

Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer

Onderzoeksvraag 2: Veiligheidsbenadering

projectnummer 413509
definitief revisie 02
1 maart 2019

Inhoudsopgave

	Blz.	
1	Inleiding	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Voorliggende rapportage	2
1.3	Aanpak	3
1.4	Leeswijzer	3
2	Antwoord onderzoeksvraag	3
2.1	Referentieperiode	3
2.2	Faalkansenboom	3
2.3	Ontwikkeling veiligheidsfilosofie	4
2.4	Huidige aanpak ontwerp	6
3	Conclusie	8
4	Verwijzingen	9

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De JLD-Dijkstabilisator is een nieuwe dijkversterkingsmethode. Voor de ontwerpbaarheid en aantoonbaarheid van deze methode is een pilotproject in combinatie met praktijkproeven opgezet. De resultaten van het pilotproject en de praktijkproeven hebben als doel de (door)ontwikkeling van deze innovatie en het leveren van afdoende onderbouwing voor een ENW-acceptatie mogelijk te maken.

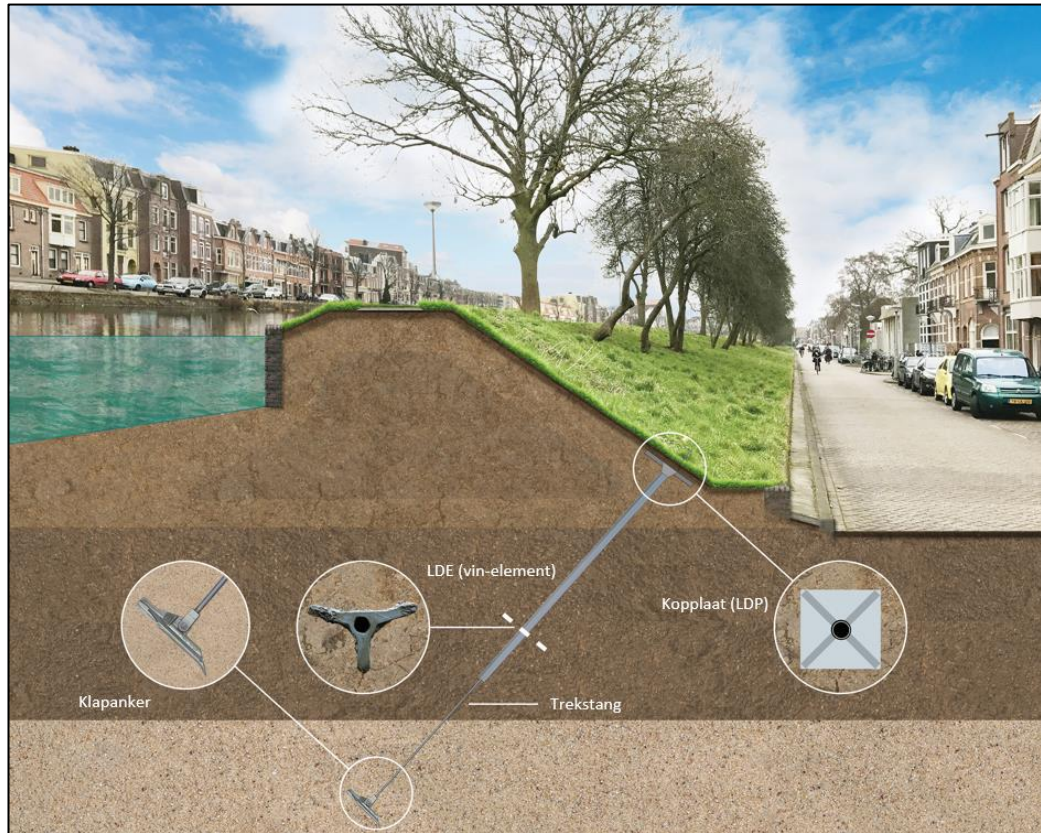
In een voorgaande fase zijn reeds diverse veldproeven uitgevoerd ten behoeve van de ontwikkeling en onderbouwing van de techniek. Deze veldproeven hebben antwoord gegeven op de meeste vragen rond deze innovatieve techniek maar niet alle vragen zijn hiermee beantwoord.

