

# PROJECT OVERSTIJGENDE VERKENNING - DIJKVERSTERKINGEN MET GEBIEDSEIGEN GROND

Brede Groene dijk - Waterschap Hunze en Aa's  
Dubbele Dijk - Waterschap Noorderzijlvest



Ref.: NL202001269-R20-320  
Versie: definitief  
2 oktober 2020

### Project Overstijgende Verkenning - Dijkversterkingen met Gebiedseigen Grond

Contactpersoon Martin van der Meer

### Waterschap Hunze en Aa's

Contactpersonen Henk van Norel  
Marco Veendorp

### Waterschap Noorderzijlvest

Contactpersonen Kees de Jong  
Marco Veendorp

### RPS advies- en ingenieursbureau bv

Auteur Jeroen van Mechelen  
Projectleider Jeroen van Mechelen  
Gecontroleerd door Yoeri Jongerius  
Projectreferentie NL202001269-R20-320  
Versie Definitief

---

Versie	Omschrijving	Datum
1.0	Concept	17-09-2020
2.0	Definitief	02-10-2020

---

Dit rapport is vertrouwelijk. Geen enkel deel van dit rapport mag aan derden openbaar worden gemaakt zonder schriftelijke toestemming van RPS advies- en ingenieursbureau bv of van de opdrachtgever. Alleen aan het originele complete rapport kunnen rechten worden ontleend. Dit rapport mag UITSLUITEND in zijn geheel worden gereproduceerd.

## INHOUDSOPGAVE

<b>1</b>	<b>INLEIDING .....</b>	<b>4</b>
1.1	Achtergrond.....	4
1.2	Aanleiding.....	4
1.3	Doelstelling.....	4
1.4	Leeswijzer .....	4
<b>2</b>	<b>PROJECTOMSCHRIJVING .....</b>	<b>5</b>
2.1	Brede Groene Dijk.....	5
2.2	Dubbele dijk.....	6
<b>3</b>	<b>BESCHIKBAAR ONDERZOEK.....</b>	<b>7</b>
3.1	Achtergrond.....	7
3.2	Brede Groene Dijk.....	8
3.3	Dubbele dijk.....	9
3.4	Onzekerheden.....	10
<b>4</b>	<b>ANALYSE ONDERZOEK .....</b>	<b>11</b>
4.1	Brede Groene Dijk.....	11
4.1.1	Atterbergse grenzen.....	11
4.1.2	Zoutgehalte .....	14
4.1.3	Zandgehalte .....	16
4.1.4	Organische stofgehalte .....	18
4.1.5	Kalkgehalte.....	20
4.2	Dubbele dijk.....	21
4.2.1	Atterbergse grenzen.....	21
4.2.2	Zoutgehalte .....	23
4.2.3	Zandgehalte .....	24
4.2.4	Organische stofgehalte .....	25
4.2.5	Kalkgehalte.....	26
<b>5</b>	<b>ERVARINGEN VANUIT BEHEER.....</b>	<b>28</b>
5.1	Achtergrond.....	28
5.2	Beheer en onderhoud .....	28
<b>6</b>	<b>CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN .....</b>	<b>30</b>
6.1	Atterbergse grenzen.....	30
6.2	Zoutgehalte .....	30
6.3	Zandgehalte .....	31
6.4	Organische stofgehalte .....	31
6.5	Kalkgehalte.....	31
6.6	Ervaringen vanuit beheer .....	31
6.7	Eindconclusie .....	31
<b>7</b>	<b>REFERENTIES .....</b>	<b>32</b>

## BIJLAGEN

1. Totaaloverzicht beschikbaar onderzoek
2. In het kader van deze rapportage uitgevoerd veld- en labonderzoek

**rps.nl**

Ref.: NL202001269-R20-320 | Versie: Definitief | 2 oktober 2020

## 1 INLEIDING

### 1.1 Achtergrond

Het toepassen van gebiedseigen grond in dijkversterkingsprojecten is de laatste decennia naar de achtergrond verdwenen. Hier liggen verschillende oorzaken aan ten grondslag. Onder andere het stellen van strengere eisen aan de toe te passen grond (zoals in het Technisch Rapport Klei voor Dijken [Ref. 11]) en het door economische ontwikkeling beschikbaar komen van goedkoper materiaal van verder weg. Voor deze ontwikkeling was het toepassen van gebiedseigen grond honderden jaren de standaard omdat er geen alternatieven beschikbaar waren. De laatste jaren wordt het toepassen van gebiedseigen grond weer opnieuw verkend in het kader van duurzaam en circulair bouwen. Voor het toepassen van deze gebiedseigen grond is nieuwe kennis en ervaring nodig om binnen de kaders van de wettelijke vastgestelde normen [Ref. 10] een veilige dijk te bouwen met deze gebiedseigen grond.

### 1.2 Aanleiding

Verschiedende waterschappen in Nederland zijn bezig met het verkennen van de mogelijkheden voor het toepassen van gebiedseigen grond in dijkversterkingen. Waterschappen Noorderzijlvest en waterschap Hunze en Aa's zijn er daar twee van. Waterschappen Noorderzijlvest heeft de pilot Dubbele dijk uitgevoerd binnen de dijkversterking Eemshaven Delfzijl. De dubbele dijk is opgebouwd van de beschikbare akkergrond direct achter de dijk gelegen. Waterschap Hunze en Aa's is bezig met het onderzoeken van het toepassen van kwelderklei op een verflauwd buitentalud als vervanging van een anders benodigde steenbekleding. De project overstijgende verkenning dijkversterkingen met gebiedseigen grond (POV DGG) wil de kennis en ervaring van de verschillende waterschappen bundelen en delen zodat het toepassen van gebiedseigen grond een beter toegankelijke optie wordt.

Een onderdeel van de opgedane kennis en ervaring is de erosiebestendigheid van gebiedseigen grond. De erosiebestendigheid van grond wordt bepaald door een aantal factoren: de samenstelling, de plasticiteit en de dichtheid. Deze factoren ontwikkelen zich in de tijd onder invloed van natuurlijke processen (bijvoorbeeld het rijpen van klei) en door menselijk handelen (bijvoorbeeld het aanbrengen). Om een goed ontwerp van een kering te kunnen maken is een goede voorspelling (ontwikkeling in de tijd) van de erosiebestendigheid van de grond gedurende de ontwerplevensduur van de waterkering benodigd.

### 1.3 Doelstelling

Binnen dit project is onderzoek uitgevoerd naar de eigenschappen van de toegepaste gebiedseigen grond voor zowel de Dubbele Dijk als de Brede Groene Dijk, zie bijlage 2. In dit rapport is onderzoek vergeleken met de resultaten van eerder uitgevoerd onderzoek om inzicht te krijgen in de verandering van de eigenschappen van de toegepaste grond in de tijd. Hierbij is gefocust op de plasticiteit (uitrolgrens, vloeigrens) en de samenstelling (zoutgehalte, zandgehalte, organische stofgehalte, kalkgehalte) van de toegepaste grond omdat hiervoor metingen vanuit het verleden beschikbaar zijn. Om uiteindelijk wat over de daadwerkelijke erosiebestendigheid te kunnen zeggen is ook inzicht nodig in de dichtheid en de ontwikkeling daarvan in de tijd.

### 1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is een beknopte omschrijving van de Brede Groene Dijk als de Dubbele Dijk opgenomen. Het overzicht van het beschikbare onderzoek is opgenomen in hoofdstuk 3. De analyse van de verschillende onderzoeken is uitgewerkt in hoofdstuk 4. De ervaring vanuit beheer van de kleibekleding met de Brede Groene Dijk is opgenomen in hoofdstuk 5. De conclusies en aanbevelingen zijn beschreven in hoofdstuk 6. Tot slot zijn de referenties opgenomen in hoofdstuk 7.

## 2 PROJECTOMSCHRIJVING

Het onderzoek naar de verandering van de eigenschappen van de toegepaste gebiedseigen grond is uitgevoerd voor twee projecten. In onderstaande is algemene beschrijving van beide projecten opgenomen.

### 2.1 Brede Groene Dijk

De zeedijk van Johannes Kerkhovenpolder tot aan de Duitse grens is afgekeurd op erosie van het buitentalud en moet worden versterkt. Hierdoor zou de grasbekleding op het buitentalud vervangen kunnen worden door een harde bekleding die bestand is tegen golfaanval. Echter heeft waterschap Hunze en Aa's gekozen voor een meer natuurlijk alternatief, namelijk het verflauwen van het buitentalud met een dikke kleilaag en grasmat (de brede groene dijk). Voor het verflauwen van het buitentalud is een grote hoeveelheid klei benodigd. Hiervoor wil men lokaal beschikbare grond gebruiken. Deze grond komt van verschillende locaties: de voorliggende kwelders, polder Breebaart en het Zeehavenkanaal van Delfzijl. Deze grond wordt gerijpt tot klei in depots en vervolgens toegepast in de dijkversterking.

Om de sterkte van de brede groene dijk te testen wordt komende jaren de brede groene dijk uitgevoerd in een pilot over 1 km zeedijk. Indien uit de pilot blijkt dat het concept werkt, wordt dit concept voor de rest van de dijkversterking toegepast. De reeds aangelegde kleidepots waarin slib uit polder Breebaart momenteel wordt gerijpt zijn omgeven door depotdijken. Deze depotdijken zijn in 2018 opgebouwd met materiaal uit de kwelder wat is vrijgekomen voor de uitvoering van de klutenplas (broedeiland voor kluten). In het verleden is onderzoek uitgevoerd naar de eigenschappen van de kwelderklei op de kwelder zelf. De klei waarmee de depotdijken zijn opgebouwd is opnieuw beproefd om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van de eigenschappen in de tijd.

In de jaren 80 is de zeedijk versterkt waarbij voor de kleibekleding op het buitentalud gebruik is gemaakt van kwelderklei. De kleibekleding op het binnentalud is gemaakt van klei welke aanwezig was in de oude zeedijk voordat de versterking in de jaren 80 werd uitgevoerd. Deze klei in de oude zeedijk is mogelijk ook afkomstig van de kwelder. De klei op het binnentalud is in het verleden onderzocht en is nu ruim 30 jaar gerijpt en opnieuw onderzocht om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van de eigenschappen van deze klei in de tijd.

