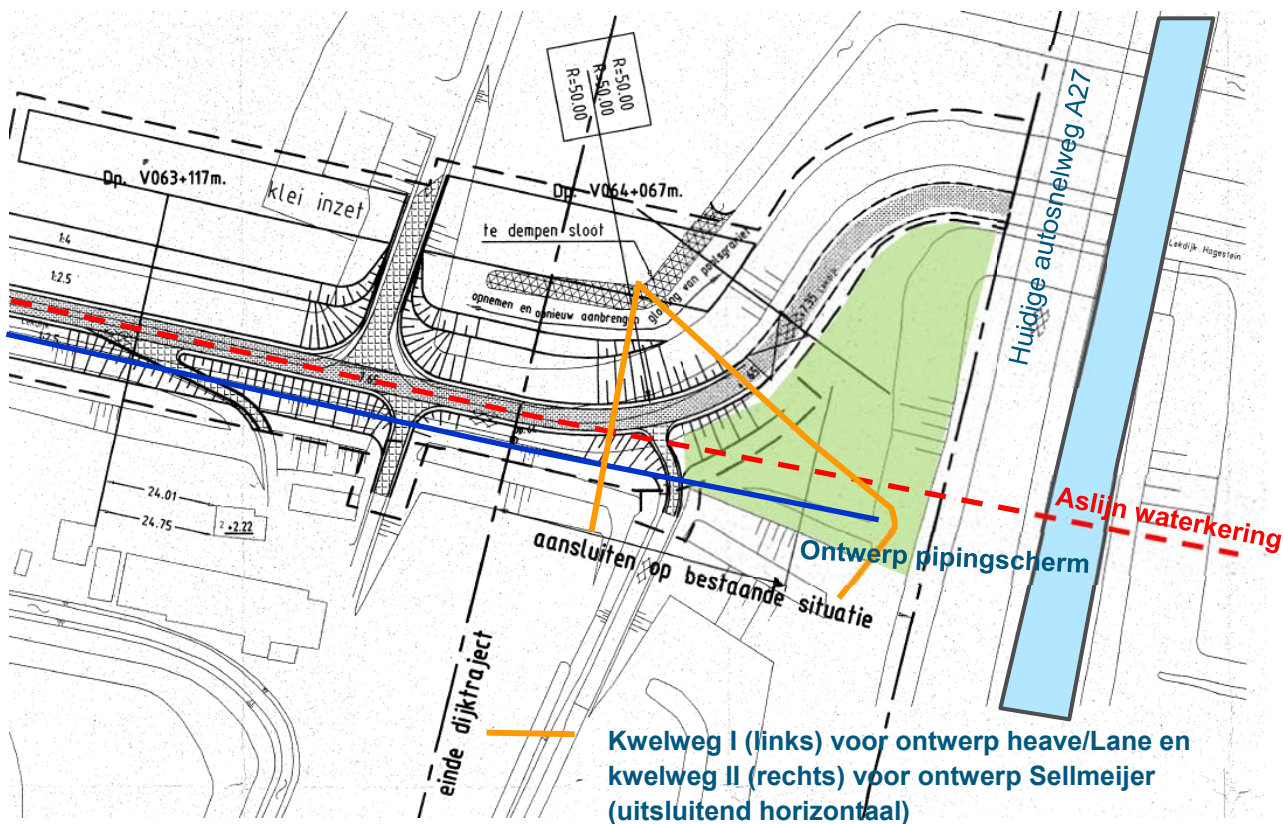
Op basis van de berekeningen in 3.3.2 en 3.3.3 is de minimale inheidiepte van de damwand vastgesteld op NAP -12 m op basis van de pipingberekeningen. Deze diepte is gebaseerd op het heave criterium bij conservatieve hydrologische uitgangspunten. Gezien de sterk wisselende deklaagdikte en het daarmee samenhangende variërende niveau van de bovenzijde van de piping-gevoelige zandlaag, zou in theorie ook de lengte van het pipingscherm mogen variëren. Immers, het heave criterium hangt uitsluitend samen met de inbeddingslengte in de zandlaag. Bij een verval over de wand van $\phi_0 - h_p = 5,15$ m, wordt met een inbeddingslengte van 10,3 m juist aan het kritieke verhang van $i_c = 0,5$ voldaan.

Echter, omdat de exacte ligging van de bovenzijde van het zandpakket niet op elke locatie langs het scherm bekend is, wordt voor het gehele pipingscherm een inheidiepte van NAP -12 m aangehouden. Dit is gelijk aan de inheidiepte op het meest kritieke profiel in de vakken waarin opbarsten niet kan worden uitgesloten.

3.3.5 Overgangs- / aansluitconstructie en achterloopsheid

Aan de westzijde (dijkpaal VY060) eindigt de pipingmaatregel aan de grens van het te versterken traject. Normaliter zou hiervoor een eindconstructie ontworpen moeten worden, om achterloopsheid te voorkomen. Omdat het aansluitende gedeelte (Hazelaarplein) separaat aan onderhavig ontwerp wordt opgepakt, wordt in dit kader uitsluitend de aanbeveling opgenomen om het aansluitende dijkvak inclusief de aansluiting op het pipingscherm dusdanig te ontwerpen dat er geen risico op piping ontstaat in elk van de onderdelen van de dijk. Omdat nog niet bekend is welke pipingmaatregel voor het Hazelaarplein wordt ontworpen (eveneens een damwand of een berm of voorlandverbetering, etc.) kunnen hiervoor nog geen nadere ontwerpaanbevelingen worden gedaan.

Aan de oostzijde (dijkpaal VY064+125) eindigt de pipingmaatregel in het grondlichaam van de autosnelweg A27 (toerit naar de Lekbrug bij Vianen). Deze aansluiting moet op achterloopsheid worden ontworpen. In onderstaande figuur is de situatie ten tijde dijkverbetering van 1995 (bestek) opgenomen. In tegenstelling tot 1995, loopt de waterkering nu niet meer rond het landhoofd van de Lekbrug, maar kruist de waterkering het grondlichaam van de A27, zoals aangegeven aan de hand van de aslijn van de waterkering in Figuur 3-5.



Figuur 3-5: Situatieschets oostelijke aansluiting pipingscherm Vianen (op basis van bestekstekening 1995)

In donkerblauw is het pipingscherm opgenomen dat vanaf dijkpaal VY064+015 het hoog gelegen achterland (groene vlak $\geq$ kruinhoogte) in loopt. Tot dijkpaal VY064+015 is het pipingscherm ontworpen aan de hand van het heave criterium. De aansluiting wordt ontworpen met Lane en Sellmeijer, waarbij in Figuur 3-5 de maatgevende horizontale kwelweg is ingetekend, respectievelijk voor onder- en achterloopsheid. Op basis van Sellmeijer is bepaald dat het scherm zover moet worden door gezet, dat de lengte van kwelweg II tenminste 97 m bedraagt.

Het intredepunt aan de buitenzijde is conform de uitgangspuntennotitie genomen vanaf het punt waarvan zeker is dat hier een kleideklaag aanwezig is. Voor het uittredepunt is de maatgevende locatie aan de binnenzijde aangehouden. Dit valt veelal samen met de binnenteen van de dijk.

Kwelweg I valt binnen de randvoorwaarden voor de in 3.3.3 uitgevoerde berekening voor dijkpaal VY063+117. Ten behoeve van deze kwelweg, dient het scherm dusdanig te worden doorgezet dat kwelweg I tenminste 60 m bedraagt (Lane).

De resultaten van de Sellmeijer-berekening zijn onderstaand opgenomen (uitgangspunten en parameters conform het UGP-rapport Vianen).

Tabel 3-7: Resultaten Sellmeijer ontwerp oostelijke aansluiting op achterloopsheid

Profiel [beschrijving]	Horizontale kwelweglengte [m]	$\Delta H_c / (\gamma_n * \gamma_b)$ [m]	ΔH_{optr} [m]
Oostelijke aansluiting	97	2,75	2,73

De volledige Sellmeijer berekening is opgenomen in bijlage 2.

3.4 Ontwerpberekeningen overige ontwerpsporen

3.4.1 Hoogte en bekleding kruin en binnentalud

De huidige kruinhoogte voldoet aan de HBN voor een ontwerplevensduur van 50 jaar (grondlichamen) bij een overslagdebiet van 5,0 l/m/s. Hieruit volgt dat er geen opgave is voor hoogte.

De bekleding van kruin en binnentalud dient bestand te zijn tegen dit overslagdebiet. Er wordt van uitgegaan dat bij een grasmat van voldoende kwaliteit aan deze eis wordt voldaan. Na het aanbrengen van de damwand, dient de grasbekleding hersteld te worden aan de hand van de eisen in de Basis Specificatie Dijk (WSRL).

De invloed van dit overslagdebiet op de freatische lijn in de dijk wordt meegenomen in de relevante faalmechanismen. Bij de schematisering van de binnenwaartse macrostabiliteit is uitgegaan van een restprofiel waarin de freatische lijn niet meer relevant is, omdat er geen binnentalud meer aanwezig verondersteld.

3.4.2 Macrostabiliteit buitenwaarts

Het plaatsen van een damwand in het binnentalud van de dijk kan een gering negatief effect hebben op de buitenwaartse macrostabiliteit. Doordat geen ontwatering van het binnentalud kan plaats vinden onder hoogwatercondities, kan de freatische lijn in de dijk iets hoger komen te liggen. Dit heeft een gering negatief effect op de stabiliteit van het talud bij een val na hoogwater. Gezien de veelal conservatief gekozen schematisering van de freatische lijn bij een val na hoogwater, kan dit negatieve effect als verwaarloosbaar beschouwd worden.

WSRL heeft de veiligheidsanalyse uitgevoerd naar de buitenwaartse macrostabiliteit. Op basis van nieuwe inzichten (redeneerlijn STBU) die recentelijk zijn opgedaan is gebleken dat de buitenwaartse stabiliteit juist voldoet aan de gestelde eis en voor dit faalmechanisme geen versterkingsopgave is benodigd.

3.4.3 Microstabiliteit

De dijk heeft een kleikern en is derhalve niet gevoelig voor microstabiliteit.

4 Overige ontwerpaspecten

4.1 Beheer en onderhoud

Met betrekking tot het beheer en onderhoud van de dijk waarin een damwandscherm is opgenomen geldt dat de bovenzijde van de damwand circa 0,5 m onder maaiveld afgewerkt dient te worden. De grasmat wordt hiermee niet doorsneden en vormt een aaneengesloten erosiebestendige mat zonder overgangs- of aansluitconstructies. De dijk kan worden beheerd als groene dijk conform het “Beheer- en Onderhoudsplan Waterkeringen (BOP) van WSRL.

4.2 Uitbreidbaarheid

Een damwandscherm is na installatie nagenoeg niet uitbreidbaar met betrekking tot het inbrengniveau. Dat betekent dat het verval waarop de damwandlengte gedimensioneerd is, tevens de begrenzing vormt van het maatgevend verval dat het damwandscherm kan keren met betrekking tot piping en heave. Voor het mechanisme macrostabiliteit kan nog gedacht worden aan extra verankering, maar ook dit is niet echt praktisch en wordt in de praktijk zelden toegepast.

Wel zijn er andere maatregelen beschikbaar, waarmee de veiligheid tegen piping en/of macro instabiliteit vergroot kan worden. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan het aanbrengen van een voorlandverbetering en/of het verhogen of verlengen van de binnenberm.

Met het oog op aanvullende maatregelen, kan het ontwerp als uitbreidbaar beschouwd worden.

Daarnaast kan gedacht worden aan het beter in beeld brengen van de ontwerpuitgangspunten met betrekking tot piping. In hoofdstuk 5 zijn daarom aanbevelingen opgenomen met betrekking tot peilbuismetingen en het afleiden van ontwerpwaterspanningen hieruit.

5 Aanbevelingen en aandachtspunten vervolg

5.1 Aansluiting traject Hazelaarplein

In het aansluitende traject aan de westzijde (tot aan dijkpaal VY060 – traject Hazelaarplein) is tevens een damwandscherm ontworpen als maatregel om het pipingsprobleem en het tekort aan macrostabiliteit binnenwaarts op te lossen. In dit traject is de deklaagdikte minder variabel dan in het traject dat onderwerp is van voorliggend VO-ontwerp. Omdat de deklaagdikte in het traject Hazelaarplein relatief dun en hooggelegen is, is de damwandlengte op dit traject geringer. Immers, met het heave criterium wordt de lengte bepaald die benodigd is in het zandpakket. Ter plaatse van dijkpaal VY060 ligt de overgang tussen het Hazelaarplein ontwerp en voorliggend ontwerp. Hier maakt de damwandlengte een sprong. Het kan overwogen worden om deze overgang geleidelijk te laten verlopen, bijvoorbeeld over de eerste 200 m (tot aan dijkpaal VY061). Doordat in voorliggend ontwerp het maatgevende bodemprofiel (deklaagdikte) is aangehouden, is er ter plaatse van de aansluiting met het Hazelaarplein sprake van enige overdimensionering doordat de deklaag hier lokaal dun en hooggelegen is. Het ontwerp van de aansluitconstructie tussen beide deelgebieden wordt in het DO/UO nader gedimensioneerd.

5.2 Aanvullende sonderingen m.b.t. maakbaarheid

In het traject van voorliggend VO zijn in totaal op 14 locaties in kruin en binnenteen sonderingen uitgevoerd. Het meetinterval bedraagt gemiddeld 100 m. De sonderingen zijn gemiddeld uitgevoerd tot NAP -12 m. Dit is exact gelijk aan het inbrengniveau, er is geen sondeerinformatie bekend van de hieronder gelegen lagen. Voor de modellering van de deklaagdikte zijn bovendien aanvullende boringen beschikbaar, deze zijn echter niet geschikt voor het bepalen van de maakbaarheid (heikbaarheid) van de damwand. In CUR166 is met betrekking tot het ontwerpen van damwanden van categorie GC2 en GC3 de aanbeveling opgenomen om met een interval van tenminste 25 m sonderingen uit te voeren. Hier mag gemotiveerd van worden afgeweken. Aangezien er niet uitsluitend in de kruin, maar ook in binnenteen, voor- en achterland sonderingen en boringen zijn uitgevoerd, is er een redelijk compleet beeld van de (variatie in) bodemopbouw. Een meetinterval van 50 m zou daarmee voldoende moeten zijn voor het beoordelen van de maakbaarheid van de damwand. Met aftrek van de reeds beschikbare 14 sonderingen, zijn nog 5 aanvullende sonderingen nodig in het tracé van de damwand. Momenteel wordt het voorstel voor dit aanvullende onderzoek separaat uitgewerkt.

De sonderingen uit het SAFE onderzoek zijn na het opstellen van het VO en de bijbehorende berekeningen beschikbaar gesteld. Deze nieuwe sonderingen zijn vergeleken met de geotechnische lengteprofielen. Er zijn kleine verschillen in deklaagdikte geconstateerd, maar deze variaties vallen binnen het in het geotechnisch lengteprofiel geschematiseerde verloop van de deklaagdikte binnen het dijktraject. Ook de conusweerstand van de zandlagen in de nieuwe sonderingen valt binnen de reeds gemeten conusweerstand in de oude sonderingen. Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat er geen nieuwe of afwijkende informatie uit het SAFE onderzoek komt, waarmee de VO berekeningen en de daarin gehanteerde schematisering en uitgangspunten geldig blijven.

