

Praktijkonderzoek naar corrosie bij damwanden

**T.b.v. stabiliteitsschermen en erosieschermen in
waterkeringen**



Praktijkonderzoek naar corrosie bij damwanden

**T.b.v. stabiliteitsschermen en erosieschermen in
waterkeringen**

ing. P. Kraaijenbrink

1206371-000

Titel

Praktijkonderzoek naar corrosie bij damwanden

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Waterschap Rivierenland	1206371-000	1206371-000-GEO-0013	59

Trefwoorden

Stalen damwanden, corrosie, waterkeringen, stabiliteitsschermen, erosieschermen, veen, humeuze klei, dikte metingen, ultrasoon, zoet grondwater, zout grondwater, chloride gehalte grondwater

Samenvatting

In 2003 is gestart met onderzoek naar corrosie bij damwanden die voor dijkversterkingen 2-zijdig in de ondergrond staan. In het algemeen zijn dit voornamelijk stabiliteitsschermen en erosieschermen. Het doel van het onderzoek is om in bepaalde omstandigheden (ondergrond met veen, humeuze klei en zoet grondwater) rekening te kunnen/mogen houden met een geringere corrosietoeslag dan in de huidige normen is voorgeschreven. Hiermee zou voor het ontwerp van dergelijke constructies een aanzienlijke besparing plaats kunnen vinden. Oorspronkelijk lag het in de bedoeling een dergelijke besparing al voor de dijkversterking Nederlek te realiseren. Het onderzoek is gestart met een literatuurstudie en vervolgd door praktijkonderzoek en dikte metingen aan damwandplanken die reeds geruime tijd in de grond hebben gestaan. Ook zijn (bestaande) corrosiemodellen vergeleken en corrosiviteitstesten uitgevoerd [Lit. 3, 4].

Het onderzoek heeft in februari 2010 geleid tot een advies aan ENW. Op dat moment waren de onderzoeksresultaten van 3 getrokken damwandprofielen beschikbaar. Het advies aan ENW was om de normaliter gehanteerde corrosietoeslag van 5 mm/100 jaar terug te brengen naar 2 mm. Voorwaarde was wel dat tenminste nog 2 representatieve damwandplanken onderzocht moesten worden met gelijksoortige uitkomsten en bevindingen.

Op basis hiervan heeft ENW op 16 maart 2010 advies (ENW 2010-03) uitgebracht aan het Hoogwaterbeschermingsprogramma. Het advies van ENW gaat, onder het genoemde voorbehoud, uit van een (gereduceerde) corrosietoeslag van 2,5 mm/100 jaar in plaats van de voorgestelde 2 mm/100 jaar.

Eind 2012 is, op basis van een afrondend onderzoeksvoorstel, door Waterschap Rivierenland, vanuit het HWBP-2 dijkversterkingsproject Kinderdijk – Schoonhovenseveer (KIS), opdracht verleend om aanvullend onderzoek te verrichten. De aanvullende werkzaamheden maken gebruik van de resultaten uit eerdere onderzoeken en bestaan verder uit onderzoek naar tenminste nog twee representatieve damwandplanken, waarmee het advies aan ENW af gerond kan worden.

In onderhavige rapportage zijn, samen met de resultaten uit eerdere onderzoeken, de resultaten van dit aanvullende onderzoek weergegeven.

Op basis van de onderzoeksresultaten wordt geadviseerd om voor het ontwerp van damwandconstructie in waterkeringen, die voldoen aan de voorwaarden zoals gesteld in deze rapportage en rekening houdend met een extra veiligheid van 0,5 mm, uit te gaan van een corrosietoeslag van 3 mm/100 jaar.

De extra te hanteren veiligheid van 0,5 mm past binnen het advies van ENW 2010-03. Gezien de ingebouwde extra veiligheden kan overwogen worden, of wellicht later wanneer er meer onderzoeksresultaten beschikbaar zijn, de extra veiligheid van 0,5 mm achterwege te laten.

Titel

Praktijkonderzoek naar corrosie bij damwanden

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Waterschap Rivierenland	1206371-000	1206371-000-GEO-0013-	59

Geadviseerd wordt om op basis van het onderzoek de waarden voor de corrosietoeslag, zoals die gegeven zijn in de Handreiking Constructief Ontwerpen (Bijlage 5, Hoofdstuk 9, Tabel 7) voor: "veenhoudende klei / zoet water" en "veen / zoet water", aan te passen.

Referenties

Deltares: 398203.62 (literatuurstudie); 398204-66 (corrosie onderzoek dv Nederlek); 398204.152 (damwand Sliedrecht); CO-425180 (damwand Dordrecht); 1204612-000-GEO-0002 (damwand Lekkerkerk, Opperduit)

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
01	apr. 2013	P. Kraaijenbrink		G. van Meurs		L. Voogt	

Status
definitief

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Algemeen	1
1.2	Doel- en probleemstelling	2
1.3	Leeswijzer	2
2	Geschiedenis en stand van zaken	3
2.1	Overzicht uitgevoerde werkzaamheden tot 2012	3
2.2	Beschikbaar onderzoek en rapportages tot 2012	3
2.3	Uitgevoerde onderzoeken en adviezen vanaf 2012 (huidig onderzoek/rapportage)	4
2.4	Overzicht getrokken en onderzochte damwandplanken	4
3	Huidige adviespraktijk bij dijkversterkingen	7
3.1	Rekening houden met corrosie	7
3.2	Regelgeving conform Handreiking Constructief Ontwerpen (dijkversterkingen, ENW)	7
3.3	Regelgeving conform CUR / Eurocode	8
4	Representativiteit onderzoek en ondergrond	11
4.1	Algemeen	11
4.2	Representativiteit en toepassingsgebied in relatie tot de ondergrond	11
4.2.1	Representativiteit aantal damwandplanken	11
4.2.2	Toepassingsgebied en ondergrondsamenstelling	12
4.2.3	Overige voorwaarden	13
4.2.4	Resumé; afbakening onderzoek	13
5	Meet en beoordelingsmethode	15
5.1	Diktemetingen en visuele beoordeling	15
5.2	Damwandprofiel	16
5.3	Onzekerheden en spreiding in opgetreden corrosie	16
5.4	Van meting staaldikte naar advies voor corrosietoeslag	17
6	Resultaten van het onderzoek per locatie	19
6.1	Inventarisatie zoet/zout grondwater	19
6.2	Resultaten dikte metingen en corrosiesnelheid	19
6.3	Resultaten Nieuw Lekkerland oost (voormalig terrein Den Boer Beton)	20
6.3.1	Algemene gegevens	20
6.3.2	Resultaten metingen chloridegehalte grondwater.	22
6.3.3	Metingen plankdikte en advies	22
6.4	Resultaten Gouderak, gemaal Verdoold	24
6.4.1	Algemene gegevens	24
6.4.2	Resultaten metingen chloridegehalte grondwater.	26
6.4.3	Metingen plankdikte en advies	26
6.5	Resultaten Giessenburg, gemaal Giessen Oudebovenkerk	28
6.5.1	Algemene gegevens	28
6.5.2	Resultaten metingen chloridegehalte grondwater.	30
6.5.3	Metingen plankdikte en advies	30
6.6	Resultaten Nieuw Lekkerland (west, Lekdijk 470)	32
6.6.1	Algemene gegevens	32

6.6.2	Resultaten metingen chloridegehalte grondwater.	34
6.6.3	Metingen plankdikte en advies	34
6.7	Resultaten Alblasserdam, Oceanco (voormalig terrein Giessen de Noord)	36
6.7.1	Algemene gegevens	36
6.7.2	Resultaten metingen chloridegehalte grondwater.	38
6.7.3	Metingen plankdikte en advies	39
6.8	Samenvatting resultaten	41
7	Conclusies en advies aan te houden corrosietoeslag	43
8	Literatuur	45
 Bijlage(n)		
A	Brief van GeoDelft aan ENW, d.d. 19 februari 2010	A-1
B	Brief van ENW aan HWBP, d.d. 16 maart 2010	B-1
C	Resultaten plankdikte metingen en visuele inspecties, rapportages TNO	C-1
D	Resultaten peilbuizen en plaatsingen Fugro	D-1
E	Resultaten Grondwateranalyses per locatie, analysecertificaten	E-1
F	Resultaten Grondonderzoek per locatie	F-1
G	Resultaten algemene bepaling zoutgehalte grondwater	G-1

Lijst van Tabellen

Tabel 3.1	Corrosietoeslag op staal (TAW, 1994; bron: Provincie Zuid-Holland)	7
Tabel 3.2	Dubbelzijdige afname van de dikte van een damwand (mm) gedurende een tijdsperiode in bodem en ophogingen met of zonder grondwater (CUR, 2008) ..	8
Tabel 3.3	Eenzijdige afname van de dikte van een damwand (mm) gedurende een tijdsperiode in bodemen ophogingen met of zonder grondwater (CUR, 2008) ...	8
Tabel 5.1	Tolerantie wanddikte conform EN 10248/2	16
Tabel 6.1	Gemeten chloride gehalten Nieuw Lekkerland oost.....	22
Tabel 6.2	Gemeten chloride gehalten Nieuw Lekkerland oost.....	26
Tabel 6.3	Gemeten chloride gehalten Giessenburg.....	30
Tabel 6.4	Gemeten chloride gehalten Nieuw Lekkerland west, Lekdijk 470	34
Tabel 6.5	Gemeten chloride gehalten Alblasserdam	38
Tabel 6.6	Overzicht bevindingen en meetresultaten corrosiesnelheid	41

Lijst met Figuren

Figuur 5.1	Foto's meting plankdikte.....	15
Figuur 6.1	Locatie getrokken damwand in Nieuw Lekkerland.....	20
Figuur 6.2	Uitvoeren van het trekken van een damwandplank.....	21
Figuur 6.3	Resultaten uitgevoerde dikte metingen Nieuw Lekkerland oost, met Spitsmuisboring 03.....	23
Figuur 6.4	Situatie getrokken damwandplanken en peilbuizen te Gouderak, gemaal Verdoold	24
Figuur 6.5	Foto's situatie getrokken damwandplanken te Gouderak, gemaal Verdoold	25
Figuur 6.6	Resultaten uitgevoerde dikte metingen Gouderak, met peilbuisboring PB1	27
Figuur 6.7	Situatie getrokken damwandplanken en peilbuizen te Giessenburg, Giessen Oudebovenkerk	28
Figuur 6.8	Foto's locatie en getrokken damwandplanken in Giessenburg	29
Figuur 6.9	Resultaten uitgevoerde dikte metingen Giessenburg, met peilbuisboring B2 ...	31
Figuur 6.10	Situatie getrokken damwandplanken en peilbuizen te Giessenburg, Giessen Oudebovenkerk	32
Figuur 6.11	Foto's getrokken damwandplank Nieuw Lekkerland West, Lekdijk 470.....	33
Figuur 6.12	Resultaten uitgevoerde dikte metingen Nieuw Lekkerland, Lekdijk 470, met boring B6	35
Figuur 6.13	Situatie getrokken damwandplanken Alblasserdam	37
Figuur 6.14	Resultaten uitgevoerde dikte metingen Alblasserdam, met peilbuisboring B3	39
Figuur 6.15	Foto's damwandplanken Alblasserdam	40
Figuur 7.1	Overzicht gemeten corrosiesnelheden en advieswaarden voor corrosietoeslag	44

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Mede naar aanleiding van de dijkversterking Nederlek is in 2003 door Deltares (destijds nog GeoDelft) in opdracht van het Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard een onderzoek gestart naar corrosie en de te hanteren corrosietoeslag bij (het ontwerpen van) damwanden in waterkeringen. Het betreft daarbij damwandplanken die tweezijdig door grond omsloten te worden (stabiliteitsschermen, erosieschermen e.d.). Het onderzoek is in eerste instantie gestart met een literatuurstudie en later uitgebreid met onder andere visuele inspecties en fysieke diktemetingen aan getrokken damwandplanken die reeds geruime tijd (meer dan 20 jaar) in de grond hebben gestaan. De visuele inspecties en de dikte metingen worden.

Het onderzoek heeft zich altijd gericht, en doet dat nog steeds, op gebieden met zoet grondwater en veen in de ondergrond (omgeving Alblasserwaard / Krimpenerwaard). Het doel van het onderzoek is om in het ontwerp van damwandconstructies, mits dit voldoende kan worden onderbouwd, rekening te kunnen houden met een geringere corrosietoeslag, dan nu in de huidige normen / leidraden is voorzien. Hiermee kan aanzienlijk bespaard worden op de hoeveelheid staal en daarmee op de totale kosten van dijkversterkingsprojecten waarbij stalen damwand toegepast worden.

In februari 2010 is, op basis van de stand van zaken op dat moment, door Deltares een advies uitgebracht aan ENW. In het advies is aangegeven dat, om tot een definitieve uitspraak te komen voor wat betreft een mogelijke reductie van de corrosietoeslag, tenminste nog twee representatieve damwandplanken getrokken en onderzocht zouden moeten worden. Op dat moment waren onderzoeksresultaten beschikbaar van drie getrokken damwandplanken.

Eind 2012 is, op basis van een afrondend onderzoeksvoorstel, door Waterschap Rivierenland, vanuit het HWBP-2 dijkversterkingsproject: Kinderdijk – Schoonhovenseveer (KIS) opdracht verleend om, gebruikmakend van de eerdere onderzoeken, aanvullend onderzoek naar tenminste nog twee representatieve damwandplanken uit te voeren en daarmee het onderzoek en advies aan ENW af te ronden. Dit onderzoek dient derhalve gebaseerd te zijn op tenminste vijf representatieve damwandplanken.

In onderhavige rapportage zijn de resultaten van dit aanvullende onderzoek weergegeven, en worden de resultaten gepresenteerd van de vijf representatieve damwanden/locaties:

- Nieuw Lekkerland, oostzijde, Den Boer Beton
- Gouderak, gemaal Verdoold, uitstroombak buitendijks
- Giessenburg, gemaal Giessen Oudebovenkerk
- Nieuw Lekkerland (west), Lekdijk 470, binnendijks stabiliteitsberm
- Alblasserdam, bouwterrein Oceanco (voormalige scheepswerf Giessen de Noord).

Daarmee wordt een definitief advies aan ENW opgesteld over het kunnen toepassen van een geringere corrosietoeslag dan conform de vigerende regelgeving aangehouden zou moeten worden. Dit advies wordt van toepassing geacht voor damwanden in venige ondergrond met zoet grondwater.

De resultaten van het onderzoek op de locaties die onvoldoende representatief bleken te zijn, worden in onderhavige rapportage verder niet behandeld. Hiervoor wordt verwezen naar de afzonderlijke rapportages. Wel zijn voor de volledigheid de belangrijkste resultaten vermeld in de overzichtstabel in paragraaf 6.8.

1.2 Doel- en probleemstelling

In onderhavige rapportage wordt op basis van uitgevoerd onderzoek een advies gegeven om, voor het ontwerp van damwandconstructies in waterkeringen, met venige ondergrond en zoet grondwater, rekening te houden met een geringere corrosietoeslag dan door de normen en leidraden wordt voor geschreven.

De vraag daarbij voor ENW is om op basis van deze rapportage advies te geven over de gevolgde benaderingswijze en de onderzoeksmethodiek. Omdat het uiteindelijke doel is om de aangegeven reductie van de corrosietoeslag te formaliseren en toepasbaar te maken voor herzieningen of toekomstige technische rapporten, wordt ENW gevraagd een oordeel te geven over het onderzoek. Uiteindelijk doel daarbij is om de geadviseerde waarde voor corrosietoeslag reeds binnen de HWBP-2 dijkversterkingsprojecten Kinderdijk – Schoonhovenseveer (KIS), Eiland van Dordrecht-Oost en Nieuwe Maasdijk – Krimpen aan de Lek toe te passen. Waar mogelijk kan dit ook voor andere dijkversterkingsprojecten die op het programma van HWBP-2 staan en overige vervolgpjecten worden toegepast. Daarbij dient wel voldaan te worden aan de representativiteit en afbakeningseisen, zoals in deze rapportage is aangegeven.

Concreet betekent dit een aanpassing van de waarden die in hoofdstuk 9 van bijlage 5 van de Handreiking constructief Ontwerpen zijn gegeven (tabel 7) voor veen / zoet water, maar ook voor veenhoudende klei / zoet water.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt eerst in het kort de geschiedenis van het onderzoek naar corrosie bij stalen damwanden besproken en wordt de stand van zaken tot en met 2012 aangegeven. Tevens wordt aangegeven welk (vervolg)onderzoek er ten behoeve van de afronding van het corrosieonderzoek en in het kader van deze rapportage hebben plaatsgevonden.

Hoofdstuk 3 gaat in op de huidige adviespraktijk bij dijkversterkingen en te hanteren corrosietoeslagen.

In hoofdstuk 4 wordt de afbakening en toepassingsgebied van het uitgevoerde onderzoek aangegeven.