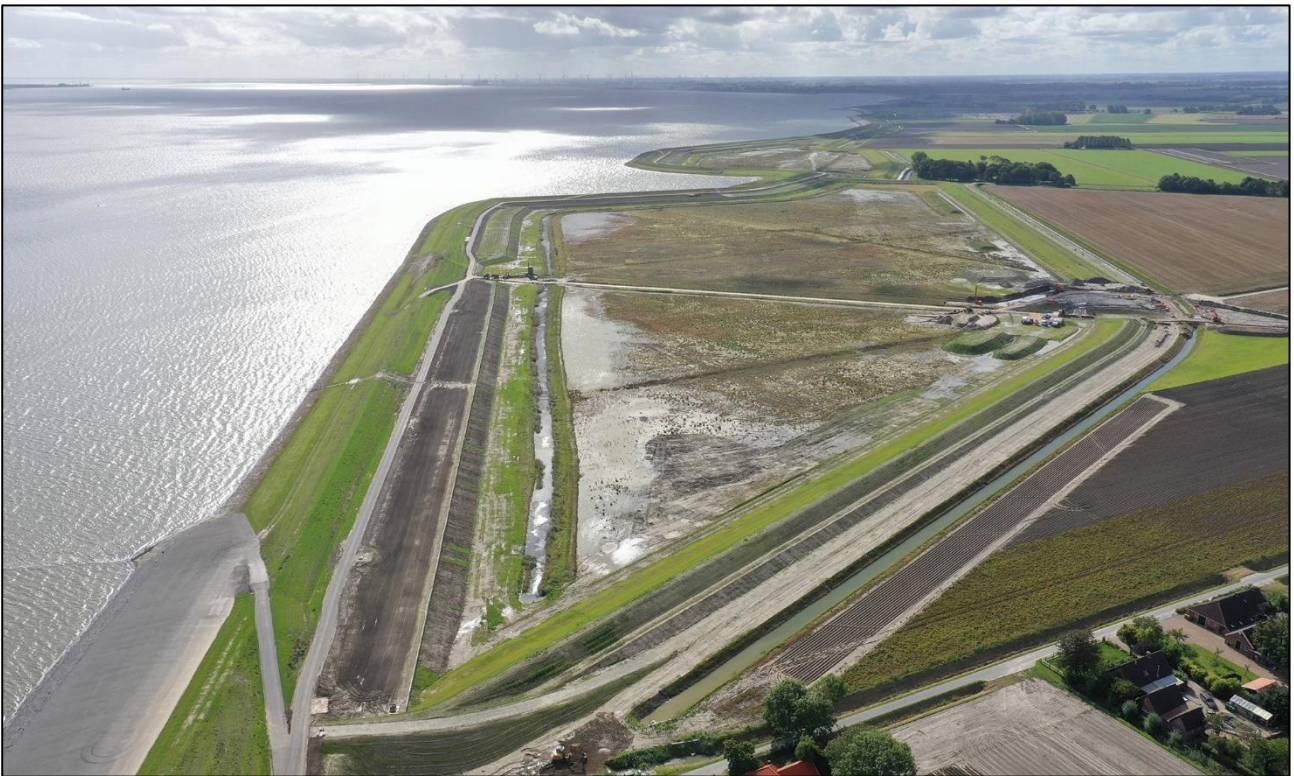


figuur 2.1 Luchtfoto project Brede Groene Dijk

## 2.2 Dubbele dijk

De waterkering tussen Eemshaven en Delfzijl was afgekeurd en diende versterkt te worden. Afgelopen jaren is de gehele waterkering aangepakt en voldoet weer aan de gestelde normen en richtlijnen. Binnen deze dijkversterking is een nieuw soort dijk toegepast, de dubbele dijk. De dubbele dijk bestaat uit twee achter elkaar gelegen dijken welke samen de waterveiligheid van het achterland waarborgen. In het gebied tussen beide dijken is ruimte voor zilte landbouw, natuurontwikkeling en slibvang door een nog aan te leggen opening in de voorliggende waterkering. De bestaande primaire kering is behouden als voorliggende waterkering. Landwaarts van de bestaande primaire kering is een achterliggende kering gebouwd.

Naast het innovatieve waterveiligheidsconcept is de achterliggende waterkering gebouwd van materiaal wat lokaal beschikbaar is. Het tussengebied tussen de voorliggende en achterliggende waterkering was landbouwgrond en daarvan is de toplaag afgegraven om deze grond te gebruiken voor de bouw van de achterliggende waterkering. De landbouw grond is beproefd voorafgaande aan het toepassen en is nu opnieuw onderzocht om de ontwikkeling van de eigenschappen van deze grond in de tijd inzichtelijk te maken.



figuur 2.2 Luchtfoto project Dubbele Dijk

### 3 BESCHIKBAAR ONDERZOEK

In dit hoofdstuk is het beschikbare onderzoek voor beide projecten beschreven. Het aanvullende veld- en laboratorium onderzoek uitgevoerd in het kader van dit project [Ref. 1] is opgenomen in bijlage 2. Het totaal aan beschikbaar grondonderzoek voor beide projecten is opgenomen in een overzichtstabel in bijlage 1. Elke onderzoekslocaties is daarin genummerd. Deze nummering is in alle tabellen en figuren in dit hoofdstuk opgenomen. Zodoende is elk datapunt herleidbaar naar de oorspronkelijke broninformatie.

#### 3.1 Achtergrond

Binnen deze rapportage is onderzoek gedaan naar de erosiebestendigheid van de grond aan de hand van de erosiebestendigheidsbepaling volgens Technische Rapport Klei voor Dijken [Ref. 11]. Hierin is onderscheid gemaakt in drie categorieën voor erosiebestendigheid:

1. Erosiebestendige klei
2. Matig erosiebestendige klei
3. Weinig erosiebestendige klei

Ten opzichte van het Technisch Rapport Klei voor Dijken [Ref. 11] is binnen het WBI2017 [Ref. 12] en [Ref. 13] de classificatiegrens verschoven van een vloeigrens van 45% naar een vloeigrens van 40%. Hierdoor is het gebied van erosiebestendige klei (cat. I) groter geworden. Per erosiecategorie zijn verschillende eisen van toepassing, deze zijn samengevat in tabel 3.1.

tabel 3.1 eisen voor erosiebestendigheidsclassificatie conform [Ref. 11]

Eis	Cat. I	Cat II.	Cat III.
Zandgehalte	< 40%		> 40%
Organische stofgehalte	< 5%		
Kalkgehalte	< 25%		
Zoutgehalte	< 4 g/l		
Vloeigrens	> 40%	< 40%	-
Plasticiteitsindex	> A-lijn	> 18	< A-lijn en/of < 18

#### Zandgehalte

Het zandgehalte is de fractie van de deeltjes groter dan 63 µm. Dit wordt bepaald door middel van een korrelverdeling van het materiaal.

#### Organische stofgehalte

Het organische stofgehalte kan op verschillende methodes bepaald worden. De methodes worden ook verschillend voorgeschreven vanuit de verschillende onderzoeksdoeleinden (bijvoorbeeld milieuhygiënisch of geotechnisch). In [Ref. 1] is het organische stofgehalte bepaald door het verschil in gewicht van het materiaal voor en na behandeling met waterstofperoxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) conform RAW 2015 proef 36. Een andere manier is door het verschil in gewicht van het materiaal voor en na het uitglouen (verbranden) van het materiaal (toegepast in [Ref. 3] conform pb 3010-3 en cf. NEN 5754) . Daarnaast is het ook mogelijk het organische stofgehalte te bepalen met behulp van een plasmameter (toegepast in [Ref. 4] conform 3210-2a/b en NEN 5754 / EN 12879). Niet van alle beschikbare onderzoeken is kunnen achterhalen welke methode is toegepast voor het bepalen van het organische stofgehalte.

### Kalkgehalte

Het kalkgehalte ( $\text{CaCO}_3$ ) kan op verschillende methodes bepaald worden. In [Ref. 1] is het kalkgehalte bepaald door het verschil in gewicht van het materiaal voor en na behandeling met zoutzuur (HCl) conform RAW 2015 proef 37. Niet van alle beschikbare onderzoeken is kunnen achterhalen welke methode is toegepast voor het bepalen van het kalkgehalte.

### Zoutgehalte

Het zoutgehalte betreft gehalte van het zout per liter bodemvocht (NaCl g/l) en is in [Ref. 1] bepaald conform RAW 2015 proef 38. Niet van alle beschikbare onderzoeken is kunnen achterhalen welke methode is toegepast voor het bepalen van het zoutgehalte.

### Vloeigrens

Het watergehalte waarbij de klei overgaat van de plastische fase in de vloeibare fase, is de vloeigrens. De vloeigrens wordt bepaald met het toestel van Casagrande conform RAW 2015 proef 14.

### Plasticiteitsindex

Het verschil tussen de vloeigrens en de uitrolgrens is gedefinieerd als plasticiteitsindex. De uitrolgrens is gedefinieerd als het watergehalte waarbij het net niet meer mogelijk is om draden met een diameter van 3 mm te rollen.

## 3.2 Brede Groene Dijk

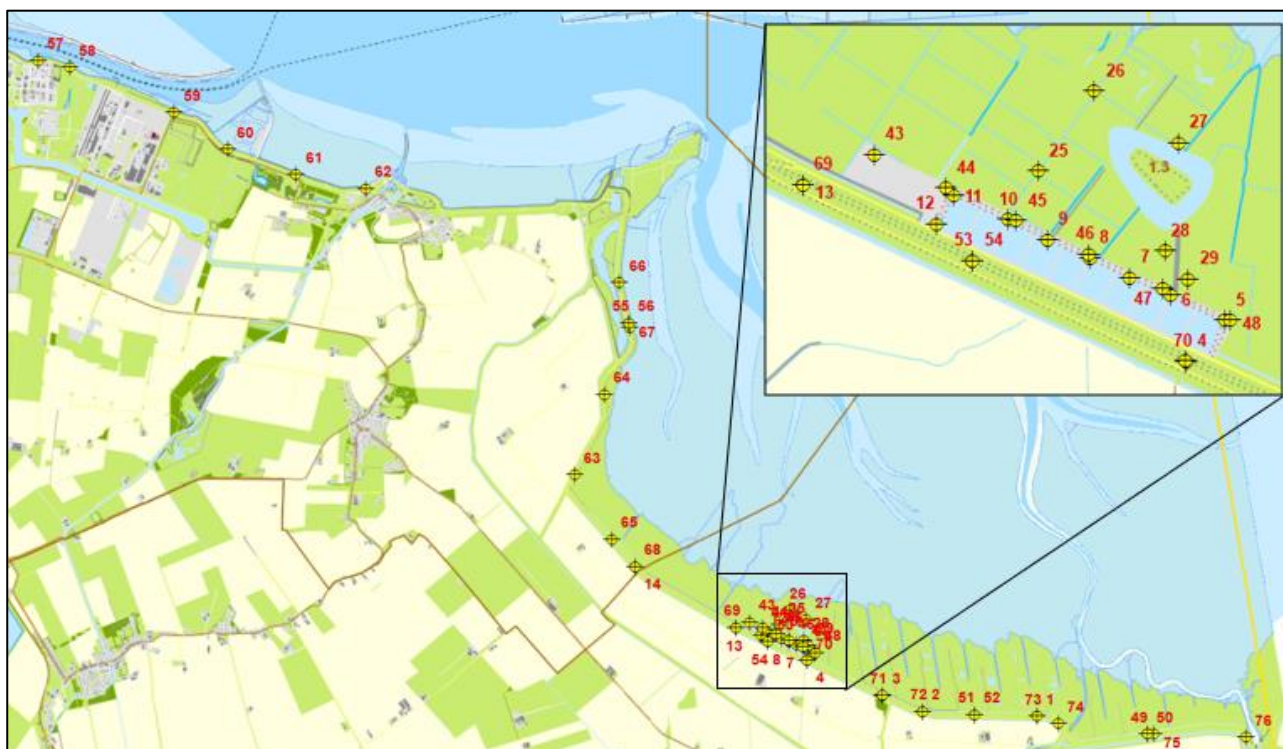
Voor de brede groene dijk zijn zeven bronnen van informatie beschikbaar die informatie geven over de erosiebestendigheid van de klei. De onderzoeken verschillen in de basis tussen drie locaties: op de kwelder, in de depotdijk en op de zeedijk. Daarnaast varieert het moment van onderzoek in de tijd en is niet binnen elk bron onderzoek gedaan naar alle voor erosiebestendigheidsclassificatie relevante eigenschappen. In tabel 3.2 is een overzicht gegeven van de zeven verschillende informatiebronnen welke zijn gebruikt voor de uitgevoerde analyses. Een volledige overzicht van het uitgevoerde onderzoek is opgenomen in bijlage 1. De onderzoekslocaties (van het onderzoek waarvan de locatie bekend is) zijn gepresenteerd in figuur 3.1. Van [Ref. 2] en [Ref. 4] zijn de coördinaten van de onderzoekslocaties onbekend en derhalve niet weergegeven in figuur 3.1. Van [Ref. 6] de coördinaten van de onderzoekslocaties onbekend maar is de locatie bepaald op basis van de dijkpalenummering. Het beschikbare onderzoek is onderverdeeld in verschillende datasets. Daarbij zijn [Ref. 2], [Ref. 3] en [Ref. 5] samengevoegd tot één dataset omdat deze allen data bevatten van de kwelderklei uit jaren 2016 en 2017. [Ref. 4] betreft waterbodemonderzoek en hierin is enkel het organische stofgehalte aanwezig. Het organische stofgehalte is binnen dit onderzoek op een ander wijze bepaald dan in het andere onderzoek. Om verstoring van de onderzoeksmethode te voorkomen is de data uit deze bron niet meegenomen in de verdere analyse. Proef 12 uit [Ref. 1] is eveneens buiten beschouwing gelaten. Dit omdat op deze onderzoekslocatie mogelijk het buitentalud van de zeedijk is beproefd en niet de depotdijk of de bekleding op het binnentalud van de zeedijk.

tabel 3.2 Overzicht beschikbaar onderzoek Brede Groene Dijk

Bron	Nummers	Jaar	Omschrijving	Dataset
[Ref. 1]	1 t/m 14	2020	Onderzoek erosiebestendigheid 8x erosiebestendigheid depotdijk 6x erosiebestendigheid zeedijk (binnentalud)	Depotdijk 2020 Zeedijk 2020
[Ref. 2]	23, 24	2017	Onderzoek kwelderklei 2x erosiebestendigheid	Kwelderklei 16/17
[Ref. 3]	25 t/m 29	2016	Onderzoek kwelderklei 5x erosiebestendigheid	Kwelderklei 16/17
[Ref. 4]	30 t/m 36, 99 t/m 101	2018	Verkennd waterbodemonderzoek kwelderklei 10x organische stofgehalte	n.v.t.