5.3 Peilbuismetingen t.b.v. hydrologische uitgangspunten

Voor het ontwerp is uitgegaan van het maximaal mogelijke verval over de damwand, oftewel een respons van 100%. Dit is een conservatief uitgangspunt. Op basis van de rapportage “Monitoring grondwaterstand dijkversterking Vianen” (Wiertsema, 26 september 2018), zou overwogen kunnen worden om met een lagere waterstand aan de binnenteen van de dijk te ontwerpen. Uit de responscurven blijkt een respons van circa 80%). Hierbij dient echter nog een onzekerheidstoeslag te worden toegepast, ofwel een schematiseringsfactor om eventuele onzekerheden in de analyses te verdisconteren, bijvoorbeeld onzekerheid in het effect van opstuwing ten gevolge van de plaatsing van de damwand. In deze fase is

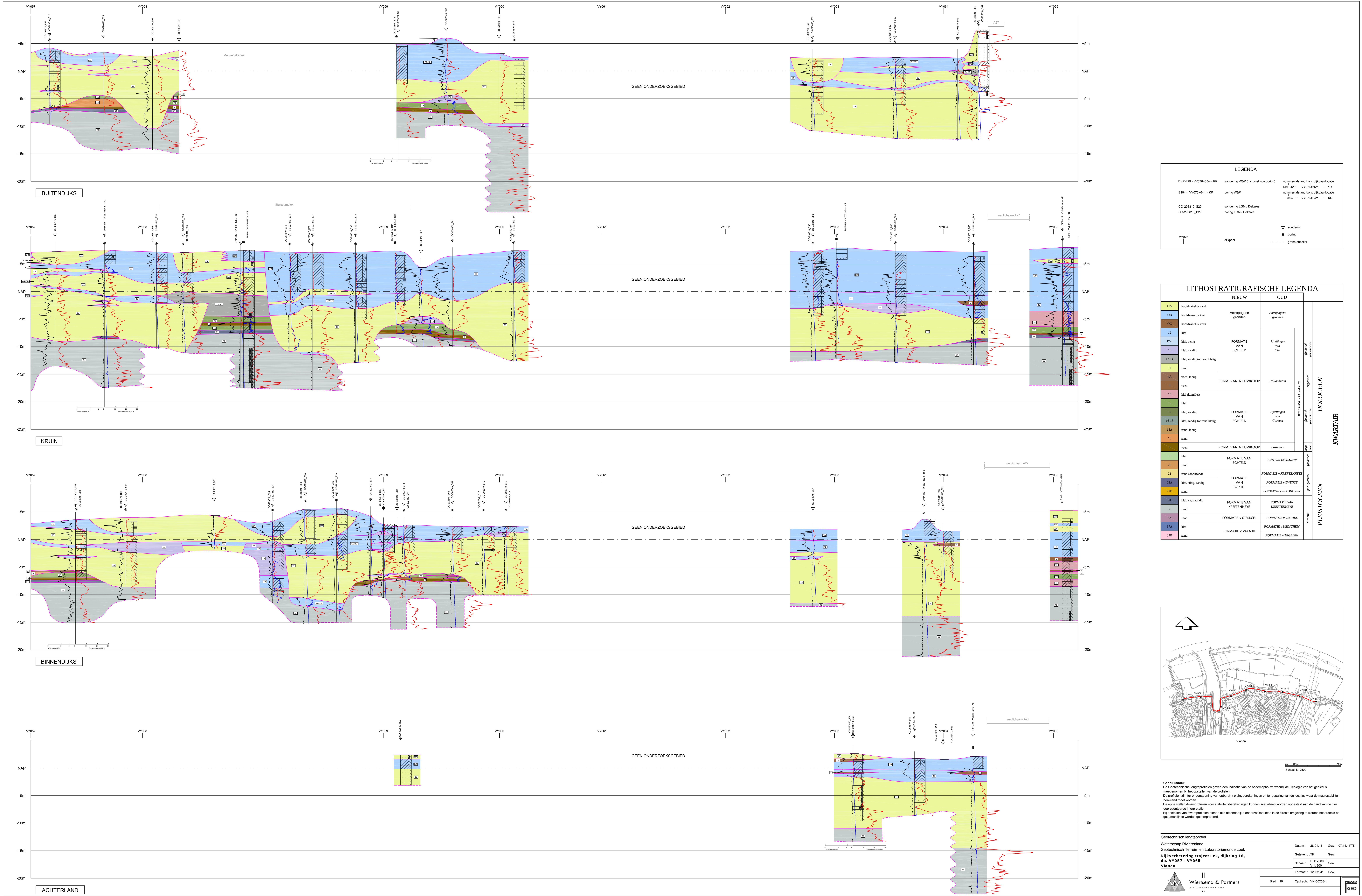
ervoor gekozen om het hoogst mogelijke verval te hanteren, waarbij het te verantwoorden is om een schematiseringsfactor van 1,0 aan te houden voor opbarsten en heave.

De peilbuismetingen dienen een tweede doel, monitoring van de waterstanden binnendijs ten behoeve van de analyse op de invloed op de lokale hydrologische situatie. Deze metingen kunnen tevens door de beheerder van de waterkering worden gebruikt om de werking van het pipingscherm aan te tonen in toekomstige beoordelingen.

5.4 Risico's met betrekking tot de uitvoering

Op basis van de ontwerptekeningen is een mogelijk uitvoeringsrisico herkend. Ter plaatse van de te installeren damwand op het traject nabij de A27 is een kabel- en leidingenbundel aanwezig. De nieuwe damwand doorkruist deze strook. De bovenzijde van het pipingscherm is voorzien onder de onderzijde van het aanlegniveau van deze kabels en leidingen. In de uitvoering wordt geadviseerd na het heien van de laatste plank voor de kruising, deze bundel op te pakken en te verleggen, zodat de volgende planken geïnstalleerd kunnen worden. Nadat de planken ter plaatse van de kruising geïnstalleerd zijn, kunnen de kabels worden terug gelegd op het oorspronkelijk kabel- en leidingentracé en desgewenst opnieuw worden ingemeten ten behoeve van de KLIC.

Bijlage 1 Geotechnische lengteprofielen Vianen



Bijlage 2 Sellmeijer berekening aansluiting A27

Sellmeijer berekening aansluiting A27 voor kwelweg II in			
γ'_p	16,0	kN/m ³	(Schijnbaar) volumiek gewicht zandkorrels onder water (default)
γ_w	9,81	kN/m ³	Volumiek gewicht zoet water (default)
Θ	0,65	RAD	Rolweerstandshoek zandkorrels (default)
η	0,25	-	Coëfficiënt van White (default)
k-waarde	$5,93 \cdot 10^{-04}$	m/s	Specifieke doorlatendheid zandlaag
κ	$8,01 \cdot 10^{-11}$	m ²	Intrinsieke doorlatendheid zandlaag
d_{70}	$3,33 \cdot 10^{-04}$	m	Karakteristieke waarde voor de 70-percentielwaarde van de korrelverdeling (proevenverzameling WSRL)
d_{70m}	$2,08 \cdot 10^{-04}$	m	Gemiddelde d_{70} van de in de kleine schaalproeven toegepaste zandsoorten (default)
D	60	m	Dikte van het watervoerend zandpakket
L	97	m	Lengte van de kwelweg (horizontaal)
$F_{\text{resistance}}$	0,31	-	Hulp termen voor de formule van Sellmeijer, berekend conform het rapport "Onderzoeksrapport Zandmeevoerende wellen" (maart 2012)
F_{scale}	0,127	-	
F_{geometry}	1,071	-	
$\Delta H_c =$	4,055	m	Bruto kritiek verval over de waterkering
γ_n	1,23	-	Veiligheidsfactor van de betrouwbaarheidsindex
$\gamma_{b;pip}$	1,20	-	Schematiseringsfactor piping
$\Delta H_c / \gamma_n \cdot \gamma_b$	2,75	m	Kritiek verval over de waterkering (Sellmeijer)
d	5,32	m	Dikte van de deklaag
MHW	7,15	m +NAP	Maatgevend hoog water
pp/mv	2,82	m +NAP	Hoogte van polderpeil of maaiveld
$\Delta H =$	2,73	m	Optredend verval over de waterkering
Ontwerp	Voltoet		Ontwerp aansluiting voldoet aan piping-criterium Sellmeijer

Bijlage 3 Geotechnische berekeningen

Verificatieblad + Ontwerp Resultaten Verankerde Damwand conform POVM EEM

Project: Dijkversterking Vianen
Projectnummer: BG2964
Omschrijving: Ontwerp resultaten damwand

Datum: 11-12-18
Naam: JRO
Versie: 2



Blad 1 van 2

	GEOvak		Vianen deklaag 0
	Dijktraject		vy 61
	Locatie		inkruin nieuwe berm
	Richtlijn	BEEM	OSWP/BEEM
	gEEM;g(str)	1.26	(dit is exclusief schematiseringsfactor)

Schematiseringsfactor		Opmerkingen
Geotechnische instabiliteit (yb;geo)	1.1 [-]	
Snedekrachten damwand (yb;str;dw)	1.1 [-]	
Snedekrachten anker (yb;str;ank)	1.1 [-]	

binnenzijde dijk		
Toelaatbare kruinzakking SLS	0.1 [m]	
Toelaatbare uitbuiging damwand SLS	0.18 [m]	
Plaxis phase SLS	7 [-]	echo phases plaxis
Plaxis phase ULS	8 [-]	echo phases plaxis

Plaxis versie	Plaxis 2D 2018.1		
Plaxis-file (automatisch)	D:\Box Sync\BG2964 VianenPPWW\BG2964 VianenPPWW Team\BG2964 Technical Data\2. Projectplan Waterwet\Geotechniek\calc_Vianen\VO Vianen_deklaag_0_HS_sprong gws_geo1_v2.p2dx		
Ontwerpfase	MHW aan einde levensduur		
Mogelijke andere maatgevende situatie	nee		Onderbouwing in ontwerpnota
Rekening gehouden met fluideren/voorboren	nee		
Rekening gehouden met trillen (i.v.m. draagvermogen)	nee		

DAMWAND-specificaties			
Aangehouden damwandprofiel	A220-700		
Onderkant damwand	-12	m NAP	
Bovenkant damwand (maaiveldniveau na bodemdaling)	6	m NAP	
Locatie in dwarsprofiel (tekstueel)	5 m uit binnen kruin		
Elastisch weerstandsmoment	1945	[cm3/m1]	per strekkende meter damplank
Traagheidsmoment	40960	[cm4/m1]	per strekkende meter damplank
Staaldoorsnede	152	[cm2/m1]	per strekkende meter damplank
totaal eigen gewicht per strekkende meter damwand	119.0	[kN/m1]	per strekende meter damplank
Flensdikte tf (flens)	10	[mm]	
Flensdikte tw (lijf)	10	[mm]	
Hoogte damwand h	421	[mm]	
Hoek van lijf op flens	51.2	[o]	graden
Plankbreedte	700	[mm]	
Verfoppervlak	1.52	m2/m1]	per strekkende meter damplank
E_staal	210000000	[kN/m2]	
Profiel klasse tbv elastoplastisch rekenen	3	[-]	

Reductiefactor DbD traagheidsmoment	1.00	[-]	
Reductiefactor DbB weerstandsmoment	1.00	[-]	
Openingspercentage	0.0%	[%]	(20% indien enkel stabiliteitsscherm en 0% indien ook kwelschermfunctie)
fopen	1.00	[-]	
Corrosie damwand (optelling beide zijden)	2.4	[mm]	Conform OSPW

DAMWAND in Plaxis			
EA,damwand	3.19E+06	[kN/m1]	per strekende meter waterkering incl corrosie excl openingspercentage
EI,damwand	8.60E+04	[kNm2/m1]	per strekende meter waterkering incl corrosie excl openingspercentage

ANKERS	ja		
Aangehouden ankertype	Jetmix		
Buitendiameter	76.1	[mm]	
Wanddikte	17.5	[mm]	
Doorsnede (voor afroesting)	3222	[mm2]	
Corrosie ankerstang	1.2	[mm/zijde]	(in totaal 3 mm)
Acorr	2939	[mm2]	
Gemiddelde diameter anker (inclusief eventueel groutlichaam) t.b.v. zakkende grond	0.0761	[m]	
h.o.h.-afstand ankers	2.8	[m]	
Hoek van anker t.o.v. horizontaal	45	[o]	[graden]
Aansluitniveau op damwand	5.5	[m NAP]	

ANKER in Plaxis			
EAanker	676558	[kN]	
L-spacing	2.8	[m]	
Equivalent lenght	10	[m]	

RESULTATEN			
Kruinzakking stap SLS	0.00	[m]	
Uitbuiging in stap SLS	0.02	[m]	
vertikalen vervorming damwand SLS	0.00	[m]	
Uitbuiging in stap ULS	0.04	[m]	
vertikalen vervorming damwand ULS	0.00	[m]	
Fs;A;plx;ULS	284.9	[kN/m1]	per meter waterkering
Fs;A;plx;SLS	238.4	[kN/m1]	per meter waterkering
Fs;A;plx;ULS	798	[kN/anker]	
Fs;A;plx;SLS	667	[kN/anker]	
Ms;max;plx;ULS	284	[kNm/m1]	per meter waterkering
Vs;max;plx;ULS	164	[kN/m1]	per meter waterkering
Ns;max;plx;ULS	241	[kN/m1]	per meter waterkering
Ms;max;plx;SLS	203	[kNm/m1]	per meter waterkering
Vs;max;plx;SLS	130	[kN/m1]	per meter waterkering
Ns;max;plx;SLS	185	[kN/m1]	per meter waterkering

Toets vervormingen constructief versterkte waterkering	
Kruinzakking SLS < Toelaatbare kruinzakking SLS	voldoet
Uitbuiging in SLS < Toelaatbare uitbuiging damwand SLS	voldoet
verticale vervorming damwand in SLS < Toelaatbare verticale vervorming damwand SLS	voldoet

Toets constructieve elementen			
Toets constructieve sterkte damwand	voldoet		
Normaalkracht niet uit verankering	49.77	[kN/m1]	per meter waterkering
Ns;d (voor zakkende grond op anker: zie onderste kader)	0.0	[kN/m1]	per meter waterkering
Ms;d	312.0	[kNm/m1]	per meter waterkering
Vs;d	432.9	[kNm/m1]	per meter waterkering
Wel;corr	0.001478	[m3/m1]	per meter wand
Acorr	0.011552	[m2/m1]	per meter wand
ss;dw;d	220	[N/mm2]	
fy;dw;d =	430	[N/mm2]	

Verificatieblad + Ontwerp Resultaten Verankerde Damwand conform POVM EEM

Project: Dijkversterking Vianen
Projectnummer: BG2964
Omschrijving: Ontwerp resultaten damwand

Datum: 11-12-18
Naam: JRO
Versie: 2



Controle op knik			
Ned (5.2.3 EC3 deel 5)	50	[kN/m1]	per meter wand
Damwand in grond ingeklemd?	nee		
Ncr (5.2.3 EC3 deel 5)	48511	[kN/m1]	per meter wand
aparte controle t.a.v knik noodzakelijk (door constructeur)	Nee, knik mag worden verwaarloosd (rekenwaarde normaalkracht kleiner dan 4% van rekenwaarde knikkraft)		
Controle op dwarskracht			
Ved (5.2.2 (4) EC3 deel 5)	433	[kN/m1]	per meter wand
Vpl,Rd	780	[kN/m1]	per meter wand
aparte controle t.a.v knik lijf noodzakelijk (door constructeur) (5.2.2 (6) EC3 deel 5)	Ja		controle door constructeur noodzakelijk
Toets constructieve sterkte ankerstaaf			
totale kracht in staaf	1100	[kN/anker]	
ss;A;d	374.3	[N/mm2]	
fy;A;d =	514	[N/mm2]	