Hoofdstuk 5 beschrijft de methode van meten en beoordelen.

In hoofdstuk 6 zijn de resultaten van het onderzoek weergegeven.

De conclusies en advies zijn weergegeven in hoofdstuk 7.

In hoofdstuk 8 is een overzicht gegeven van de gebruikte literatuur en de belangrijkste rapportages.

2 Geschiedenis en stand van zaken

2.1 Overzicht uitgevoerde werkzaamheden tot 2012

Het corrosieonderzoek is gestart in 2003 met een literatuurstudie in het kader van de dijkversterking Nederlek. Vervolgens zijn in de periode van 2005 tot en met 2007 een drietal damwandplanken getrokken en onderzocht. Dit betreft de volgende locaties:

- Lekdijk Nieuw-Lekkerland, voormalig den Boer Beton, plank getrokken 13 juni 2005.
- Sliedrecht, toerit IHC (Molendijk), brug over het Kleindiep, plank getrokken 15 februari 2006.
- Dordrecht, Boterdiepstraat/Wielingenstraat, plank getrokken 4 juli 2007.

Op basis van dit onderzoek, is door de werkgroep Evaluatie Dijkversterking (voorheen werkgroep Evaluatie Grondmechanisch Onderzoek), de conclusie getrokken en aan ENW geadviseerd in te stemmen met een reductie van de corrosietoeslag van 5 mm naar 2mm, dubbelzijdig en voor een levensduur van 100 jaar. Dit alleen onder voorwaarde dat bij nog twee te trekken, representatieve, damwandplanken het gevonden beeld uit genoemde (eerdere) onderzoeken bevestigd wordt.

Dit beeld bestaat onder andere uit de waarneming, dat er zich op de damwanden in de ondergrond een beschermende laag vormt (sideriet), die de corrosie in sterke mate afremt/bepert. Daarnaast zijn de onderzochte planken glad, worden vrijwel geen corrosieproducten aangetroffen en voldoet de dikte, ook bij lineaire extrapolatie naar 100 jaar. De reductie geldt dan voor toepassing in, voor wat betreft de opbouw van de ondergrond, gelijke omstandigheden als op de onderzochte locaties. Dus geldend voor het gebied van de Krimpenerwaard en de Alblasserwaard met veen en klei in de ondergrond en zoet grondwater.

Op basis van het toen uitgevoerde onderzoek heeft ENW op 16 maart 2010 advies uitgebracht (ENW 2010-03) aan het Hoogwaterbeschermingsprogramma. Het advies van ENW gaat uit van een (gereduceerde) corrosietoeslag van 2,5 mm/100 jaar in plaats van de voorgestelde 2 mm/100 jaar.

De adviezen aan en van ENW zijn als bijlage bijgevoegd. Zie bijlage A en B.

Op 20 oktober 2011 zijn ter plaatse van Lekkerkerk, Opperduut 85 (een voormalige loswal), aanvullend twee damwandplanken getrokken en onderzocht. De ondergrond (voornamelijk zand) ter plaatse van deze twee planken, bleek echter niet te voldoen aan het gewenste ondergrondprofiel dat benodigd is voor het aanvullend onderzoek.

2.2 Beschikbaar onderzoek en rapportages tot 2012

Het uitgevoerde corrosieonderzoek en de uitgevoerde inspecties van getrokken damwandplanken tot en met 2011, geven aan dat met grote waarschijnlijkheid een reductie van de te hanteren corrosietoeslag van 5 mm naar circa 2 mm mogelijk zou zijn (zie voorgaande paragraaf 2.1). De resultaten van de uitgevoerde onderzoeken (tot en met 2011) zijn door Deltares gerapporteerd in:

- Rapport Dijkversterking Nederlek Ontwerpfase, Literatuurstudie naar corrosie van damwanden; 398203.62, V01, concept 23 september 2003.

- Rapport Dijkversterking Nederlek Ontwerpfase, Praktijkonderzoek naar corrosie van damwanden; 398204-66, V01, concept 9 september 2005 (bevat onder andere ook een getrokken damwandplank in Nieuw-Lekkerland).
- Briefrapportage Trekken damwandplank terrein IHC Sliedrecht, 398204.154, d.d. 19-05-2006.
- Briefrapportage Inspectie getrokken damwandplank (Dordrecht), CO-425180.10, d.d. 05-10-2007.
- Rapport Corrosie van stalen damwandplanken, 2 planken getrokken (Lekkerkerk, Opperduit 85), 1204612-000-GEO-0002, V01, november 2011.

2.3 Uitgevoerde onderzoeken en adviezen vanaf 2012 (huidig onderzoek/rapportage)

In vervolg op de uitgevoerde onderzoeken tot 2012 zijn, mede ten behoeve van de afronding van het corrosie onderzoek de volgende, van belang zijnde, notities en onderzoeksvoorstellen opgesteld:

- [1] Corrosieonderzoek bij damwanden; Lagere corrosietoeslag leidt tot aanzienlijke besparingen op damwandconstructies; 1206371-000-GEO-0003, d.d. 25 mei 2012.
- [2] Offerte en Plan van aanpak corrosieonderzoek, 1206371-000-GEO-0008, d.d. 15 oktober 2012.

Op basis van bovenstaande notities [1] en [2] heeft er vanaf 2012 aanvullend onderzoek plaatsgevonden. Dit onderzoek heeft voornamelijk bestaan uit het trekken en onderzoeken van damwandplanken die meer dan 20 jaar op voldoende representatieve locaties in de ondergrond hebben gestaan. De betreffende locaties zijn:

- Gouderak, gemaal Verdoold, uitstroombak buitendijks
- Giessenburg, gemaal Giessen Oudebovenkerk
- Nieuw Lekkerland (west), Lekdijk 470, binnendijks stabiliteitsberm
- Alblasserdam, bouwterrein Oceanco (voormalige scheepswerf Giessen de Noord)

Op de betreffende locaties is voldoende grondonderzoek aanwezig of uitgevoerd, waarmee de representativiteit qua ondergrond in voldoende mate is aangetoond. Daarnaast is op de betreffende locaties onderzoek uitgevoerd naar het chloridegehalte van het grondwater.

2.4 Overzicht getrokken en onderzochte damwandplanken

In onderhavige rapportage zijn de resultaten van zowel de eerdere onderzoeken als het aanvullend uitgevoerde onderzoek weergegeven. Daarnaast is er nadrukkelijker aandacht geschonken aan de representativiteit van het onderzoek en de beoordelingsmethode. Uiteindelijk zijn op totaal 8 locaties in het westen van Nederland damwanden getrokken en onderzocht. Deze locaties zijn:

- Nieuw Lekkerland, oostzijde, Den Boer Beton (13 juni 2005)
- Sliedrecht, toerit IHC, Kleindiep (15 feb 2006)
- Dordrecht, kruising Boterdiepstraat/Wielingenstraat (4 juli 2007)
- Lekkerkerk, Opperduit 85, loswal buitendijks (20 oktober 2011)
- Gouderak, gemaal Verdoold, uitstroombak buitendijks (31 mei en 6 juni 2012)
- Giessenburg, gemaal Giessen Oudebovenkerk, (16 januari en 5 februari 2013)

- Nieuw Lekkerland (west), Lekdijk 470, binnendijks stabiliteitsberm (15 februari 2013)
- Alblasserdam, bouwterrein Oceanco, voorheen Giessen de Noord (7 maart 2013)

Uit een grondige analyse is gebleken, dat op 3 van deze 8 locaties niet (geheel) voldaan wordt aan de (later) opgestelde criteria voor het afrondende onderzoek. Deze criteria komen in hoofdstuk 4 aan de orde.

Het betreft de locaties Sliedrecht, Dordrecht en Lekkerkerk (Opperduit).

Op de locaties Nieuw Lekkerland oost, Gouderak, Giessenburg, Nieuw Lekkerland west en Alblasserdam wordt wel voldaan aan de gedefinieerde criteria.

3 Huidige adviespraktijk bij dijkversterkingen

3.1 Rekening houden met corrosie

Normaliter dient er in het ontwerp van damwanden (en specifiek bij dijkversterkingen) rekening gehouden te worden met een corrosietoeslag gedurende de levensduur van de constructie. In het algemeen geldt voor constructies in waterkeringen een planperiode van 100 jaar.

De belangrijkste documenten (binnen Nederland), die iets vermelden ten aanzien van de te hanteren corrosietoeslag zijn:

- Handreiking constructief ontwerpen dijkversterkingen (TAW/ENW, maart 1994).
- CUR166, Damwandconstructies (5^e druk, oktober 2008). De waarden in CUR 166 zijn dezelfde als in de Eurocode.

In navolgende 2 paragrafen worden beide documenten behandeld.

Het onderzoek richt zich daarbij met name op bodems waarin veenlagen en (sterk) humeuze kleilagen voorkomen (westelijk Nederland). Conform de huidige regelgeving dient met name in veenlagen met een relatief hoge corrosietoeslag rekening gehouden te worden.

3.2 Regelgeving conform Handreiking Constructief Ontwerpen (dijkversterkingen, ENW)

Voor dijkversterkingen, in het westen van Nederland, maar vaak ook elders, wordt normaliter de waarden uit de Handreiking Constructief ontwerpen gehanteerd. Daarin is de volgende tabel weergegeven (dubbelzijdige afname van de wanddikte):

Grondsoort / grondwater	Dubbelzijdige corrosietoeslag (mm)	
	Levensduur 50 jaar	Levensduur 100 jaar
Zand / zoet water	0,5	1,0
Veenhoudende klei / zoet water	2,5	5,0
Veen / zoet water	5,0	10,0
Zand / zout water	15,0	30,0

Tabel 3.1 Corrosietoeslag op staal (TAW, 1994; bron: Provincie Zuid-Holland)

In de Handreiking is aangegeven, dat nader onderzoek en discussie in de toekomst moet leiden tot een algemeen aanvaarde norm.

In afwijking op deze tabel is voor dijkversterkingsprojecten in het westen van Nederland de afgelopen jaren vrijwel altijd een maximale corrosietoeslag van 5 mm (2-zijdig) gehanteerd (ENW, Provincie Zuid-Holland; Handreiking Constructief ontwerpen).

De onderbouwing hiervoor van de Provincie Zuid-Holland is enerzijds gebaseerd op een oud rapport van RWS Bouwdienst/DWW: Schermen in waterkeringen (feb. 1991); anderzijds was de gedachten hierbij, dat in de meeste gevallen het maximale moment in de damwand niet zal optreden in de grondlaag (veen) waar ook de meeste corrosie zal optreden. Bovendien werd (min of meer gevoelsmatig) een waarde van 10 mm voor veen als wel heel erg conservatief gezien.

Ook indien geen veen en/of humeuze kleilagen aanwezig zijn wordt, min of meer standaard, vaak ook 5 mm corrosietoeslag gehanteerd.

3.3 Regelgeving conform CUR / Eurocode

In CUR 166 'Damwandconstructies' (november 2008) zijn de waarden voor corrosietoeslag overgenomen uit de Eurocode 3 (EC 3 deel 5).

Voor damwanden in bodem en ophogingen met of zonder grondwater is in CUR 166 een tabel opgenomen met waarden voor eenzijdige corrosie. Deze tabel is in Tabel 3.2 vertaald naar dubbelzijdige afname van de wanddikte:

Ondergrond / bodemopbouw	Dubbelzijdige corrosietoeslag				
	Beoogde levensduur (jaar) ¹⁾				
	5 ¹⁾	25 ¹⁾	50	75	100
Ongeroerde schone bodem	0,00	0,60	1,20	1,80	2,40
Verontreinigde bodem, geroerde grond	0,30	1,50	3,00	4,50	6,00
Zure bodem (veen, moeras)	0,40	2,00	3,50	5,00	6,50
Onverdichte grond (klei, zand) ²⁾	0,36	1,40	2,40	3,40	4,40
Onverdicht, agressief ophoogmateriaal (bodemas, slakken, sintels)	1,00	4,00	6,50	9,00	11,50
1) De getallen voor 5 en 25 jaar zijn gebaseerd op metingen. De overige waarden zijn geëxtrapoleerd. 2) Corrosiesnelheden zijn in <u>verdichte</u> ophogingen lager dan in <u>onverdichte</u> . <u>Voor verdichte ophogingen moeten de gegeven waarden door twee gedeeld worden.</u>					

Tabel 3.2 Dubbelzijdige afname van de dikte van een damwand (mm) gedurende een tijdsperiode in bodem en ophogingen met of zonder grondwater (CUR, 2008)

Voor damwanden in zoet en zout water is in CUR 166 een tabel opgenomen met waarden voor eenzijdige corrosie. Deze tabel is in Tabel 3.3 vertaald naar dubbelzijdige afname van de wanddikte:

Zoet / zout wateromstandigheden	Dubbelzijdige corrosietoeslag				
	Beoogde levensduur (jaar) ¹⁾				
	5 ¹⁾	25 ¹⁾	50	75	100
Schoon, zoet water (rond de waterlijn)	0,30	1,10	1,80	2,30	2,80
Sterk verontreinigd zoet water (rond de waterlijn)	0,60	2,60	4,60	6,60	8,60
Zout water in gematigd klimaat (spatzone en laag waterzone)	1,10	3,80	7,50	11,20	15,0
Zout water in gematigd klimaat (permanent onderwaterzone)	0,50	1,80	3,50	5,20	7,00
1) De getallen voor 5 en 25 jaar zijn gebaseerd op metingen. De overige waarden zijn geëxtrapoleerd.					

Tabel 3.3 Eenzijdige afname van de dikte van een damwand (mm) gedurende een tijdsperiode in bodemen ophogingen met of zonder grondwater (CUR, 2008)

In CUR 166 is aangegeven, dat de genoemde waarden ter oriëntatie zijn. Werkelijke waarden zijn afhankelijk van lokale omstandigheden.

Indien voor een ontwerp de richtlijnen van CUR 166 (Damwandconstructies) of de Eurocode gevolgd zou worden, dan dient voor zure bodem (veen/moeras) gerekend te worden met een corrosie toeslag van 6,5 mm (dubbelzijdig) voor een levensduur van 100 jaar.

Opgemerkt wordt dat het voor dijkversterkingen gebruikelijk is de normen uit de vigerende Leidraden te gebruiken. Derhalve worden voor een dijkversterking normaliter de waarden uit de Handreiking constructief ontwerpen gebruikt, zie paragraaf 3.2.

Onderhavig onderzoek en advies beoogt derhalve een aanpassing van de waarden die in de Handreiking Constructief Ontwerpen zijn weergegeven (zie Tabel 3.2) voor veen/zoetwater en voor veenhoudende klei/zoetwater.

4 Representativiteit onderzoek en ondergrond

4.1 Algemeen

Voorafgaand aan het onderzoek is samen met RWS-HWBP en Waterschap Rivierenland nagedacht over de representativiteit van het onderzoek en de locaties waar damwanden getrokken en onderzocht worden. Omdat juist voor bodems met veenlagen en ook humeuze kleilagen een relatief hoge corrosietoeslag in rekening gebracht dient te worden, richt het onderzoek zich juist op gebieden met een dergelijke ondergrond samenstelling.

Onderhavige onderzoek en advies beoogt derhalve een aanpassing van de waarden die in de Handreiking Constructief Ontwerpen zijn weergegeven (zie Tabel 3.2) voor veen/zoetwater en voor veen-houdende klei/zoetwater.

Verder is ook vastgesteld, mede op basis van eerdere uitgevoerde onderzoeken, hoe de metingen worden uitgevoerd, hoe de interpretatie plaatsvindt en hoe met statistische onzekerheden en een eventueel aan te houden veiligheidsmarge wordt omgegaan.

Naast de samenstelling van de ondergrond en het grondwater is aangegeven dat, voor zover mogelijk, de onderzoeksresultaten toegepast dienen te worden op de HWBP-2 projecten: Kinderdijk – Schoonhovense Veer (KIS), Nieuwe Maasdijk Krimpen aan de Lek en Eiland van Dordrecht.

4.2 Representativiteit en toepassingsgebied in relatie tot de ondergrond

4.2.1 Representativiteit aantal damwandplanken

Ten aanzien van de representativiteit van het onderzoek is in het verleden met diverse partijen van gedachten gewisseld. Binnen de Werkgroep Evaluatie Dijkversterking is begin 2010, mede op basis van alle tot dan toe uitgevoerde onderzoeken en de praktijkresultaten van de visuele inspecties bij drie getrokken damwandplanken, geconcludeerd dat er nog twee representatieve damwandplanken getrokken en onderzocht zouden moeten worden. Bij positieve uitkomsten van de twee nog te trekken damwandplanken bestond er voldoende vertrouwen om, onder de betreffende omstandigheden voor stabiliteitsschermen in waterkeringen, met een lagere corrosietoeslag te mogen rekenen; 2 mm in plaats van 5 mm.