Na uitvoeren van de veldproeven is op basis van de postdictie een ontwerpmethode opgesteld voor de JLD-Dijkstabilisator. Het onderzoek uitgevoerd in de postdictie en de hierop gebaseerde ontwerpmethoden zijn voorgelegd aan de ENW. De ENW heeft aangegeven dat het onderzoek en de ontwerpmethoden voldoende basis bieden voor verdere ontwikkelingen. Het ENW heeft hierbij wel enkele kennisvragen opgesteld die in de verdere doorontwikkeling beantwoord moeten worden.

In samenwerking met Waterschap Amstel, Gooi en Vecht is besloten een pilotproject uit te voeren. Als pilotproject is gekozen voor de dijkversterking van de Ringdijk te Watergraafsmeer in Amsterdam. Daarbij is een team van JLD Contracting, Antea Group en Deltares betrokken. De kennisvragen van ENW zijn bij aanvang van het pilotproject in Watergraafsmeer gecombineerd met kennisvragen die specifiek gelden voor de pilotlocatie en de dijkversterking van de Ringdijk. In het totaal betreft het negentien onderzoeksvragen die beantwoord worden op basis van het pilot project en aanvullende veldproeven. Voor verder onderzoek en voor de beantwoording van de onderzoeksvragen worden de volgende proeven en het eerder genoemde pilotproject uitgevoerd en gemonitord:

- Voorspanproeven te Purmerend;
- Interactieproef Veen te Broek in Waterland;
- Pilotproject Ringdijk Watergraafsmeer.

JLD-Dijkstabilisator



De JLD-Dijkstabilisator bestaat uit een LDE (vin-element), klapanker, trekstang en kopplaat. Het klapanker wordt in een diepe zandlaag geplaatst, waardoor de krachten op het LDE-element via de kopplaat en de trekstang worden doorgegeven aan de zandlaag. Door het aanbrengen van de voorspanning op de kopplaat wordt de grond onder de kopplaat op spanning gebracht. Het voordeel van de JLD-Dijkstabilisator is dat dit een actief systeem betreft dat geen vervorming van de dijk nodig heeft voordat het in werking treedt.

1.2 Voorliggende rapportage

Het voorliggende rapport betreft de beantwoording van onderzoeksvraag 2 en het daaraan ten grondslag liggende onderzoek.

De oorspronkelijke onderzoeksvraag uit het plan van aanpak van de pilot JLD-Dijkstabilisator Ringdijk Watergraafsmeer is als volgt geformuleerd: Overstappen van referentieperiode van 10 jaar naar jaarkans in veiligheidsfilosofie.

De onderzoeksvraag is op de volgende manier geïnterpreteerd:

'Hoe moet de veiligheidsbenadering van constructieve elementen verdisconteert worden in de veiligheidsbenadering van de JLD-Dijkstabilisator?'

1.3 Aanpak

Er is een plan van aanpak opgesteld om de onderzoeksvraag te beantwoorden (Antea Group, 2018). In dit plan van aanpak is opgenomen dat de onderzoeksvraag wordt beantwoord op basis van een literatuuronderzoek. De volgende bronnen zijn gebruikt voor het literatuuronderzoek:

- OI2014v4 (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016);
- POV-M publicatie Vernagelingstechnieken (Antea Group i.o.v. POV-M, december 2018);
- Basisrapport Eindige-elementenmethode; kenmerk: 11201406-002-GEO-0003; revisie: concept (Deltares i.o.v. POV-M, 2018).

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is het onderzoek beschreven dat ten grondslag ligt aan de beantwoording van onderzoeksvraag 2 en tevens is onderzoeksvraag 2 beantwoord in dit hoofdstuk. In hoofdstuk 3 zijn de conclusie gerapporteerd.

2 Antwoord onderzoeksvraag

Voor de beantwoording van deze onderzoeksvraag zijn er een aantal aspecten van belang. Ten eerste de referentieperiode in verschillende richtlijnen zoals de NEN-EN 1990 en de jaarkans uit de veiligheidsfilosofie voor waterkeringen (OI (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016) en WBI (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2017)). Ten tweede de positie van de JLD-Dijkstabilisator in de faalkansenboom. Ten derde de ontwikkeling van de veiligheidsfilosofie.