Extra ankerkracht door zetting op ankerstangen op basis CUR 166-2 en ontwerprijtlijn stabiliteitsschermen (Geldig voor ankerdiameters van 0,12 m of kleiner)		
voldaan aan maximale ankerstangdiameter		
momenten in de ankerstang mogen worden verwaarloosd		
Belastingfactor a	9	[ontwerprichtlijn]
Modelfactor b	24	[ontwerprichtlijn]
extra verhoging ankerkrachttoename i.v.m. ongunstige bodemopbouw	25%	[ontwerprichtlijn KIS]
Grondsoort	klei	(klei of zand)
Ongedraineerde schuifsterkte cu (inschatting conusweerstand/15)	60.00	[kPa]
		geen zand
		geen zand
		geen zand
Belasting op ankerstang qz	45.7	[kN/m]
Bij schuin geplaatst anker dient de belasting diepteafhankelijk te worden bepaald (bij klei enkel relevant als cu wisselt).		
Tevens hoeft enkel de belasting loodrecht op de ankerstang te worden meegenomen.		
Belasting op ankerstang qz,loodrecht	32.29	[kN/m]
Lengte van het doorzakkende deel van de ankerstaaf L	8	[m] lengte tot het zand
Axiale kracht in ankerstaaf F (resultaat Plaxis maal h.o.h.) UGT	798	[kN/anker]
Axiale kracht in ankerstaaf F (resultaat Plaxis maal h.o.h.) BGT	667	[kN/anker]
Axiale kracht in ankerstaaf F (resultaat Plaxis maal h.o.h.) BGT met anker uitval	1001	[kN/anker]
Rekstijfheid ankerstang EACorr	617261	[kN]
Buigstijfheid damwand Elcorr	86016	[kNm2/m]
horizontale beddingsconstante over 1 strekkende meter	4000	[kN/m2]
golflengte	3.045	[m]
autonome bodemdaling (gemiddeld)	0.050	[m]
maximale zakking door ophoging (tpv ankerstang)	0.000	[m]
Verwachte zakking	0.050	[m]
<u>Geval 1 (doorbuiging kleiner dan zakking) (UGT)</u>		
factor ankerkrachttoename a ingeschat	-0.001	[-] moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a	0.476	[-] mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
maximale doorbuiging y0	0.476	[-]
volstaat geval 1	0.18	[m]
dF_a	nee	
	379.7	[kN/anker]
<u>Geval 2 (maximale doorbuiging beperkt)</u>		
n	0.000	[-] moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a ingeschat	3.56	[-]
factor ankerkrachttoename a	0.083	[-] mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
dF_a	0.083	[-]
	66.1	[kN/anker]
<u>Geval 1 (doorbuiging kleiner dan zakking) (BGT)</u>		
factor ankerkrachttoename a ingeschat	-0.001	[-] moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a	0.650	[-] mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
maximale doorbuiging y0	0.650	[-]
volstaat geval 1	0.19	[m]
dF_a	nee	
	518.6	[kN/anker]
<u>Geval 2 (maximale doorbuiging beperkt)</u>		
n	0.000	[-] moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a ingeschat	3.80	[-]
factor ankerkrachttoename a	0.107	[-] mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
dF_a	0.107	[-]
	71.5	[kN/anker]
<u>Geval 1 (doorbuiging kleiner dan zakking) (BGT met ankeruitval)</u>		
factor ankerkrachttoename a ingeschat	0.000	[-] moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a	0.307	[-] mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
maximale doorbuiging y0	0.307	[-]
volstaat geval 1	0.16	[m]
dF_a	nee	
	307.3	[kN/anker]
<u>Geval 2 (maximale doorbuiging beperkt)</u>		
n	0.000	[-] moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a ingeschat	3.20	[-]
factor ankerkrachttoename a	0.060	[-] mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
dF_a	0.060	[-]
	59.6	[kN/anker]
Faplx+zakkende grond UGT	880.3	[kN/anker]
Faplx+zakkende BGT	756.8	[kN/anker]
Faplx+zakkende BGT+ankeruitval	1075.7	[kN/anker]

Toets uittrekkraft groutlichaam Fr;A;gr;d > F;gr;d	ntb		
Fr;A;gr;d		[kN/anker]	
F;gr;d =	1088	[kN/anker]	

Benodigde groutlichaam ter bepaling leverancier/onderaannemer ankers

Gording ontwerp door constructeur op basis van:		
Ontwerp door constructeur op basis: UGT	1088	[kN/anker]
Ontwerp door constructeur op basis: BGT	933	[kN/anker]
Ontwerp door constructeur op basis: BGT ankeruitval	1083	[kN/anker]
h.o.h.	2.8	[m]

Verificatieblad + Ontwerp Resultaten Verankerde Damwand conform POVM EEM

Project: Dijkversterking Vianen
Projectnummer: BG2964
Omschrijving: Ontwerp resultaten damwand

Datum: 11-12-18
Naam: JRO
Versie: 2



Blad 1 van 2

Uitgangspuntenrapport Stabiliteitsschermen paragraaf:	GEOvak		Vianen deklaag 0, damwand in kruin
	Dijktraject		vy 61
	Locatie		inkruin nieuwe berm
	Richtlijn		OSWP/BEEM
	gEEM;g(str)		1.26 (dit is exclusief schematiseringsfactor)
Schematiseringsfactor		Opmerkingen	
Geotechnische instabiliteit (yb;geo)		1.1	[-]
Snedekrachten damwand (yb;str;dw)		1.1	[-]
Snedekrachten anker (yb;str;ank)		1.1	[-]
5.3	binnenzijde dijk		
	Toelaatbare kruinzakking SLS	0.1	[m]
	Toelaatbare uitbuiging damwand SLS	0.2	[m]
	Toelaatbare verticale vervorming damwand SLS	0.01	[m]
2.9.3 en 2.20 2.20	Plaxis versie		Plaxis 2D 2018.1
	Plaxis-file (automatisch)		D:\Box Sync\BG2964 VianenPPWW\BG2964 VianenPPWW Team\BG2964 Technical Data\2. Projectplan Waterwet\Geote
	Ontwerpfase		MHW aan einde levensduur
	Mogelijke andere maatgevende situatie	nee	Onderbouwing in ontwerpnota
	Rekening gehouden met fluideren/voorboren	nee	
2.17	Rekening gehouden met trillen (i.v.m. draagvermogen)		nee
	DAMWAND-specificaties		
2.17	Aangehouden damwandprofiel	AZ20-700	
	Onderkant damwand	-12	m NAP
	Bovenkant damwand (maaiveldniveau na bodemdaling)	8	m NAP
	Locatie in dwarsprofiel (tekstueel)	in binnen kruin	
	Elastisch weerstandsmoment	1945	[cm3/m1] per strekkende meter damplank
	Traagheidsmoment	40960	[cm4/m1] per strekkende meter damplank
	Staaldoorsnede	152	[cm2/m1] per strekkende meter damplank
	totaal eigen gewicht per strekkende meter damwand	119.0	[kN/m1] per strekende meter damplank
	Flensdikte tf (flens)	10	[mm]
	Flensdikte tw (lijf)	10	[mm]
	Hoogte damwand h	421	[mm]
	Hoek van lijf op flens	51.2	[o] graden
	Plankbreedte	700	[mm]
	Verfoppervlak	1.52	m2/m1 per strekkende meter damplank
	E_staal	210000000	[kN/m2]
2.12	Profiel klasse tbv elastoplastisch rekenen	3	[-]
	Reductiefactor DbD traagheidsmoment	1.00	[-]
	Reductiefactor DbB weerstandsmoment	1.00	[-]
	Openingspercentage	0.0%	[%] (20% indien enkel stabiliteitsscherm en 0% indien ook kwelschermfunctie)
	fopen	1.00	[-]
2.19	Corrosie damwand (optelling beide zijden)	2.4	[mm] Conform OSPW
	DAMWAND in Plaxis		
	EA,damwand	3.19E+06	[kN/m1] per strekende meter waterkering incl corrosie excl openingspercentage
2.19	EI,damwand	8.60E+04	[kNm2/m1] per strekende meter waterkering incl corrosie excl openingspercentage
	ANKERS		ja
	Aangehouden ankertype	Jetmix	
	Buitendiameter	76.1	[mm]
	Wanddikte	17.5	[mm]
	Doorsnede (voor afroesting)	3222	[mm2]
	Corrosie ankerstang	1.2	[mm/zijde]
	Acorr	2939	[mm2]
	Gemiddelde diameter anker (inclusief eventueel groutlichaam) t.b.v. zakkende grond	0.0761	[m]
	h.o.h.-afstand ankers	2.8	[m]
	Hoek van anker t.o.v. horizontaal	45	[o] [graden]
	Aansluitniveau op damwand	7.5	[m NAP]
2.8	ANKER in Plaxis		
	EAanker	676558	[kN]
	L-spacing	2.8	[m]
	Equivalent lenght	10	[m]
	GRONDSCHEMATISERING		
2.5	Grondopbouw correct	ja	Onderbouwd in Ontwerpnota
	Geometrie		
	- huidige situatie +afstand tot bebouwing	ja	Onderbouwd in Ontwerpnota
	- huidige dijkverbetering	ja	Onderbouwd in Ontwerpnota
	- uitbreidingsprofiel + bodemdaling	ja	Onderbouwd in Ontwerpnota
2.6 en 2.7 2.14 en 2.4.2	- restprofiel aangehouden?	ja	Opbarsten conform TUN
	Grondparameters aangehouden conform TUN+switch CSSM TUN		ja
2.10	GEOHYDROLOGIE		
	-PL 1 dagelijks voor versterken in grond	ja	Onderbouwd in TUN
	-PL 1 dagelijks na versterken in grond	ja	Onderbouwd in TUN
	-PL 1 MHW	ja	Onderbouwd in TUN
	-PL 2 stijghoogte dagelijk	ja	Onderbouwd in TUN
	-PL 2 stijghoogte dagelijks +MHW	ja	Onderbouwd in TUN
	-PL 3 stijghoogte van uit MHW 1e wvp	ja	Onderbouwd in TUN
2.11	VERKEERSBELASTING		
	Verkeersbelasting 13,3 kN/m2 over 2,5 m	ja	
4	FASERING		
	Fasering stappen plan conform?	BEEM	(BEEM of OSPW)
4 4 4 4	BEREKENING		
	Ingrep nodig om restprofiel voldoende stabiel te krijgen	nee	
	Ingrep nodig om niet relevant deel stabiel te krijgen	nee	
	Afwijkingen in berekeningsfasering	nee	
	Rekenstappen met afwijkende Calculation control (welke en waarom)	nee	
	Bij opdrijfconditie korrelspanning grensvlak rond de 0 kPa?	ja	Onderbouwd in Ontwerpnota
	Invloed op resultaten bij grotere meshfijnheid	nee	
	Invloed op resultaten bij aanpassing van randen	nee	
5.3 5.3 5.3 5.4 5.4 5.4 5.4	RESULTATEN		
	Kruinzakking stap SLS	0.00	[m]
	Uitbuiging in stap SLS	0.04	[m]
	vertikalen vervorming damwand SLS	0.00	[m]
	Uitbuiging in stap ULS	0.06	[m]
	vertikalen vervorming damwand ULS	0.00	[m]
	Fs;A;plx;ULS	227.1	[kN/m1] per meter waterkering
	Fs;A;plx;SLS	209.1	[kN/m1] per meter waterkering
	Fs;A;plx;ULS	636	[kN/anker]
	Fs;A;plx;SLS	586	[kN/anker]
	Ms;max;plx;ULS	420	[kNm/m1] per meter waterkering
	Vs;max;plx;ULS	160	[kN/m1] per meter waterkering
	Ns;max;plx;ULS	238	[kN/m1] per meter waterkering
	Ms;max;plx;SLS	309	[kNm/m1] per meter waterkering
	Vs;max;plx;SLS	167	[kN/m1] per meter waterkering
	Ns;max;plx;SLS	193	[kN/m1] per meter waterkering

Verificatieblad + Ontwerp Resultaten Verankerde Damwand conform POVMEEM

Project: Dijkversterking Vianen
Projectnummer: BG2964
Omschrijving: Ontwerp resultaten damwand