Zoals aangegeven is dit standpunt van de Werkgroep Evaluatie Dijkversterking d.d. 5 februari 2010 aan ENW-Techniek per brief kenbaar gemaakt, met het verzoek aan ENW om hierover ook een standpunt in te nemen. Hier is door ENW positief op gereageerd (zie bijlagen A en B).

In het kader van de huidige, onderhavige, afronding van het corrosieonderzoek, is dit nogmaals voorgelegd aan ENW. Door ENW is aangegeven, dat hun eerdere standpunt niet gewijzigd is. Het onderzoeksvoorstel is derhalve gebaseerd op tenminste nog twee te trekken en te onderzoeken damwandplanken. Daarmee wordt tot een totaal van vijf onderzochte planken gekomen, wat als voldoende representatief gezien wordt.

In de toekomst kan door middel van meer onderzoek, bij meer te trekken damwandplanken, meer zekerheid verkregen worden omtrent de mate van opgetreden corrosie en de toe te passen corrosietoeslag inclusief eventueel aangehouden veiligheden. Het mooiste zou zijn om daarvan in de loop der jaren een database op te kunnen bouwen.

4.2.2 Toepassingsgebied en ondergrondsamenstelling

Tot op heden heeft, zoals reeds eerder aangegeven, het onderzoek zich, mede in verband met de dijkversterkingsprojecten Nederlek, Bergambacht-Schoonhoven (BAS) en Kinderdijk-Schoonhovense veer (KIS), gericht op globaal de Alblasserwaard en de Krimpenerwaard.

Kenmerkend voor de ondergrond in de beschouwde gebieden is vaak de aanwezigheid van relatief dikke veenlagen, humeuze kleilagen en zogenaamd zoet grondwater (zie hoofdstuk 3). Het betreft hier voornamelijk geologische, holocene afzettingen van de formatie van Nieuwkoop (voormalig Hollandveen en basisveen) en de formatie van Echteld (komklei, klei en zand, voorheen afzettingen van Gorkum).

Meer naar het westen wordt met name het water in het eerste watervoerende pakket, maar ook het grondwater (in de holocene deklagen) zouter. Daarnaast komt, met name waar het klei- en zandafzettingen betreft, een andere formatie voor: de formatie van Naaldwijk (voorheen afzettingen van Duinkerke en Calais). De veen-afzettingen zijn hier wel van dezelfde formatie (formatie van Nieuwkoop). De verschillende formaties en afzettingen kennen geen scherpe overgang in het deltagebied. Conform de eisen geldt in het algemeen dat, bij de aanwezigheid van veen en/of veenhoudende klei (komklei) in de ondergrond, er rekening gehouden moet worden met een hogere corrosietoeslag dan wanneer er alleen sprake is van klei en zand in de ondergrond. De te behalen winst is mede gebaseerd op deze hogere toeslag in veenlagen en/of humeuze klei.

Derhalve beperkt het onderhavige onderzoek zich tot de locaties in met name het westen van Nederland, waar relatief dikke veenlagen en humeuze kleilagen voorkomen. Dit betreft holocene afzettingen van de formatie van Nieuwkoop (veen) en de formatie van Echteld (komklei).

Als voorwaarde voor onderhavig onderzoek is met betrekking tot de representativiteit van de ondergrond gesteld dat de te trekken en te onderzoeken damwandplanken in een veenlaag met een dikte van minimaal 1 m moeten hebben gestaan.

Een andere parameter, die mede bepalend is voor de te hanteren corrosietoeslag, is de kwaliteit van het grondwater, met name het zoutgehalte. Binnen de eerder gedefinieerde onderzoeksgebieden Alblasserwaard en Krimpenerwaard speelt dit in principe niet, omdat hier algemeen bekend is dat het grondwater zoet is. Met name meer naar het westen van Nederland zal het grondwater zouter van samenstelling worden. Dit betreft zowel het grondwater uit het eerste watervoerende pakket (pleistocene zandlagen) als het grondwater dat zich in de holocene deklagen bevindt.

Een andere voorwaarde is derhalve dat zowel het grondwater in het eerste watervoerende pakket als in de holocene deklaag zoet is. De grens tussen zoet en brak water ligt in het algemeen tussen globaal 0,3 en 0,5 ‰ totaal zoutgehalte. Voor het onderhavige onderzoek is uitgegaan van een grenswaarde van 0,3 ‰ voor zoet grondwater. Dit komt globaal overeen met een Chloridegehalte (Cl⁻) van circa 200 mg/l.

In het algemeen ligt de grenswaarde tussen zoet en brak grondwater bij 150 – 300 mg Cl⁻/l.

Voor zover mogelijk is bestaande informatie over samenstelling van de bodem en het grondwater gebruikt. Waar de benodigde gegevens niet beschikbaar waren is aanvullend onderzoek uitgevoerd naar de aanwezige grondopbouw en grondwatersamenstelling.

Door Waterschap Rivierenland en Waterschap Hollandse Delta is een inventarisatie gemaakt van zoutgehaltes van het oppervlakte water binnen hun beheersgebied. De resultaten daarvan zijn in bijlage G opgenomen.

4.2.3 Overige voorwaarden

Een andere voorwaarde is dat de damwandplanken in de ondergrond dienen te staan, en niet deels in contact staan met het (oppervlakte)water of met de lucht (de atmosferische zone), tenzij hiervoor extra beschermingsmaatregelen worden genomen.

Voor zoverre dit bij te onderzoeken damwandplanken aan de orde is, wordt alleen dat deel van de damwand beschouwd, dat aan beide zijden in de vaste bodem heeft gestaan.

Bij onderzoek c.q. visuele inspectie dienen de damwandplanken 'gaaf' (glad) te zijn, zonder duidelijke waarneembare aantastingen zoals putcorrosie of andere (lokale) aantastingen door corrosie.

Ten aanzien van de ouderdom is in overleg bepaald dat, in verband met een lineaire extrapolatie van de corrosietoeslag naar 100 jaar, de te onderzoeken damwanden tenminste circa 20 jaar in de ondergrond hebben gestaan.

4.2.4 Resumé; afbakening onderzoek

Ten aanzien van de representativiteit zijn voorsnog de volgende voorwaarden gedefinieerd:

- Een totaal van 5 representatieve planken wordt is als voldoende beschouwd voor een definitieve uitspraak ten aanzien van de te hanteren corrosietoeslag in de betreffende omstandigheden.
- De planken dienen minimaal in een veenlaag (formatie van Nieuwkoop) met een dikte van 1 m te hebben gestaan.
- De grondwatersamenstelling dient zoet te zijn, waarbij een grens gehanteerd wordt van 0,3 ‰ zoutgehalte. Dit komt overeen met circa 200 mg/l chloride (Cl⁻). Afhankelijk van de lengte/diepte van de damwand geldt dit ook voor het eerste watervoerende pakket.
- Voor de damwanden die (deels) in oppervlakte water of de atmosferische zone hebben gestaan wordt alleen dat deel in het onderzoek betrokken waarvan zeker is dat beide zijden in de vaste bodem hebben gestaan.
- De planken dienen bij visuele inspectie glad en gaaf te zijn (geen putcorrosie of andere duidelijk waarneembare aantastingen).
- De te onderzoeken planken dienen, in verband met een lineaire extrapolatie naar 100 jaar, tenminste 20 jaar in de ondergrond te hebben gestaan.

Om representativiteit en afbakening van het onderzoek te kunnen verifiëren is op elke locatie voldoende grondonderzoek aanwezig of uitgevoerd waarmee voldoende zekerheid is verkregen ten aanzien van de bodemopbouw. Dit onderzoek bestaat minimaal uit een boring of sondering ter plaatse.

Daarnaast zijn op de betreffende locaties grondwatermonsters beschikbaar die geanalyseerd zijn op het chloridegehalte.

Tenslotte is er voldoende informatie of zijn gegevens bekend, omtrent de ouderdom van de onderzochte damwandplanken.

5 Meet en beoordelingsmethode

5.1 Diktemetingen en visuele beoordeling

De wanddiktemetingen bij de te onderzoeken damwandplanken zijn uitgevoerd door TNO-Den Helder (E. Reddering, corrosie expert). De metingen worden uitgevoerd met hiervoor geschikte ultrasone meetapparatuur. Naast de diktemeting vindt een visuele beoordeling plaats.

Ter voorbereiding van de meting wordt om de halve meter een plek ter grootte van ca. 10 x 10 cm op het midden van de flens van de damwandplank zo goed mogelijk schoongemaakt tot op blank staal, met behulp van een plamuurmes, krabber en staalborstel. Vervolgens wordt de diktemeting uitgevoerd met een ultrasone wanddiktemeter (merk PosiTector, model UTG, serienummer 68739, fabrikant DeFelsko Corporation, USA). Bij de wijze van diktebepaling wordt een geluidsgolf door het materiaal gestuurd, die vervolgens door het oppervlak aan de achterzijde wordt teruggekaatst en weer wordt opgevangen door de meetsensor. De wanddiktemeter staat ook specifiek ingesteld op metingen aan staal aangezien ieder materiaal zijn eigen voortplantingssnelheid voor ultrasoon geluid kent. Bij de meting wordt een gel als contactvloeistof toegepast.



Figuur 5.1 Foto's meting plankdikte

De nauwkeurigheid van het meetsysteem bedraagt 0,05 mm. De nauwkeurigheid wordt verder bepaald door de reiniging van het oppervlak waarop gemeten wordt. De aanwezigheid van goed hechtende en compacte restanten van corrosie-producten en walshuid beïnvloeden het meetresultaat. Zodra aanwezige restanten corrosieproduct niet compact en dus discontinu zijn geeft de diktemeting geen resultaat meer.

Op de locaties die op het oppervlak van de damwandplank zijn schoongemaakt, worden telkens vijf diktemetingen uitgevoerd. Het gemiddelde wordt bepaald wat als resultaat geldt voor de betreffende locatie van de damwandplank. Het resultaat wordt vergeleken met de nominale dikte. Het verschil wordt gezien als een afname van de dikte als gevolg van corrosie.

Met deze werkwijze worden meetwaarden op één punt van een plank verkregen met een onzekerheid van typisch 0,07 mm (standaarddeviatie van het gemiddelde).

Naast deze diktemeting vindt een visuele beoordeling van de plank plaats. Met name wordt daarbij gelet op de aanwezigheid van eventuele corrosieproducten, aanwezige lagen (sideriet, walshuid) op de damwand en de gladheid/gaafheid van de damwand.

5.2 Damwandprofiel

Vanuit gegevens van leveranciers en beschikbare tabellen zijn afmetingen en damwandeigenschappen bekend.

Vooraf is bij de te trekken en te onderzoeken damwandplanken het type damwand en de bijbehorende afmetingen, waaronder de wanddikte, vaak niet bekend. Op basis van meting van het profiel is het in alle gevallen mogelijk gebleken het damwandtype te achterhalen. In 2 gevallen (1 damwandplank bij Giessenburg en 1 plank in Alblasserdam), was het type damwandplank op de plank weergegeven.

5.3 Onzekerheden en spreiding in opgetreden corrosie

Bij de onderzochte damwandplanken die getrokken zijn wordt voor de initiële wanddikte uitgegaan van de zogenaamde nominale wanddikte. Dit is de wanddikte die de damwandplank conform opgave van de fabrikant heeft.

Voor zover bekend is de nominale dikte ook de waarde die in het ontwerp van damwanden gebruikt wordt en waarmee de sterkte en de stijfheid van de damwand op gebaseerd is.

Conform NEN-EN 10248/2 worden de volgende toleranties gesteld aan de afmetingen van damwandplanken, zie Tabel 5.1.

Parameter	Tolerantie	
Wanddikte [mm]	U/Z-profiel:	$t \geq 8,5$ mm: +/- 6%
		$t < 8,5$ mm: +/- 0,5 mm

Tabel 5.1 Tolerantie wanddikte conform EN 10248/2

Volgens opgave van een fabrikant (Arcelor Mittal) is de nominale dikte een gemiddelde dikte. De walsafwijkingen liggen daar omheen. Doordat de walsen slijten, worden de planken dikker. De tolerantie is met name ook bedoeld om aan te geven wanneer een wals vervangen dient te worden.

In dit onderzoek wordt het verschil tussen de gemeten dikte en de nominale dikte volledig toegeschreven aan corrosie. Eventuele negatieve walsafwijkingen (plank oorspronkelijk dunner dan de nominale dikte) worden dus als corrosie meegenomen.

Omdat verwacht mag worden dat in het algemeen damwandplanken eerder aan de negatieve kant van de walsafwijking zullen zitten dan aan de positieve kant (dat is namelijk in het voordeel van de producent), zal dit gemiddeld genomen voor het onderzoek een conservatief uitgangspunt zijn.

Verder wordt als conservatief uitgangspunt (per locatie) uitgegaan van de laagste gevonden waarde over de representatieve planklengte, onafhankelijk of deze meting wel of niet in een veenlaag heeft gezeten.

Dit geldt ook indien er op 1 locatie meerdere planken zijn onderzocht (Gouderak, Giessenburg, Nieuw Lekkerland-west en Alblasserdam (gedeeltelijk)).

De corrosiesnelheid, uitgedrukt in mm/jaar, wordt bepaald door het corrosieverlies te delen door de leeftijd van de constructie. Door de corrosiesnelheid te vermenigvuldigen met de beoogde levensduur van de constructie, wordt het totale corrosieverlies verkregen waarmee in het ontwerp van de constructie rekening gehouden dient te worden (de corrosie toeslag).

Door lineair te extrapoleren wordt geen rekening gehouden met een afname van de corrosiesnelheid in de tijd. Omdat uit literatuur bekend is dat deze afname wel op zal treden geeft dit ook een extra veiligheid.

Naast onzekerheden in de oorspronkelijke dikte van de damwandplanken, kent ook het meetsysteem een zekere onnauwkeurigheid. In de praktijk wordt per damwandplank elke 0,5 m een plank-diktemeting uitgevoerd. Daarbij worden per meetpunt vijf metingen gedaan. Het gemiddelde van de vijf metingen geldt als de gemeten waarde van de dikte van de damwandplank op dat punt; het resultaat. Het meetsysteem zelf heeft een nauwkeurigheid van 0,05 mm. Met deze werkwijze worden meetwaarden op één punt van een plank verkregen met een onzekerheid van typisch 0,07 mm (standaarddeviatie van het gemiddelde).

Naast de metingen van de wanddikte zijn ook de bevindingen van de visuele inspectie belangrijk in de beoordeling. Daaruit moet duidelijk blijken, dat de damwandplanken "gaaf" (glad en egaal) uit de grond zijn gekomen.

5.4 Van meting staaldikte naar advies voor corrosietoeslag

Navolgend wordt aangegeven hoe van de meetwaarden van de dikte van de damwandplanken gekomen wordt tot een advies voor corrosietoeslag. Hierin zijn de volgende stappen voorzien:

- De meetwaarden van twee naastliggende meetpunten (afstand 0,5 m) worden gemiddeld.
- Per getrokken plank wordt de grootste gevonden afwijking van de nominale dikte genomen.
- Als meerdere planken op één locatie zijn getrokken wordt de hoogste waarde van de afwijking van de nominale dikte gebruikt.
- Deze hoogste waarde van de afwijking wordt geïnterpreteerd als corrosieverlies.
- Per locatie wordt het corrosieverlies geëxtrapoléerd naar 100 jaar levensduur, op basis van de voor de plank bekende verblijftijd in de bodem.
- Het advies voor de corrosietoeslag wordt bepaald uit de grootste waarde van de vijf locaties door naar boven af te ronden op eenheden van 0,5 mm/100 jaar en daar een

veiligheidsfactor van 0,5 mm/100 jaar bij op te tellen. Deze extra veiligheidsfactor past binnen het ENW advies 2010-03.

Deze werkwijze kent, bovenop de veiligheidstoeslag van 0,5 mm/100 jaar, meerdere veiligheden:

1. Negatieve walsafwijkingen (damwandplank oorspronkelijk dunner dan nominale dikte) worden als corrosie meegenomen. Dit gebeurt ook indien een damwandplank visueel niet aangetast en helemaal 'gaaf' lijkt te zijn.
2. Door lineair te extrapoleren ontstaat een overschatting van de benodigde corrosietoeslag.
3. Door telkens de hoogst gemeten afwijking te gebruiken worden meetonnauwkeurigheden ook geïnterpreteerd als corrosie.
4. Op locaties waar meerdere planken onderzocht zijn wordt uitgegaan van de damwandplank met de grootste gemeten (negatieve) afwijking

Opgemerkt wordt overigens dat positieve walsafwijkingen op eenzelfde wijze worden meegenomen.

6 Resultaten van het onderzoek per locatie

6.1 Inventarisatie zoet/zout grondwater

Zoals in paragraaf 4.2.2 is aangegeven is door Waterschap Rivierenland en Waterschap Hollandse Delta een inventarisatie gemaakt van zoutgehaltes van het oppervlaktewater binnen hun beheersgebied. De resultaten daarvan zijn samen met een overzicht van Deltares in bijlage G opgenomen. De aangegeven waarden op de overzichtskaart van Deltares geeft de grens tussen brak en zout grondwater. De grens tussen zoet en brak grondwater ligt niet heel veel anders.