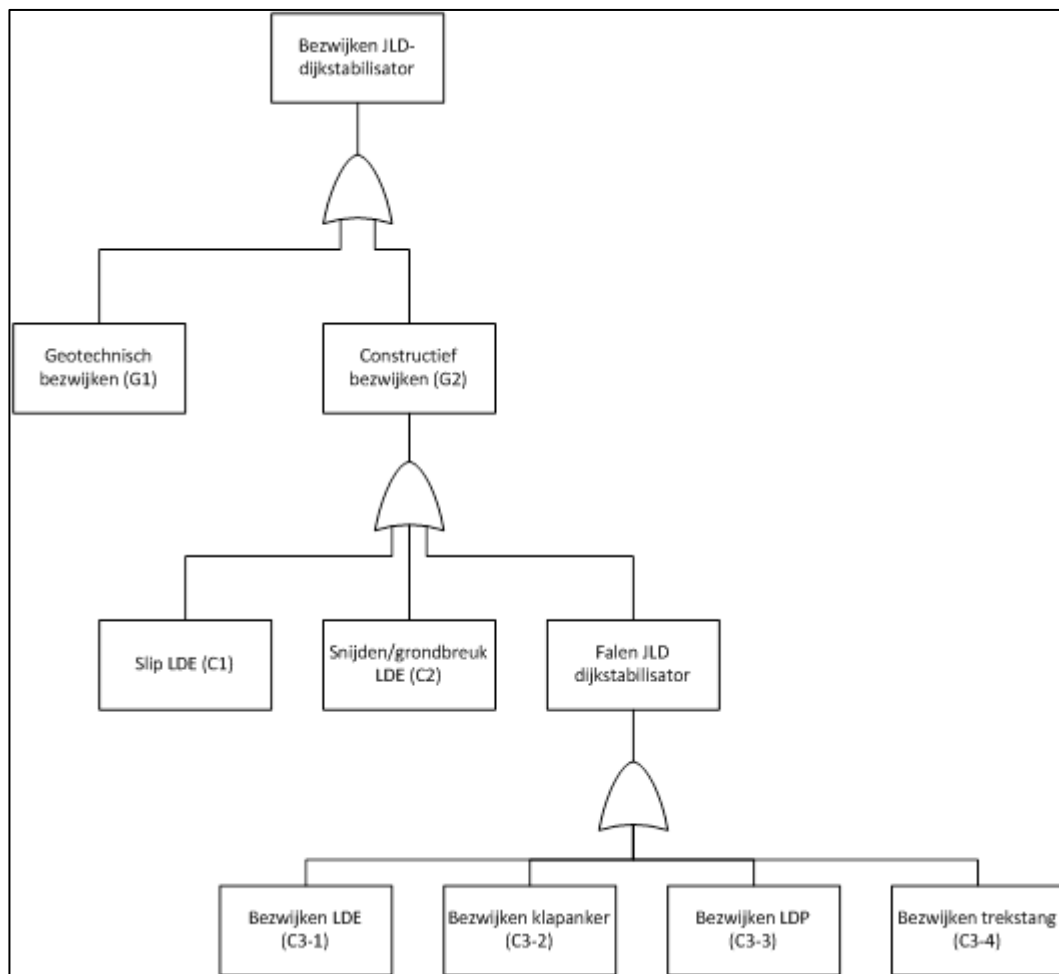
2.1 Referentieperiode

De norm voor de veiligheid van een constructie is afhankelijk van de tijdschaal van de analyse. Het ontwerp van de JLD-Dijkstabilisator is onderhevig aan een aantal richtlijnen, namelijk de Waterwet en de Eurocode. Elke richtlijn heeft een eigen benadering van de referentieperiode. Voor het ontwerpen en toetsen van waterkeringen wordt een referentieperiode van 1 jaar gehanteerd. De Eurocode gaat uit van een referentieperiode gebaseerd op de levensduur van 50 jaar (NEN, 2011). Deze referentieperioden hebben direct, of indirect, invloed op de normstelling en te hanteren veiligheidsfactoren binnen de ontwerpmethode.

De JLD-Dijkstabilisator is een systeem wat ingrijpt op de veiligheid van een waterkering, met constructieve elementen die onderhevig zijn aan toetsing volgens de Eurocode. Doordat er verschillende referentieperiodes worden gehanteerd in de normen en leidraden, is het van belang deze toetsen op de juiste wijze te verdisconteren in de veiligheidsfilosofie van de JLD-Dijkstabilisator. De methode waarop het verschil in referentieperioden is verdisconteerd is in de volgende paragrafen beschreven.

2.2 Faalkansenboom

In de oorspronkelijk veiligheidsbenadering van de JLD-Dijkstabilisator was een faalkansenboom opgenomen die van de topgebeurtenis bovenaan (falen waterkering met JLD-Dijkstabilisator) was uitgesplitst naar deelfaalmechanismen lager in de foutenboom. De deelfaalmechanismen hadden een hogere doelbetrouwbaarheid dan de topgebeurtenis (zie Figuur 2-1).