Datum: 11-12-18
Naam: JRO
Versie: 2



5.4	Toets vervormingen constructief versterkte waterkering		
	Kruinzakking SLS < Toelaatbare kruinzakking SLS	voldoet	
	Uitbuiging in SLS < Toelaatbare uitbuiging damwand SLS	voldoet	
	verticale vervorming damwand in SLS < Toelaatbare verticale vervorming damwand SLS	voldoet	
	Uitbuiging in ULS < Toelaatbare uitbuiging damwand UGT	n.v.t.	
5.4.1	Toets constructieve elementen		
5.4.1	Toets constructieve sterkte damwand	voldoet	
	Normaalkracht niet uit verankering	98.42	[kN/m1] per meter waterkering
	Ns;d (voor zakkende grond op anker: zie onderste kader)	0.0	[kN/m1] per meter waterkering
	Ms;d	462.1	[kNm/m1] per meter waterkering
	Vs;d	528.3	[kNm/m1] per meter waterkering
	Wel;corr	0.001478	[m3/m1] per meter wand
	Acorr	0.011552	[m2/m1] per meter wand
	ss;dw;d	310	[N/mm2]
	fy;dw;d =	320	[N/mm2]
	5.4.1	Controle op knik	
Ned (5.2.3 EC3 deel 5)		98	[kN/m1] per meter wand
Damwand in grond ingeklemd?		nee	
Ncr (5.2.3 EC3 deel 5)		43536	[kN/m1] per meter wand
aparte controle t.a.v knik noodzakelijk (door constructeur)		Nee, knik mag worden verwaarloosd (rekenwaarde normaalkracht kleiner dan 4% van rekenwaarde knikkracht)	
5.4.1	Controle op dwarskracht		
5.4.1	Ved (5.2.2 (4) EC3 deel 5)	528	[kN/m1] per meter wand
	Vpl,Rd	580	[kN/m1] per meter wand
	aparte controle t.a.v knik lijf noodzakelijk (door constructeur) (5.2.2 (6) EC3 deel 5)	Ja	controle door constructeur noodzakelijk
5.4.1	Toets constructieve sterkte ankerstaaf	voldoet	
	totale kracht in staaf	952	[kN/anker]
	ss;A;d	323.9	[N/mm2]
	fy;A;d =	514	[N/mm2]
Extra ankerkracht door zetting op ankerstangen op basis CUR 166-2 en ontwerprijtlijn stabiliteitsschermen (Geldig voor ankerdiameters van 0,12 m of kleiner)			
voldaan aan maximale ankerstangdiameter			
momenten in de ankerstang mogen worden verwaarloosd			
Belastingfactor a		9	[ontwerprichtlijn]
Modelfactor b		24	[ontwerprichtlijn]
extra verhoging ankerkrachttoename i.v.m. ongunstige bodemopbouw		25%	[ontwerprichtlijn KIS]
Grondsoort		klei	(klei of zand)
Ongedraineerde schuifsterkte cu (inschatting conusweerstand/15)		60.00 [kPa]	
			geen zand
			geen zand
			geen zand
Belasting op ankerstang qz		45.7 [kN/m]	
Bij schuin geplaatst anker dient de belasting diepteafhankelijk te worden bepaald (bij klei enkel relevant als cu wisselt).			
Tevens hoeft enkel de belasting loodrecht op de ankerstang te worden meegenomen.			
Belasting op ankerstang qz,loodrecht		32.29 [kN/m]	
Lengte van het doorzakkende deel van de ankerstaaf L		10 [m]	lengte tot het zand
Axiale kracht in ankerstaaf F (resultaat Plaxis maal h.o.h.) UGT		636 [kN/anker]	
Axiale kracht in ankerstaaf F (resultaat Plaxis maal h.o.h.) BGT		586 [kN/anker]	
Axiale kracht in ankerstaaf F (resultaat Plaxis maal h.o.h.) BGT met anker uitval		878 [kN/anker]	
Rekstijfheid ankerstang EAcorr		617261 [kN]	
Buigstijfheid damwand Elcorr		86016 [kNm2/m]	
horizontale beddingsconstante over 1 strekkende meter		4000 [kN/m2]	
golflengte		3.045 [m]	
autonome bodemdaling (gemiddeld)		0.050 [m]	
maximale zakking door ophoging (tpv ankerstang)		0.000 [m]	
Verwachte zakking		0.050 [m]	
<u>Geval 1 (doorbuiging kleiner dan zakking) (UGT)</u>		0.000 [-]	moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a ingeschat		0.963 [-]	mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
factor ankerkrachttoename a		0.963 [-]	
maximale doorbuiging y0		0.26 [m]	
volstaat geval 1		nee	
dF_a		612.3 [kN/anker]	
<u>Geval 2 (maximale doorbuiging beperkt)</u>		0.000 [-]	moet ca 0 zijn
n		5.24 [-]	
factor ankerkrachttoename a ingeschat		0.107 [-]	mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
factor ankerkrachttoename a		0.107 [-]	
dF_a		68.0 [kN/anker]	
<u>Geval 1 (doorbuiging kleiner dan zakking) (BGT)</u>		0.000 [-]	moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a ingeschat		1.089 [-]	mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
factor ankerkrachttoename a		1.089 [-]	
maximale doorbuiging y0		0.27 [m]	
volstaat geval 1		nee	
dF_a		692.4 [kN/anker]	
<u>Geval 2 (maximale doorbuiging beperkt)</u>		0.000 [-]	moet ca 0 zijn
n		5.35 [-]	
factor ankerkrachttoename a ingeschat		0.120 [-]	mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
factor ankerkrachttoename a		0.120 [-]	
dF_a		70.4 [kN/anker]	
<u>Geval 1 (doorbuiging kleiner dan zakking) (BGT met ankeruitval)</u>		0.000 [-]	moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a ingeschat		0.571 [-]	mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
factor ankerkrachttoename a		0.571 [-]	
maximale doorbuiging y0		0.24 [m]	
volstaat geval 1		nee	
dF_a		501.3 [kN/anker]	
<u>Geval 2 (maximale doorbuiging beperkt)</u>		0.000 [-]	moet ca 0 zijn
n		4.74 [-]	
factor ankerkrachttoename a ingeschat		0.067 [-]	mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
factor ankerkrachttoename a		0.067 [-]	
dF_a		58.9 [kN/anker]	
Faplx+zakkende grond UGT		721.0 [kN/anker]	
Faplx+zakkende BGT		673.6 [kN/anker]	
Faplx+zakkende BGT+ankeruitval		952.0 [kN/anker]	
5.4.3	Toets uittrekkraft groutlichaam Fr;A;gr;d > F;gr;d		
	Fr;A;gr;d		[kN/anker]
	F;gr;d =	959	[kN/anker]
	Benodigde groutlichaam ter bepaling leverancier/onderaannemer ankers		
5.4.4	Gording ontwerp door constructeur op basis van:		
	Ontwerp door constructeur op basis: UGT	888	[kN/anker]
	Ontwerp door constructeur op basis: BGT	829	[kN/anker]
	Ontwerp door constructeur op basis: BGT ankeruitval	959	[kN/anker]
	h.o.h.	2.8	[m]

Verificatieblad + Ontwerp Resultaten Verankerde Damwand conform POVM EEM

Project: Dijkversterking Vianen
Projectnummer: BG2964
Omschrijving: Ontwerp resultaten damwand

Datum: 11-12-18
Naam: JRO
Versie: 2



	GEOvak		Vianen deklaag 0, damwand in kruin + voorboren
	Dijktraject		vy 61
	Locatie		inkruin nieuwe berm
	Richtlijn	BEEM	OSWP/BEEM
	gEEM;g(str)	1.26	(dit is exclusief schematiseringsfactor)
Schematiseringsfactor			Opmerkingen
Geotechnische instabiliteit (yb;geo)	1.1	[-]	
Snedekrachten damwand (yb;str;dw)	1.1	[-]	
Snedekrachten anker (yb;str;ank)	1.1	[-]	

binnenzijde dijk			
Toelaatbare kruinzakking SLS	0.1	[m]	
Toelaatbare uitbuiging damwand SLS	0.2	[m]	
Toelaatbare verticale vervorming damwand SLS	0.01	[m]	
Plaxis phase SLS	7	[-]	echo phases plaxis
Plaxis phase ULS	8	[-]	echo phases plaxis

Plaxis versie	Plaxis 2D 2018.1		
Plaxis-file (automatisch)	D:\Box Sync\BG2964 VianenPPWW\BG2964 VianenPPWW Team\BG2964 Technical Data\2. Projectplan Waterwet\Geote		
Ontwerpfase	MHW aan einde levensduur		
Mogelijke andere maatgevende situatie	nee		Onderbouwing in ontwerpnota
Rekening gehouden met fluideren/voorboren	nee		
Rekening gehouden met trillen (i.v.m. draagvermogen)	nee		

DAMWAND-specificaties			
Aangehouden damwandprofiel	AZ20-700		
Onderkant damwand	-12	m NAP	
Bovenkant damwand (maaiveldniveau na bodemdaling)	8	m NAP	
Locatie in dwarsprofiel (tekstueel)	in binnenkruin		
Elastisch weerstandsmoment	1945	[cm3/m1]	per strekkende meter damplank
Traagheidsmoment	40960	[cm4/m1]	per strekkende meter damplank
Staaldoorsnede	152	[cm2/m1]	per strekkende meter damplank
totaal eigen gewicht per strekkende meter damwand	119.0	[kN/m1]	per strekende meter damplank
Flensdikte tf (flens)	10	[mm]	
Flensdikte tw (lijf)	10	[mm]	
Hoogte damwand h	421	[mm]	
Hoek van lijf op flens	51.2	[o]	graden
Plankbreedte	700	[mm]	
Verfoppervlak	1.52	m2/m1]	per strekkende meter damplank
E _staal	210000000	[kN/m2]	
Profiel klasse tbv elastoplastisch rekenen	3	[-]	

Reductiefactor DbD traagheidsmoment	1.00	[-]	
Reductiefactor DbB weerstandsmoment	1.00	[-]	
Openingspercentage	0.0%	[%]	(20% indien enkel stabiliteitsscherm en 0% indien ook kwelschermfunctie)
fopen	1.00	[-]	
Corrosie damwand (optelling beide zijden)	2.4	[mm]	Conform OSPW

DAMWAND in Plaxis			
EA,damwand	3.19E+06	[kN/m1]	per strekende meter waterkering incl corrosie excl openingspercentage
EI,damwand	8.60E+04	[kNm2/m1]	per strekende meter waterkering incl corrosie excl openingspercentage

ANKERS	ja		
Aangehouden ankertype	Jetmix		
Buitendiameter	76.1	[mm]	
Wanddikte	17.5	[mm]	
Doorsnede (voor afroesting)	3222	[mm2]	
Corrosie ankerstang	1.2	[mm/zijde]	
Acorr	2939	[mm2]	
Gemiddelde diameter anker (inclusief eventueel groutlichaam) t.b.v. zakkende grond	0.0761	[m]	
h.o.h.-afstand ankers	2.8	[m]	
Hoek van anker t.o.v. horizontaal	45	[o]	[graden]
Aansluitniveau op damwand	7.5	[m NAP]	

ANKER in Plaxis			
EAanker	676558	[kN]	
L-spacing	2.8	[m]	
Equivalent lenght	10	[m]	

GRONDSCHEMATISERING			
Grondopbouw correct	ja		Onderbouwd in Ontwerpnota
Geometrie			
- huidige situatie +afstand tot bebouwing	ja		Onderbouwd in Ontwerpnota
- huidige dijkverbetering	ja		Onderbouwd in Ontwerpnota
- uitbreidingsprofiel + bodemdaling	ja		Onderbouwd in Ontwerpnota
- restprofiel aangehouden?	ja		Opbarsten conform TUN

Grondparameters aangehouden conform TUN+switch CSSM TUN	ja		
---	----	--	--

GEOHYDROLOGIE			
-PL 1 dagelijks voor versterken in grond	ja		Onderbouwd in TUN
-PL 1 dagelijks na versterken in grond	ja		Onderbouwd in TUN
-PL 1 MHW	ja		Onderbouwd in TUN
-PL 2 stijghoogte dagelijk	ja		Onderbouwd in TUN
-PL 2 stijghoogte dagelijks +MHW	ja		Onderbouwd in TUN
-PL 3 stijghoogte van uit MHW 1e wvp	ja		Onderbouwd in TUN

VERKEERSBELASTING			
Verkeersbelasting 13,3 kN/m2 over 2,5 m	ja		

FASERING			
Fasering stappen plan conform?	BEEM		(BEEM of OSPW)

BEREKENING			
Ingreep nodig om restprofiel voldoende stabiel te krijgen	nee		
Ingreep nodig om niet relevant deel stabiel te krijgen	nee		
Afwijkingen in berekeningsfasering	nee		
Rekenstappen met afwijkende Calculation control (welke en waarom)	nee		
Bij opdraijfconditie korrelspanning grensvlak rond de 0 kPa?	ja		Onderbouwd in Ontwerpnota
Invloed op resultaten bij grotere meshfijnheid	nee		
Invloed op resultaten bij aanpassing van randen	nee		

RESULTATEN			
Kruinzakking stap SLS	0.00	[m]	
Uitbuiging in stap SLS	0.05	[m]	
vertikalen vervorming damwand SLS	0.00	[m]	
Uitbuiging in stap ULS	0.07	[m]	
vertikalen vervorming damwand ULS	0.00	[m]	
Fs;A;plx;ULS	235.4	[kN/m1]	per meter waterkering
Fs;A;plx;SLS	214.7	[kN/m1]	per meter waterkering
Fs;A;plx;ULS	659	[kN/anker]	
Fs;A;plx;SLS	601	[kN/anker]	
Ms;max;plx;ULS	432	[kNm/m1]	per meter waterkering
Vs;max;plx;ULS	168	[kN/m1]	per meter waterkering
Ns;max;plx;ULS	222	[kN/m1]	per meter waterkering
Ms;max;plx;SLS	333	[kNm/m1]	per meter waterkering
Vs;max;plx;SLS	163	[kN/m1]	per meter waterkering
Ns;max;plx;SLS	195	[kN/m1]	per meter waterkering

Verificatieblad + Ontwerp Resultaten Verankerde Damwand conform POVM EEM

Project: Dijkversterking Vianen
Projectnummer: BG2964
Omschrijving: Ontwerp resultaten damwand

Datum: 11-12-18
Naam: JRO
Versie: 2



Toets vervormingen constructief versterkte waterkering

Kruinzakking SLS < Toelaatbare kruinzakking SLS	voldoet
Uitbuiging in SLS < Toelaatbare uitbuiging damwand SLS	voldoet
verticale vervorming damwand in SLS < Toelaatbare verticale vervorming damwand SLS	voldoet
Uitbuiging in ULS < Toelaatbare uitbuiging damwand UGT	n.v.t.

Toets constructieve elementen

Toets constructieve sterkte damwand	voldoet		
Normaalkracht niet uit verankering	70.01	[kN/m1]	per meter waterkering
Ns;d (voor zakkende grond op anker; zie onderste kader)	0.0	[kN/m1]	per meter waterkering
Ms;d	475.0	[kNm/m1]	per meter waterkering
Vs;d	515.2	[kNm/m1]	per meter waterkering
Wel;corr	0.001478	[m3/m1]	per meter wand
Acorr	0.011552	[m2/m1]	per meter wand
ss;dw;d	318	[N/mm2]	
fy;dw;d =	320	[N/mm2]	

Controle op knik

Ned (5.2.3 EC3 deel 5)	70	[kN/m1]	per meter wand
Damwand in grond ingeklemd?	nee		
Ncr (5.2.3 EC3 deel 5)	43536	[kN/m1]	per meter wand
aparte controle t.a.v knik noodzakelijk (door constructeur)	Nee, knik mag worden verwaarloosd (rekenwaarde normaalkracht kleiner dan 4% van rekenwaarde knikkracht)		

Controle op dwarskracht

Ved (5.2.2 (4) EC3 deel 5)	515	[kN/m1]	per meter wand
Vpl,Rd	580	[kN/m1]	per meter wand
aparte controle t.a.v knik lijf noodzakelijk (door constructeur) (5.2.2 (6) EC3 deel 5)	Ja		controle door constructeur noodzakelijk

Toets constructieve sterkte ankerstaaf

totale kracht in staaf	voldoet		
ss;A;d	975	[kN/anker]	
fy;A;d =	331.5	[N/mm2]	
	514	[N/mm2]	