Bron	Nummers	Jaar	Omschrijving	Dataset
[Ref. 5]	43 t/m 48	2017	Onderzoek kwelderklei 6x Atterbergse grenzen	Kwelderklei 16/17
[Ref. 6]	49 t/m 56	1993	Onderzoek zeedijk (locatie in het dwarsprofiel onbekend) 8x erosiebestendigheid (minus kalk- en lutumgehalte)	Zeedijk 1993
[Ref. 7]	57 t/m 76	2011	Onderzoek zeedijk (binnentalud / kruin) 20x Atterbergse grenzen	Zeedijk 2011



figuur 3.1 locaties beschikbaar onderzoek Brede Groene Dijk

### 3.3 Dubbele dijk

Voor de dubbele dijk zijn twee bronnen van informatie beschikbaar die informatie geven over de erosiebestendigheid van de klei. De onderzoeken verschillen in de basis tussen twee locaties: in het tussengebied en op de dubbele dijk. Daarnaast varieert het moment van onderzoek in de tijd. In tabel 3.3 is een overzicht gegeven van de twee verschillende informatiebronnen welke zijn gebruikt voor de uitgevoerde analyses. Een volledige overzicht van het uitgevoerde onderzoek is opgenomen in bijlage 1. De onderzoekslocaties (van het onderzoek waarvan de locatie bekend is) zijn gepresenteerd in figuur 3.2. Van [Ref. 8] zijn de coördinaten van de boringen gepresenteerd, het laboratoriumonderzoek is uitgevoerd op mengmonsters gecombineerd uit de verschillende boringen.

tabel 3.3 Overzicht beschikbaar onderzoek Dubbele dijk

Bron	Nummers	Jaar	Omschrijving	Dataset
[Ref. 1]	15 t/m 22	2020	Onderzoek erosiebestendigheid 8x erosiebestendigheid dubbele dijk	Dubbele Dijk 2020
[Ref. 8]	37 t/m 42	2015	Onderzoek erosiebestendigheid 6x erosiebestendigheid tussengebied	Tussengebied 2015



figuur 3.2 locaties beschikbaar onderzoek Dubbele Dijk

### 3.4 Onzekerheden

Bij het analyseren van de resultaten spelen verschillende onzekerheden een rol. Zo heeft het materiaal een natuurlijke variatie van de eigenschappen vanwege heterogeniteit van de grond en kunnen eigenschappen veranderen bijvoorbeeld in de tijd, over de diepte, door natuurlijk processen en door menselijk handelen. Daarnaast zijn er onzekerheden die geïntroduceerd worden bij het bepalen van de eigenschappen door monsternamen, type proef, uitvoeringsprotocollen en menselijk handelen.

Om deze onzekerheden enigszins inzichtelijk te maken zijn op basis van statistiek bandbreedte geschetst bij de verschillende eigenschappen. Op basis van de proefresultaten van de Atterbergse grenzen is een 90% betrouwbaarheidsinterval opgenomen om de spreiding van de resultaten te visualiseren. Dit is gedaan door een lineaire trendlijn te trekken tussen de vloeigrens en de plasticiteitsindex. Vervolgens is op basis van deze trendlijn, de standaardafwijking van de plasticiteitsindex ( $S_p$ ), het aantal proeven ( $M$ ) en onderstaande formule waarbij is uitgegaan van een lokaal waarnemingsbestand de 90% interval weergegeven:

$$p_{kar} = p_{gem} \pm t_{n-1}^{0,95} \frac{S_p}{\sqrt{N}}$$

Voor de andere eigenschappen is de bandbreedte geschetst door het gemiddelde en de standaardafwijking van de proeven binnen de data te bepalen en deze eveneens in de figuren te plotten.

## 4 ANALYSE ONDERZOEK

In dit hoofdstuk is de analyse van het beschikbare onderzoek gepresenteerd. Het hoofdstuk is opgedeeld in twee paragrafen. In de eerste paragraaf is de analyse van het onderzoek van de brede groene dijk gepresenteerd en in de tweede paragraaf van de dubbele dijk.

### 4.1 Brede Groene Dijk

Het beschikbare onderzoek voor de Brede Groene Dijk bestaat uit de onderstaande datasets:

- Depotdijk 2020
- Kwelderlei 16/17
- Zeedijk 2020
- Zeedijk 2011
- Zeedijk 1993

De dataset kwelderlei 16/17 is vergeleken met de dataset depotdijk 2020 omdat de depot is opgebouwd uit de kwelderlei welke beschikbaar kwam bij het graven van de klutenplassen.

De datasets zijn geanalyseerd op de eigenschappen op basis waarvan de erosiebestendigheidscategorie worden bepaald:

- Atterbergse grenzen (vloeigrens en plasticiteitsindex)
- Zoutgehalte
- Zandgehalte
- Organische stofgehalte
- Kalkgehalte

In onderstaande paragrafen zijn bovengenoemde eigenschappen beschouwd.

#### 4.1.1 Atterbergse grenzen

In tabel 4.1 is de beschikbare data van de Atterbergse grenzen gepresenteerd. In tabel 4.2, tabel 4.3 en tabel 4.4 zijn het gemiddelde en de standaardafwijking gepresenteerd per dataset van de uitrolgrens, vloeigrens en plasticiteitsindex. De data is gevisualiseerd in figuur 4.1 en figuur 4.2.

tabel 4.1 Beschikbare data Atterbergse grenzen

Nr.	Dataset	Uitrolgrens [%]	Vloeigrens [%]	Plasticiteitsindex [-]
1	Zeedijk 2020	15,9	30,7	14,8
2	Zeedijk 2020	35,9	69,1	33,2
3	Zeedijk 2020	21,6	48,4	26,7
4	Zeedijk 2020	29,9	68,0	38,1
5	Depotdijk 2020	46,2	89,7	43,5
6	Depotdijk 2020	44,7	89,6	44,9
7	Depotdijk 2020	34,1	84,9	50,8
8	Depotdijk 2020	43,3	83,0	39,8
9	Depotdijk 2020	37,2	85,5	48,3
10	Depotdijk 2020	44,6	85,6	40,9
11	Depotdijk 2020	37,5	85,3	47,8
13	Zeedijk 2020	28,0	69,2	41,2
14	Zeedijk 2020	17,2	40,9	23,7
23	Kwelderlei 16/17	36,9	102,0	65,1
24	Kwelderlei 16/17	47,8	139,4	91,6

Nr.	Dataset	Uitrolgrens [%]	Vloeigrens [%]	Plasticiteitsindex [-]
25	Kwelderklei 16/17	42,8	85,2	42,4
26	Kwelderklei 16/17	43,6	105,2	61,6
27	Kwelderklei 16/17	43,5	95,0	51,4
28	Kwelderklei 16/17	41,1	88,9	47,8
29	Kwelderklei 16/17	49,8	93,5	43,7
43	Kwelderklei 16/17	50,9	113,6	62,7
44	Kwelderklei 16/17	47,0	132,7	85,6
45	Kwelderklei 16/17	40,6	98,5	58,0
46	Kwelderklei 16/17	67,8	99,1	31,3
47	Kwelderklei 16/17	41,9	88,0	46,1
48	Kwelderklei 16/17	46,5	96,0	49,4
49	Zeedijk 1993	26,3	74,7	48,4
50	Zeedijk 1993	23,4	68,9	45,5
51	Zeedijk 1993	31,2	78,6	47,4
52	Zeedijk 1993	36,4	90,0	53,6
53	Zeedijk 1993	27,9	68,5	40,6
54	Zeedijk 1993	34,1	81,3	47,2
55	Zeedijk 1993	16,8	51,2	34,4
56	Zeedijk 1993	21,4	43,4	22,0
57	Zeedijk 2011	19,7	44,8	25,1
58	Zeedijk 2011	23,2	40,8	17,6
59	Zeedijk 2011	25,7	54,7	29,0
60	Zeedijk 2011	22,4	45,7	23,3
61	Zeedijk 2011	32,3	70,4	38,0
62	Zeedijk 2011	30,6	64,8	34,3
63	Zeedijk 2011	19,4	24,6	5,1
64	Zeedijk 2011	21,2	40,8	19,6
65	Zeedijk 2011	32,1	70,0	37,8
66	Zeedijk 2011	39,0	82,6	43,6
67	Zeedijk 2011	36,2	95,8	59,6
68	Zeedijk 2011	2,6	83,9	81,3
69	Zeedijk 2011	34,2	79,9	45,7
70	Zeedijk 2011	30,2	67,1	36,9
71	Zeedijk 2011	28,9	42,5	13,7
72	Zeedijk 2011	14,2	66,9	52,7
73	Zeedijk 2011	32,2	60,8	28,6
74	Zeedijk 2011	31,5	62,6	31,1
75	Zeedijk 2011	26,5	47,9	21,4
76	Zeedijk 2011	27,9	60,6	32,6

tabel 4.2 Gemiddelde en standaardafwijking uitrolgrens

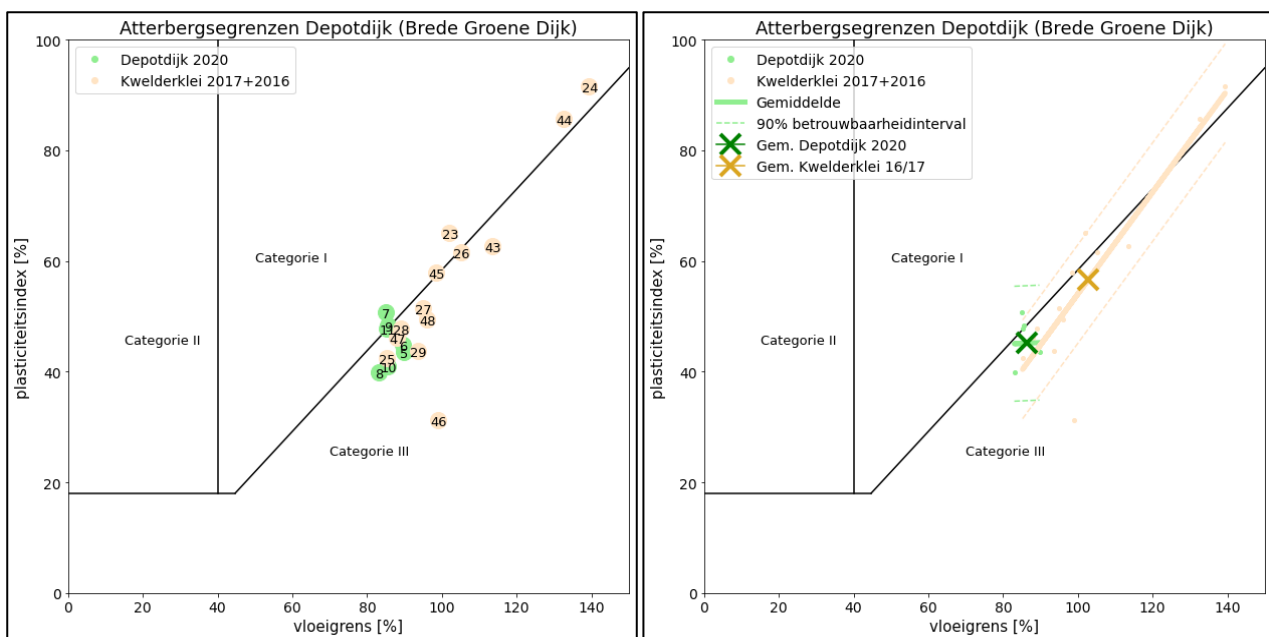
Dataset	Aantal proeven	Gemiddelde	Standaardafwijking
Depotdijk 2020	7	41,1	4,7
Kwelderklei 16/17	13	46,2	7,6
Zeedijk 2020	6	24,8	7,8
Zeedijk 2011	20	26,5	8,4
Zeedijk 1993	8	27,2	6,6

tabel 4.3 Gemiddelde en standaardafwijking vloeigrens

Dataset	Aantal proeven	Gemiddelde	Standaardafwijking
Depotdijk 2020	7	86,2	2,5
Kwelderklei 16/17	13	102,9	16,6
Zeedijk 2020	6	54,4	16,7
Zeedijk 2011	20	60,4	17,8
Zeedijk 1993	8	69,6	15,5