Uit de resultaten blijkt er in het westen van Nederland duidelijk een grens te liggen op ongeveer de lijn Bergen op Zoom – Gouda. Ten oosten van deze lijn is het grondwater overwegend zoet. Dat betekent dat onderhavig advies toegepast kan worden voor de aangegeven HWBP-2 projecten (zie paragraaf 1.2): Kinderdijk – Schoonhovenseveer (KIS), Eiland van Dordrecht-Oost en Nieuwe Maasdijk – Krimpen aan de Lek.

6.2 Resultaten dikte metingen en corrosiesnelheid

Navolgend zijn de resultaten weergegeven van alleen de onderzoeksresultaten van de onderzochte damwanden en locaties, die voldoende representatief zijn voor het onderzoek en advies zie hoofdstuk 4.

Dit betreft de volgende 5 locaties en damwandplanken:

- Nieuw Lekkerland, oostzijde, Voormalig terrein Den Boer Beton (13 juni 2005)
- Gouderak, gemaal Verdoold, uitstroombak buitendijks (31 mei en 6 juni 2012)
- Giessenburg, gemaal Giessen Oudebovenkerk, (16 januari en 5 februari 2013)
- Nieuw Lekkerland (west), Lekdijk 470, binnendijks stabiliteitsberm (15 februari 2013)
- Alblasserdam, bouwterrein Oceanco, voorheen Giessen de Noord (7 maart 2013).

De resultaten van de locaties die qua ondergrond onvoldoende representatief zijn gebleken worden verder niet behandeld. Hiervoor wordt verwezen naar de voor die locaties opgestelde separate rapportages. Dit betreft:

- Sliedrecht, toerit IHC, Kleindiep (15 feb 2006). Briefrapportage Trekken damwandplank terrein IHC Sliedrecht, 398204.154, d.d. 19-05-2006.
- Dordrecht, kruising Boterdiepstraat/Wielingenstraat (4 juli 2007). Briefrapportage Inspectie getrokken damwandplank (Dordrecht), CO-425180.10, d.d. 05-10-2007.
- Lekkerkerk, Opperduit 85, loswal buitendijks (20 oktober 2011). Rapport Corrosie van stalen damwandplanken, 2 planken getrokken (Lekkerkerk, Opperduit 85), 1204612-000-GEO-0002, V01, november 2011.

Voor de volledigheid zijn in paragraaf 6.8 wel de belangrijkste eindresultaten van deze locaties/damwandplanken in de overzichtstabel, Tabel 6.6, opgenomen.

Voor de gegevens en de resultaten van de literatuurstudie en eerdere onderzoeken, waaronder een vergelijking van voorspellingsmodellen voor corrosie, wordt verwezen naar de betreffende rapportages:

- Rapport Dijkversterking Nederlek Ontwerpfase, Literatuurstudie naar corrosie van damwanden; 398203.62, V01, concept 23 september 2003.

- Rapport Dijkversterking Nederlek Ontwerpfase, Praktijkonderzoek naar corrosie van damwanden; 398204-66, V01, concept 9 september 2005.

Deze laatste rapportage bevat tevens de resultaten van de getrokken damwandplank in Nieuw-Lekkerland oost, die voor de volledigheid ook in deze rapportage zijn opgenomen.

6.3 Resultaten Nieuw Lekkerland oost (voormalig terrein Den Boer Beton)

De resultaten van de getrokken damwandplank in Nieuw Lekkerland oost zijn reeds gerapporteerd in de rapportages van Deltares met kenmerk: 398204-66, V01, concept 9 september 2005.

De bevindingen en de resultaten van de metingen zijn opgenomen in bijlage C (rapportage van TNO; CA05.8036, d.d. 21 juli 2005).

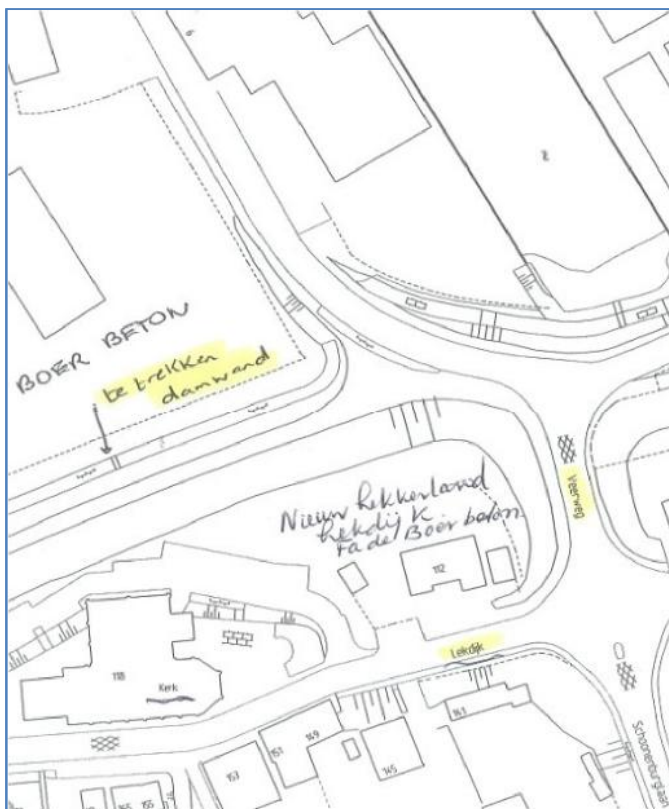
De (plaatsings)gegevens van de peilbuizen en de analyseresultaten van de chloridegehalten zijn respectievelijk opgenomen in bijlage D en E.

Het uitgevoerde en beschikbare grondonderzoek is weergegeven in bijlage F.

Navolgend is een korte samenvatting van de belangrijkste gegevens en resultaten weergegeven.

6.3.1 Algemene gegevens

Op 13 juni 2005 is in Nieuw Lekkerland (ca. Lekdijk 112, tegenover NH-kerk) één damwandplank getrokken en onderzocht. In Figuur 6.1 is de locatie van de damwandplank weergegeven.



Figuur 6.1 Locatie getrokken damwand in Nieuw Lekkerland

De getrokken damwand had een lengte van 19 m en was van het type LX (U-profiel). De nominale wanddikte van dit profiel bedraagt 13 mm.

De hoogte van het maaiveld bedroeg circa NAP +3,44 m (Sondering S03).

De damwand vormde onderdeel van een afschermconstructie op het terrein van voormalige firma Den Boer Beton. Volgens de beschikbare gegevens heeft de damwand 20 jaar, aan weerszijden in de ondergrond gestaan.

Ter plaatse is een piëzocone-sondering uitgevoerd (S03b) met meting van mechanische weerstand, waterspanning en plaatselijke wrijving. Daarnaast is een spitsmuisboring (B03) uitgevoerd.

Uit het grondonderzoek blijkt, dat de bodem, tot circa NAP -13 m voornamelijk bestaat uit afwisselend klei- en veenlagen.

Ter plaatse is ook, met behulp van een grondwatermonstersonde (GWMS) een grondwatermonster genomen uit de watervoerende zandlaag (pleistoceen) op circa MV -17,3 m. Dit grondwatermonster is geanalyseerd op chloride gehalte.

Op 5 verschillende dieptes zijn met behulp van de spitsmuisboringen grondmonsters gestoken, die gebruikt zijn voor verdere analyses in het laboratorium en het uitvoeren van corrosiviteitstesten. Uit de grondmonsters is met behulp van een centrifuge het grondwater onttrokken en geanalyseerd op onder andere het chloride gehalte.



Figuur 6.2 Uitvoeren van het trekken van een damwandplank

6.3.2 Resultaten metingen chloridegehalte grondwater.

In onderstaande tabel zijn de resultaten weergegeven van de bepalingen van het chloridegehalte van het grondwater op verschillende dieptes.

Diepte grondwatermonster [m – MV]	Chloridegehalte (Cl ⁻) [mg/l]	Opmerkingen
4,10	259,8	Grondwater gecentrifugeerd uit grondmonster (klei, holocene deklaag)
6,30	29,7	Grondwater gecentrifugeerd uit grondmonster (veen, holocene deklaag)
8,10	156,4	Grondwater gecentrifugeerd uit grondmonster (veen, holocene deklaag)
11,10	1)	Grondwater gecentrifugeerd uit grondmonster (veen, holocene deklaag)
15,40	62,2	Grondwater gecentrifugeerd uit grondmonster (zand / klei laagjes, holocene deklaag)
17,30	120	Grondwatermonstersonde gebruikt, pleistocene zandlaag (1 ^e watervoerende pakket)
1) Niet gemeten		

Tabel 6.1 Gemeten chloride gehalten Nieuw Lekkerland oost

In het algemeen is sprake van zoet grondwater, zowel in het eerste watervoerende pakket als in de holocene deklaag (gehalte Cl⁻ < 200 mg/l). Uitzondering vormt het grondwatermonster op MV -4,1 m. Gezien de relatief grote afwijking is hier mogelijk sprake van een lokaal hogere waarde of verkeerde meting. Deze waarde wordt niet als representatief voor de ondergrond beschouwd.

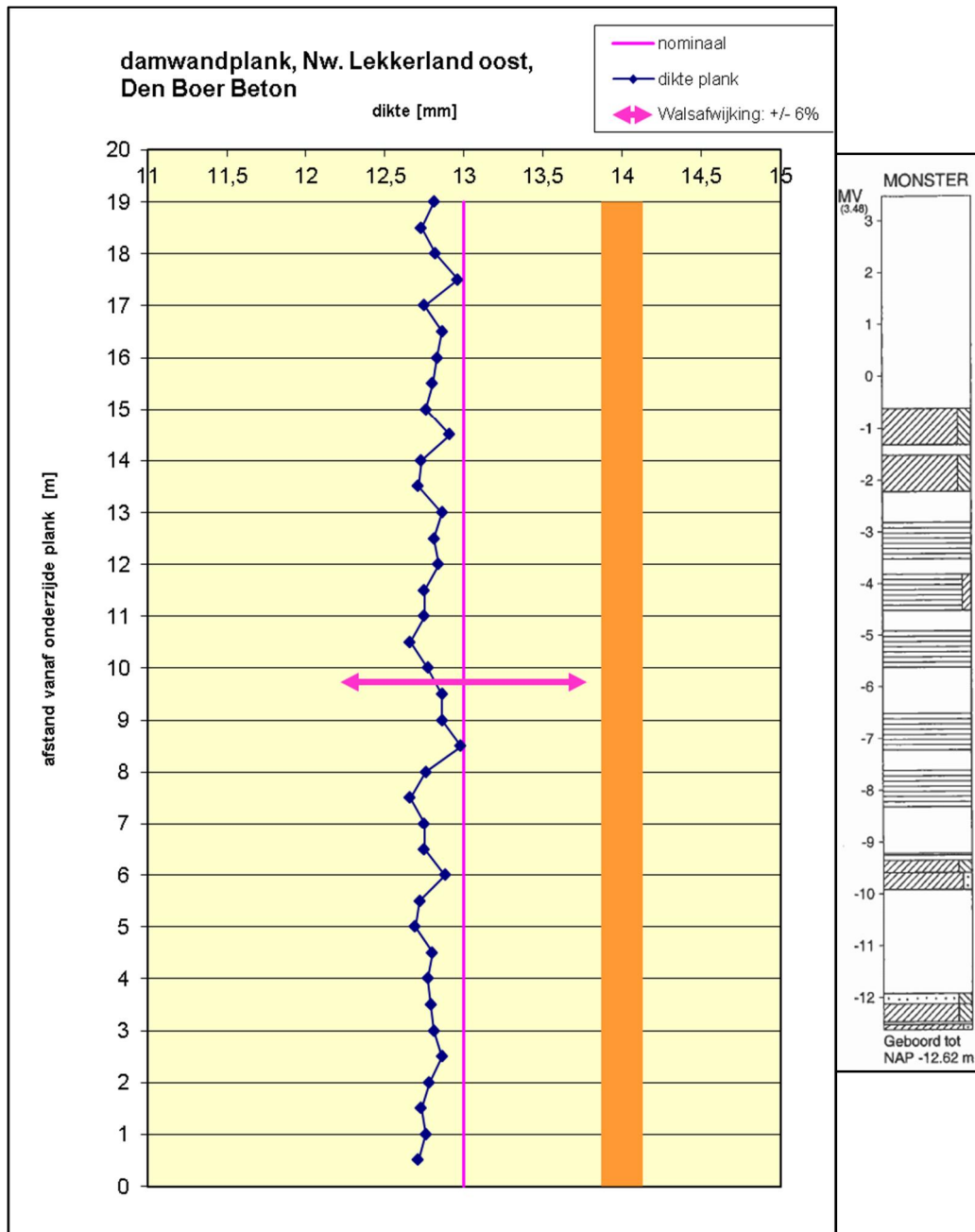
Gemiddeld bedraagt het chloridegehalte in het holocene pakket 127 mg/l.

In het eerste watervoerende pakket is een waarde van 120 mg/l gemeten.

6.3.3 Metingen plankdikte en advies

Voor onderhavig onderzoek zijn de meetresultaten uit 2005 opnieuw geïnterpreteerd en in onderstaande grafiek weergegeven. Daarbij is tevens aangegeven hoe de metingen zich verhouden tot de toelaatbare maximale walsafwijking.

In de grafiek is tevens aangegeven over welke lengte de damwandplank 2-zijdig in de bodem heeft gestaan. Alleen dit gedeelte is in de beschouwing van de plankdikte meegenomen.



Figuur 6.3 Resultaten uitgevoerde dikte metingen Nieuw Lekkerland oost, met Spitsmuisboring 03

Uit de metingen blijkt, dat gemiddeld over 2 naast elkaar liggende meetpunten een maximale dikteafname van 0,295 mm gevonden wordt over een periode van circa 20 jaar. Dit betekent dat bij lineaire extrapolatie voor een periode van 100 jaar de dikte afname maximaal 1,48 mm bedraagt.

Ten aanzien van de visuele inspectie zijn er geen bijzonderheden. De getrokken plank was gaaf (glad) en voorzien van een grijs-witte laag, sideriet, die zich op de meeste plekken redelijk gemakkelijk met een krabber en plamuurmes liet verwijderen. Voor nadere details wordt verwezen naar bijlage C.

6.4 Resultaten Gouderak, gemaal Verdoold

Bij de renovatie van het gemaal Verdoold in Gouderak (Kattendijk 3) zijn eind mei 2012 een aantal damwandplanken getrokken aan de buitendijkse zijde ter weerszijde van de betonnen uitstroombak van het gemaal. Ter plaatse zijn twee van de getrokken damwandplanken geïnspecteerd en is de dikte ervan gemeten.

De resultaten van de visuele inspectie en de resultaten van de metingen zijn opgenomen in bijlage C (rapportage van TNO; 2012 R10183, d.d. 26 juni 2012).

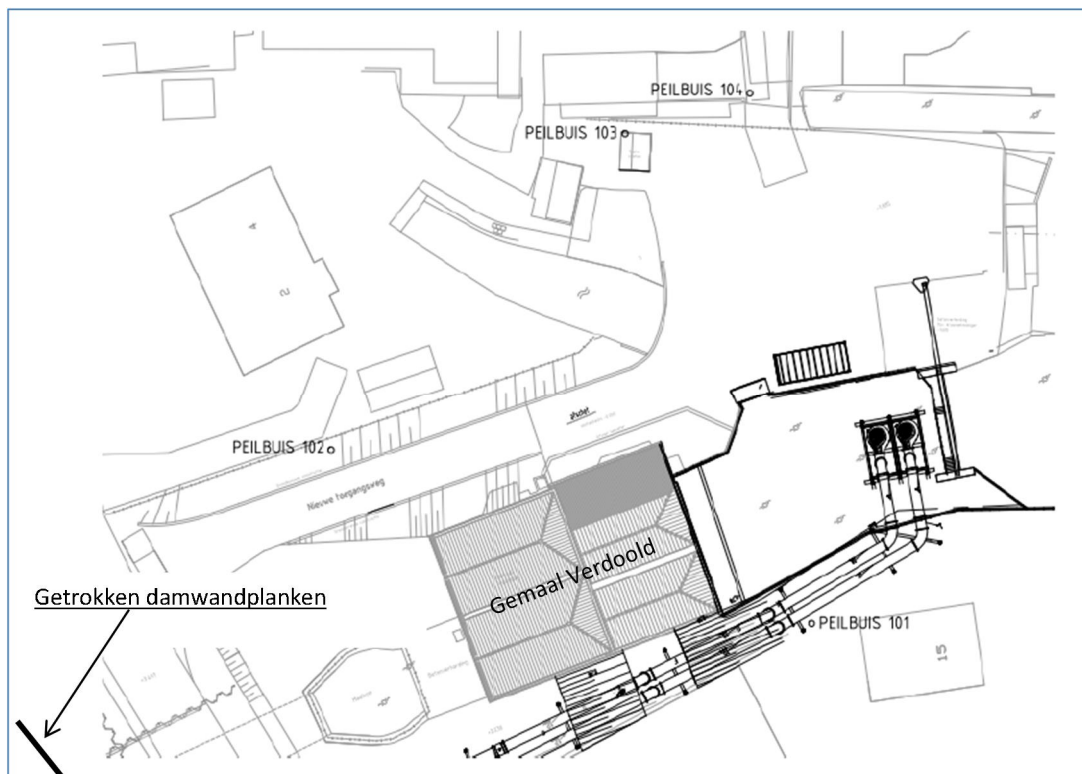
De (plaatsings)gegevens van de peilbuizen en de analyseresultaten van de chloridegehalten zijn respectievelijk opgenomen in bijlage D en E.