Extra ankerkracht door zetting op ankerstangen op basis CUR 166-2 en ontwerprichtlijn stabiliteitsschermen (Geldig voor ankerdiameters van 0,12 m of kleiner)

voldaan aan maximale ankerstangdiameter

momenten in de ankerstang mogen worden verwaarloosd

Belastingfactor a	9	[ontwerprichtlijn]
Modelfactor b	24	[ontwerprichtlijn]
extra verhoging ankerkrachttoename i.v.m. ongunstige bodemopbouw	25%	[ontwerprichtlijn KIS]
Grondsoort	klei	(klei of zand)
Ongedraineerde schuifsterkte cu (inschatting conusweerstand/15)	60.00 [kPa]	
		geen zand
		geen zand
		geen zand
Belasting op ankerstang qz	45.7 [kN/m]	
Bij schuin geplaatst anker dient de belasting diepteafhankelijk te worden bepaald (bij klei enkel relevant als cu wisselt). Tevens hoeft enkel de belasting loodrecht op de ankerstang te worden meegenomen.		
Belasting op ankerstang qz,loodrecht	32.29 [kN/m]	
Lengte van het doorzakkende deel van de ankerstaaf L	10 [m]	lengte tot het zand
Axiale kracht in ankerstaaf F (resultaat Plaxis maal h.o.h.) UGT	659 [kN/anker]	
Axiale kracht in ankerstaaf F (resultaat Plaxis maal h.o.h.) BGT	601 [kN/anker]	
Axiale kracht in ankerstaaf F (resultaat Plaxis maal h.o.h.) BGT met anker uitval	902 [kN/anker]	
Rekstijfheid ankerstang EAcorr	617261 [kN]	
Buigstijfheid damwand Elcorr	86016 [kNm2/m]	
horizontale beddingsconstante over 1 strekkende meter	4000 [kN/m2]	
golflengte	3.045 [m]	
autonome bodemdaling (gemiddeld)	0.050 [m]	
maximale zakking door ophoging (tpv ankerstang)	0.000 [m]	
Verwachte zakking	0.050 [m]	
<u>Geval 1 (doorbuiging kleiner dan zakking) (UGT)</u>		
factor ankerkrachttoename a ingeschat	0.000 [-]	moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a	0.911 [-]	mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
maximale doorbuiging y0	0.912 [-]	
volstaat geval 1	0.26 [m]	
dF_a	nee	
	601.0 [kN/anker]	
<u>Geval 2 (maximale doorbuiging beperkt)</u>		
n	0.000 [-]	moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a ingeschat	5.19 [-]	
factor ankerkrachttoename a	0.102 [-]	mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
dF_a	0.102 [-]	
	66.9 [kN/anker]	
<u>Geval 1 (doorbuiging kleiner dan zakking) (BGT)</u>		
factor ankerkrachttoename a ingeschat	-0.001 [-]	moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a	1.047 [-]	mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
maximale doorbuiging y0	1.048 [-]	
volstaat geval 1	0.27 [m]	
dF_a	nee	
	690.9 [kN/anker]	
<u>Geval 2 (maximale doorbuiging beperkt)</u>		
n	0.000 [-]	moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a ingeschat	5.31 [-]	
factor ankerkrachttoename a	0.116 [-]	mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
dF_a	0.116 [-]	
	69.7 [kN/anker]	
<u>Geval 1 (doorbuiging kleiner dan zakking) (BGT met ankeruitval)</u>		
factor ankerkrachttoename a ingeschat	0.000 [-]	moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a	0.545 [-]	mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
maximale doorbuiging y0	0.545 [-]	
volstaat geval 1	0.23 [m]	
dF_a	nee	
	491.6 [kN/anker]	
<u>Geval 2 (maximale doorbuiging beperkt)</u>		
n	0.000 [-]	moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a ingeschat	4.70 [-]	
factor ankerkrachttoename a	0.065 [-]	mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
dF_a	0.065 [-]	
	58.2 [kN/anker]	
Faplx+zakkende grond UGT	742.9 [kN/anker]	
Faplx+zakkende BGT	688.3 [kN/anker]	
Faplx+zakkende BGT+ankeruitval	974.5 [kN/anker]	

Toets uittrekkraft groutlichaam Fr;A;gr;d > F;gr;d

Fr;A;gr;d	ntb		
F;gr;d =	982	[kN/anker]	

Benodigde groutlichaam ter bepaling leverancier/onderaannemer ankers

Gording ontwerp door constructeur op basis van:

Ontwerp door constructeur op basis: UGT	916	[kN/anker]	
Ontwerp door constructeur op basis: BGT	847	[kN/anker]	
Ontwerp door constructeur op basis: BGT ankeruitval	982	[kN/anker]	
h.o.h.	2.8	[m]	

Constructieve toets Damwanden					
Project:	Dijkversterking Vianen	Datum:	11-12-18	Blad 1 van 2	
Projectnummer:	Dijkversterking Vianen	Naam:	JRO		
Omschrijving:	Check profiel klasse voor elastoplastisch rekenen	Versie:	2		

Toepassingsgebied
Spreadsheet is toepasbaar voor berekeningen van gereduceerde eigenschappen van damwandprofielen: Z-profielen
Uitgangspunten

Corrosie snelheden				
Corrosieafname is bepaald conform Handbook Quay-walls en CUR166 is hetzelfde als NEN-EN 1993-5:2008/NB:2012 art. 4.4, deze zijn hieronder weergegeven				
Levensduur		100 jaar		
Zijde 1	Grondzijde	1.2 mm	/	100 jaar
Zijde 2	Rivierzijde	1.2 mm	+	100 jaar
Totaal		2.4 mm	/	100 jaar

Traagheidsmoment on-aangetaste damwand				
type :	AZ20-700			
lengte plank	b	700 mm		
tot hoogte profiel	h	421 mm		
dikte horizontale delen	t	10 mm		
dikte schuine stuk	s	10 mm		
hoek schuine stuk		51.2 °		

Reductiefactoren voor profielgrootheden				
Onderstaand zijn de reductiefactoren weergegeven na een levensduur van: 100 jaar				
		<u>Per m1 (conform tabellen)</u>		<u>Per m1 (conform tabellen)</u>
	gcor		incl. corrosie afname	
A =	0.766 -	A = 152 cm2/m	A;corr =	117 cm2/m
G =	0.764 -	G = 119 kg/m2	G;corr =	91 kg/m2
Ixx =	0.770 -	Ixx = 40960 cm4/m	Ixx;corr =	31542 cm4/m
W =	0.775 -	W = 1945 cm3/m	W;corr =	1507 cm3/m
Wp =	0.775	Wp = 2296 cm3/m	Wp;corr =	1507 cm3/m

Bepaling opneembaar moment op damwanden				
Uitgangspunten				
Staalkwaliteit	S320GP			
vloeispanning	fy	320	(sheet alleen geldig voor Z-profielen)	
Treksterkte	fu	440		

Profielklasse is bepaald aan de hand van tabel 5-1 van de NEN-EN 1993-5				
epsilon	e	0.86		
Type profiel		Z		
Met corrosie				
Breedte van de flens	b	362		
Dikte van de flens	tf	7.6		
		56		
Profielklasse		3		
Indien van toepassing, toelaatbare spanning om in profielklasse 3 te vallen				
	b/tf	48		
toelaatbare epsion	e_toelaatbaar	0.72		
Toelaatbare spanning		320		
	e	0.85696		

Voor het bepalen van het moment is aangenomen dat voor profielklasse 4 de spanning wordt gereduceerd. Alternatieve methode is een plooi controle uitvoeren.				
	MEd	475 kNm/m		
	VEd	515 kN/m		
	NEd	70 kN/m		
kniklente	L	10 m		
Factor voor scheve buig bB		1 [-]		
	bD	1 [-]		
Reductie voor meer dan 5 meter waterstands verschil	rp	1 [-]		
	Mc,Rd	482 kNm/m	(5.2) of (5.3)	
	c	530 mm	(figuur 5-1)	
	AV	3142 mm2	(5.6)	
		69.8	61.7	
relatieve stijfheid	λ	Dwarskracht plooi noodzakelijk		
	fbv	0.94	(5.8)	
	Vb,Rd	163 N/mm^2	(tabel 6-1 van de NEN-EN 1993-1-3)	
	VPL,Rd	731 kN/m	(5.7)	
		829 kN/m	(5.5)	
Dwarskracht meer dan 50% van VPL,Rd	VEd/VPL,f	0.62	>	0.5
formules hieronder van toepassing				
	p	0.06 [-]	(5.10)	
	MV,Rd	478 kNm/m	(5.9)	
	NCR	6538 kN/m	(5.12)	
Controle of stabiliteitscontrole nodig is	NEd/NCR	0.011	<	0.04 (5.11)
Geen stabiliteitscontrole nodig				
	λ	0.76 [-]	(5.13 toelichting)	
	NPL	3728 kN/m	(5.13 toelichting)	
	α	0.76 [-]	(Tabel 6.1 van de NEN-EN 1993-1-1 curve d)	
	φ	1.00 [-]	(6.49, toelichting NEN-EN 1993-1-1)	
	χ	0.61 [-]	(6.49 van de NEN-EN 1993-1-1)	
Controle stabiliteit Buiging en Normaalkracht				
Controle volgens 5,13		0.03 [-]	1.1327835	
Check of Normaalkracht meegenomen moet worden in controle moment				
	NEd/NPL;Rd	0.02	<	0.1
Normaalkracht hoeft NIET meegenomen worden in berekening				
	MV,Rd	478	(5.9)	
	UC stabiliteit	0.00		
	UC sterkte, moment	0.99		
	UC sterkte, dwarskracht	0.70		
	UC sterkte, normaalkracht	0.02		
	UC sterkte, gecombineerd	0.99		
	UC totaal	0.99		

Verificatieblad + Ontwerp Resultaten Verankerde Damwand conform POVM EEM

Project: Dijkversterking Vianen PPWW
Projectnummer: BG2964
Omschrijving: Ontwerp resultaten damwand

Datum: 11-12-18
Naam: JRO
Versie: 1



Blad 1 van 2

	GEOvak		Vianen deklaag -3, damwand in kruin
	Dijktraject		vy 61
	Locatie		binnen kruin
	Richtlijn	BEEM	OSWP/BEEM
	gEEM;g(str)	1.26	(dit is exclusief schematiseringsfactor)
Schematiseringsfactor			Opmerkingen
Geotechnische instabiliteit (yb;geo)	1.1	[-]	
Snedekrachten damwand (yb;str;dw)	1.1	[-]	
Snedekrachten anker (yb;str;ank)	1.1	[-]	

binnenzijde dijk			
Toelaatbare kruinzakking SLS	0.1	[m]	
Toelaatbare uitbuiging damwand SLS	0.1794	[m]	
Toelaatbare verticale vervorming damwand SLS	0.01	[m]	

Plaxis versie	Plaxis 2D 2018.1		
Plaxis-file (automatisch)	D:\Box Sync\BG2964 VianenPPWW\BG2964 VianenPPWW Team\BG2964 Technical Data\2. Projectplan Waterwet\Geotechniek\calc_Vianen\VO Vianen_deklaag_-3_HS_sprong gws_geo1_v2_kruin.p2dx		
Ontwerpfase	MHW aan einde levensduur		
Mogelijke andere maatgevende situatie	nee		Onderbouwing in ontwerpnota
Rekening gehouden met fluideren/voorboren	nee		
Rekening gehouden met trillen (i.v.m. draagvermogen)	nee		

DAMWAND-specificaties			
Aangehouden damwandprofiel	AZ20-700		
Onderkant damwand	-12	m NAP	
Bovenkant damwand (maaiveldniveau na bodemdaling)	5.94	m NAP	
Locatie in dwarsprofiel (tekstueel)	5 m uit binnen kruin		
Elastisch weerstandsmoment	1945	[cm3/m1]	per strekkende meter damplank
Traagheidsmoment	40960	[cm4/m1]	per strekkende meter damplank
Staaldoorsnede	152	[cm2/m1]	per strekkende meter damplank
totaal eigen gewicht per strekkende meter damwand	119.0	[kN/m1]	per strekende meter damplank
Flensdikte tf (flens)	10	[mm]	
Flensdikte tw (lijf)	10	[mm]	
Hoogte damwand h	421	[mm]	
Hoek van lijf op flens	51.2	[o]	graden
Plankbreedte	700	[mm]	
Verfoppervlak	1.52	m2/m1]	per strekkende meter damplank
E_staal	210000000	[kN/m2]	
Profiel klasse tbv elastoplastisch rekenen	3	[-]	

Reductiefactor DbD traagheidsmoment	1.00	[-]	
Reductiefactor DbB weerstandsmoment	1.00	[-]	
Openingspercentage	0.0%	[%]	(20% indien enkel stabiliteitsscherm en 0% indien ook kwelschermfunctie)
fopen	1.00	[-]	
Corrosie damwand (optelling beide zijden)	2.4	[mm]	Conform BEEM

DAMWAND in Plaxis			
EA,damwand	3.19E+06	[kN/m1]	per strekende meter waterkering incl corrosie excl openingspercentage
EI,damwand	8.60E+04	[kNm2/m1]	per strekende meter waterkering incl corrosie excl openingspercentage

ANKERS	ja		
Aangehouden ankertype	Jetmix		
Buitendiameter	76.1	[mm]	
Wanddikte	17.5	[mm]	
Doorsnede (voor afroesting)	3222	[mm2]	
Corrosie ankerstang	1.2	[mm/zijde]	(in totaal 2.4 mm)
Acorr	2939	[mm2]	
Gemiddelde diameter anker (inclusief eventueel groutlichaam) t.b.v. zakkende grond	0.0761	[m]	
h.o.h.-afstand ankers	2.8	[m]	
Hoek van anker t.o.v. horizontaal	45	[o]	[graden]
Aansluitniveau op damwand	5.44	[m NAP]	

ANKER in Plaxis			
EAanker	676558	[kN]	
L-spacing	2.8	[m]	
Equivalent lenght	10	[m]	

RESULTATEN			
Kruinzakking stap SLS	0.01	[m]	
Uitbuiging in stap SLS	0.04	[m]	
vertikalen vervorming damwand SLS	0.00	[m]	
Uitbuiging in stap ULS	0.07	[m]	
vertikalen vervorming damwand ULS	0.00	[m]	
Fs;A;plx;ULS	206.6	[kN/m1]	per meter waterkering
Fs;A;plx;SLS	185.0	[kN/m1]	per meter waterkering
Fs;A;plx;ULS	579	[kN/anker]	
Fs;A;plx;SLS	518	[kN/anker]	
Ms;max;plx;ULS	333	[kNm/m1]	per meter waterkering
Vs;max;plx;ULS	142	[kN/m1]	per meter waterkering
Ns;max;plx;ULS	199	[kN/m1]	per meter waterkering
Ms;max;plx;SLS	208	[kNm/m1]	per meter waterkering
Vs;max;plx;SLS	121	[kN/m1]	per meter waterkering
Ns;max;plx;SLS	137	[kN/m1]	per meter waterkering

Toets vervormingen constructief versterkte waterkering	
Kruinzakking SLS < Toelaatbare kruinzakking SLS	voldoet
Uitbuiging in SLS < Toelaatbare uitbuiging damwand SLS	voldoet
verticale vervorming damwand in SLS < Toelaatbare verticale vervorming damwand SLS	voldoet
Uitbuiging in ULS < Toelaatbare uitbuiging damwand UGT	n.v.t.

Toets constructieve elementen			
Toets constructieve sterkte damwand	voldoet		
Normaalkracht niet uit verankering	67.00	[kN/m1]	per meter waterkering
Ns;d (voor zakkende grond op anker: zie onderste kader)	219.0	[kN/m1]	per meter waterkering
Ms;d	366.6	[kNm/m1]	per meter waterkering
Vs;d	382.8	[kNm/m1]	per meter waterkering
Wel;corr	0.001478	[m3/m1]	per meter wand
Acorr	0.011552	[m2/m1]	per meter wand
ss;dw;d	243	[N/mm2]	
fy;dw;d =	320	[N/mm2]	

Verificatieblad + Ontwerp Resultaten Verankerde Damwand conform POVM EEM

Project: Dijkversterking Vianen PPWW
Projectnummer: BG2964
Omschrijving: Ontwerp resultaten damwand

Datum: 11-12-18
Naam: JRO
Versie: 1



Controle op knik

Ned (5.2.3 EC3 deel 5)	286	[kN/m1]	per meter wand
Damwand in grond ingeklemd?	nee		
Ncr (5.2.3 EC3 deel 5)	48678	[kN/m1]	per meter wand
aparte controle t.a.v knik noodzakelijk (door constructeur)	Nee, knik mag worden verwaarloosd (rekenwaarde normaalkracht kleiner dan 4% van rekenwaarde knikkracht)		

Controle op dwarskracht

	voldoet		
Ved (5.2.2 (4) EC3 deel 5)	383	[kN/m1]	per meter wand
Vpl,Rd	580	[kN/m1]	per meter wand
aparte controle t.a.v knik lijf noodzakelijk (door constructeur) (5.2.2 (6) EC3 deel 5)	Ja		controle door constructeur noodzakelijk

Toets constructieve sterkte ankerstaaf

	voldoet		
totale kracht in staaf	860	[kN/anker]	
ss;A;d	292.8	[N/mm2]	
fy;A;d =	514	[N/mm2]	

Extra ankerkracht door zetting op ankerstangen op basis CUR 166-2 en ontwerprijtlijn stabiliteitsschermen (Geldig voor ankerdiameters van 0,12 m of kleiner)

voldaan aan maximale ankerstangdiameter

momenten in de ankerstang mogen worden verwaarloosd

Belastingfactor a

9

[ontwerprichtlijn]

Modelfactor b

24

[ontwerprichtlijn]

extra verhoging ankerkrachttoename i.v.m. ongunstige bodemopbouw

25%

[ontwerprichtlijn KIS]

Grondsoort

klei

(klei of zand)

Ongedraineerde schuifsterkte cu (inschatting conusweerstand/15)

60.00

[kPa]

geen zand

geen zand

geen zand

Belasting op ankerstang qz

45.7

[kN/m]

Bij schuin geplaatst anker dient de belasting diepteafhankelijk te worden bepaald (bij klei enkel relevant als cu wisselt).