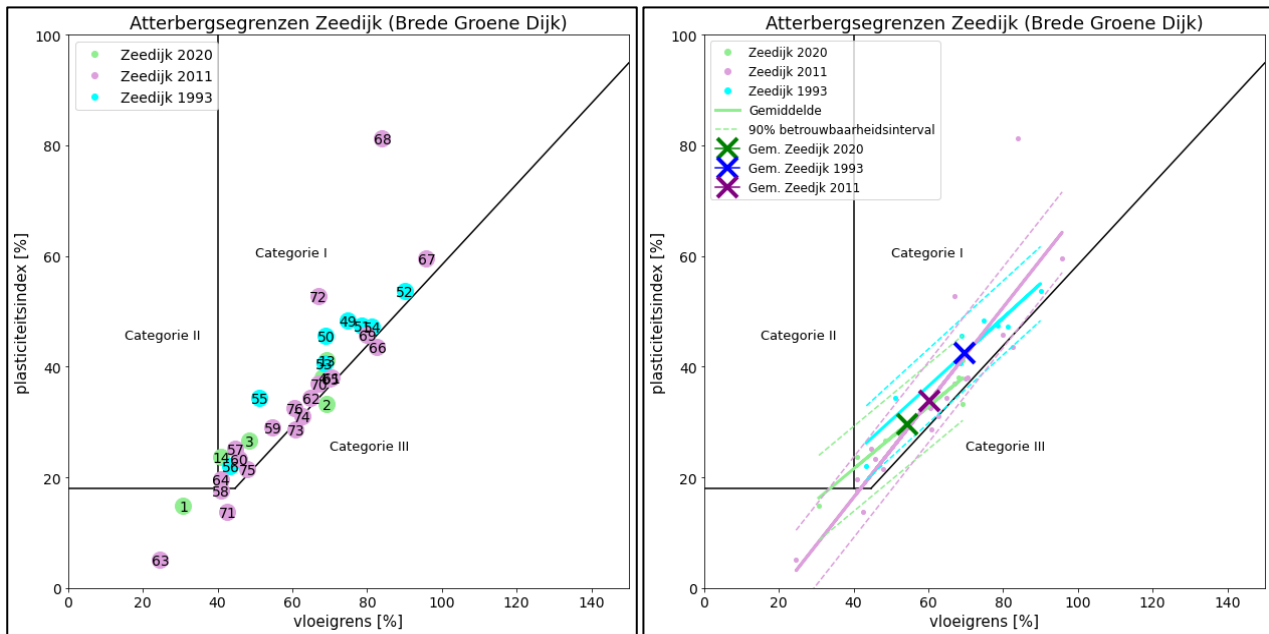
tabel 4.4 Gemiddelde en standaardafwijking plasticiteitsindex

Dataset	Aantal proeven	Gemiddelde	Standaardafwijking
Depotdijk 2020	7	45,1	4,0
Kwelderklei 16/17	13	56,7	17,0
Zeedijk 2020	6	29,6	9,8
Zeedijk 2011	20	33,9	17,2
Zeedijk 1993	8	42,4	10,0



figuur 4.1 Atterbergse grenzen depotdijk (links: data, rechts: trend en gemiddelde)

Op basis van figuur 4.1 is te zien dat de zowel de plasticiteitsindex als de vloeigrens dalen tussen de dataset van de kwelderklei en de depotdijk. De uitrolgrens is nagenoeg onveranderd waardoor de afname van de vloeigrens zich nagenoeg direct vertaalt in de afname van de plasticiteitsindex. De verlaging van de vloeigrens is eveneens in relatie met de afname van het zoutgehalte. Klei met een hoger zoutgehalte heeft een hogere vloeigrens. Er is een beperkte beweging van het gemiddelde richting de A-lijn waarneembaar. De beweging van het gemiddelde richting de A-lijn is echter dermate klein ten opzichte van de statistische onzekerheden dat geen conclusies zijn getrokken.



figuur 4.2 Atterbergse grenzen zeedijk (links: data, rechts: trend en gemiddelde)

Op basis van figuur 4.2 is geen structurele beweging van of naar de A-lijn (en daarmee verbetering of verslechtering van de erosiebestendigheid) waarneembaar. Het materiaal lijkt zich in de tijd parallel aan de A-lijn naar beneden te verplaatsen.

#### 4.1.2 Zoutgehalte

In tabel 4.5 is de beschikbare data van het zoutgehalte gepresenteerd. In tabel 4.6 zijn het gemiddelde en de standaardafwijking gepresenteerd per dataset van het zoutgehalte. De data is gevisualiseerd in figuur 4.3.

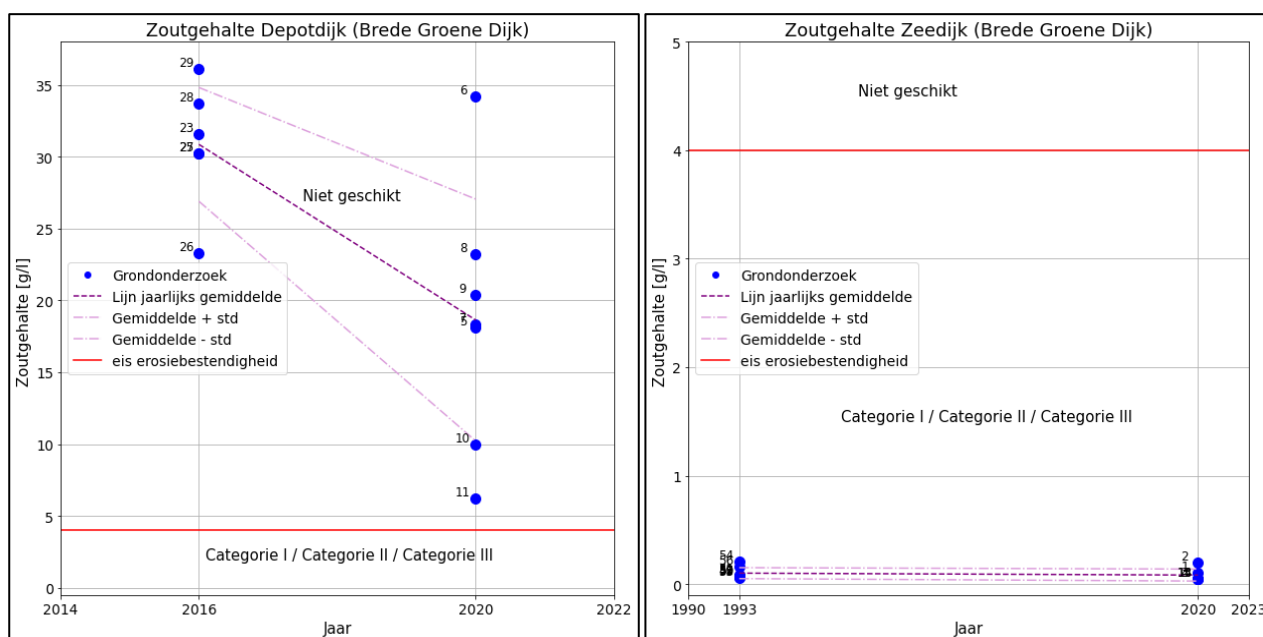
tabel 4.5 Beschikbare data zoutgehalte

Nr.	Dataset	Zoutgehalte [g/l]
1	Zeedijk 2020	0,1
2	Zeedijk 2020	0,2
3	Zeedijk 2020	<0,1
4	Zeedijk 2020	<0,1
5	Depotdijk 2020	18,1
6	Depotdijk 2020	34,2
7	Depotdijk 2020	18,3
8	Depotdijk 2020	23,2
9	Depotdijk 2020	20,4
10	Depotdijk 2020	10
11	Depotdijk 2020	6,2
13	Zeedijk 2020	<0,1
14	Zeedijk 2020	<0,1
23	Kwelderlei 16/17	31,6
25	Kwelderlei 16/17	30,2
26	Kwelderlei 16/17	23,3
27	Kwelderlei 16/17	30,2
28	Kwelderlei 16/17	33,7
29	Kwelderlei 16/17	36,1
49	Zeedijk 1993	0,07

Nr.	Dataset	Zoutgehalte [g/l]
50	Zeedijk 1993	0,07
51	Zeedijk 1993	0,09
52	Zeedijk 1993	0,08
53	Zeedijk 1993	0,06
54	Zeedijk 1993	0,21
55	Zeedijk 1993	0,07
56	Zeedijk 1993	0,16

tabel 4.6 Gemiddelde en standaardafwijking zoutgehalte

Dataset	Aantal proeven	Gemiddelde	Standaardafwijking
Depotdijk 2020	7	18,6	9,1
Kwelderklei 16/17	6	30,9	4,3
Zeedijk 2020	6	0,1	0,04
Zeedijk 2011	-	-	-
Zeedijk 1993	8	0,1	0,05



figuur 4.3 Zoutgehalte (depotdijk links, zeedijk rechts)

In figuur 4.3 is de data van het zoutgehalte in de tijd gevisualiseerd voor de depotdijk en de zeedijk. De meetdata van de zeedijk laat geen verandering over de tijd zien en voldoet ook ruimschoots aan de gestelde eisen. De data van de depotdijk laat wel een verandering over de tijd zien. De meetwaarden van het zoutgehalte van de kwelderklei zijn logischerwijs nagenoeg gelijk aan het zoutgehalte van zeewater. De meetwaarden in 2020 in de depotdijk laten over een tijdsbestek van 3 a 4 jaar een afname van het zoutgehalte zien. Dit wordt veroorzaakt doordat de klei in de depotdijk niet meer via het getij continue met het zeewater in aanraking komt en wordt schoongespoeld door neerslag. Dit proces zal zich in de toekomst waarschijnlijk voorzetten. Of het zoutgehalte van de klei in de depotdijk in de toekomst daadwerkelijk onder de vereiste waarde van 4 g/l komt is afhankelijk van de mate van belasting door zeewater (hoogwater).

### 4.1.3 Zandgehalte

In tabel 4.7 is de beschikbare data van het zandgehalte gepresenteerd. In tabel 4.8 zijn het gemiddelde en de standaardafwijking gepresenteerd per dataset van het zandgehalte. De data is gevisualiseerd in figuur 4.4 en figuur 4.5.