Figuur 2-1: Foutenboom JLD-Dijkstabilisator

De doelbetrouwbaarheid van het niveau waarop *PLAXIS* berekeningen werden uitgevoerd om de snedekrachten te bepalen (gebaseerd op jaarkansen) verschilt van de doelbetrouwbaarheid waarbij de constructieve onderdelen worden getoetst (gebaseerd op Eurocode en dus een referentieperiode van 50 jaar). Om dit verschil te verdisconteren werd een additionele veiligheidsfactor gebruikt volgens de Leidraad Kunstwerken (TAW, 2003) die werd toegepast op de belastingen uit de *PLAXIS* berekeningen.

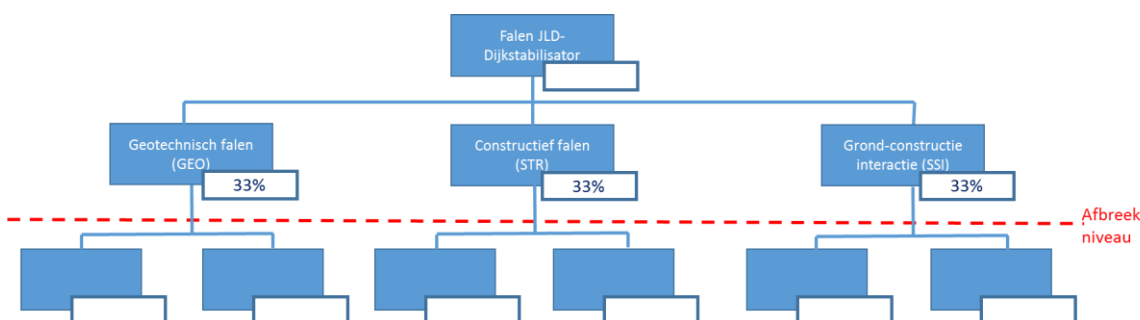
2.3 Ontwikkeling veiligheidsfilosofie

Inmiddels is de veiligheidsbenadering van de JLD-Dijkstabilisator aangepast in lijn met de ontwikkelingen uit het Basisrapport Eindige-elementenmethode (B-EEM) (Deltares i.o.v. POV-M, 2018). Hierdoor is het onderste deel van de faalkansenboom komen te vervallen (zie Figuur 2-2). Als argumentatie hiervoor wordt het volgende gesteld:

“Het lijkt aanvaardbaar om geen verdere decompositie toe te passen over constructiedelen. Net zoals in de Leidraad Kunstwerken en in de Eurocode wordt de motivatie gezocht in de volgende twee deelredenen: (1) de aanzienlijke afhankelijkheid die er bestaat tussen de faalkansen voor deze onderdelen, via de waterstand en de grondsterkte en (2) de “redundantie” in de constructie. Zoals eerder al aangegeven wordt met redundantie bedoeld dat onderdelen meervoudig zijn

uitgevoerd, zodat de functie van een falend onderdeel (zoals een anker of een nagel) kan worden overgenomen door andere onderdelen”

“Daarbij mag worden aangenomen dat de kansen op het optreden van verschillende mogelijke vormen van geotechnische instabiliteit sterk met elkaar gecorreleerd zijn. De sterkte van voorgespannen ankers wordt in praktijk getest door proefbelasting en de ondergrens is daarmee relatief zeker. Ook de onzekerheid in de sterkte van de constructie is doorgaans beperkt. De overschrijdingskans van maximaal toelaatbare constructiespanningen en ankerkrachten is dus voor het grootste deel afhankelijk van de onzekere grondsterkte en belasting en daarmee dus ook grotendeels gecorreleerd met de kans op geotechnische instabiliteit.”



Figuur 2-2 Deel faalkansenboom, onderverdeeld in de drie deelfaalmechanismen: geotechnisch falen, constructief falen en falen van het ankersysteem.

Het verschil in doelbetrouwbaarheid, van de uit de faalkansenboom weggevallen onderdelen, wordt in het B-EEM verdisconteerd door het toepassen van een belastingeffect-factor op de berekende snedekrachten.