Tevens hoeft enkel de belasting loodrecht op de ankerstang te worden meegenomen.

Belasting op ankerstang qz,loodrecht

32.29

[kN/m]

Lengte van het doorzakkende deel van de ankerstaaf L

8

[m]

lengte tot het zand

Axiale kracht in ankerstaaf F (resultaat Plaxis maal h.o.h.) UGT

579

[kN/anker]

Axiale kracht in ankerstaaf F (resultaat Plaxis maal h.o.h.) BGT

518

[kN/anker]

Axiale kracht in ankerstaaf F (resultaat Plaxis maal h.o.h.) BGT met anker uitval

777

[kN/anker]

Rekstijfheid ankerstang EAcorr

617261

[kN]

Buigstijfheid damwand Elcorr

86016

[kNm2/m]

horizontale beddingsconstante over 1 strekkende meter

4000

[kN/m2]

golflengte

3.045

[m]

autonome bodemdaling (gemiddeld)

0.050

[m]

maximale zakking door ophoging (tpv ankerstang)

0.000

[m]

Verwachte zakking

0.050

[m]

Geval 1 (doorbuiging kleiner dan zakking) (UGT)

0.000

[-]

moet ca 0 zijn

factor ankerkrachttoename a ingeschat

0.820

[-]

mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)

factor ankerkrachttoename a

0.820

[-]

maximale doorbuiging y0

0.20

[m]

volstaat geval 1

nee

dF_a

474.4

[kN/anker]

Geval 2 (maximale doorbuiging beperkt)

0.000

[-]

moet ca 0 zijn

n

3.98

[-]

factor ankerkrachttoename a ingeschat

0.131

[-]

mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)

factor ankerkrachttoename a

0.131

[-]

dF_a

75.9

[kN/anker]

Geval 1 (doorbuiging kleiner dan zakking) (BGT)

0.000

[-]

moet ca 0 zijn

factor ankerkrachttoename a ingeschat

0.973

[-]

mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)

factor ankerkrachttoename a

0.973

[-]

maximale doorbuiging y0

0.20

[m]

volstaat geval 1

nee

dF_a

562.8

[kN/anker]

Geval 2 (maximale doorbuiging beperkt)

0.000

[-]

moet ca 0 zijn

n

4.10

[-]

factor ankerkrachttoename a ingeschat

0.153

[-]

mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)

factor ankerkrachttoename a

0.153

[-]

dF_a

79.4

[kN/anker]

Geval 1 (doorbuiging kleiner dan zakking) (BGT met ankeruitval)

0.000

[-]

moet ca 0 zijn

factor ankerkrachttoename a ingeschat

0.499

[-]

mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)

factor ankerkrachttoename a

0.499

[-]

maximale doorbuiging y0

0.18

[m]

volstaat geval 1

nee

dF_a

387.9

[kN/anker]

Geval 2 (maximale doorbuiging beperkt)

0.000

[-]

moet ca 0 zijn

n

3.59

[-]

factor ankerkrachttoename a ingeschat

0.086

[-]

mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)

factor ankerkrachttoename a

0.086

[-]

dF_a

66.9

[kN/anker]

Faplx+zakkende grond UGT

673.4

[kN/anker]

Faplx+zakkende BGT

617.2

[kN/anker]

Faplx+zakkende BGT+ankeruitval

860.5

[kN/anker]

Toets uittrekkkracht groutlichaam Fr;A;gr;d > F;gr;d

ntb

Fr;A;gr;d

[kN/anker]

F;gr;d =

869

[kN/anker]

Benodigde groutlichaam ter bepaling leverancier/onderaannemer ankers

Gording ontwerp door constructeur op basis van:

Ontwerp door constructeur op basis: UGT	828	[kN/anker]	
Ontwerp door constructeur op basis: BGT	757	[kN/anker]	
Ontwerp door constructeur op basis: BGT ankeruitval	869	[kN/anker]	
h.o.h.	2.8	[m]	

Constructieve toets Damwanden				
Project:	Dijkversterking Vianen PPWW	Datum:	11-12-18	Blad 1 van 2
Projectnummer:	Dijkversterking Vianen PPWW	Naam:	JRO	
Omschrijving:	Check profiel klasse voor elastoplastisch rekenen	Versie:	2	



Toepassingsgebied
Spreadsheet is toepasbaar voor berekeningen van gereduceerde eigenschappen van damwandprofielen: Z-profielen

Uitgangspunten

Corrosie snelheden				
Corrosieafname is bepaald conform Handbook Quay-walls en CUR166 is hetzelfde als NEN-EN 1993-5:2008/NB:2012 art. 4.4, deze zijn hieronder weergegeven				
Levensduur		100 jaar		
Zijde 1	Grondzijde	1.2 mm	/	100 jaar
Zijde 2	Rivierzijde	1.2 mm	+	100 jaar
Totaal		2.4 mm	/	100 jaar

Traagheidsmoment on-aangetaste damwand				
type :	AZ20-700			
lengte plank	b	700 mm		
tot hoogte profiel	h	421 mm		
dikte horizontale delen	t	10 mm		
dikte schuine stuk	s	10 mm		
hoek schuine stuk		51.2 °		

Reductiefactoren voor profielgrootheden				
Onderstaand zijn de reductiefactoren weergegeven na een levensduur van: 100 jaar				
		<u>Per m1 (conform tabellen)</u>		<u>Per m1 (conform tabellen)</u>
	gcor		incl. corrosie afname	
A =	0.766 -	A = 152 cm2/m	A;corr =	117 cm2/m
G =	0.764 -	G = 119 kg/m2	G;corr =	91 kg/m2
Ixx =	0.770 -	Ixx = 40960 cm4/m	Ixx;corr =	31542 cm4/m
W =	0.775 -	W = 1945 cm3/m	W;corr =	1507 cm3/m
Wp =	0.775	Wp = 2296 cm3/m	Wp;corr =	1507 cm3/m

Bepaling opneembaar moment op damwanden				
Uitgangspunten				
Staalkwaliteit	S320GP			
vloeispanning	fy	320	(sheet alleen geldig voor Z-profielen)	
Treksterkte	fu	440		

Profielklasse is bepaald aan de hand van tabel 5-1 van de NEN-EN 1993-5				
epsilon	e	0.86		
Type profiel		Z		
Met corrosie				
Breedte van de flens	b	362		
Dikte van de flens	tf	7.6		
		56		
Profielklasse		3		
Indien van toepassing, toelaatbare spanning om in profielklasse 3 te vallen				
	b/tf	48		
toelaatbare epsion	e_toelaatbaar	0.72		
Toelaatbare spanning		320		
	e	0.85696		

Voor het bepalen van het moment is aangenomen dat voor profielklasse 4 de spanning wordt gereduceerd. Alternatieve methode is een plooi controle uitvoeren.

	MEd	367 kNm/m		
	VEd	383 kN/m		
	NEd	286 kN/m		
kniklente	L	10 m		
Factor voor scheve buig bB		1 [-]		
	bD	1 [-]		
Reductie voor meer dan 5 meter waterstands verschil	rp	1 [-]		
	Mc,Rd	482 kNm/m	(5.2) of (5.3)	
	c	530 mm	(figuur 5-1)	
	AV	3142 mm2	(5.6)	
		69.8	61.7	
relatieve stijfheid	λ	Dwarskracht plooi noodzakelijk		
		0.94	(5.8)	
	fbv	163 N/mm^2	(tabel 6-1 van de NEN-EN 1993-1-3)	
	Vb,Rd	731 kN/m	(5.7)	
	VPL,Rd	829 kN/m	(5.5)	
Dwarskracht meer dan 50% van VPL,Rd	VEd/VPL,f	0.46	<	0.5
formules 5.10 en 5.9 niet van toepassing				
	p	0.01 [-]	(5.10)	
	MV,Rd	482 kNm/m	(5.9)	
	NCR	6538 kN/m	(5.12)	
Controle of stabiliteitscontrole nodig is	NEd/NCR	0.044	>	0.04 (5.11)
Stabiliteitsconstroke nodig				
	λ	0.76 [-]	(5.13 toelichting)	
	NPL	3728 kN/m	(5.13 toelichting)	
	α	0.76 [-]	(Tabel 6.1 van de NEN-EN 1993-1-1 curve d)	
	φ	1.00 [-]	(6.49, toelichting NEN-EN 1993-1-1)	
	χ	0.61 [-]	(6.49 van de NEN-EN 1993-1-1)	
Controle stabiliteit Buiging en Normaalkracht				
Controle volgens 5,13		0.13 [-]	0.8741475	
Check of Normaalkracht meegenomen moet worden in controle moment				
	NEd/NPL;Rd	0.08	<	0.1
Normaalkracht hoeft NIET meegenomen worden in berekening				
	Mc,Rd	482	(5.2) of (5.3)	
	UC stabiliteit	0.13		
	UC sterkte, moment	0.76		
	UC sterkte, dwarskracht	0.52		
	UC sterkte, normaalkracht	0.08		
	UC sterkte, gecombineerd	0.76		
	UC totaal	0.76		

Verificatieblad + Ontwerp Resultaten Verankerde Damwand conform POVM EEM

Project: Dijkversterking Vianen PPWW
Projectnummer: BG2964
Omschrijving: Ontwerp resultaten damwand

Datum: 11-12-18
Naam: JRO
Versie: 1



GEOvak		Vianen deklaag -3, damwand in talud
Dijktraject		vy 61
Locatie		binnen talud
Richtlijn	BEEM	OSWP/BEEM
gEEM;g(str)	1.26	(dit is exclusief schematiseringsfactor)

Schematiseringsfactor

Geotechnische instabiliteit (yb;geo)	1.1	[-]	
Snedekrachten damwand (yb;str;dw)	1.1	[-]	
Snedekrachten anker (yb;str;ank)	1.1	[-]	

binnenzijde dijk

Toelaatbare kruinzakking SLS	0.1	[m]	
Toelaatbare uitbuiging damwand SLS	0.1794	[m]	
Toelaatbare verticale vervorming damwand SLS	0.01	[m]	
Plaxis phase SLS	7	[-]	echo phases plaxis
Plaxis phase ULS	8	[-]	echo phases plaxis

Plaxis versie	Plaxis 2D 2018.1		
Plaxis-file (automatisch)	D:\Box Sync\BG2964 VianenPPWW\BG2964 VianenPPWW Team\BG2964 Technical Data\2. Projectplan Waterwet\Geote		
Ontwerpfase	MHW aan einde levensduur		
Mogelijke andere maatgevende situatie	nee		Onderbouwing in ontwerpnota
Rekening gehouden met fluideren/voorboren	nee		
Rekening gehouden met trillen (i.v.m. draagvermogen)	nee		

DAMWAND-specificaties

Aangehouden damwandprofiel	AZ20-700		
Onderkant damwand	-12	m NAP	
Bovenkant damwand (maaiveldniveau na bodemdaling)	5.94	m NAP	
Locatie in dwarsprofiel (tekstueel)	5 m uit binnen kruin		
Elastisch weerstandsmoment	1945	[cm3/m1]	per strekkende meter damplank
Traagheidsmoment	40960	[cm4/m1]	per strekkende meter damplank
Staaldoorsnede	152	[cm2/m1]	per strekkende meter damplank
totaal eigen gewicht per strekkende meter damwand	119.0	[kN/m1]	per strekende meter damplank
Flensdikte tf (flens)	10	[mm]	
Flensdikte tw (lijf)	10	[mm]	
Hoogte damwand h	421	[mm]	
Hoek van lijf op flens	51.2	[o]	graden
Plankbreedte	700	[mm]	
Verfoppervlak	1.52	m2/m1]	per strekkende meter damplank
E_staal	210000000	[kN/m2]	
Profiel klasse tbv elastoplastisch rekenen	3	[-]	

Reductiefactor DbD traagheidsmoment	1.00	[-]	
Reductiefactor DbB weerstandsmoment	1.00	[-]	
Openingspercentage	0.0%	[%]	(20% indien enkel stabiliteitsscherm en 0% indien ook kwelschermfunctie)
fopen	1.00	[-]	
Corrosie damwand (optelling beide zijden)	2.4	[mm]	Conform OSPW

DAMWAND in Plaxis

EA,damwand	3.19E+06	[kN/m1]	per strekende meter waterkering incl corrosie excl openingspercentage
EI,damwand	8.60E+04	[kNm2/m1]	per strekende meter waterkering incl corrosie excl openingspercentage

ANKERS	ja		
Aangehouden ankertype	Jetmix		
Buitendiameter	76.1	[mm]	
Wanddikte	17.5	[mm]	
Doorsnede (voor afroesting)	3222	[mm2]	
Corrosie ankerstang	1.2	[mm/zijde]	(in totaal 2.4 mm)
Acorr	2939	[mm2]	
Gemiddelde diameter anker (inclusief eventueel groutlichaam) t.b.v. zakkende grond	0.0761	[m]	
h.o.h.-afstand ankers	2.8	[m]	
Hoek van anker t.o.v. horizontaal	45	[o]	[graden]
Aansluitniveau op damwand	5.44	[m NAP]	

ANKER in Plaxis

EAanker	676558	[kN]	
L-spacing	2.8	[m]	
Equivalent lenght	10	[m]	

BEREKENING

Ingreep nodig om restprofiel voldoende stabiel te krijgen	nee		
Ingreep nodig om niet relevant deel stabiel te krijgen	nee		
Afwijkingen in berekeningsfasering	nee		
Rekenstappen met afwijkende Calculation control (welke en waarom)	nee		
Bij oprijfconditie korrelspanning grensvlak rond de 0 kPa?	ja		Onderbouwd in Ontwerpnota
Invloed op resultaten bij grotere meshfijnheid	nee		
Invloed op resultaten bij aanpassing van randen	nee		

RESULTATEN

Kruinzakking stap SLS	0.01	[m]	
Uitbuiging in stap SLS	0.04	[m]	
vertikalen vervorming damwand SLS	0.00	[m]	
Uitbuiging in stap ULS	0.06	[m]	
vertikalen vervorming damwand ULS	0.00	[m]	
Fs;A;plx;ULS	317.4	[kN/m1]	per meter waterkering
Fs;A;plx;SLS	269.8	[kN/m1]	per meter waterkering
Fs;A;plx;ULS	889	[kN/anker]	
Fs;A;plx;SLS	755	[kN/anker]	
Ms;max;plx;ULS	358	[kNm/m1]	per meter waterkering
Vs;max;plx;ULS	184	[kN/m1]	per meter waterkering
Ns;max;plx;ULS	278	[kN/m1]	per meter waterkering
Ms;max;plx;SLS	252	[kNm/m1]	per meter waterkering
Vs;max;plx;SLS	144	[kN/m1]	per meter waterkering
Ns;max;plx;SLS	211	[kN/m1]	per meter waterkering

Toets vervormingen constructief versterkte waterkering

Kruinzakking SLS < Toelaatbare kruinzakking SLS	voldoet
Uitbuiging in SLS < Toelaatbare uitbuiging damwand SLS	voldoet
verticale vervorming damwand in SLS < Toelaatbare verticale vervorming damwand SLS	voldoet
Uitbuiging in ULS < Toelaatbare uitbuiging damwand UGT	n.v.t.