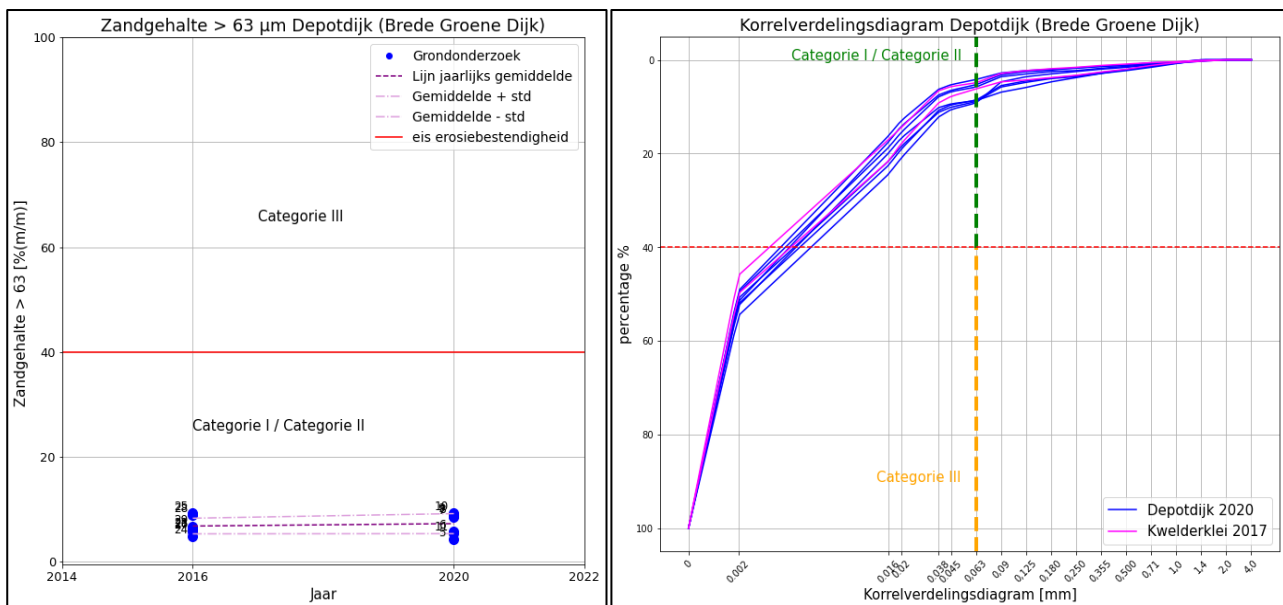
tabel 4.7 Beschikbare data zandgehalte

Nr.	Dataset	Zandgehalte [%]
1	Zeedijk 2020	71,5
2	Zeedijk 2020	45,8
3	Zeedijk 2020	34
4	Zeedijk 2020	7,6
5	Depotdijk	4,2
6	Depotdijk	5,8
7	Depotdijk	8,6
8	Depotdijk	8,7
9	Depotdijk	8,9
10	Depotdijk	9,2
11	Depotdijk	5,3
13	Zeedijk 2020	7,7
14	Zeedijk 2020	36,6
23	Kwelderlei 16/17	6,2
24	Kwelderlei 16/17	4,9
25	Kwelderlei 16/17	9,2
26	Kwelderlei 16/17	5,9
27	Kwelderlei 16/17	5,8
28	Kwelderlei 16/17	8,8
29	Kwelderlei 16/17	6,7
57	Zeedijk 2011	24,4
58	Zeedijk 2011	20,8
59	Zeedijk 2011	20
60	Zeedijk 2011	29,9
61	Zeedijk 2011	11,9
62	Zeedijk 2011	9,8
63	Zeedijk 2011	53,5
64	Zeedijk 2011	42,1
65	Zeedijk 2011	11,5
66	Zeedijk 2011	5,2
67	Zeedijk 2011	4,8
68	Zeedijk 2011	10
69	Zeedijk 2011	2,6
70	Zeedijk 2011	8
71	Zeedijk 2011	39,8
72	Zeedijk 2011	10,5
73	Zeedijk 2011	7,9
74	Zeedijk 2011	10,6
75	Zeedijk 2011	15,1
76	Zeedijk 2011	4,7
49	Zeedijk 1993	92
50	Zeedijk 1993	93
51	Zeedijk 1993	75
52	Zeedijk 1993	94
53	Zeedijk 1993	90
54	Zeedijk 1993	95
55	Zeedijk 1993	74
56	Zeedijk 1993	90



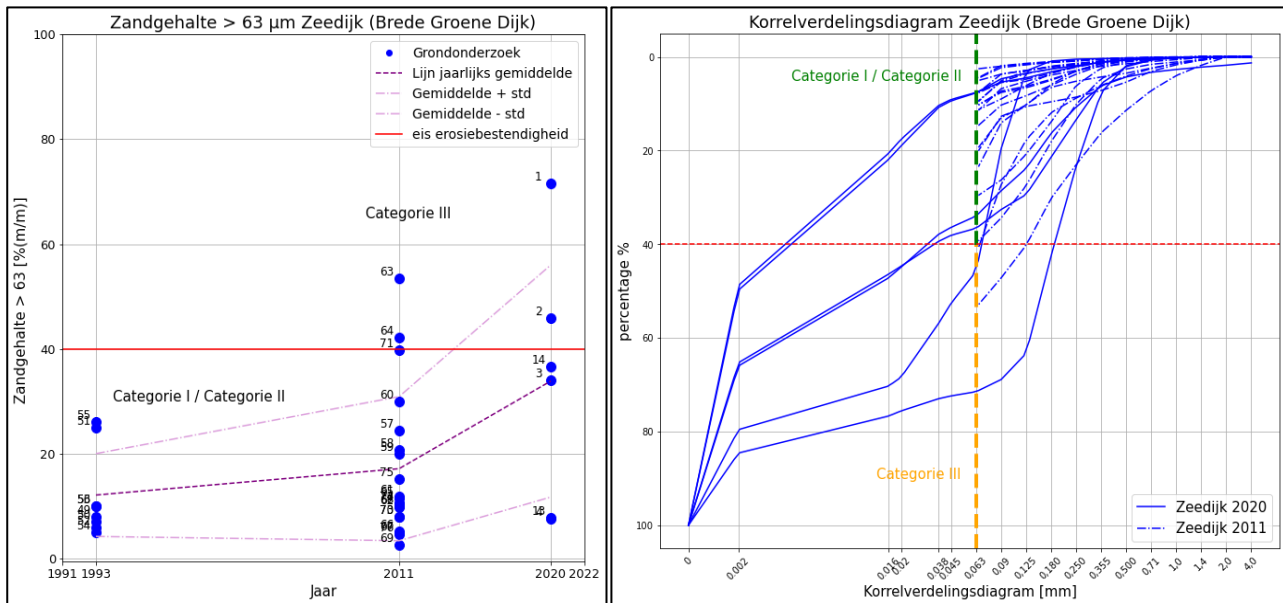
tabel 4.8 Gemiddelde en standaardafwijking zandgehalte

Dataset	Aantal proeven	Gemiddelde	Standaardafwijking
Depotdijk 2020	7	7,2	2,1
Kwelderklei 16/17	7	6,8	1,6
Zeedijk 2020	6	33,9	24,3
Zeedijk 2011	20	17,2	14,1
Zeedijk 1993	8	12,1	8,4



figuur 4.4 Zandgehalte depotdijk (zandgehalte links, korrelverdeling rechts)

In figuur 4.4 is het verloop van het zandgehalte in de tijd gepresenteerd voor de depotdijk. Het figuur laat geen verandering van het zandgehalte in de tijd zien.



figuur 4.5 Zandgehalte zeedijk (zandgehalte links, korrelverdeling rechts)

In figuur 4.5 is het verloop van het zandgehalte in de tijd gepresenteerd voor de zeedijk. Daarbij lijkt er een beperkte toename in de tijd van het zandgehalte plaats te vinden. De toename van het zandgehalte kan worden veroorzaakt door bekleien (vullen van scheuren in de klei) met zandigere klei. De wat sterkere stijging tussen 2011 en 2020 wordt mogelijk ook veroorzaakt door het beperkte aantal proeven vanuit 2020.

#### 4.1.4 Organische stofgehalte

In tabel 4.9 is de beschikbare data van het organische stofgehalte gepresenteerd. In tabel 4.10 zijn het gemiddelde en de standaardafwijking gepresenteerd per dataset van het organische stofgehalte. De data is gevisualiseerd in figuur 4.6.

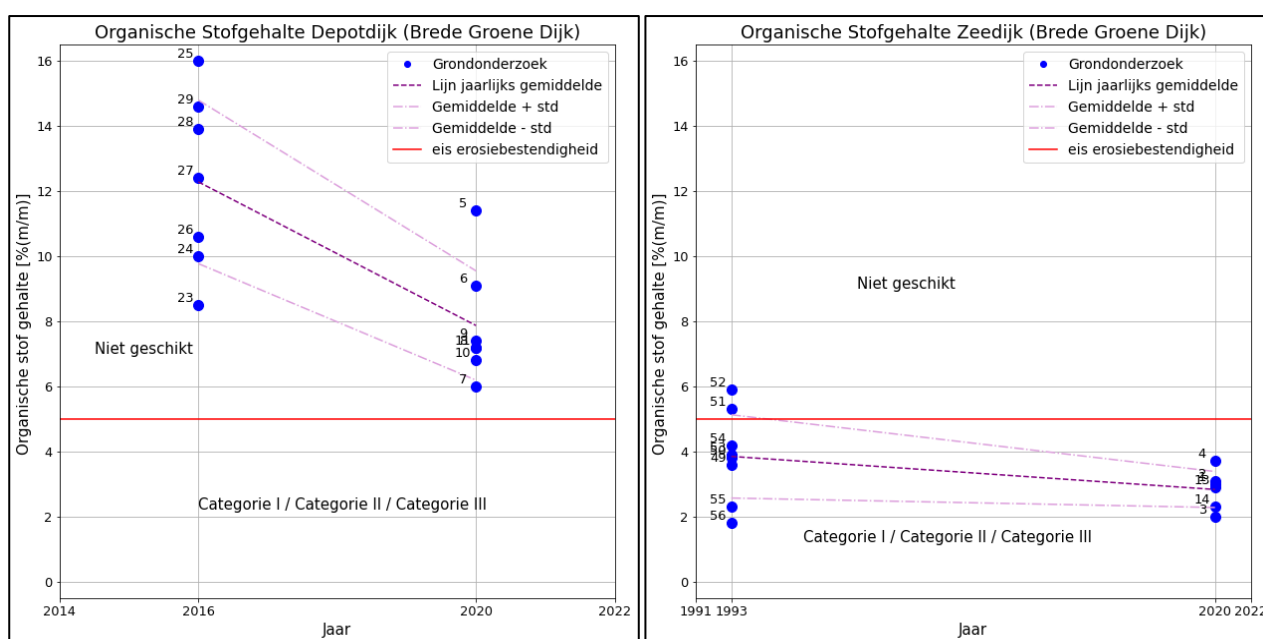
tabel 4.9 Beschikbare data organische stofgehalte

Nr.	Dataset	Organische stofgehalte
		[%]
1	Zeedijk 2020	3,0
2	Zeedijk 2020	3,1
3	Zeedijk 2020	2,0
4	Zeedijk 2020	3,7
5	Depotdijk 2020	11,4
6	Depotdijk 2020	9,1
7	Depotdijk 2020	6,0
8	Depotdijk 2020	7,2
9	Depotdijk 2020	7,4
10	Depotdijk 2020	6,8
11	Depotdijk 2020	7,2
13	Zeedijk 2020	2,9
14	Zeedijk 2020	2,3
23	Kwelderklei 16/17	8,5
24	Kwelderklei 16/17	10,0
25	Kwelderklei 16/17	16,0
26	Kwelderklei 16/17	10,6
27	Kwelderklei 16/17	12,4
28	Kwelderklei 16/17	13,9

Nr.	Dataset	Organische stofgehalte [%]
29	Kwelderlei 16/17	14,6
49	Zeedijk 1993	3,6
50	Zeedijk 1993	3,8
51	Zeedijk 1993	5,3
52	Zeedijk 1993	5,9
53	Zeedijk 1993	3,9
54	Zeedijk 1993	4,2
55	Zeedijk 1993	2,3
56	Zeedijk 1993	1,8

tabel 4.10 Gemiddelde en standaardafwijking organische stofgehalte

Dataset	Aantal proeven	Gemiddelde	Standaardafwijking
Depotdijk 2020	7	7,9	1,8
Kwelderlei 16/17	7	12,3	2,7
Zeedijk 2020	6	2,8	0,6
Zeedijk 2011	-	-	-
Zeedijk 1993	8	3,9	1,4



figuur 4.6 Organische stofgehalte (depotdijk links, zeedijk rechts)

In figuur 4.6 in de verandering van het organische stofgehalte in de tijd voor de depotdijk en de zeedijk gepresenteerd. Voor de zeedijk is een beperkte afname waarneembaar. De afname van het gemiddelde is echter dermate klein ten opzichte van de statistische onzekerheden dat geen conclusies zijn getrokken. Voor de depotdijk is een duidelijk afname van het organische stofgehalte waarneembaar. Hierdoor wordt de afstand tot de eis voor het organische stofgehalte aanzienlijk kleiner. Mogelijk dat de verandering van het organische stofgehalte in de tijd in de toekomst verder doorzet richting tot onder de eis voor het organische stofgehalte. Ook kijkende naar de data van de zeedijk waarvoor vermoedelijk bij eerdere dijkversterkingen hetzelfde materiaal (kwelderlei) is gehanteerd, is de verwachting dat het organische stofgehalte in de tijd verder zal afnemen tot onder het vereiste gehalte.