De onderstaande onderbouwing voor het toepassen van de belastingeffect-factoren, in lijn met de CUR 166 (SBRCUR, 2012) is overgenomen uit het B-EEM:

“De CUR166 gaat uit van een UGT ontwerpprocedure, waarin de constructieve krachten en momenten worden bepaald bij het (via partiële factoren benaderde) ontwerppunt voor geotechnische instabiliteit (grondbreuk). Omdat dit ontwerppunt verschilt van het ontwerppunt voor constructief falen (overschrijden van de vloeispanning) en/of falen van het ankerlichaam wordt op de ankerkracht een correctiefactor van 1,1 geïntroduceerd. Deze factor wordt in de CUR166 een belastingfactor genoemd. In het voorliggende rapport wordt een dergelijke correctiefactor een “belastingeffect-factor” genoemd, om verschil te kunnen maken met de factoren die al direct op een belasting werken. De CUR166 schrijft de toepassing van de belastingeffect-factor 1,1 alleen voor bij de controle van de anker Gording en van het ankerlichaam. De factor zou formeel echter ook van toepassing moeten zijn bij de controle van het moment. Voor de controle van de ankerstaaf en ankerbindingen verhoogt de CUR166 de waarde van de belastingeffect-factor naar 1,25. Deze hogere waarde volgt uit de constructieve wens om voor ankerbreuk een hogere doelbetrouwbaarheid te realiseren dan voor de Gording en het ankerlichaam.”

Voor de JLD-Dijkstabilisator zijn het inkorten van de faalkansenboom en het toepassen van een belastingeffect-factor voor de verdiscontering van het verschil in doelbetrouwbaarheid bij het toetsen van de deelfaalmechanismen uit het B-EEM opgenomen in de ontwerpmethodede.

In de onderstaande paragraaf is de aangepaste werkwijze, zoals opgenomen in de POV-M publicatie Vernagelingstechnieken (Antea Group i.o.v. POV-M, december 2018) en gebaseerd op de werkwijze uit het B-EEM, uiteengezet.

2.4 Huidige aanpak ontwerp

Bij het ontwerpen wordt analoog aan het B-EEM de onderstaande werkwijze gevolgd:

1. Het toetsen van de deelfaalmechanismen is onderverdeeld in geotechnisch bezwijken, constructief bezwijken en grond-constructie interactie. Het toetsen vindt plaats bij maatgevende waterstanden / waterstand bij de norm (WBN).
2. Toepassen van de rekenwaarden voor de grondsterkte. Deze bestaan uit een combinatie van materiaalfactor, schadefactor, modelfactor en schematiseringsfactor.
3. Op de berekende snedekrachten wordt een belastingeffect-factor toegepast voor het verdisconteren van het verschil in doelbetrouwbaarheid.
4. De verder nog toe te passen materiaalfactoren voor de constructieve sterkte (vezel versterkte kunststoffen of staal) zijn ontleend aan de vigerende richtlijnen en zijn beschreven in de POV-M publicatie Vernagelingstechnieken (Antea Group i.o.v. POV-M, december 2018). Deze materiaalfactoren zijn niet afhankelijk van de doelbetrouwbaarheid en/of de levensduur.

Belastingeffect-factoren

De belastingeffect-factoren verdisconteren de verschillen in doelbetrouwbaarheid en tevens wordt hierin de manier van bezwijken van het systeem meegenomen. Deze factoren borgen een 'ductiel ontwerp', waarin eerst de grond bezwijkt voordat de constructieve elementen bezwijken. De belastingeffect-factoren werken op de in de constructieve elementen berekende spanningen en krachten. De krachten en momenten waarop de factoren moeten worden toegepast, worden berekend na toepassing van de relevante partiële factoren op de karakteristieke waarde van de grondsterkte.

In Tabel 2-1 is een overzicht opgenomen van de deelfaalmechanismen en de belastingeffect-factoren van de JLD-Dijkstabilisator zoals opgenomen in de POV-M publicatie Vernagelingstechnieken (Antea Group i.o.v. POV-M, december 2018).