Het uitgevoerde en beschikbare grondonderzoek is weergegeven in bijlage F.

Navolgend is een korte samenvatting van de belangrijkste gegevens en resultaten weergegeven.

6.4.1 Algemene gegevens

Op 31 mei en 6 juni 2012, zijn in Gouderak, bij het gemaal Verdoold 2 damwandplanken onderzocht. De damwanden bevonden zich aan de rivierzijde (Hollandsche IJssel) aan weerszijden van de bestaande uitstroombak. Zie onderstaande situatietekening in Figuur 6.4 en de foto's in Figuur 6.5.



Figuur 6.4 Situatie getrokken damwandplanken en peilbuizen te Gouderak, gemaal Verdoold



Figuur 6.5 Foto's situatie getrokken damwandplanken te Gouderak, gemaal Verdoold

De getrokken damwanden hadden een lengte van 6,7 à 7,0 m en de planken waren van het type Larssen II N. De nominale wanddikte van dit profiel bedraagt 9,5 mm.

De hoogte van de bovenkant van de damwandplanken bedroeg circa NAP 0 m.

De damwand was een vleugelwand (achterloopsheidscherm) van de uitstroombak van het gemaal Verdoold aan de zijde van de Hollandsche IJssel. Volgens de beschikbare gegevens, een oude bouwtekening uit 1956, heeft de damwand meer dan 50 jaar in de ondergrond gestaan. De lengte waarover de wand met voldoende zekerheid aan weerszijden in de ondergrond heeft gestaan bedraagt circa 4 m.

Vlak bij de damwand zijn op de kruin van de dijk en net binnendijs drie sonderingen (S1 t/m S3) beschikbaar en een boring (pb01) waarin destijds een peilbuis afgesteld is. De betreffende peilbuis is in het kader van onderhavig onderzoek niet teruggevonden. De sonderingen zijn uitgevoerd met meting van mechanische weerstand en plaatselijke wrijving. Verder binnendijs zijn nog vijf sonderingen beschikbaar en een boring (pb02).

Uit het grondonderzoek blijkt, dat de bodem, tot circa NAP -9 m voornamelijk bestaat uit afwisselend klei- en veenlagen. Daaronder komt het pleistocene zand voor (1^e watervoerende pakket).

Ter plaatse zijn in het kader van de renovatie van het gemaal, binnendijs 4 peilbuizen geplaatst op verschillende dieptes (pb 101 t/m 104). Peilbuis 104 bevindt zich in het eerste watervoerende pakket (pleistocene zand) de overige drie peilbuizen staan in de holocene deklaag (klei / veen). De locaties van de peilbuizen is tevens in bijlage D weergegeven. Het grondwater uit de 4 peilbuizen is bemonsterd en geanalyseerd op chloridegehalte.

6.4.2 Resultaten metingen chloridegehalte grondwater.

In onderstaande tabel zijn de resultaten weergegeven van de bepalingen van het chloridegehalte van het grondwater op verschillende dieptes.

Peilbuis nummer	Diepte Peilbuisfilter [m – NAP]	Chloridegehalte (Cl ⁻) [mg/l]	Opmerkingen
Pb 101	-2,80 / -3,80	100	(veen/klei, holocene deklaag)
Pb 102	-1,70 / -2,70	190	(veen/klei, holocene deklaag)
Pb 103	-3,15 / -4,14	130	(veen/klei, holocene deklaag)
Pb 104	-13,70 / -14,70	99	1 ^e watervoerende pakket (pleistoceen)
Opmerkingen:			

Tabel 6.2 Gemeten chloride gehalten Nieuw Lekkerland oost

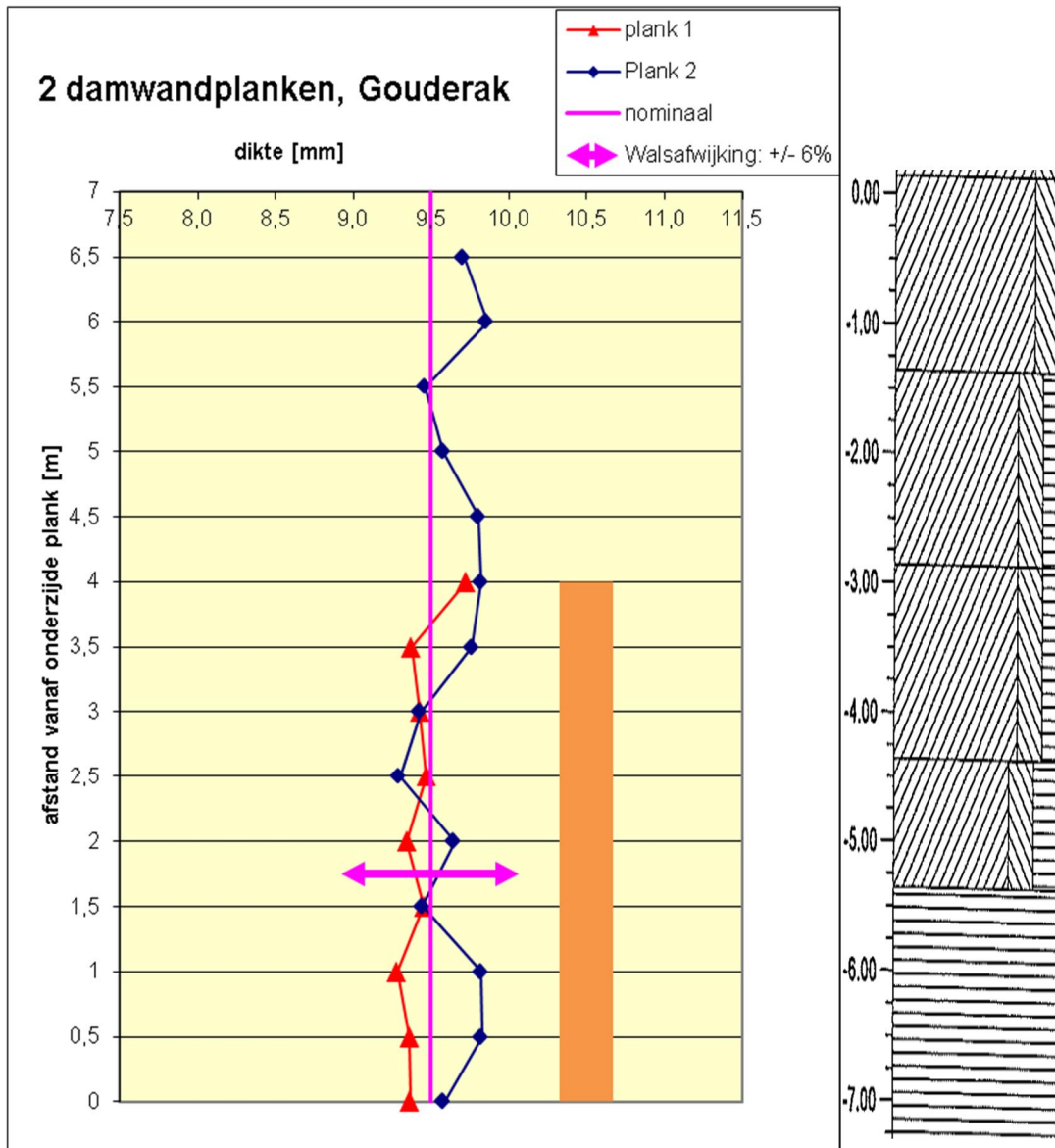
In het algemeen is sprake van zoet grondwater, zowel in het eerste watervoerende pakket als in de holocene deklaag. Het chloridegehalte (Cl⁻) is bij alle monsters kleiner dan 200 mg/l. Gemiddeld bedraagt het chloridegehalte in het holocene pakket 140 mg/l.

In het eerste watervoerende pakket is 99 mg/l gemeten.

6.4.3 Metingen plankdikte en advies

Voor onderhavig onderzoek zijn op locatie 2 damwanden visueel beoordeeld en is de plankdikte gemeten. De meetresultaten zijn in onderstaande grafieken weergegeven. Daarbij is tevens aangegeven hoe de metingen zich verhouden tot de toelaatbare maximale walsafwijking.

In de grafieken (zie Figuur 6.6) is tevens aangegeven over welke lengte de damwandplanken 2-zijdig in de bodem hebben gestaan. Alleen dit gedeelte is in de beschouwing van de plankdikte meegenomen.



Figuur 6.6 Resultaten uitgevoerde dikte metingen Gouderak, met peilbuisboring PB1

Uit de metingen blijkt, dat plank 1 als maatgevend beschouwd moet worden voor deze locatie. Gemiddeld wordt over 2 naast elkaar liggende meetpunten een maximale dikteafname van 0,178 mm gevonden wordt over een periode van circa 50 jaar. Dit betekent dat bij lineaire extrapolatie voor een periode van 100 jaar de dikte afname maximaal 0,36 mm bedraagt.

Ten aanzien van de visuele inspectie zijn er geen bijzonderheden. De getrokken planken waren gaaf (glad). Wel ontbrak bij beide planken de eerder aangetroffen grijs-witte laag, sideriet. Wel was op de damwandplanken nog heel duidelijk de zwarte walshuid aanwezig. Deze liet zich vrij lastig met een verfrabber verwijderen. Voor nadere details wordt verwezen naar bijlage C.

6.5 Resultaten Giessenburg, gemaal Giessen Oudebovenkerk

Bij de renovatie van het gemaal Giessen Oudebovenkerk in Giessenburg (Hoefweg oost 2) is op 16 januari 2013 een damwand getrokken en onderzocht. Op 5 februari 2013 is een 2^e damwand getrokken en onderzocht. De 2^e plank stond direct naast de eerste.

De resultaten van de visuele inspectie en de resultaten van de metingen zijn opgenomen in bijlage C (rapportage van TNO; 2013 R10474, d.d. 8 april 2013).

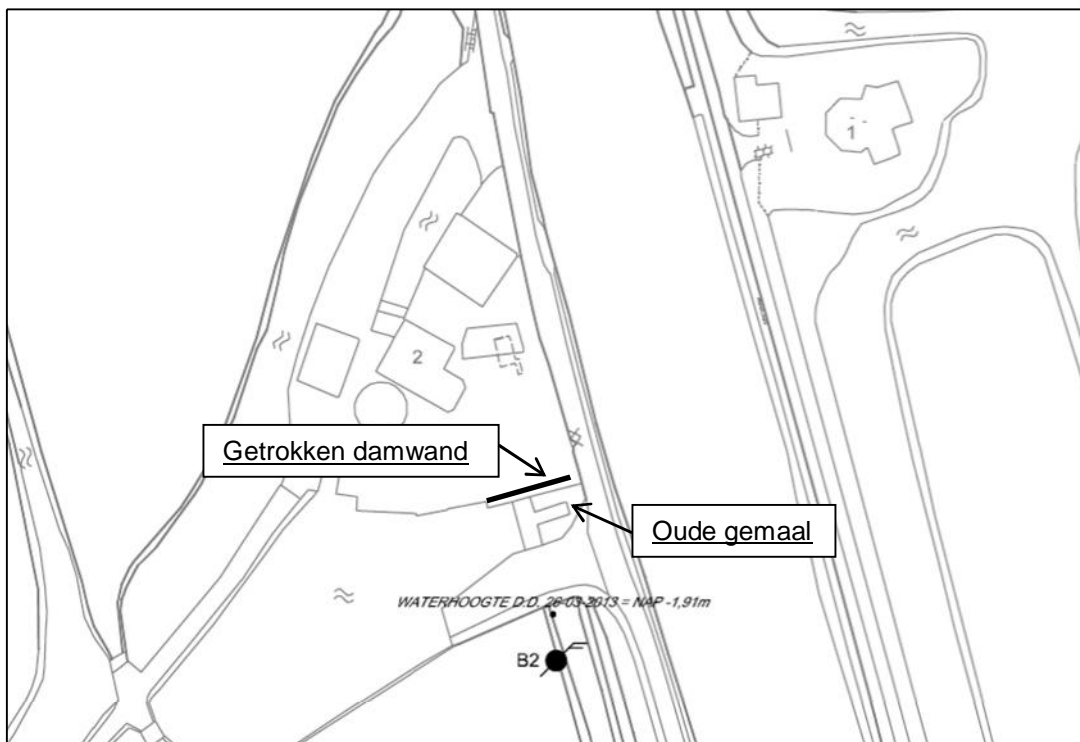
De (plaatsings)gegevens van de peilbuizen en de analyseresultaten van de chloridegehalten zijn respectievelijk opgenomen in bijlage D en E.

Het uitgevoerde en beschikbare grondonderzoek is weergegeven in bijlage F.

Navolgend is een korte samenvatting van de belangrijkste gegevens en resultaten weergegeven.

6.5.1 Algemene gegevens

Op 16 januari is bij de renovatie van het gemaal een damwandplank getrokken en onderzocht. De damwand stond aan de zijkant van de instroomopening (polderzijde) en heeft onderdeel uitgemaakt van de oeverconstructie. Omdat de eerste meetresultaten, in vergelijking met andere onderzochte damwandplanken, afweken, is op 5 februari een 2^e (naastgelegen) damwandplank getrokken en onderzocht. De situatie is in Figuur 6.7 weergegeven.



Figuur 6.7 Situatie getrokken damwandplanken en peilbuizen te Giessenburg, Giessen Oudebovenkerk

De getrokken damwanden hadden een lengte van 5,15 à 5,20 m. De eerste getrokken damwandplank bleek op basis van profielmetingen van het type Larssen III N te zijn. De nominale wanddikte van dit profiel bedraagt 13 mm.

De tweede damwandplank was een Larssen II N met een nominale wanddikte van 9,5 mm. Deze plank was voorzien van de inscriptie: P.L.IIN.X.ROMBAS.1979.

De hoogte van de bovenkant van de damwandplanken bedroeg circa NAP -1,80 m.

De damwand vormde de oever/beschoeiingsconstructie tussen de instroomopening van het gemaal en de bestaande oever. Zie Figuur 6.8

Volgens de beschikbare gegevens en opgave van Waterschap Rivierenland (dhr. D. van der Kooij), zijn de damwanden en het gemaal begin 1979 geplaatst. Dit betekent, dat de damwanden circa 34 jaar in de grond hebben gestaan.

De lengte waarover de damwanden met voldoende zekerheid aan weerszijden in de ondergrond hebben gestaan bedraagt circa 3 m.



Figuur 6.8 Foto's locatie en getrokken damwandplanken in Giessenburg

Ter plaatse zijn op de kade en aan de polderzijde, (zuidkant van het gemaal) 2 sonderingen beschikbaar (S06 en S07). De sonderingen zijn uitgevoerd met meting van mechanische weerstand en plaatselijke wrijving.

Aan de zuidzijde (polder) zijn 2 peilbuizen geplaatst ten behoeve van de bemonstering van het grondwater. Ten behoeve van de plaatsing van de peilbuizen is een boring uitgevoerd (B2).

Uit het grondonderzoek blijkt dat toe een niveau van NAP -7 m à -7,5 m voornamelijk veen in de ondergrond voorkomt. Vanaf dat niveau tot circa NAP -10 m worden zand-, (humeuze) kleilagen, en een basisveen laag aangetroffen. Vanaf NAP -10 m wordt het pleistocene zand aangetroffen (1^e watervoerende pakket).

De twee peilbuizen bevinden zich in de holocene deklaag, een ongeveer midden in de laag en een op de overgang van het veen naar de zand/kleilagen.

De locatie van de peilbuizen in Figuur 6.7 en tevens in bijlage D weergegeven.

Het grondwater uit de peilbuizen is bemonsterd en geanalyseerd op chloridegehalte.

Daarnaast is tijdens het onderzoek het grondwater uit een veenmonster, afkomstig van grond die aan de damwand is blijven kleven, op chloride gehalte geanalyseerd.

6.5.2 Resultaten metingen chloridegehalte grondwater.

In onderstaande tabel zijn de resultaten weergegeven van de bepalingen van het chloride gehalte van het grondwater op verschillende dieptes.