Naast de bovengenoemde data is in [Ref. 3] een organische stofgehalte van 10,4% (chemische methode, RAW proef 36) en 5,1% (verbrandingsmethode, conform pb3010-3 en NEN5754) benoemd voor een onderzoekslocatie op het buitentalud van de zeedijk. De onderzoeksresultaten zijn echter alleen tekstueel benoemd in [Ref. 3] en niet te herleiden naar daadwerkelijke proefresultaten. De genoemde 10,4% is bepaald met dezelfde methode (chemische methode, RAW proef 36) als de waarde gepresenteerd in figuur 4.6. De locatie van deze waarde is echter op het buitentalud. De locaties van het onderzoek van 2020 zijn op het binnentalud en de locatie van het onderzoek uit 1993 is niet achterhaald. Omdat het een enkele meeting betreft en het daadwerkelijke proefresultaat niet is achterhaald is het genoemde datapunt niet meegenomen in de analyses. Nader aanvullend onderzoek waarbij monsters op het buitentalud worden genomen kunnen meer inzicht verschaffen in een eventuele hogere organische stofgehaltes op het buitentalud.

#### 4.1.5 Kalkgehalte

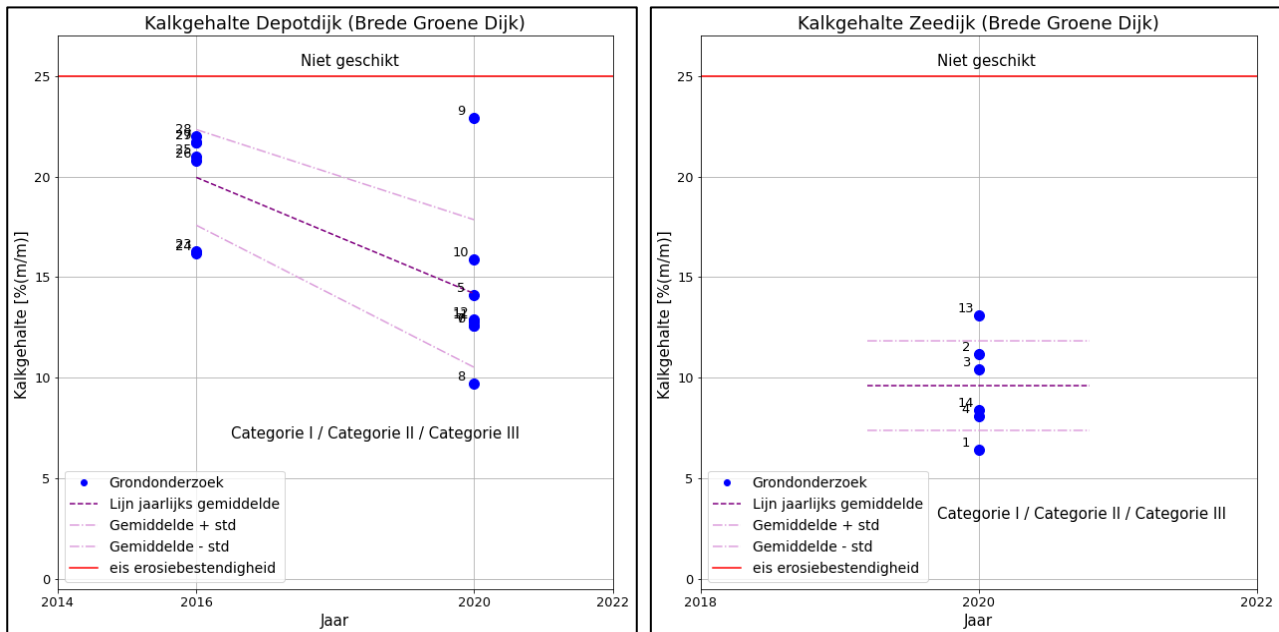
In tabel 4.11 is de beschikbare data van het kalkgehalte gepresenteerd. In tabel 4.12 zijn het gemiddelde en de standaardafwijking gepresenteerd per dataset van het kalkgehalte. De data is gevisualiseerd in figuur 4.7.

tabel 4.11 Beschikbare data kalkgehalte

Nr.	Locatie	Kalkgehalte [%]
1	Zeedijk 2020	6,4
2	Zeedijk 2020	11,2
3	Zeedijk 2020	10,4
4	Zeedijk 2020	8,1
5	Depotdijk 2020	14,1
6	Depotdijk 2020	12,6
7	Depotdijk 2020	12,6
8	Depotdijk 2020	9,7
9	Depotdijk 2020	22,9
10	Depotdijk 2020	15,9
11	Depotdijk 2020	12,8
13	Zeedijk 2020	13,1
14	Zeedijk 2020	8,4
23	Kwelderklei 16/17	16,3
24	Kwelderklei 16/17	16,2
25	Kwelderklei 16/17	21,0
26	Kwelderklei 16/17	20,8
27	Kwelderklei 16/17	21,7
28	Kwelderklei 16/17	22,0
29	Kwelderklei 16/17	21,7

tabel 4.12 Gemiddelde en standaardafwijking kalkgehalte

Dataset	Aantal proeven	Gemiddelde	Standaardafwijking
Depotdijk 2020	7	14,4	4,2
Kwelderklei 16/17	7	20,0	2,6
Zeedijk 2020	6	9,6	2,4
Zeedijk 2011	-	-	-
Zeedijk 1993	-	-	-



figuur 4.7 Kalkgehalte (depotdijk links, zeedijk rechts)

In figuur 4.7 is de verandering van het kalkgehalte in de tijd gepresenteerd. Voor de zeedijk is het kalkgehalte enkel beschikbaar in de dataset vanuit 2020. Hierdoor is geen verandering in de tijd van het kalkgehalte waarneembaar. Het kalkgehalte van de depotdijk lijkt in de tijd iets af te nemen.

## 4.2 Dubbele dijk

Het beschikbare onderzoek voor de dubbele dijk bestaat uit de onderstaande datasets:

- Tussengebied 2015
- Dubbele Dijk 2020

De datasets zijn geanalyseerd op de eigenschappen op basis waarvan de erosiebestendigheidscategorie worden bepaald:

- Atterbergse grenzen (vloeigrens en plasticiteitsindex)
- Zoutgehalte
- Zandgehalte
- Organische stofgehalte
- Kalkgehalte

In onderstaande paragrafen zijn bovengenoemde eigenschappen beschouwd.

### 4.2.1 Atterbergse grenzen

In tabel 4.13 is de beschikbare data van de Atterbergse grenzen gepresenteerd. In tabel 4.14, tabel 4.15 en tabel 4.16 zijn het gemiddelde en de standaardafwijking gepresenteerd per dataset van de uitrolgrens, vloeigrens en plasticiteitsindex. De data is gevisualiseerd in figuur 4.8.

tabel 4.13 Beschikbare data Atterbergse grenzen

Nr.	Dataset	Uitrolgrens [%]	Vloeigrens [%]	Plasticiteitsindex [-]
15	Dubbele Dijk 2020	19,6	37,2	17,6
16	Dubbele Dijk 2020	43,4	85,4	42,0
17	Dubbele Dijk 2020	19,0	29,7	10,7
18	Dubbele Dijk 2020	19,3	39,2	19,9
19	Dubbele Dijk 2020	20,2	23,1	2,8
20	Dubbele Dijk 2020	17,8	28,9	11,1
21	Dubbele Dijk 2020	19,5	30,0	10,4
22	Dubbele Dijk 2020	21,3	30,8	9,4
37	Tussengebied 2015	23,9	41,5	17,6
38	Tussengebied 2015	21,1	34,1	13,1
39	Tussengebied 2015	26,1	39,3	13,2
40	Tussengebied 2015	22,6	29,6	7,0
41	Tussengebied 2015	29,2	33,4	4,2
42	Tussengebied 2015	21,5	22,8	1,3

tabel 4.14 Gemiddelde en standaardafwijking uitrolgrens

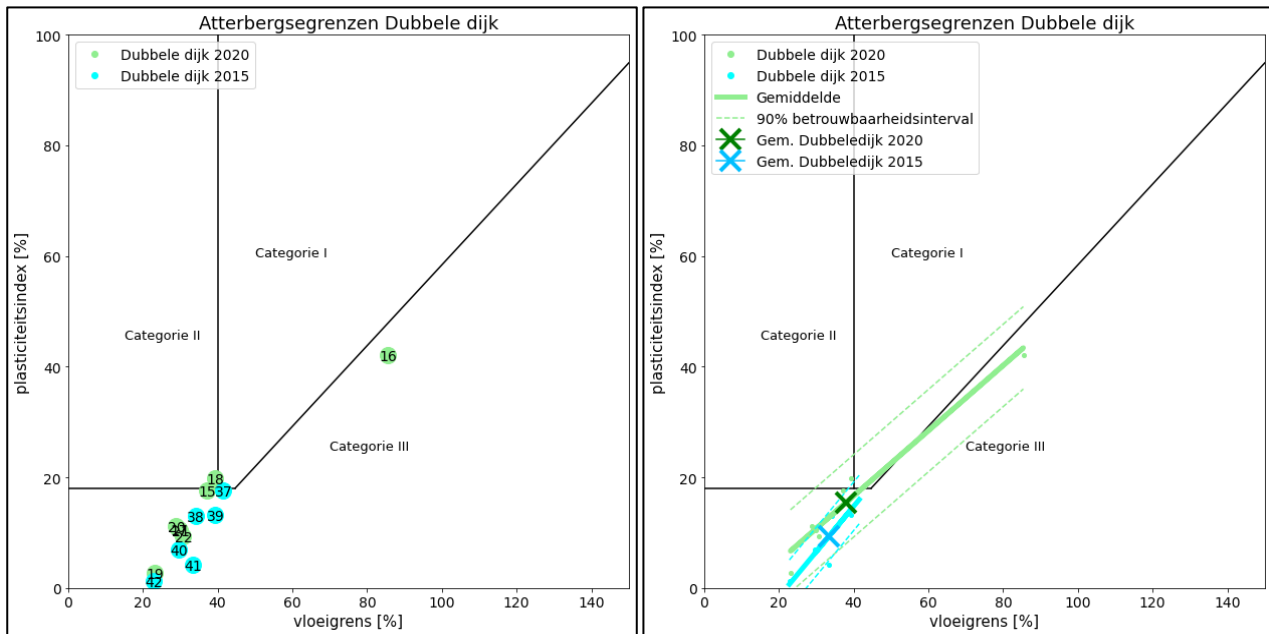
Dataset	Aantal proeven	Gemiddelde	Standaardafwijking
Dubbele Dijk 2020	8	22,5	8,5
Tussengebied 2015	6	24,1	3,1

tabel 4.15 Gemiddelde en standaardafwijking vloeigrens

Dataset	Aantal proeven	Gemiddelde	Standaardafwijking
Dubbele Dijk 2020	8	38,0	19,8
Tussengebied 2015	6	33,5	6,7

tabel 4.16 Gemiddelde en standaardafwijking plasticiteitsindex

Dataset	Aantal proeven	Gemiddelde	Standaardafwijking
Dubbele Dijk 2020	8	15,5	11,9
Tussengebied 2015	6	9,4	6,2



figuur 4.8 Atterbergse grenzen Dubbele Dijk (links: data, rechts: trend en gemiddelde)

In figuur 4.8 is de vloeigrens en de plasticiteitsindex gepresenteerd voor de Dubbele Dijk. Hierin is te zien dat het gemiddelde van 2020 zicht richting de A-lijn lijkt te bewegen en daarmee verbetering van de erosiebestendigheid van het materiaal te hebben plaatsgevonden.