Toets constructieve elementen

Toets constructieve sterkte damwand	voldoet		
Normaalkracht niet uit verankering	68.38	[kN/m1]	per meter waterkering
Ns;d (voor zakkende grond op anker: zie onderste kader)	306.3	[kN/m1]	per meter waterkering
Ms;d	393.3	[kNm/m1]	per meter waterkering
Vs;d	486.4	[kNm/m1]	per meter waterkering
Wel;corr	0.001478	[m3/m1]	per meter wand
Acorr	0.011552	[m2/m1]	per meter wand
ss;dw;d	299	[N/mm2]	
fy;dw;d =	320	[N/mm2]	

Verificatieblad + Ontwerp Resultaten Verankerde Damwand conform POVM EEM

Project: Dijkversterking Vianen PPWW
Projectnummer: BG2964
Omschrijving: Ontwerp resultaten damwand

Datum: 11-12-18
Naam: JRO
Versie: 1



Controle op knik			
Ned (5.2.3 EC3 deel 5)	375	[kN/m1]	per meter wand
Damwand in grond ingeklemd?	ja		
Ncr (5.2.3 EC3 deel 5)	69540	[kN/m1]	per meter wand
aparte controle t.a.v knik noodzakelijk (door constructeur)	Nee, knik mag worden verwaarloosd (rekenwaarde normaalkracht kleiner dan 4% van rekenwaarde knikkracht)		

Controle op dwarskracht	voldoet		
Ved (5.2.2 (4) EC3 deel 5)	486	[kN/m1]	per meter wand
Vpl,Rd	580	[kN/m1]	per meter wand
aparte controle t.a.v knik lijf noodzakelijk (door constructeur) (5.2.2 (6) EC3 deel 5)	Ja		controle door constructeur noodzakelijk

Toets constructieve sterkte ankerstaaf	voldoet		
totale kracht in staaf	1209	[kN/anker]	
ss;A;d	411.4	[N/mm2]	
fy;A;d =	514	[N/mm2]	

Extra ankerkracht door zetting op ankerstangen op basis CUR 166-2 en ontwerprichtlijn stabiliteitsschermen (Geldig voor ankerdiameters van 0,12 m of kleiner)			
voldaan aan maximale ankerstangdiameter			
momenten in de ankerstang mogen worden verwaarloosd			
Belastingfactor a	9		[ontwerprichtlijn]
Modelfactor b	24		[ontwerprichtlijn]
extra verhoging ankerkrachttoename i.v.m. ongunstige bodemopbouw	25%		[ontwerprichtlijn K15]
Grondsoort	klei		(klei of zand)
Ongedraineerde schuifsterkte cu (inschatting conusweerstand/15)	60.00	[kPa]	
			geen zand
			geen zand
			geen zand
Belasting op ankerstang qz	45.7	[kN/m]	
Bij schuin geplaatst anker dient de belasting diepteafhankelijk te worden bepaald (bij klei enkel relevant als cu wisselt).			
Tevens hoeft enkel de belasting loodrecht op de ankerstang te worden meegenomen.			
Belasting op ankerstang qz,loodrecht	32.29	[kN/m]	
Lengte van het doorzakkende deel van de ankerstaaf L	8	[m]	lengte tot het zand
Axiale kracht in ankerstaaf F (resultaat Plaxis maal h.o.h.) UGT	889	[kN/anker]	
Axiale kracht in ankerstaaf F (resultaat Plaxis maal h.o.h.) BGT	755	[kN/anker]	
Axiale kracht in ankerstaaf F (resultaat Plaxis maal h.o.h.) BGT met anker uitval	1133	[kN/anker]	
Rekstijfheid ankerstang EAcorr	617261	[kN]	
Buigstijfheid damwand Elcorr	86016	[kNm2/m]	
horizontale beddingsconstante over 1 strekkende meter	4000	[kN/m2]	
golflengte	3.045	[m]	
autonome bodemdaling (gemiddeld)	0.050	[m]	
maximale zakking door ophoging (tpv ankerstang)	0.000	[m]	
Verwachte zakking	0.050	[m]	
<u>Geval 1 (doorbuiging kleiner dan zakking) (UGT)</u>			
factor ankerkrachttoename a ingeschat	0.000	[-]	moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a	0.389	[-]	mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
maximale doorbuiging y0	0.389	[-]	
volstaat geval 1	0.17	[m]	
dF_a	nee		
	345.5	[kN/anker]	
<u>Geval 2 (maximale doorbuiging beperkt)</u>			
n	0.000	[-]	moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a ingeschat	3.39	[-]	
factor ankerkrachttoename a	0.071	[-]	mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
dF_a	0.071	[-]	
	63.0	[kN/anker]	
<u>Geval 1 (doorbuiging kleiner dan zakking) (BGT)</u>			
factor ankerkrachttoename a ingeschat	0.000	[-]	moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a	0.525	[-]	mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
maximale doorbuiging y0	0.525	[-]	
volstaat geval 1	0.18	[m]	
dF_a	nee		
	466.4	[kN/anker]	
<u>Geval 2 (maximale doorbuiging beperkt)</u>			
n	0.000	[-]	moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a ingeschat	3.63	[-]	
factor ankerkrachttoename a	0.090	[-]	mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
dF_a	0.090	[-]	
	67.7	[kN/anker]	
<u>Geval 1 (doorbuiging kleiner dan zakking) (BGT met ankeruitval)</u>			
factor ankerkrachttoename a ingeschat	0.000	[-]	moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a	0.236	[-]	mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
maximale doorbuiging y0	0.237	[-]	
volstaat geval 1	0.15	[m]	
dF_a	nee		
	268.0	[kN/anker]	
<u>Geval 2 (maximale doorbuiging beperkt)</u>			
n	0.000	[-]	moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a ingeschat	2.99	[-]	
factor ankerkrachttoename a	0.050	[-]	mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
dF_a	0.050	[-]	
	56.3	[kN/anker]	
Faplx+zakkende grond UGT	967.3	[kN/anker]	
Faplx+zakkende BGT	840.1	[kN/anker]	
Faplx+zakkende BGT+ankeruitval	1203.6	[kN/anker]	

Toets uittrekracht groutlichaam Fr;A;gr;d > F;gr;d	ntb		
Fr;A;gr;d		[kN/anker]	
F;gr;d =	1211	[kN/anker]	

Benodigde groutlichaam ter bepaling leverancier/onderaannemer ankers

Gording ontwerp door constructeur op basis van:			
Ontwerp door constructeur op basis: UGT	1197	[kN/anker]	
Ontwerp door constructeur op basis: BGT	1037	[kN/anker]	
Ontwerp door constructeur op basis: BGT ankeruitval	1211	[kN/anker]	
h.o.h.	2.8	[m]	

Constructieve toets Damwanden									
Project:		Dijkversterking Vianen		Datum:		11-12-18		Blad 1 van 2	
Projectnummer:		BG2964		Naam:		JRO			
Omschrijving:		Check profiel klasse voor elastoplastisch rekenen		Versie:		2			
									
Toepassingsgebied									
Spreadsheet is toepasbaar voor berekeningen van gereduceerde eigenschappen van damwandprofielen: Z-profielen									
Uitgangspunten									
Corrosie snelheden Corrosieafname is bepaald conform Handbook Quay-walls en CUR166 is hetzelfde als NEN-EN 1993-5:2008/NB:2012 art. 4.4, deze zijn hieronder weergegeven									
Levensduur				100 jaar					
Zijde 1	Grondzijde			1.2 mm		/		100 jaar	
Zijde 2	Rivierzijde			1.2 mm		+		100 jaar	
Totaal				2.4 mm		/		100 jaar	
Traagheidsmoment on-aangetaste damwand									
type : AZ20-700									
lengte plank		b		700 mm					
tot hoogte profiel		h		421 mm					
dikte horizontale delen		t		10 mm					
dikte schuine stuk		s		10 mm					
hoek schuine stuk				51.2 °					
Reductiefactoren voor profielgrootheden									
Onderstaand zijn de reductiefactoren weergegeven na een levensduur van: 100 jaar									
		gcor		<u>Per m1 (conform tabellen)</u>		<u>Per m1 (conform tabellen)</u>		incl. corrosie afname	
A =		0.766 -		A = 152 cm2/m		A;corr =		117 cm2/m	
G =		0.764 -		G = 119 kg/m2		G;corr =		91 kg/m2	
Ixx =		0.770 -		Ixx = 40960 cm4/m		Ixx;corr =		31542 cm4/m	
W =		0.775 -		W = 1945 cm3/m		W;corr =		1507 cm3/m	
Wp =		0.775		Wp = 2296 cm3/m		Wp;corr =		1507 cm3/m	
Bepaling opneembaar moment op damwanden									
Uitgangspunten									
Staalkwaliteit		S320GP							
vloeispanning		fy		320		(sheet alleen geldig voor Z-profielen)			
Treksterkte		fu		440					
Profielklasse is bepaald aan de hand van tabel 5-1 van de NEN-EN 1993-5									
epsilon		e		0.86					
Type profiel				Z					
Met corrosie									
Breedte van de flens		b		362					
Dikte van de flens		tf		7.6					
				56					
Profielklasse				3					
Indien van toepassing, toelaatbare spanning om in profielklasse 3 te vallen									
		b/tf		48					
toelaatbare epsion		e_toelaatbaar		0.72					
Toelaatbare spanning				320					
		e		0.85696					
Voor het bepalen van het moment is aangenomen dat voor profielklasse 4 de spanning wordt gereduceerd. Alternatieve methode is een plooi controle uitvoeren.									
		MEd		393 kNm/m					
		VEd		486 kN/m					
		NEd		375 kN/m					
kniklente		L		10 m					
Factor voor scheve buig bB				1 [-]					
		bD		1 [-]					
Reductie voor meer dan 5 meter waterstands verschil				1 [-]					
		rp							
		Mc,Rd		482 kNm/m		(5.2) of (5.3)			
		c		530 mm		(figuur 5-1)			
		AV		3142 mm2		(5.6)			
				69.8		61.7			
				Dwarskracht plooï noodzakelijk					
relatieve stijfheid		λ		0.94		(5.8)			
		ftbv		163 N/mm^2		(tabel 6-1 van de NEN-EN 1993-1-3)			
		Vb,Rd		731 kN/m		(5.7)			
		VPL,Rd		829 kN/m		(5.5)			
Dwarskracht meer dan 50% van VPL,Rd		VEd/VPL,f		0.59		>		0.5	
formules hieronder van toepassing									
		p		0.03 [-]		(5.10)			
		MV,Rd		480 kNm/m		(5.9)			
		NCR		6538 kN/m		(5.12)			
Controle of stabiliteitscontrole nodig is		NEd/NCR		0.057		>		0.04 (5.11)	
Stabiliteitsconstrole nodig									
		λ		0.76 [-]		(5.13 toelichting)			
		NPL		3728 kN/m		(5.13 toelichting)			
		α		0.76 [-]		(Tabel 6.1 van de NEN-EN 1993-1-1 curve d)			
		φ		1.00 [-]		(6.49, toelichting NEN-EN 1993-1-1)			
		χ		0.61 [-]		(6.49 van de NEN-EN 1993-1-1)			
Controle stabiliteit Buiging en Normaalkracht									
Controle volgens 5,13				0.17 [-]		0.9379357			
Check of Normaalkracht meegenomen moet worden in controle moment									
		NEd/NPL;Rd		0.10		>		0.1	
Normaalkracht moet WEL meegenomen worden in berekening									
		MN,V,RD		421		(5.20) of (5.22) met reductie volgens 5.2.3 (12)			
		UC stabiliteit		0.17					
		UC sterkte, moment		0.82					
		UC sterkte, dwarskracht		0.67					
		UC sterkte, normaalkracht		0.10					
		UC sterkte, gecombineerd		0.93					
		UC totaal		0.93					

Verificatieblad + Ontwerp Resultaten Verankerde Damwand conform POVM EEM

Project: Dijkversterking Vianen PPWW
Projectnummer: BG2964
Omschrijving: Ontwerp resultaten damwand

Datum: 11-12-18
Naam: JRO
Versie: 1



	GEOvak		Vianen deklaag -3, damwand in binnen kruin + voorboren
	Dijktraject		vy 61
	Locatie		binnen talud
	Richtlijn	BEEM	OSWP/BEEM
	gEEM;g(str)	1.26	(dit is exclusief schematiseringsfactor)
Schematiseringsfactor			Opmerkingen
Geotechnische instabiliteit (yb;geo)	1.1	[-]	
Snedekrachten damwand (yb;str;dw)	1.1	[-]	
Snedekrachten anker (yb;str;ank)	1.1	[-]	

binnenzijde dijk			
Toelaatbare kruinzakking SLS	0.1	[m]	
Toelaatbare uitbuiging damwand SLS	0.1794	[m]	
Toelaatbare verticale vervorming damwand SLS	0.01	[m]	

Plaxis versie	Plaxis 2D 2018.1		
Plaxis-file (automatisch)	D:\Box Sync\BG2964 VianenPPWW\BG2964 VianenPPWW Team\BG2964 Technical Data\2. Projectplan Waterwet\Geotechniek\calc_Vianen\VO Vianen_deklaag_-3_HS_sprong gws_geo1_v2_SSC_VB.p2dx		
Ontwerpfase	MHW aan einde levensduur		
Mogelijke andere maatgevende situatie	nee		Onderbouwing in ontwerpnota
Rekening gehouden met fluideren/voorboren	nee		
Rekening gehouden met trillen (i.v.m. draagvermogen)	nee		

DAMWAND-specificaties			
Aangehouden damwandprofiel	AZ20-700		
Onderkant damwand	-12	m NAP	
Bovenkant damwand (maaiVELdniveau na bodemdaling)	5.94	m NAP	
Locatie in dwarsprofiel (tekstueel)	in binnen kruin		
Elastisch weerstandsmoment	1945	[cm3/m1]	per strekkende meter damplank
Traagheidsmoment	40960	[cm4/m1]	per strekkende meter damplank
Staaldoorsnede	152	[cm2/m1]	per strekkende meter damplank
totaal eigen gewicht per strekkende meter damwand	119.0	[kN/m1]	per strekende meter damplank
Flensdikte tf (flens)	10	[mm]	
Flensdikte tw (lijf)	10	[mm]	
Hoogte damwand h	421	[mm]	
Hoek van lijf op flens	51.2	[o]	graden
Plankbreedte	700	[mm]	
Verfoppervlak	1.52	m2/m1]	per strekkende meter damplank
E_staal	210000000	[kN/m2]	
Profiel klasse tbv elastoplastisch rekenen	3	[-]	
Reductiefactor DbD traagheidsmoment	1.00	[-]	
Reductiefactor DbB weerstandsmoment	1.00	[-]	
Openingspercentage	0.0%	[%]	(20% indien enkel stabiliteitsscherm en 0% indien ook kwelschermfunctie)
fopen	1.00	[-]	
Corrosie damwand (optelling beide zijden)	2.4	[mm]	Conform OSPW