Peilbuis nummer	Diepte Peilbuisfilter [m – NAP]	Chloridegehalte (Cl ⁻) [mg/l]	Opmerkingen
Pb 02	-3,60 / -4,60	84	(veen/klei, holocene deklaag)
Pb 02	-6,60 / -2,70	87	(veen/klei, holocene deklaag)
Veenmonster	-5,00 (ca. 2 m vanaf ok damwand)	110	(veen/klei, holocene deklaag)
Opmerkingen:			

Tabel 6.3 Gemeten chloride gehalten Giessenburg

In het algemeen is sprake van zoet grondwater. Het chloridegehalte (Cl⁻) is bij alle monsters kleiner dan 200 mg/l. Gemiddeld bedraagt het chloridegehalte in het holocene pakket 94 mg/l.

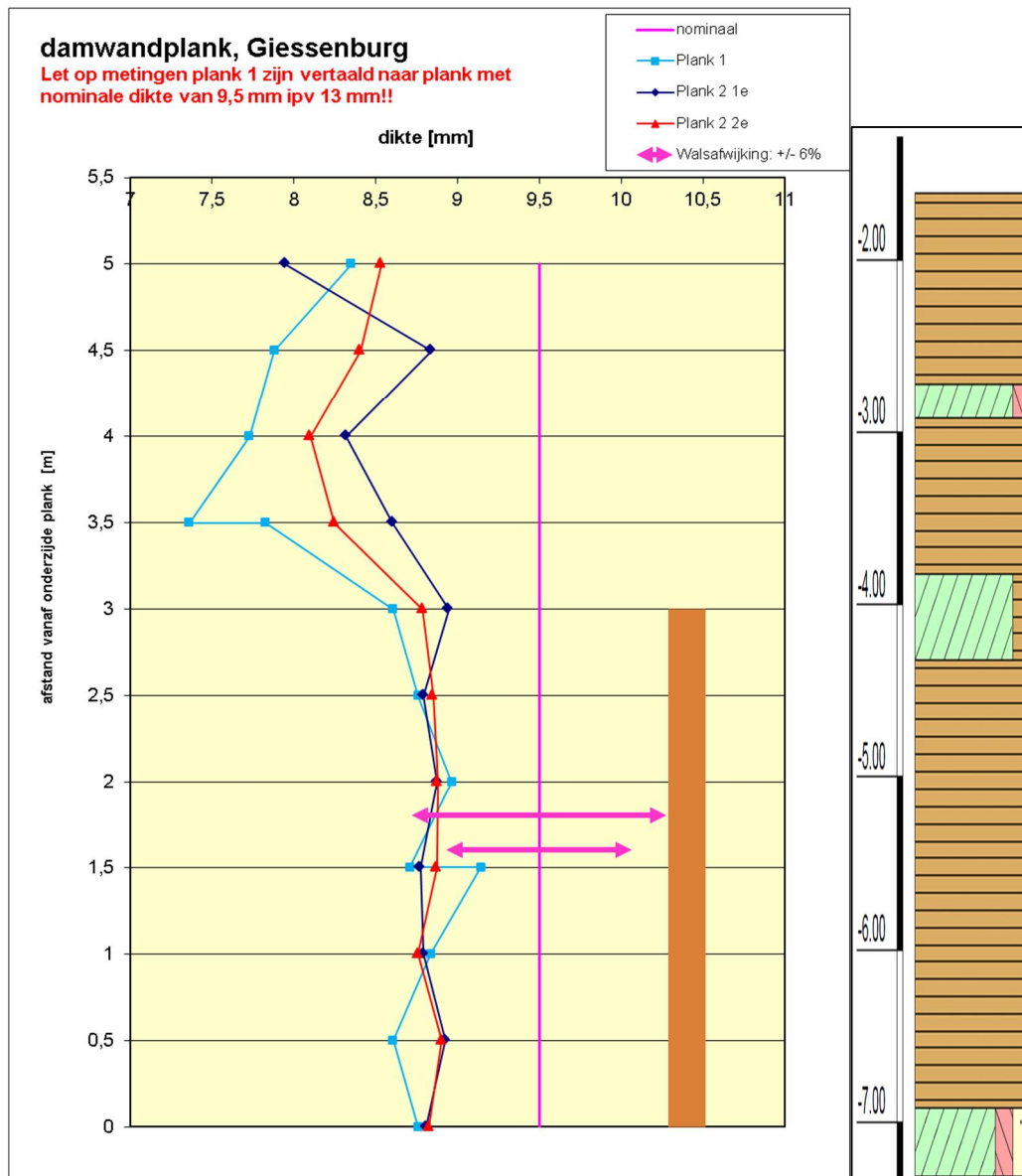
Gezien de ligging van de betreffende locatie en de lengte van de damwandplanken was het niet nodig om ter plaatse ook het chloridegehalte in het eerste watervoerende pakket te bepalen. Gezien de ligging zal echter ook in het eerste watervoerende pakket sprake zijn van zoet grondwater (zie ook bijlage G).

6.5.3 Metingen plankdikte en advies

Voor onderhavig onderzoek zijn uiteindelijk 2 damwandplanken getrokken, visueel beoordeeld en is de plankdikte gemeten. De meetresultaten zijn in onderstaande grafieken

weergegeven. Daarbij is tevens aangegeven hoe de metingen zich verhouden tot de toelaatbare maximale walsafwijking.

In de grafieken (zie Figuur 6.9) is tevens aangegeven over welke lengte de damwandplanken 2-zijdig in de bodem hebben gestaan. Alleen dit gedeelte is in de beschouwing van de plankdikte meegenomen.



Figuur 6.9 Resultaten uitgevoerde dikte metingen Giessenburg, met peilbuisboring B2

Uit de metingen is gebleken, dat de maatgevende (grootste) afwijking bij plank 1 gevonden wordt. Gemiddeld wordt bij plank 1, over 2 naast elkaar liggende meetpunten, een maximale dikteafname van 0,819 mm gevonden over een periode van circa 50 jaar. Bij plank 2 bedraagt dit 0,717 mm

Dit betekent dat bij lineaire extrapolatie voor een periode van 100 jaar de dikte afname maximaal 2,46 mm bedraagt.

Ten aanzien van de visuele inspectie zijn er geen bijzonderheden. De getrokken planken waren gaaf (glad). Wel was niet overal de eerder aangetroffen grijs-witte laag, sideriet aanwezig. Op de damwandplanken was wel duidelijk de zwarte walshuid aanwezig. Deze liet zich vrij lastig met een verkrabber verwijderen. Voor nadere details wordt verwezen naar bijlage C.

6.6 Resultaten Nieuw Lekkerland (west, Lekdijk 470)

Ter plaatse van de binnenberm, ter hoogte van Lekdijk 470, is op 15 februari 2013 een dubbele damwandplank getrokken en onderzocht.

de resultaten van de visuele inspectie en de resultaten van de metingen zijn opgenomen in bijlage C (rapportage van TNO; 2013 R10474, d.d. 8 april 2013).

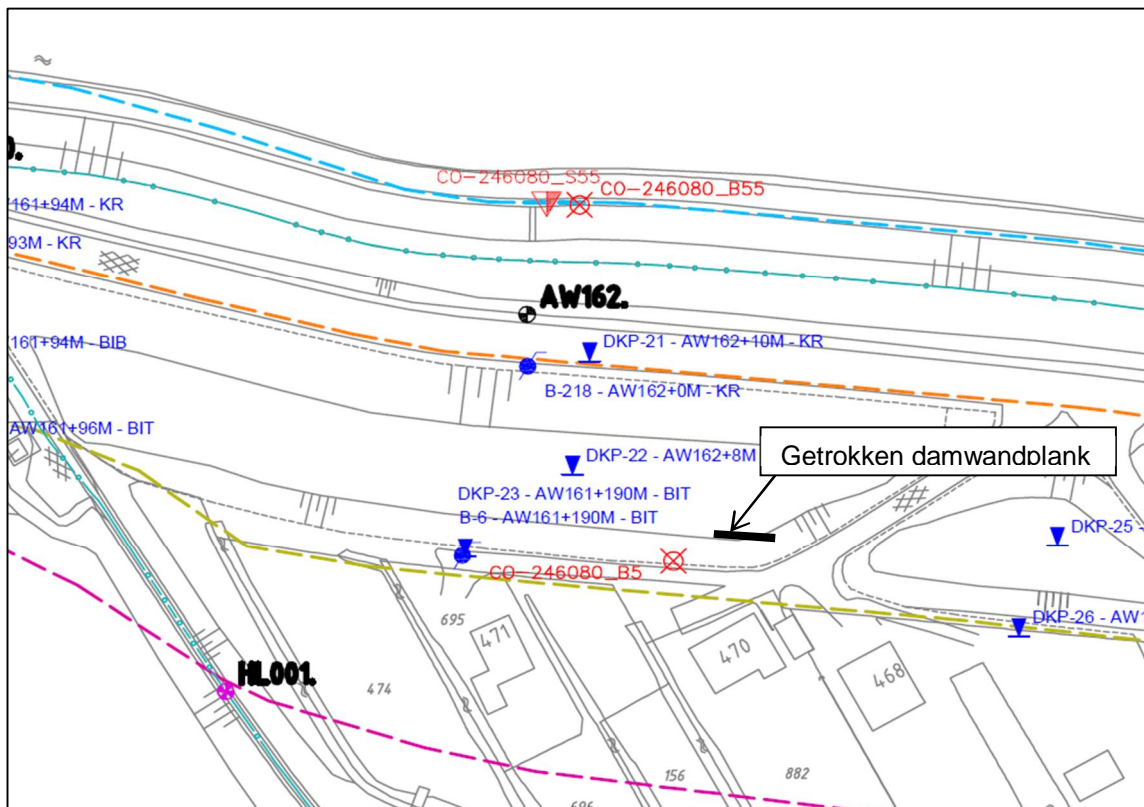
De (plaatsings)gegevens van de peilbuizen en de analyseresultaten van de chloridegehalten zijn respectievelijk opgenomen in bijlage D en E.

Het uitgevoerde en beschikbare grondonderzoek is weergegeven in bijlage F.

Navolgend is een korte samenvatting van de belangrijkste gegevens en resultaten weergegeven.

6.6.1 Algemene gegevens

Op 15 februari is een dubbele damwandplank getrokken en onderzocht. De damwand stond ter plaatse van de kruinlijn van de binnenberm en is bij de dijkversterkingswerkzaamheden in 1987 als beschermingsconstructie voor woning 470 aangebracht. Omdat het een dubbel (verponst) U-profiel betreft zijn metingen uitgevoerd op beide planken. De situatie is in Figuur 6.10 weergegeven.



Figuur 6.10 Situatie getrokken damwandplanken en peilbuizen te Giessenburg, Giessen Oudebovenkerk

De getrokken damwandplank had een lengte van 17,65 m.

Op basis van de profielmetingen bleek de damwand van het type ARBED BU32 te zijn. De nominale wanddikte van dit profiel bedraagt 20 mm.

Het bovenste gedeelte van de damwand bestond over een lengte van 1,08 m uit een opgelast stuk. Gezien de metingen is dit mogelijk een ander type damwandprofiel geweest. Dit is niet in de beschouwing mee genomen.

De hoogte van de bovenkant van de damwandplanken bedroeg circa NAP 0,0 à -0,5 m.

Bekend is dat de damwand geplaatst is bij de dijkversterking in juni 1987. De damwand is geplaatst als onverankerde beschermingsconstructie ten behoeve van woning Lekdijk 470. Dit betekent, dat de damwand circa 25 jaar in de grond heeft gestaan.

De damwand heeft over de volledige lengte aan weerszijden in de ondergrond gestaan. Over het bovenste gedeelte (circa 1,5 m) heeft de damwand in de aangebrachte kleiberm (t.b.v. de dijkversterking) gestaan.

Ter plaatse is, vanuit de uitgevoerde en voorgenomen dijkversterkingen, voldoende grondonderzoek uitgevoerd en beschikbaar (zie ook Figuur 6.10).

Met name boring en sondering 5 (CO-246080), boring B-6 en de sonderingen DKP-22 en DKP-23 geven voldoende informatie over de grondopbouw.

Uit het grondonderzoek blijkt dat tot een niveau van NAP -11 m afwisselend (humeuze)klei- en veenlagen voorkomen. Tussen NAP -11 en -13 m bevindt zich een tussenzandlaag, met daaronder een 1 m dikke (zandige) kleilaag die ook humeus is en/of veen bevat.

Daaronder bevindt zich vanaf NAP -14 m het pleistocene zand (1^e watervoerende pakket).

Omdat de in het verleden geplaatste peilbuizen niet meer beschikbaar waren zijn er 2 nieuwe peilbuizen geplaatst ten behoeve van de bemonstering van het grondwater. Hiervoor is tevens een boring uitgevoerd (boring B1, zie bijlage D).

De peilbuizen bevinden zich ongeveer ter hoogte van sondering 22 en zijn geplaatst in de holocene deklaag, op ongeveer NAP -4 en -9 m. De locatie van de peilbuizen in bijlage D weergegeven.

Het grondwater uit de peilbuizen is bemonsterd en geanalyseerd op chloridegehalte.



Figuur 6.11 Foto's getrokken damwandplank Nieuw Lekkerland West, Lekdijk 470

6.6.2 Resultaten metingen chloridegehalte grondwater.

In onderstaande tabel zijn de resultaten weergegeven van de bepalingen van het chloridegehalte van het grondwater op verschillende dieptes.

Peilbuis nummer	Diepte Peilbuisfilter [m – NAP]	Chloridegehalte (Cl ⁻) [mg/l]	Opmerkingen
Pb 01	-3,50 / -4,50	78	(veen/klei, holocene deklaag)
Pb 01	-8,50 / -9,50	76	(veen/klei, holocene deklaag)
Opmerkingen: geen			

Tabel 6.4 Gemeten chloride gehalten Nieuw Lekkerland west, Lekdijk 470

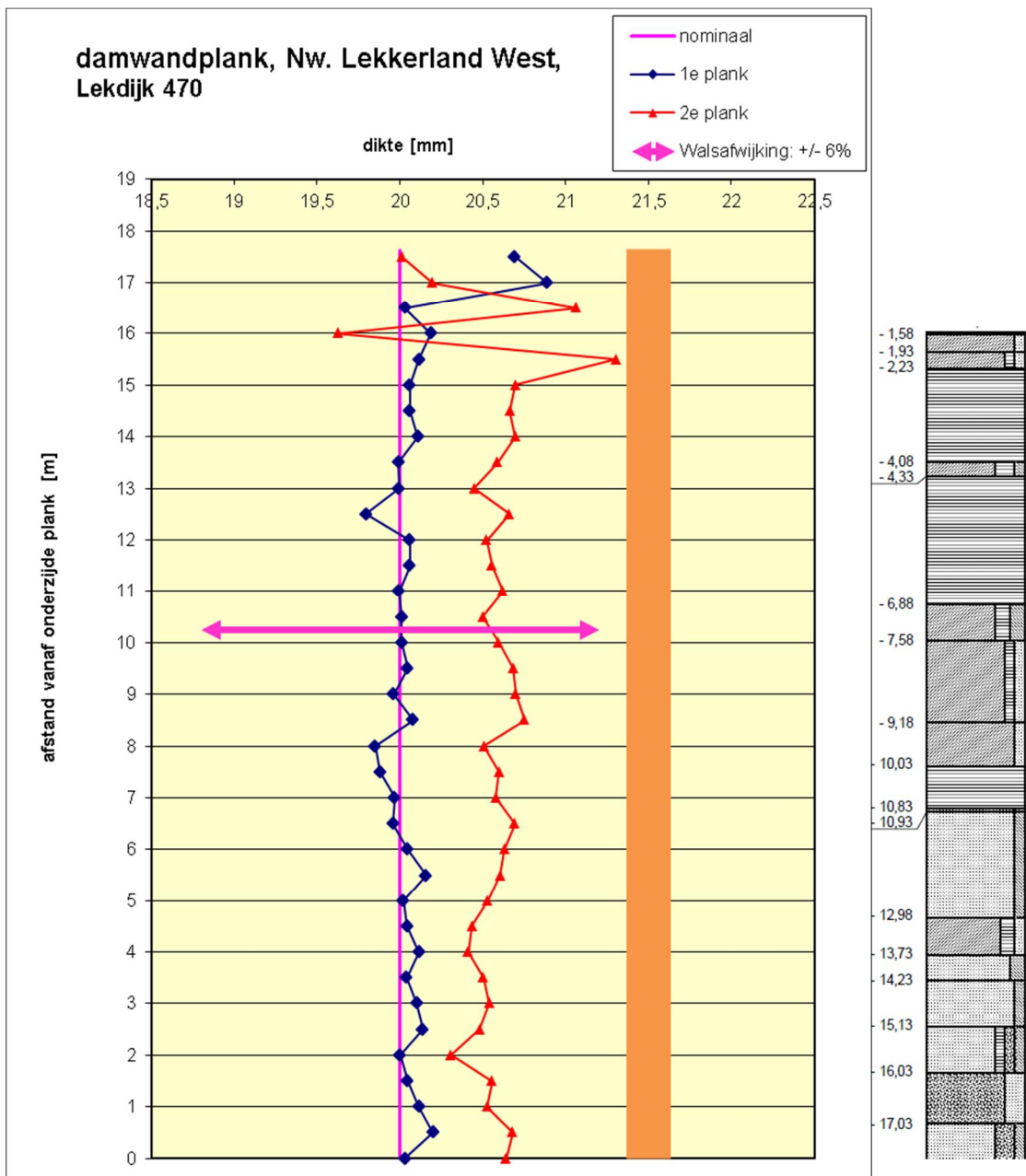
In het algemeen is sprake van zoet grondwater. Het chloridegehalte (Cl⁻) is bij alle monsters kleiner dan 200 mg/l. Gemiddeld bedraagt het chloridegehalte in het holocene pakket 77 mg/l.