## 4.2.2 Zoutgehalte

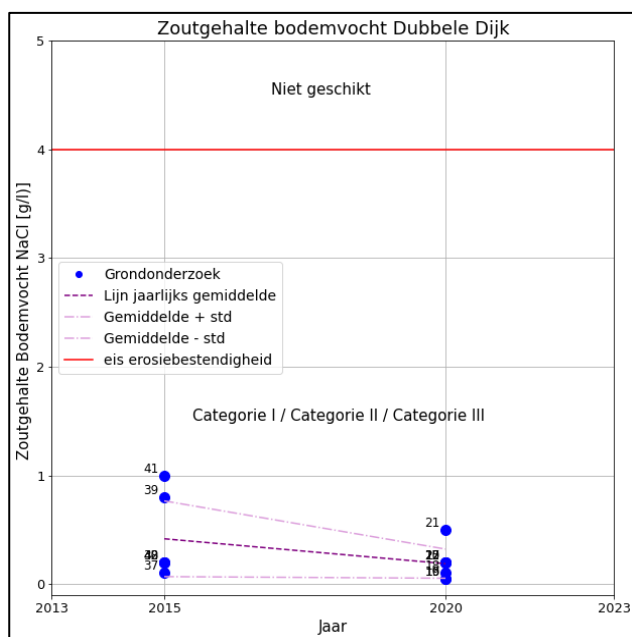
In tabel 4.17 is de beschikbare data van het zoutgehalte gepresenteerd. In tabel 4.18 zijn het gemiddelde en de standaardafwijking gepresenteerd per dataset van het zoutgehalte. De data is gevisualiseerd in figuur 4.9.

tabel 4.17 Beschikbare data zoutgehalte

Nr.	Dataset	Zoutgehalte [g/l]
15	Dubbele Dijk 2020	0,2
16	Dubbele Dijk 2020	<0,1
17	Dubbele Dijk 2020	0,2
18	Dubbele Dijk 2020	0,1
19	Dubbele Dijk 2020	<0,1
20	Dubbele Dijk 2020	0,2
21	Dubbele Dijk 2020	0,5
22	Dubbele Dijk 2020	0,2
37	Tussengebied 2015	0,1
38	Tussengebied 2015	0,2
39	Tussengebied 2015	0,8
40	Tussengebied 2015	0,2
41	Tussengebied 2015	1
42	Tussengebied 2015	0,2

tabel 4.18 Gemiddelde en standaardafwijking zoutgehalte

Dataset	Aantal proeven	Gemiddelde	Standaardafwijking
Dubbele Dijk 2020	8	0,2	0,1
Tussengebied 2015	6	0,4	0,4



figuur 4.9 Zoutgehalte

In figuur 4.9 is de verandering van het zoutgehalte in de tijd voor de Dubbele Dijk gepresenteerd. Uit de data lijkt een beperkte afname van het zoutgehalte te hebben plaatsgevonden. De afname van het gemiddelde is echter dermate klein ten opzichte van de statistische onzekerheden dat geen conclusies zijn getrokken.

### 4.2.3 Zandgehalte

In tabel 4.19 is de beschikbare data van het zandgehalte gepresenteerd. In tabel 4.20 zijn het gemiddelde en de standaardafwijking gepresenteerd per dataset van het zandgehalte. De data is gevisualiseerd in figuur 4.10.

tabel 4.19 Beschikbare data zandgehalte

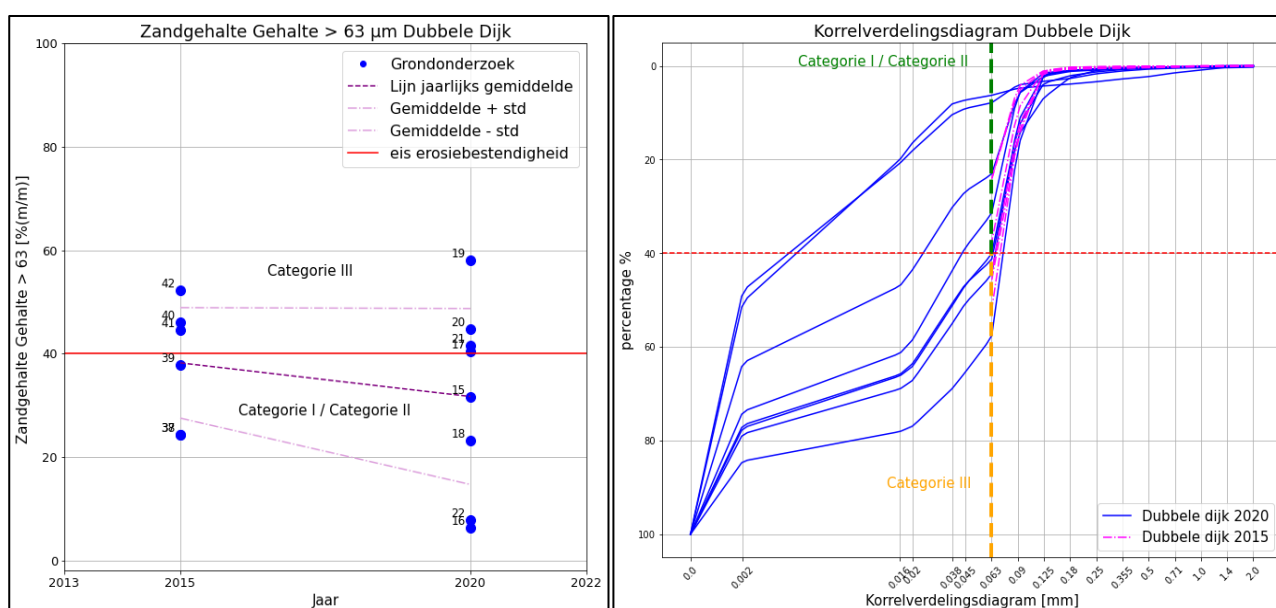
Nr.	Dataset	Zandgehalte [%]
15	Dubbele Dijk 2020	31,6
16	Dubbele Dijk 2020	6,3
17	Dubbele Dijk 2020	40,4
18	Dubbele Dijk 2020	23,2
19	Dubbele Dijk 2020	58,0
20	Dubbele Dijk 2020	44,7
21	Dubbele Dijk 2020	41,5
22	Dubbele Dijk 2020	7,9
37	Tussengebied 2015	24,3
38	Tussengebied 2015	24,3
39	Tussengebied 2015	37,8
40	Tussengebied 2015	46,0



Nr.	Dataset	Zandgehalte [%]
41	Tussengebied 2015	44,5
42	Tussengebied 2015	52,3

tabel 4.20 Gemiddelde en standaardafwijking zandgehalte

Dataset	Aantal proeven	Gemiddelde	Standaardafwijking
Dubbele Dijk 2020	8	31,7	18,2
Dubbele Dijk 2015	6	38,2	11,7



figuur 4.10 Zandgehalte

In figuur 4.10 is de verandering van het zandgehalte in de tijd voor de Dubbele Dijk gepresenteerd. Uit de data lijkt een beperkte afname van het zandgehalte te hebben plaatsgevonden. De afname van het gemiddelde is echter dermate klein ten opzichte van de statistische onzekerheden dat geen conclusies zijn getrokken.

#### 4.2.4 Organische stofgehalte

In tabel 4.21 is de beschikbare data van het organische stofgehalte gepresenteerd. In tabel 4.22 zijn het gemiddelde en de standaardafwijking gepresenteerd per dataset van het organische stofgehalte. De data is gevisualiseerd in figuur 4.11.

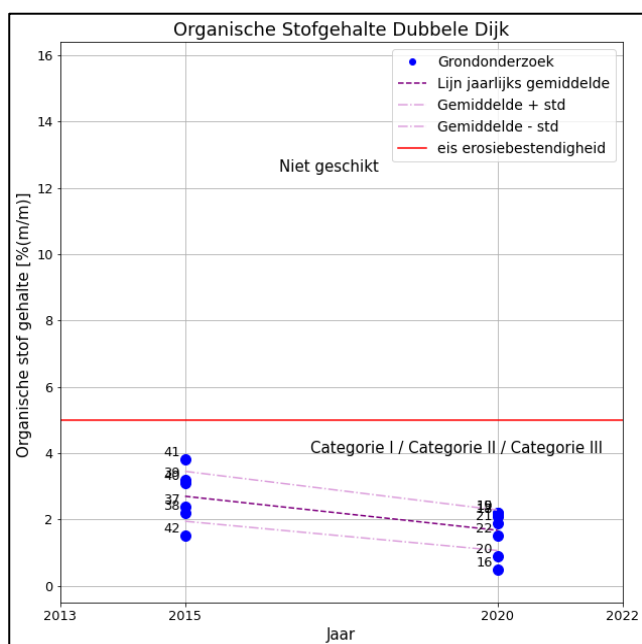
tabel 4.21 Beschikbare data organische stofgehalte

Nr.	Dataset	Organische stofgehalte [%]
15	Dubbele Dijk 2020	2,2
16	Dubbele Dijk 2020	0,5
17	Dubbele Dijk 2020	2,1
18	Dubbele Dijk 2020	2,1
19	Dubbele Dijk 2020	2,2
20	Dubbele Dijk 2020	0,9
21	Dubbele Dijk 2020	1,9

Nr.	Dataset	Organische stofgehalte
		[%]
22	Dubbele Dijk 2020	1,5
37	Tussengebied 2015	2,4
38	Tussengebied 2015	2,2
39	Tussengebied 2015	3,2
40	Tussengebied 2015	3,1
41	Tussengebied 2015	3,8
42	Tussengebied 2015	1,5

tabel 4.22 Gemiddelde en standaardafwijking organische stofgehalte

Dataset	Aantal proeven	Gemiddelde	Standaardafwijking
Dubbele Dijk 2020	8	1,7	0,7
Tussengebied 2015	6	2,7	0,8



figuur 4.11 Organische stofgehalte

In figuur 4.11 is de verandering van het organische stofgehalte in de tijd voor de Dubbele Dijk gepresenteerd. Uit de data lijkt een beperkte afname van het organische stofgehalte te hebben plaatsgevonden. De afname van het gemiddelde is echter dermate klein ten opzichte van de statistische onzekerheden dat geen conclusies zijn getrokken.