DAMWAND in Plaxis			
EA,damwand	3.19E+06	[kN/m1]	per strekende meter waterkering incl corrosie excl openingspercentage
EI,damwand	8.60E+04	[kNm2/m1]	per strekende meter waterkering incl corrosie excl openingspercentage

ANKERS	ja		
Aangehouden ankertype	Jetmix		
Buitendiameter	76.1	[mm]	
Wanddikte	17.5	[mm]	
Doorsnede (voor afroesting)	3222	[mm2]	
Corrosie ankerstang	1.2	[mm/zijde]	(in totaal 2.4 mm)
Acorr	2939	[mm2]	
Gemiddelde diameter anker (inclusief eventueel groutlichaam) t.b.v. zakkende grond	0.0761	[m]	
h.o.h.-afstand ankers	2.8	[m]	
Hoek van anker t.o.v. horizontaal	45	[o]	[graden]
Aansluitniveau op damwand	5.44	[m NAP]	

ANKER in Plaxis			
EAanker	676558	[kN]	
L-spacing	2.8	[m]	
Equivalent lenght	10	[m]	

BEREKENING			
Ingrep nodig om restprofiel voldoende stabiel te krijgen	nee		
Ingrep nodig om niet relevant deel stabiel te krijgen	nee		
Afwijkingen in berekeningsfasering	nee		
Rekenstappen met afwijkende Calculation control (welke en waarom)	nee		
Bij oprijfconditie korrelspanning grensvlak rond de 0 kPa?	ja		Onderbouwd in Ontwerpnota
Invloed op resultaten bij grotere meshfijnheid	nee		
Invloed op resultaten bij aanpassing van randen	nee		

RESULTATEN			
Kruinzakking stap SLS	0.01	[m]	
Uitbuiging in stap SLS	0.05	[m]	
vertikalen vervorming damwand SLS	0.00	[m]	
Uitbuiging in stap ULS	0.12	[m]	
vertikalen vervorming damwand ULS	-0.05	[m]	
Fs;A;plx;ULS	331.1	[kN/m1]	per meter waterkering
Fs;A;plx;SLS	265.7	[kN/m1]	per meter waterkering
Fs;A;plx;ULS	927	[kN/anker]	
Fs;A;plx;SLS	744	[kN/anker]	
Ms;max;plx;ULS	453	[kNm/m1]	per meter waterkering
Vs;max;plx;ULS	197	[kN/m1]	per meter waterkering
Ns;max;plx;ULS	263	[kN/m1]	per meter waterkering
Ms;max;plx;SLS	278	[kNm/m1]	per meter waterkering
Vs;max;plx;SLS	145	[kN/m1]	per meter waterkering
Ns;max;plx;SLS	214	[kN/m1]	per meter waterkering

Toets vervormingen constructief versterkte waterkering	
Kruinzakking SLS < Toelaatbare kruinzakking SLS	voldoet
Uitbuiging in SLS < Toelaatbare uitbuiging damwand SLS	voldoet
verticale vervorming damwand in SLS < Toelaatbare verticale vervorming damwand SLS	voldoet
Uitbuiging in ULS < Toelaatbare uitbuiging damwand UGT	n.v.t.

Toets constructieve elementen			
Toets constructieve sterkte damwand	voldoet		
Normaalkracht niet uit verankering	36.70	[kN/m1]	per meter waterkering
Ns;d (voor zakkende grond op anker: zie onderste kader)	289.4	[kN/m1]	per meter waterkering
Ms;d	498.6	[kNm/m1]	per meter waterkering
Vs;d	520.9	[kNm/m1]	per meter waterkering
Wel;corr	0.001478	[m3/m1]	per meter wand
Acorr	0.011552	[m2/m1]	per meter wand
ss;dw;d	332	[N/mm2]	
fy;dw;d =	355	[N/mm2]	

Verificatieblad + Ontwerp Resultaten Verankerde Damwand conform POVM EEM

Project: Dijkversterking Vianen PPWW
Projectnummer: BG2964
Omschrijving: Ontwerp resultaten damwand

Datum: 11-12-18
Naam: JRO
Versie: 1



Controle op knik			
Ned (5.2.3 EC3 deel 5)	326	[kN/m1]	per meter wand
Damwand in grond ingeklemd?	ja		
Ncr (5.2.3 EC3 deel 5)	69540	[kN/m1]	per meter wand
aparte controle t.a.v knik noodzakelijk (door constructeur)	Nee, knik mag worden verwaarloosd (rekenwaarde normaalkracht kleiner dan 4% van rekenwaarde knikkracht)		

Controle op dwarskracht			
Ved (5.2.2 (4) EC3 deel 5)	521	[kN/m1]	per meter wand
Vpl,Rd	644	[kN/m1]	per meter wand
aparte controle t.a.v knik lijf noodzakelijk (door constructeur) (5.2.2 (6) EC3 deel 5)	Ja		controle door constructeur noodzakelijk

Toets constructieve sterkte ankerstaaf			
totale kracht in staaf	1255	[kN/anker]	
ss;A;d	427.1	[N/mm2]	
fy;A;d =	514	[N/mm2]	

Extra ankerkracht door zetting op ankerstangen op basis CUR 166-2 en ontwerprichtlijn stabiliteitsschermen (Geldig voor ankerdiameters van 0,12 m of kleiner)		
voldaan aan maximale ankerstangdiameter		
momenten in de ankerstang mogen worden verwaarloosd		
Belastingfactor a	9	[ontwerprichtlijn]
Modelfactor b	24	[ontwerprichtlijn]
extra verhoging ankerkrachttoename i.v.m. ongunstige bodemopbouw	25%	[ontwerprichtlijn K15]
Grondsoort	klei	(klei of zand)
Ongedraineerde schuifsterkte cu (inschatting conusweerstand/15)	60.00	[kPa]
		geen zand
		geen zand
		geen zand
Belasting op ankerstang qz	45.7	[kN/m]
Bij schuin geplaatst anker dient de belasting diepteafhankelijk te worden bepaald (bij klei enkel relevant als cu wisselt).		
Tevens hoeft enkel de belasting loodrecht op de ankerstang te worden meegenomen.		
Belasting op ankerstang qz,loodrecht	32.29	[kN/m]
Lengte van het doorzakkende deel van de ankerstaaf L	8	[m] lengte tot het zand
Axiale kracht in ankerstaaf F (resultaat Plaxis maal h.o.h.) UGT	927	[kN/anker]
Axiale kracht in ankerstaaf F (resultaat Plaxis maal h.o.h.) BGT	744	[kN/anker]
Axiale kracht in ankerstaaf F (resultaat Plaxis maal h.o.h.) BGT met anker uitval	1116	[kN/anker]
Rekstijfheid ankerstang EAcorr	617261	[kN]
Buigstijfheid damwand Elcorr	86016	[kNm2/m]
horizontale beddingsconstante over 1 strekkende meter	4000	[kN/m2]
golflengte	3.045	[m]
autonome bodemdaling (gemiddeld)	0.050	[m]
maximale zakking door ophoging (tpv ankerstang)	0.000	[m]
Verwachte zakking	0.050	[m]
<u>Geval 1 (doorbuiging kleiner dan zakking) (UGT)</u>		
factor ankerkrachttoename a ingeschat	0.000	[-] moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a	0.358	[-] mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
maximale doorbuiging y0	0.358	[-]
volstaat geval 1	0.17	[m]
dF_a	nee	
	332.0	[kN/anker]
<u>Geval 2 (maximale doorbuiging beperkt)</u>		
n	0.000	[-] moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a ingeschat	3.33	[-]
factor ankerkrachttoename a	0.067	[-] mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
dF_a	0.067	[-]
	61.8	[kN/anker]
<u>Geval 1 (doorbuiging kleiner dan zakking) (BGT)</u>		
factor ankerkrachttoename a ingeschat	0.000	[-] moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a	0.539	[-] mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
maximale doorbuiging y0	0.539	[-]
volstaat geval 1	0.18	[m]
dF_a	nee	
	499.9	[kN/anker]
<u>Geval 2 (maximale doorbuiging beperkt)</u>		
n	0.000	[-] moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a ingeschat	3.66	[-]
factor ankerkrachttoename a	0.092	[-] mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
dF_a	0.092	[-]
	68.1	[kN/anker]
<u>Geval 1 (doorbuiging kleiner dan zakking) (BGT met ankeruitval)</u>		
factor ankerkrachttoename a ingeschat	0.000	[-] moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a	0.244	[-] mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
maximale doorbuiging y0	0.244	[-]
volstaat geval 1	0.15	[m]
dF_a	nee	
	272.8	[kN/anker]
<u>Geval 2 (maximale doorbuiging beperkt)</u>		
n	0.000	[-] moet ca 0 zijn
factor ankerkrachttoename a ingeschat	3.01	[-]
factor ankerkrachttoename a	0.051	[-] mag niet afwijken van werkelijke waarde (iteratief)
dF_a	0.051	[-]
	56.7	[kN/anker]
Faplx+zakkende grond UGT	1004.2	[kN/anker]
Faplx+zakkende BGT	829.2	[kN/anker]
Faplx+zakkende BGT+ankeruitval	1186.9	[kN/anker]

Toets uittrekracht groutlichaam Fr;A;gr;d > F;gr;d	ntb		
Fr;A;gr;d		[kN/anker]	
F;gr;d =	1244	[kN/anker]	

Benodigde groutlichaam ter bepaling leverancier/onderaannemer ankers

Gording ontwerp door constructeur op basis van:		
Ontwerp door constructeur op basis: UGT	1244	[kN/anker]
Ontwerp door constructeur op basis: BGT	1024	[kN/anker]
Ontwerp door constructeur op basis: BGT ankeruitval	1194	[kN/anker]
h.o.h.	2.8	[m]

Constructieve toets Damwanden									
Project:		Dijkversterking Vianen		Datum:		11-12-18		Blad 1 van 2	
Projectnummer:		BG2964		Naam:		JRO			
Omschrijving:		Check profiel klasse voor elastoplastisch rekenen		Versie:		2			
									
Toepassingsgebied									
Spreadsheet is toepasbaar voor berekeningen van gereduceerde eigenschappen van damwandprofielen: Z-profielen									
Uitgangspunten									
Corrosie snelheden Corrosieafname is bepaald conform Handbook Quay-walls en CUR166 is hetzelfde als NEN-EN 1993-5:2008/NB:2012 art. 4.4, deze zijn hieronder weergegeven									
Levensduur				100 jaar					
Zijde 1	Grondzijde			1.2 mm		/		100 jaar	
Zijde 2	Rivierzijde			1.2 mm		+ /		100 jaar	
Totaal				2.4 mm		/		100 jaar	
Traagheidsmoment on-aangetaste damwand									
type : AZ20-700									
lengte plank		b		700 mm					
tot hoogte profiel		h		421 mm					
dikte horizontale delen		t		10 mm					
dikte schuine stuk		s		10 mm					
hoek schuine stuk				51.2 °					
Reductiefactoren voor profielgrootheden									
Onderstaand zijn de reductiefactoren weergegeven na een levensduur van: 100 jaar									
				<u>Per m1 (conform tabellen)</u>		<u>Per m1 (conform tabellen)</u>			
		gcor				incl. corrosie afname			
A =		0.766 -		A = 152 cm2/m		A;corr = 117 cm2/m			
G =		0.764 -		G = 119 kg/m2		G;corr = 91 kg/m2			
Ixx =		0.770 -		Ixx = 40960 cm4/m		Ixx;corr = 31542 cm4/m			
W =		0.775 -		W = 1945 cm3/m		W;corr = 1507 cm3/m			
Wp =		0.775		Wp = 2296 cm3/m		Wp;corr = 1507 cm3/m			
Bepaling opneembaar moment op damwanden									
Uitgangspunten									
Staalkwaliteit		S355GP							
vloeispanning		fy		355		(sheet alleen geldig voor Z-profielen)			
Treksterkte		fu		480					
Profielklasse is bepaald aan de hand van tabel 5-1 van de NEN-EN 1993-5									
epsilon		e		0.81					
Type profiel				Z					
Met corrosie									
Breedte van de flens		b		362					
Dikte van de flens		tf		7.6					
				58					
Profielklasse				3					
Indien van toepassing, toelaatbare spanning om in profielklasse 3 te vallen									
		b/tf		48					
toelaatbare epsion		e_toelaatbaar		0.72					
Toelaatbare spanning				355					
		e		0.81362					
Voor het bepalen van het moment is aangenomen dat voor profielklasse 4 de spanning wordt gereduceerd. Alternatieve methode is een plooi controle uitvoeren.									
		MEd		499 kNm/m					
		VEd		521 kN/m					
		NEd		326 kN/m					
kniklente		L		10 m					
Factor voor scheve buig bB				1 [-]					
		bD		1 [-]					
Reductie voor meer dan 5 meter waterstands verschil				1 [-]					
		rp							
		Mc,Rd		535 kNm/m		(5.2) of (5.3)			
		c		530 mm		(figuur 5-1)			
		AV		3142 mm2		(5.6)			
				69.8		58.6			
				Dwarskracht plooï noodzakelijk					
relatieve stijfheid		λ		0.99		(5.8)			
		ftbv		172 N/mm^2		(tabel 6-1 van de NEN-EN 1993-1-3)			
		Vb,Rd		770 kN/m		(5.7)			
		VPL,Rd		920 kN/m		(5.5)			
Dwarskracht meer dan 50% van VPL,Rd		VEd/VPL,f		0.57		>		0.5	
formules hieronder van toepassing									
		p		0.02 [-]		(5.10)			
		MV,Rd		534 kNm/m		(5.9)			
		NCR		6538 kN/m		(5.12)			
Controle of stabiliteitscontrole nodig is		NEd/NCR		0.050		>		0.04 (5.11)	
Stabiliteitsconstrole nodig									
		λ		0.80 [-]		(5.13 toelichting)			
		NPL		4136 kN/m		(5.13 toelichting)			
		α		0.76 [-]		(Tabel 6.1 van de NEN-EN 1993-1-1 curve d)			
		φ		1.04 [-]		(6.49, toelichting NEN-EN 1993-1-1)			
		χ		0.58 [-]		(6.49 van de NEN-EN 1993-1-1)			
Controle stabiliteit Buiging en Normaalkracht									
Controle volgens 5,13				0.14 [-]		1.0718036			
Check of Normaalkracht meegenomen moet worden in controle moment									
		NEd/NPL;Rd		0.08		<		0.1	
Normaalkracht hoeft NIET meegenomen worden in berekening									
		MV,Rd		534		(5.9)			
		UC stabiliteit		0.14					
		UC sterkte, moment		0.93					
		UC sterkte, dwarskracht		0.01					
		UC sterkte, normaalkracht		0.08					
		UC sterkte, gecombineerd		0.93					
		UC totaal		0.93					