Gezien de ligging van de betreffende locatie, tussen Nieuw Lekkerland oost (120 mg/l Cl⁻) en Alblasserdam (79 mg/l Cl⁻), was het, mede gezien het onderzoek van Waterschap Rivierenland (bijlage G), niet nodig om ter plaatse ook het chloridegehalte in het eerste watervoerende pakket te bepalen. Hier zal ook sprake zijn van zoet grondwater.

6.6.3 Metingen plankdikte en advies

Voor onderhavig onderzoek is 1 dubbel verponste damwandplank getrokken. De planken zijn visueel beoordeeld en de plankdikte is bij beide planken gemeten. De meetresultaten zijn in onderstaande grafieken weergegeven. Daarbij is tevens aangegeven hoe de metingen zich verhouden tot de toelaatbare maximale walsafwijking.

In de grafieken (zie) is tevens aangegeven over welke lengte de damwandplanken 2-zijdig in de bodem hebben gestaan. Alleen dit gedeelte is in de beschouwing van de plankdikte meegenomen.



Figuur 6.12 Resultaten uitgevoerde dikte metingen Nieuw Lekkerland, Lekdijk 470, met boring B6

Uit de metingen is gebleken, dat de maatgevende (grootste) negatieve afwijking bij de eerste plank gevonden wordt.

Gemiddeld wordt bij plank 1, over 2 naast elkaar liggende meetpunten, een maximale dikteafname van 0,134 mm gevonden over een periode van circa 25 jaar.

Dit betekent dat bij lineaire extrapolatie voor een periode van 100 jaar de dikte-afname maximaal 0,54 mm bedraagt.

De 2^e damwandplank is over vrijwel de gehele lengte dikker dan de nominale dikte

Ten aanzien van de visuele inspectie zijn er geen bijzonderheden. De getrokken planken waren gaaf (glad). Met uitzondering van de bovenste 1 à 1,5 m zat over de hele plank aan

weerszijden overal de eerder aangetroffen grijze siderietlaag. Daaronder was ook weer de zwarte walshuid aanwezig. De siderietlaag en de walshuid lieten zich vrij lastig met een verfrabber verwijderen. Voor nadere details wordt verwezen naar bijlage C.

De bovenste 1,5 m heeft in de, bij de dijkversterking (1987), aangebrachte kleilaag van de binnenberm gestaan, vermoedelijk boven de grondwaterstand.

Dit vormt mogelijk een verklaring waarom over dit gedeelte de grijze siderietlaag niet is aangetroffen en wel (geringe) roestvorming waargenomen is.

6.7 Resultaten Alblasterdam, Oceanco (voormalig terrein Giessen de Noord)

Ter plaatse van de bouwlocatie op het terrein van Oceanco in Alblasterdam is op 19 februari een reeds getrokken damwandplank onderzocht. De damwand plank was circa 1 à 2 weken daarvoor, samen met een 2^e damwandplank verwijderd (getrokken) uit een bestaande kademuur van voormalige scheepswerf Giessen de Noord.

Daarna is op 7 maart, wegens in eerste instantie onbetrouwbare metingen, dezelfde damwandplank opnieuw onderzocht en zijn controlemetingen bij een 2^e (reeds getrokken plank) uitgevoerd.

De resultaten van de visuele inspectie en de resultaten van de metingen zijn opgenomen in bijlage C (rapportage van TNO; 2013 R10474, d.d. 8 april 2013).

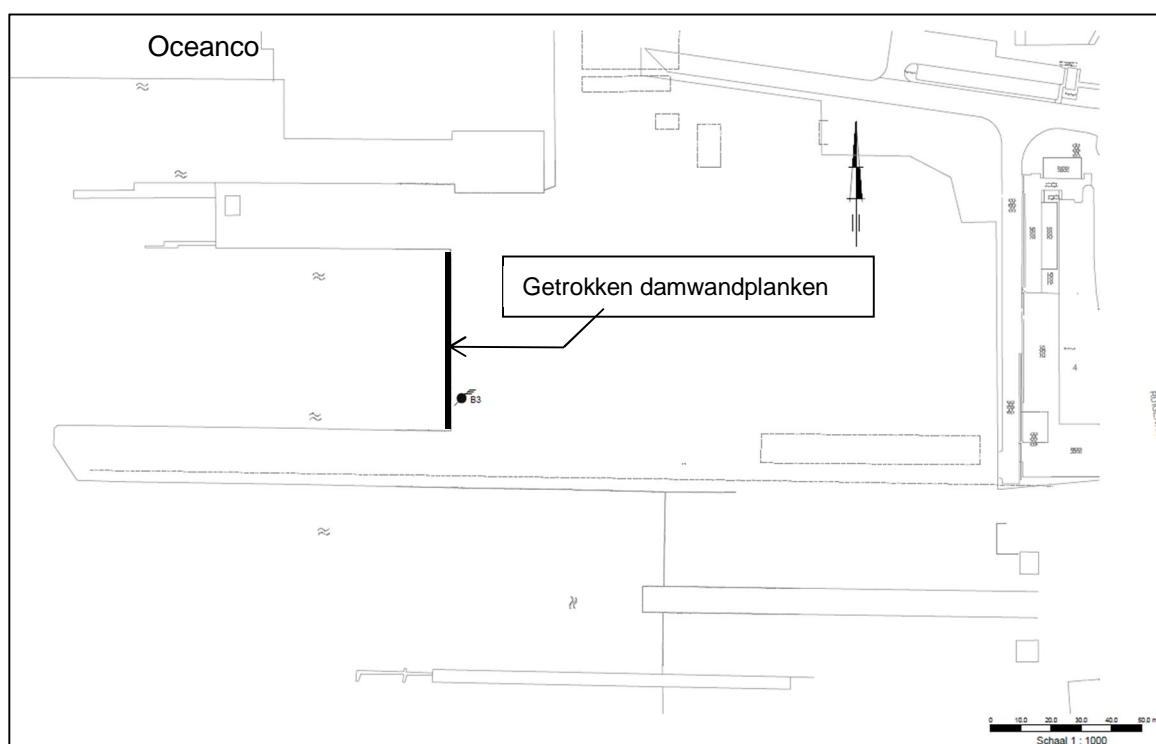
De (plaatsings)gegevens van de peilbuizen en de analyseresultaten van de chloridegehalten zijn respectievelijk opgenomen in bijlage D en E.

Het uitgevoerde en beschikbare grondonderzoek is weergegeven in bijlage F.

Navolgend is een korte samenvatting van de belangrijkste gegevens en resultaten weergegeven.

6.7.1 Algemene gegevens

Op 19 februari en 7 maart zijn in Alblasterdam, op het voormalige terrein van scheepswerf Giessen de Noord (tegenwoordig Oceanco) twee, reeds getrokken, damwandplanken onderzocht. Daarbij zijn bij een plank de dikte metingen uitgevoerd en een aantal controle metingen op de tweede plank. De damwandplanken maakten onderdeel uit van een kademuur van de voormalige scheepswerf. De situatie is in Figuur 6.13 weergegeven.



Figuur 6.13 Situatie getrokken damwandplanken Alblaserdam

De getrokken damwandplanken hadden een lengte van circa 13,90 m.

Op basis van de profielmetingen en op basis van een inscriptie in een van de 2 planken is vastgesteld dat de damwanden van het type ARBED BU12 zijn. De nominale wanddikte van dit profiel bedraagt 10 mm.

Het bovenste gedeelte van de damwand (kademuur) heeft gedeeltelijk boven- en gedeeltelijk onderwater gestaan. De lengte waarover de damwand in de vaste bodem heeft gestaan bedraagt circa 8 m.

Dit is enerzijds vastgesteld op basis van de visuele inspectie van de damwanden, anderzijds is bekend, dat de oorspronkelijke bodemdiepte circa NAP -5 m was. Deze is aangeslibd tot circa NAP -3,5 m (= huidig bodem niveau).

De hoogte van de bovenkant van de damwandplanken bedroeg circa NAP +1,85 m.

De gemiddelde waterstand op de rivier bedraagt circa NAP +0,40 m. Het tijverschil is onder normale omstandigheden ongeveer 1,1 m.

Bekend is dat de damwand vermoedelijk in het midden of het einde van de zeventiger jaren geplaatst is. Het gebouw van waaruit Van der Giessen de Noord hun marinebouw deed stamt uit 1978. Mede omdat ook het damwandprofiel (type BU) ook uit die periode stamt wordt ervan uitgegaan, dat de damwandplanken tenminste circa 33 jaar in de ondergrond hebben gestaan.

Ter plaatse is zijn 6 sonderingen beschikbaar. Drie sonderingen (S21, S31 en S42) zijn uitgevoerd aan de landzijde op circa 7 m vanaf de damwand (tussenafstand circa 17 m).

De andere 3 sonderingen zijn vanaf het water aan de buitenzijde gemaakt op een afstand van circa 19 m vanaf de damwand (tussenafstand circa 19 m).

Verder is er ook nog op wat grotere afstand oud grondonderzoek beschikbaar, dat destijds ten behoeve van de dijkversterking is uitgevoerd. Als ondersteunend materiaal voor de interpretatie van de grondlagen is dit voldoende geschikt.

Uit het grondonderzoek blijkt dat de bovenste grondlaag, tot een niveau van circa NAP -3 m bestaat uit opgebracht zand. Vanaf dit niveau komen tot circa NAP -12 m afwisselend (humeuze)klei- en veenlagen voor. Daaronder bevindt zich (vanaf circa NAP -11,5 à -13 m) het pleistocene zand (1^e watervoerende pakket).

Uit het geotechnische lengteprofiel, dat in 1983 voor de dijkversterking is opgesteld, blijkt, dat tot circa NAP -4,5 m klei voorkomt. Tussen NAP -4,5 en -8 m wordt een veenlaag aangetroffen, met daaronder tot NAP -11 m een humeuze kleilaag. Tussen NAP -11 en -12,5 m wordt het basisveen en een kleilaag (kreftheneye) aangetroffen, met daaronder het pleistocene zand. Dit beeld bevestigt het beeld van de sonderingen.

Ter plaatse zijn 3 peilbuizen geplaatst ten behoeve van de bemonstering van het grondwater. Hiervoor is tevens een boring uitgevoerd (boring B3, zie Figuur 6.13 en bijlage D). Deze boring bevestigt tevens de sondeerresultaten en grondopbouw.

De peilbuizen bevinden zich net achter de damwand.

Het grondwater uit de peilbuizen is bemonsterd en geanalyseerd op chloridegehalte.

6.7.2 Resultaten metingen chloridegehalte grondwater.

In onderstaande tabel zijn de resultaten weergegeven van de bepalingen van het chloride gehalte van het grondwater op verschillende dieptes.

Peilbuis nummer	Diepte Peilbuisfilter [m – NAP]	Chloridegehalte (Cl ⁻) [mg/l]	Opmerkingen
Pb 03	0,20 / -0,80	85	(zand/klei, opgebracht)
Pb 03	-4,20 / -5,20	84	(veen, holocene deklaag)
Pb 03	-13,20 / -14,20	79	(Pleistoceen, 1 ^e watervoerende pakket)
Opmerkingen: geen			

Tabel 6.5 Gemeten chloride gehalten Alblaserdam

In het algemeen is sprake van zoet grondwater. Het chloridegehalte (Cl⁻) is bij alle monsters kleiner dan 200 mg/l.

Gemiddeld bedraagt het chloridegehalte in het holocene pakket 85 mg/l.

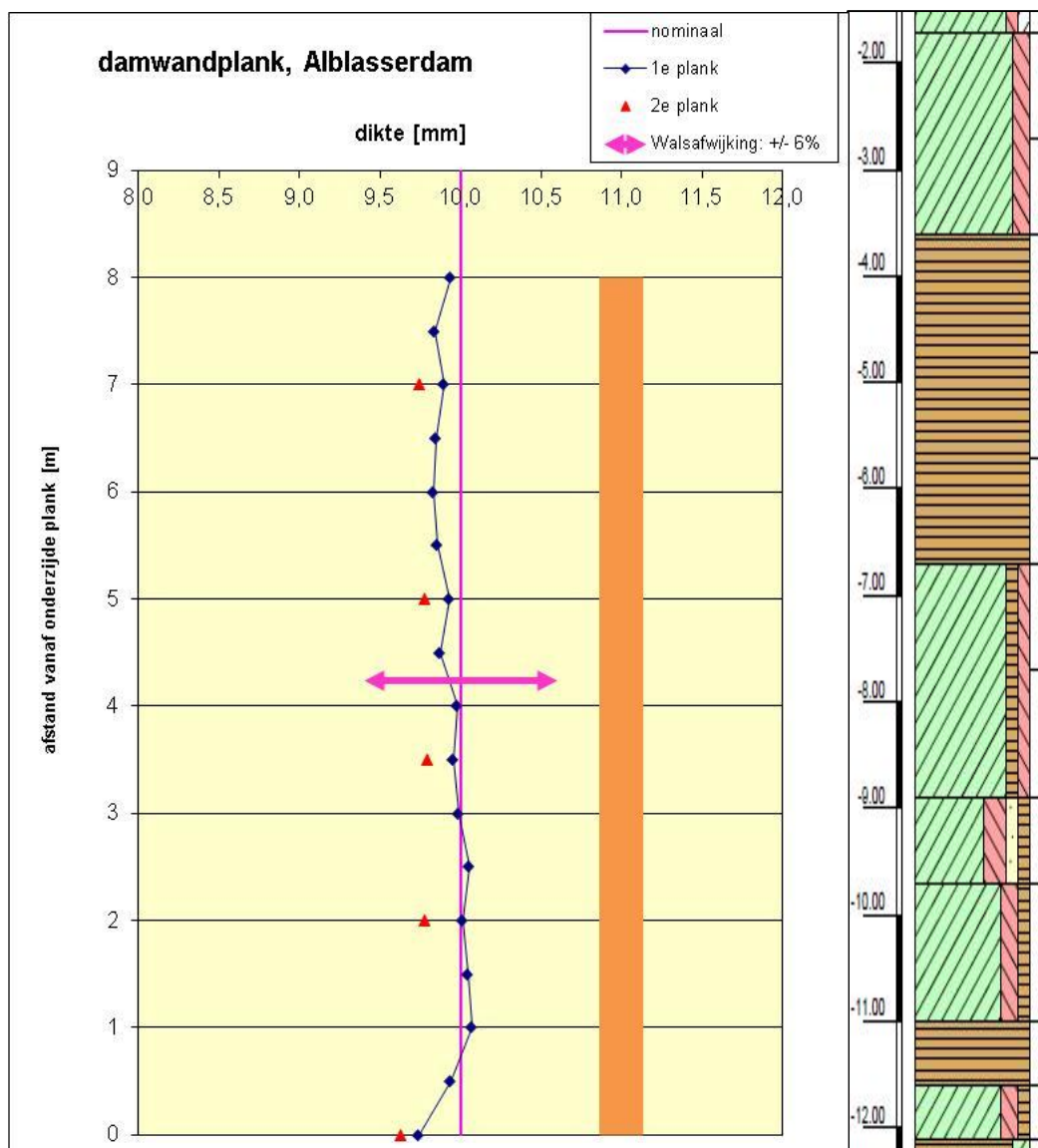
In het eerste watervoerende pakket is een waarde van 79 mg CL⁻/l gevonden.

6.7.3 Metingen plankdikte en advies

Voor onderhavig onderzoek zijn 2 damwanden bekeken en onderzocht. De planken zijn visueel beoordeeld en de plankdikte is bij een van beide planken gemeten. Ter controle zijn op de andere plank ook een aantal dikte metingen gedaan. De dikte metingen zijn alleen uitgevoerd over het gedeelte van de plank dat aan weerszijden in de vaste bodem heeft gestaan.

De meetresultaten zijn in onderstaande grafieken weergegeven. Daarbij is tevens aangegeven hoe de metingen zich verhouden tot de toelaatbare maximale walsafwijking.