Tabel 2-1 Deelfaalmechanismen JLD-Dijkstabilisator

Geotechnisch falen (GEO)	Codering	Belastingeffect-factor
Geotechnisch bezwijken door de vernagelingstechniek	GEO1	-
Geotechnisch bezwijken buiten de vernagelingstechniek	GEO2	-
Constructief falen (STR)	Codering	Belastingeffect-factor
Constructief bezwijken LDE door combinatie dwarskracht en normaalkracht	STR1	1,25
Constructief bezwijken LDE door combinatie buigend moment en normaalkracht	STR2	1,25
Constructief bezwijken trekstang door combinatie dwarskracht en normaalkracht	STR3	1,25
Constructief bezwijken trekstang door combinatie buigend moment en normaalkracht	STR4	1,25
Constructief bezwijken kopplaat (incl. verbinding)	STR5	1,25
Constructief bezwijken klapanker (incl. verbinding)	STR6	1,25

Grond-constructie interactie (SSI)	Codering	Belastingeffect-factor
Snijden van de grond tussen de <i>JLD-Dijkstabilisatoren</i>	SSI1	1,10
Bezijken houdkracht klapanker (draagkracht grond boven klapanker)	SSI2	1,10
Bezijken grond onder de kopplaat	SSI3	1,10

3 Conclusie

In dit rapport is het onderzoek en de beantwoording beschreven van onderzoeksvraag 2: ‘Hoe moet de veiligheidsbenadering van constructieve elementen verdisconteert worden in de veiligheidsbenadering van de JLD-Dijkstabilisator?’.

In het Basisrapport Eindige-elementenmethode zijn kaders opgesteld voor de veiligheidsbenadering van constructieve elementen. Voor de JLD-Dijkstabilisator is bij deze kaders aangesloten. Dit betreft een werkwijze om te komen tot een veiligheid voor zowel geotechnische bezwijkmechanismen als voor constructieve bezwijkmechanismen.

De gewenste doelbetrouwbaarheid van het bezwijken van de constructieve elementen is hoger dan van het geotechnisch bezwijken en tevens is een ‘ductiel ontwerp’ gewenst, waarin eerst de grond bezwijkt en voordat de constructieve elementen bezwijken. Om deze doelen te bereiken wordt de gewenste extra veiligheid verdisconteerd door het gebruik van belastingeffect-factoren. De te hanteren belastingeffect-factoren voor de JLD-Dijkstabilisator zijn gekozen in lijn met het Basisrapport Eindige-elementenmethode (Deltares i.o.v. POV-M, 2018) en de CUR 166 (SBRCUR, 2012) en zijn in dit rapport weergegeven in Tabel 2-1.

Door het hanteren van de in dit rapport beschreven werkwijze zijn (verschillen in) referentieperioden geen onderdeel meer van de veiligheidsbenadering. Daardoor is overstappen van referentieperiode van 10 jaar naar jaarkansen in veiligheidsfilosofie niet meer aan de orde en is de onderzoeksvraag beantwoord.

4 Verwijzingen

Antea Group. (2018). *PvA onderzoeksvraag 2 - jaarkans in veiligheidsfilosofie*.

Antea Group i.o.v. POV-M. (december 2018). *POV-M publicatie Vernagelingstechnieken*.

Deltares i.o.v. POV-M. (2018). *Basisrapport Eindige-elementenmethode, concept, kenmerk:11201406-002-GEO-003*.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2016). *Ontwerpinstrumentarium 2014 versie 4*.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2017). *Wettelijk Beoordelings Instrumentarium 2017 (WBI2017)*.

NEN. (2011). *NEN-EN 1990+A1+A1/C2*.

SBRCUR. (2012). *CUR 166, Damwandconstructies, deel 1 en 2*.

TAW. (2003). *Leidraad Kunstwerken*.

Over Antea Group

Van stad tot land, van water tot lucht; de adviseurs en ingenieurs van Antea Group dragen in Nederland sinds jaar en dag bij aan onze leefomgeving. We ontwerpen bruggen en wegen, realiseren woonwijken en waterwerken. Maar we zijn ook betrokken bij thema's zoals milieu, veiligheid, assetmanagement en energie. Onder de naam Oranjewoud groeiden we uit tot een allround en onafhankelijk partner voor bedrijfsleven en overheden. Als Antea Group zetten we deze expertise ook mondiaal in. Door hoogwaardige kennis te combineren met een pragmatische aanpak maken we oplossingen haalbaar én uitvoerbaar. Doelgericht, met oog voor duurzaamheid. Op deze manier anticiperen we op de vragen van vandaag en de oplossingen van de toekomst. Al meer dan 60 jaar.

Contactgegevens

Antea Group

Rivium Westlaan 72
2909 LD CAPELLE A/D IJSSEL
Postbus 8590
3009 AN ROTTERDAM

E. www.anteagroup.nl

JLD Contracting BV

Wieder 23
1648 GA DE GOORN
Postbus 144
1135 ZK EDAM

E. www.JLDcontracting.com

Copyright © 2018

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.