In de grafieken (zie Figuur 6.14) is ook aangegeven over welke lengte de damwandplanken 2-zijdig in de bodem hebben gestaan. Alleen dit gedeelte is in de beschouwing van de plankdikte meegenomen.



Figuur 6.14 Resultaten uitgevoerde dikte metingen Alblasterdam, met peilbuisboring B3

Uit de metingen blijkt, dat gemiddeld over 2 naast elkaar liggende meetpunten een maximale dikteafname van 0,160 mm gevonden wordt over een periode van circa 33 jaar.

Dit betekent dat bij lineaire extrapolatie voor een periode van 100 jaar de dikteafname maximaal 0,48 mm bedraagt.

De controle metingen geven iets hogere waarden, gemiddeld komen die uit op 0,221 m in 33 jaar. Dat is 0,66 m per 100 jaar.

Ten aanzien van de visuele inspectie zijn er geen bijzonderheden. De getrokken planken waren over het gedeelte dat aan weerszijden in de bodem heeft gestaan (de onderste 8 m) gaaf (glad). Over dat plank gedeelte was aan weerszijden een eerder aangetroffen grijs/witte siderietlaag aanwezig, met daaronder ook nog de (zwarte) walshuid. De siderietlaag en de walshuid lieten zich erg lastig met een verfrabber verwijderen.

Het gedeelte van de damwandplanken boven 8 m was behoorlijk aangetast door corrosie en voorzien van vele corrosie producten.

Voor nadere details wordt verwezen naar bijlage C.



Figuur 6.15 Foto's damwandplanken Alblusserdam

6.8 Samenvatting resultaten

In navolgende tabel zijn per locatie de belangrijkste bevindingen en meetresultaten weergegeven van alle tot nog toe onderzochte damwanden.

Locatie	Datum getrokken/ ouderdom	Laagdikte veen > 1 meter	Zoutgehalte grondwater [mg Cl/l]	Berekende corrosie- snelheid (mm/100 j)	Bijzonderheden	Opmerkingen
Sliedrecht 1)	15 feb 2006 25 jaar	Geen veen.	Wsrl < 200 l	1,2 (advies ENW)	Toerit IHC, Kleindiep Planklengte: 10,5 m	Niet in advies meegenomen
Dordrecht 2)	4 juli 2007 ca. 20 jaar	Ja, maar plank niet diep genoeg	183-366 4)	1,5 (advies ENW)	Boterdiepstraat/ Wielingenstraat Planklengte: 5 m	Niet in advies meegenomen
Opperduin 85 1), 3)	20 okt. 2011 ca. 50 jaar	nee	62 - 96	1,93 (max. waarde, 1 punt)	Voormalige loswal, 2 planken getrokken Planklengte: 4,45 m	Niet in advies meegenomen
Nieuw-Lekkerland (oost)	13 juni 2005 20 jaar	Ja	Wsrl < 200 l 30 -260	1,4 (advies ENW) 1,48 (huidig advies)	Den Boer Beton, buitendijks Planklengte: 19 m	Damwandplank gaaf en glad; grijs/witte laag (sideriet) op de plank aanwezig
Gouderak 3)	31 mei / 6 juni 2012 50 jaar	Ja	99 - 190	0,36	Gemaal Verdoold, 2 planken onderzocht Planklengte: 6,5–7 m	Damwandplanken gaaf en glad. Zwarte laag (walshuid), vrijwel geen (grijs sideriet aangetroffen)
Giessenburg, Gemaal 3)	16 januari / 5 feb. 2013 34 jaar	Ja	Wsrl < 200 54 - 87	2,46	Gemaal Giessen Oudebovenkerk, 2 planken getrokken Planklengte: 5,2 m	1 ^e plank deels vrij "bobbelig" Geen putcorrosie. 2 ^e plank veel gladder. Grijs siderietlaag niet overal aanwezig.
Nieuw-Lekkerland (west)	15 feb. 2013 25 jaar	Ja	Wsrl < 200 76 - 78	0,54	Lekdijk 470, binnendijks dubbele plank Planklengte: 17,7 m	Planken gaaf, glad en grijze (vaste) siderietlaag. M.u.v. ca. bovenste 1,5 m
Alblasserdam 3)	ca. 33 jaar	Ja	79 - 85	0,48 3)	Werf Oceanco, oude kademuur Planklengte: 13,9 m	Planken gaaf en glad over gedeelte in de bodem. Vaste grijze siderietlaag aanw.

1) Ondergrond onvoldoende representatief voor het onderzoek, geen/onvoldoende veen
2) Planklengte te kort om voldoende representatief te zijn voor het onderzoek
3) Damwandplanken als oeverconstructie, waarbij 1 zijde deels in het water heeft gestaan, alleen het gedeelte dat 2-zijdig in de (vaste) bodem heeft gestaan wordt in het onderzoek betrokken. Controle metingen 2^e plank niet meegenomen. Gemiddeld over 5 meetpunten is bij deze plank 0,66 mm/100 jaar gemeten. Dit heeft geen invloed op het advies.
4) Totaal zoutgehalte bepaald op basis van geleidbaarheid, deze is (slechts) 2 x hoger dan die van kraanwater. Chloridegehalte iets > 50%

Tabel 6.6 Overzicht bevindingen en meetresultaten corrosiesnelheid

In de bijlagen zijn voor de representatieve locaties de detailmetingen en nadere relevante gegevens weergegeven.

7 Conclusies en advies aan te houden corrosietoeslag

De afgelopen periode zijn verschillende damwandplanken getrokken in het benedenrivierengebied. In de ondergrond op de locaties waar de planken getrokken zijn, komen (humeuze) klei en veenlagen voor. De onderzochte damwandplanken hebben tenminste in een veenlaag met een dikte van minimaal 1 m gestaan.

Omdat gebleken is, dat op vrijwel alle locaties ook humeuze klei aanwezig is en omdat veen, ten aanzien van corrosie als agressiever milieu beschouwd wordt, zijn de resultaten van het onderzoek ook toepasbaar voor damwanden die in humeuze kleilagen (zoet grondwater) hebben gestaan.

De getrokken planken zijn visueel geïnspecteerd en de dikte van de planken is gemeten. De gemeten dikte is vergeleken met de nominale dikte van de plank. De nominale dikte is de gemiddelde dikte van de plank na walsing en is gebruikt als de dikte van de plank bij plaatsing in de ondergrond. Het verschil tussen de nominale dikte en de gemeten dikte is als maat beschouwd voor de afname van de dikte gedurende de tijdsperiode dat de plank in de grond heeft gestaan. Deze afname in dikte is vervolgens via lineaire extrapolatie vertaald naar een afname gedurende een ontwerplevensduur van 100 jaar.

Van alle onderzochte damwandplanken is de grootste afname in dikte gevonden bij de damwandplank die getrokken is in Giessenburg. De afname bedraagt 2,46 mm in een ontwerp levensduur van 100 jaar. De getrokken planken in Giesenburg hebben over vrijwel de gehele hoogte in het veen gestaan.

Op basis van de onderzoeksresultaten wordt geadviseerd om voor het ontwerp van damwandconstructie in waterkeringen, die geplaatst worden in een ondergrond met veen en humeuze kleilagen, rekening houdend met een extra veiligheid van 0,5 mm, uit te gaan van een corrosietoeslag van 3 mm/100 jaar.

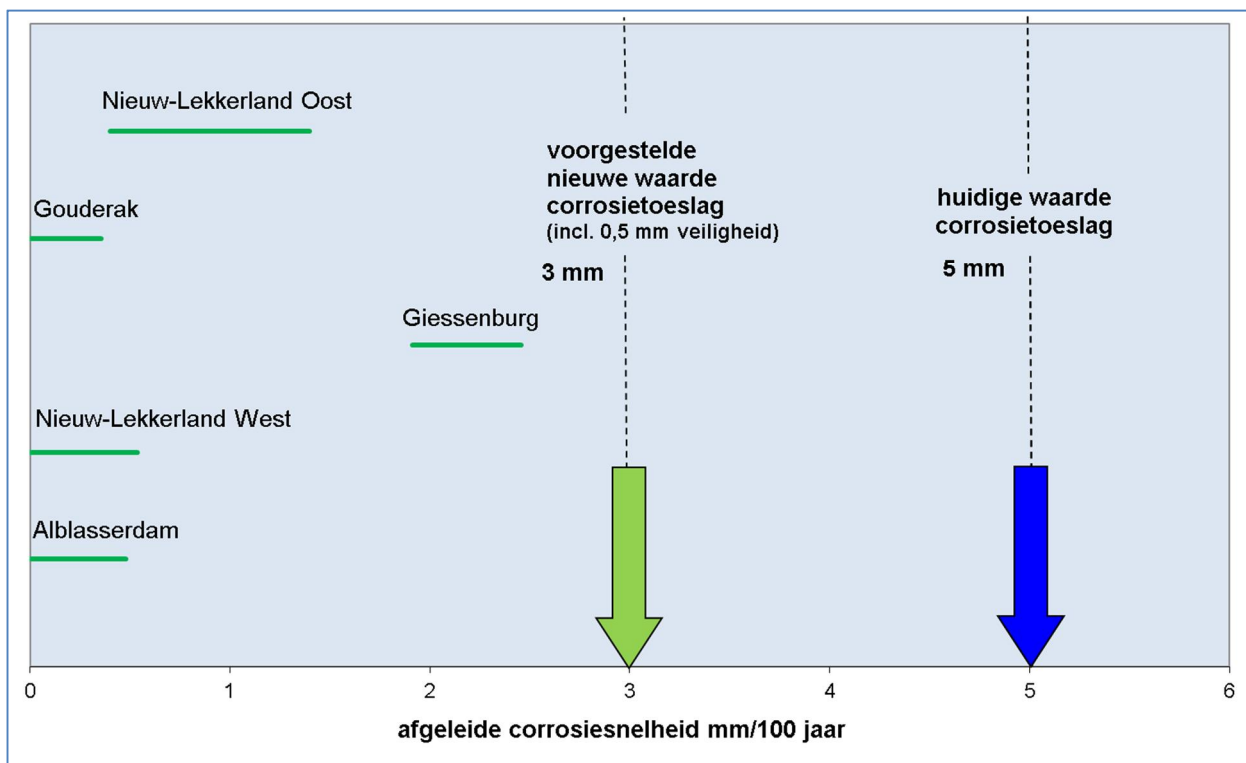
De extra te hanteren veiligheid van 0,5 mm past binnen het advies van ENW 2010-03. Daarnaast kent het advies nog een extra veiligheid vanwege:

1. een overschatting van de benodigde corrosietoeslag door lineair te extrapoleren
2. het feit dat negatieve walsafwijkingen (damwandplank is oorspronkelijk dunner dan de nominale dikte) als corrosie worden meegenomen. Dit gebeurt ook indien een damwandplank visueel niet aangetast is en helemaal 'gaaf' lijkt te zijn.
3. het gebruik van telkens de hoogst gemeten afwijking. Dit heeft tot gevolg dat meetonauwkeurigheden ook worden geïnterpreteerd als corrosie.

De gezamenlijke invloed van onderdelen 1. en 2. van deze overschatting kunnen ingeschat worden op basis van de spreiding in de meetwaarden. Deze spreiding ligt voor de locatie Giessenburg (hier is de hoogste afname in dikte gemeten) in de orde van 0,2-0,3 mm/100 jaar.

Uit een statistische beschouwing van alleen de hoogst gemeten waarde van de corrosiesnelheid (per locatie) blijkt dat de karakteristieke bovengrens van 95 % op circa 2 mm ligt. Bij een bovengrens van 99 % wordt circa 2,5 mm gevonden.

Nader onderzoek naar walsafwijkingen en onderzoek naar meerdere damwandplanken kan mogelijk leiden tot een verdere aanscherping van de voorgestelde corrosietoeslag van 3 mm. Figuur 7.1 geeft een grafische weergave van de huidige waarde van de corrosietoeslag, het advies betreffende de voorgestelde nieuwe waarde voor de corrosietoeslag en de afname in dikte gebaseerd op de uitgevoerde metingen en geëxtrapoleerd naar een ontwerp levensduur van 100 jaar.



Figuur 7.1 Overzicht gemeten corrosiesnelheden en advieswaarden voor corrosietoeslag

De geadviseerde nieuwe waarde voor de corrosietoeslag kan gezien de onderzoeksresultaten in ieder geval toegepast worden voor het HWBP-2 dijkversterkingsproject Kinderdijk – Schoonhovense Veer (KIS), Nieuwe Maasdijk Krimpen aan de Lek en Eiland van Dordrecht.

Geadviseerd wordt om op basis van het onderzoek de waarden voor de corrosietoeslag, zoals die gegeven zijn in de Handreiking Constructief Ontwerpen (bijlage 5, Hst. 9, tabel 7) voor: “veenhoudende klei / zoet water” en “veen / zoet water” aan te passen.

8 Literatuur

Onderstaand is een overzicht gegeven van de belangrijkste rapportages die voor onderhavig onderzoek gebruikt zijn.

- [1] CUR-publicatie 166 (5^e druk) Damwandconstructies, Stichting CURNET, november 2008
- [2] Handreiking constructief ontwerpen; Onderzoek en berekeningen naar het constructief ontwerp van dijkversterking; ENW (TAW), maart 1994
- [3] Rapport Dijkversterking Nederlek Ontwerpfase, Literatuurstudie naar corrosie van damwanden; 398203.62, V01, concept; Deltares (GeoDelft) 23 september 2003.
- [4] Rapport Dijkversterking Nederlek Ontwerpfase, Praktijkonderzoek naar corrosie van damwanden; 398204-66, V01, concept; Deltares (GeoDelft) 9 september 2005 (bevat onder andere ook een getrokken damwandplank in Nieuw-Lekkerland).
- [5] Briefrapportage Trekken damwandplank terrein IHC Sliedrecht, 398204.154; Deltares (GeoDelft), d.d. 19-05-2006.
- [6] Briefrapportage Inspectie getrokken damwandplank (Dordrecht), CO-425180.10; Deltares (GeoDelft), d.d. 05-10-2007.
- [7] Rapport Corrosie van stalen damwandplanken, 2 planken getrokken (Lekkerkerk, Opperduit 85), 1204612-000-GEO-0002 V01; Deltares, november 2011.

A Brief van GeoDelft aan ENW, d.d. 19 februari 2010

B Brief van ENW aan HWBP, d.d. 16 maart 2010

C Resultaten plankdikte metingen en visuele inspecties, rapportages TNO

- C1: Meetdata Deltares / TNO; Nieuw Lekkerland Oost; Gouderak; Giessenburg; Nieuw Lekkerland West; Alblasserdam.
- C2: TNO; CA05.8036, d.d. 21 juli 2005: Onderzoek van corrosiegedrag van damwand, locatie Lekdijk te Nieuw Lekkerland (oost, voormalig terrein Den Boer Beton), zie tevens rapportage GeoDelft: 398201-66, d.d. september 2005
- C3: TNO; 2012 R10183, d.d. 26 juni 2012: Damwandplank diktemetingen te Gouderak bij gemaal Verdoold.
- C4: TNO; 2013 R10474, d.d. 8 april 2013: Damwandplank diktemetingen en visuele inspectie bij:
- Giessenburg (gemaal Giessen Oudebovenkerk),
 - Nieuw Lekkerland (west, Lekdijk 170)
 - Alblasserdam (bouwterrein Oceanco)

D Resultaten peilbuizen en plaatsingen Fugro

D1: Deltares (zie ook rapport GeoDelft 398201-66, sept. 2005)
Nieuw Lekkerland (oost, voormalig terrein Den Boer Beton)

D2: Gouderak (gemaal Verdoold); gegevens Hoogheemraadschap
Schieland en de Krimpenerwaard

D3: Fugro, gegevens/plaatsingsrapportage:

- Giessenburg (gemaal Giessen Oudebovenkerk),
- Nieuw Lekkerland (west, Lekdijk 170)
- Alblasserdam (bouwterrein Oceanco)

E Resultaten Grondwateranalyses per locatie, analysecertificaten

E1: Nieuw Lekkerland (oost, voormalig terrein Den Boer Beton)

E2: Gouderak (gemaal Verdoold)

E3: locaties:

- Giessenburg (gemaal Giessen Oudebovenkerk),
- Nieuw Lekkerland (west, Lekdijk 170)
 - A: grondwater uit veenmonster
 - B: grondwatermonsters peilbuizen
- Alblasserdam (bouwterrein Oceanco)

F Resultaten Grondonderzoek per locatie

F1: Nieuw Lekkerland (oost, voormalig terrein Den Boer Beton)

F2: Gouderak (gemaal Verdood)

F3: Giessenburg (gemaal Giessen Oudebovenkerk)

F4: Nieuw Lekkerland (west, Lekdijk 170)

F5: Alblasserdam (bouwterrein Oceanco)

G Resultaten algemene bepaling zoutgehalte grondwater

- Overzicht/notitie Waterschap Rivierenland
- Overzicht Waterschap Hollandse Delta
- Overzicht brak/zout Deltares, Nederland