## 4.2.5 Kalkgehalte

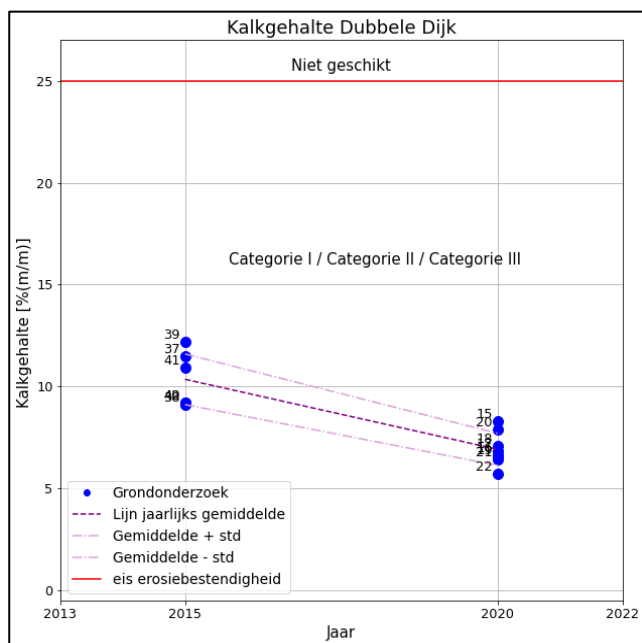
In tabel 4.23 is de beschikbare data van het kalkgehalte gepresenteerd. In tabel 4.24 zijn het gemiddelde en de standaardafwijking gepresenteerd per dataset van het kalkgehalte. De data is gevisualiseerd in figuur 4.12.

tabel 4.23 Beschikbare data kalkgehalte

Nr.	Dataset	Kalkgehalte [%]
15	Dubbele Dijk 2020	8,3
16	Dubbele Dijk 2020	6,6
17	Dubbele Dijk 2020	6,8
18	Dubbele Dijk 2020	7,1
19	Dubbele Dijk 2020	6,5
20	Dubbele Dijk 2020	7,9
21	Dubbele Dijk 2020	6,4
22	Dubbele Dijk 2020	5,7
37	Tussengebied 2015	11,5
38	Tussengebied 2015	9,1
39	Tussengebied 2015	12,2
40	Tussengebied 2015	9,2
41	Tussengebied 2015	10,9
42	Tussengebied 2015	9,2

tabel 4.24 Gemiddelde en standaardafwijking kalkgehalte

Dataset	Aantal proeven	Gemiddelde	Standaardafwijking
Dubbele Dijk 2020	8	6,9	0,8
Tussengebied 2015	6	10,4	1,4



figuur 4.12 Kalkgehalte

In figuur 4.12 is de verandering van het kalkgehalte in de tijd voor de Dubbele Dijk gepresenteerd. Uit de data lijkt een beperkte afname van het kalkgehalte te hebben plaatsgevonden. De afname van het gemiddelde is echter dermate klein ten opzichte van de statistische onzekerheden dat geen conclusies zijn getrokken.

## 5 ERVARINGEN VANUIT BEHEER

Naast het geotechnische laboratoriumonderzoek is de ervaring van Waterschap Hunze en Aa's met het beheer en onderhoud van de kleilaag op de zeedijk vanaf moment van aanleg tot heden geïnventariseerd door middel van een interview. Dit interview heeft plaatsgevonden op 23 september 2020 waarbij Jan Wezeman, Henk Bakker, en Henk van Norel aanwezig waren. Op basis van de informatie van dit interview is gezamenlijk getracht een link te leggen tussen de ervaring vanuit beheer en de gemeten geotechnische parameters. De relevante informatie uit het interview is samengevat in dit hoofdstuk. Daarnaast is gebruik gemaakt van informatie uit een aantal brieven uit 1992 en 1993 [Ref. 9] omtrent de scheurvorming en genomen maatregelen om de scheurvorming te herstellen.

### 5.1 Achtergrond

De zeedijk is in de periode van 1976 tot 1989 verbeterd in het kader van de verzwaring van de zeedijk naar deltahoogte. De oude kleidijk is half afgegraven en deze klei is binnendijks in een depot geplaatst. Daarna is buitendijks een cunet gegraven en is met de vrijgekomen kwelderklei een perskade aangelegd op de kwelder. Vervolgens is het zandlichaam van de dijk opgespoten tussen de oude kleidijk en de perskade en vervolgens geprofileerd. De klei uit de oude dijk is daarna vanuit het binnendijkse depot op het binnentalud aangebracht en de kwelderklei uit de perskade is op het buitentalud aangebracht. Klei is naar zeggen waarschijnlijk tamelijke nat aangebracht. Er is geen onderzoek beschikbaar van de klei voorafgaande aan de versterking, gedurende de uitvoering of bij oplevering.

Sinds aanleg van de dijk komt scheurvorming voor. Twee soorten scheurvorming zijn geconstateerd, namelijk stervormige scheurvorming en langsscheuren. De oorzaak van de scheurvorming is toentertijd niet eenduidig achterhaald en vastgelegd en is beschreven als een combinatie van verschillende oorzaken, te weten: verschilzettingen, te nat aanbrengen, krimp/kruip, rijpingsproces, hoog organische stofgehalte. Hierbij de stervormige scheurvorming gerelateerd aan te nat aanbrengen, krimp/kruip, rijpingsproces en een hoog organische stofgehalte. De langsscheuren zijn gerelateerd aan de zettingsverschillen. De dijkverbetering is richting de kwelder uitgevoerd. Echter waar de overgang naar de oude kleidijk is, zijn in het verleden grote langsscheuren geconstateerd. Dit is zeer waarschijnlijk veroorzaakt doordat grotere zettingen zijn opgetreden op het gedeelte van de dijk de kwelder dan op het gedeelte waar de oude zeedijk aanwezig is.

### 5.2 Beheer en onderhoud

In de periode na uitvoering van de dijkverbetering zijn veel scheuren in de kleibekleding geconstateerd. Om dit te herstellen is na aanleg intensief beheer en onderhoud uitgevoerd aan de kleibekleding. Het beheer en onderhoud heeft sinds aanleg hoofdzakelijk bestaan uit het bekleien van de zeedijk. Het bekleien is het verspreiden van klei over de dijk door middel van een mestverspreider. Hierdoor ontstaat een dunne laag van fijne, brokkelige klei. De klei wordt vervolgens met een slede in de scheuren geschoven waardoor de scheuren gevuld raken met klei. Naast het bekleien is de kleibekleding in het verleden eveneens hersteld door middel van frezen en opnieuw inzaaien van de toplaag of het handmatig vullen van grote scheuren. Echter beide maatregelen zijn lokaal en in minder mate toegepast dan het bekleien.

De intensiteit van het beheer en onderhoud is sinds de aanleg van de dijkverbetering op te delen in drie periode. In de eerste periode na uitvoering (circa tot 1993) heeft heel veel scheurvorming plaatsgevonden en is er heel intensief beheer en onderhoud uitgevoerd om de scheuren te herstellen. In de periode daarna (circa tot 2000) is de scheurvorming en de grote van de scheuren iets afgenomen en daarmee ook de inspanning om de scheuren te herstellen. Na 2000 tot en met heden is een minder of meer een stabiele situatie ontstaan waarbij er een continue beeld is van beperkte, seizoensgebonden scheurvorming. De scheuren ontstaan in droge periodes en sluiten zichzelf in natte periodes. Het bekleien vind in deze periode

nog steeds plaats maar is meer van cosmetische aard en ter voorkoming van graverijen in de scheurvorming. De benoemde periodes zijn in tabel 5.1 gepresenteerd.

tabel 5.1 Tijdlĳn beheer en onderhoud zeedĳk

Periode	Toelĳchtĳng
1976 - 1989	Aanleg/uitvoering dijkverbetering
1989 - 1993	Zeer veel scheurvorming Zeer intensief beheer en onderhoud
1993 - 2000	Veel scheurvorming Intensief beheer en onderhoud
2000 - heden	Minder scheurvorming, continue seizoensafhankelijke scheurvorming Beheer en onderhoud meer van cosmetische aard

In 2018 is de depotdĳk aangelegd. De depotdĳk is opgebouwd uit dezelfde kwelderklei welke is toegepast bij de vorige dijkverbetering voor de aanleg van een perskade. De klei vanuit de perskade is vervolgens op het buitentalud toegepast als kleibekleding. De afgelopen twee jaar zijn de ervaringen goed met de depotdĳk; de depotdĳk vertoont nauwelĳks scheurvorming.

Een verschil met de zeedĳk is dat de kwelderklei in de depotdĳk eerst in depot is opgeslagen en daar heeft kunnen drogen en rijpen waarna de depotdĳk is opgebouwd met de kwelderklei vanuit het depot. De kwelderklei in de vorige dijkversterking is direct gebruikt voor de aanleg van de perskade. De perskade heeft vermoedelijk weinig kunnen drogen omdat hij is gebruikt als barriere voor het opspuiten van zand tussen de perskade en de oude zeedĳk. De (te) natte kwelderklei vanuit de perskade is vervolgens op het buitentalud aangebracht. Het vermoeden is dat door de kwelderklei in het depot te laten drogen een vochtgehalte is ontstaan waarbij bij aanbrengen van de klei in de depotdĳk een veel betere verdichting is behaald dan bij de (te) natte kwelderklei op het buitentalud in de dijkverbetering in de jaren 80. De depotdĳk is afgelopen twee jaar belast tijdens een storm. Daarbij is enkel wat oppervlakkige erosie opgetreden. Het materiaal wat met de kraan is aangebracht om het talud te profileren is hierbij geërodeerd. De goed verdichte lagen zijn netjes blijven liggen en zijn door de oppervlakkige erosie weer zichtbaar geworden. Dit doet vermoeden dat met name de goede verdichting heeft gezorgd voor de erosiebestendigheid.

Een ander verschil is dat de depotdĳk volledige uit kwelderklei is opgebouwd terwijl de zeedĳk een kleilaag van kwelderklei heeft welke is gelegen op een zandkern. Waarbij ook de ervaring is dat de kleilaag lang niet overal een dikte van 1 m heeft. De ervaring vanuit beheer met andere in het gebied aanwezige dijken is dat dijken met een kleilaag op een kleikern veel minder gevoelig zijn voor scheurenvorming dan dijken met een kleilaag op een zandkern. In het verleden zijn bij de zeedĳk ook grote langsscheuren geconstateerd welke vermoedelijk zijn veroorzaakt door zettingsverschillen. De depotdĳk is volledig op de kwelder aangebracht daardoor zijn de verschilzettingen ook veel minder aanwezig en dragen daarmee ten opzichte van de zeedĳk dus ook niet bij aan de scheurvorming.

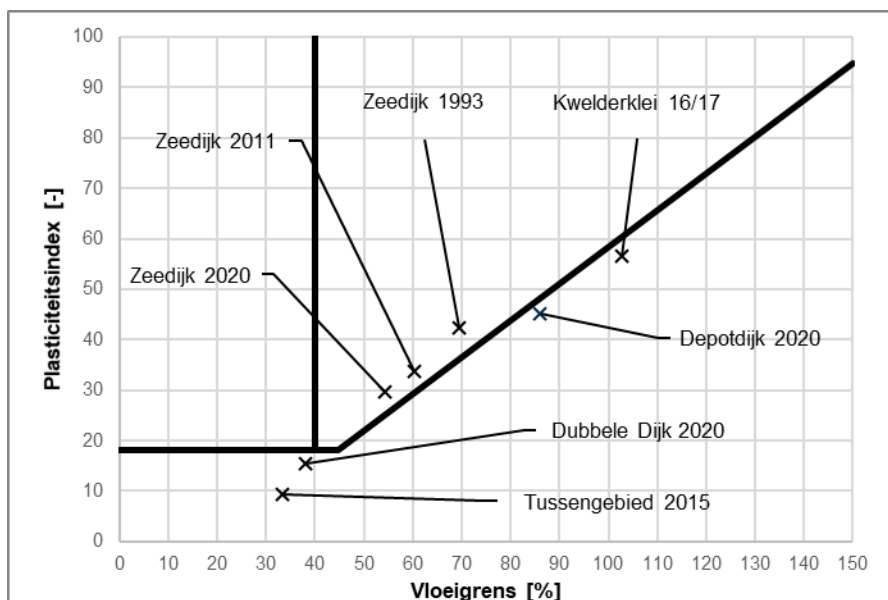
De ervaringen vanuit beheer en onderhoud zijn in het interview gespiegeld aan de ontwikkelingen van de parameters zoals gepresenteerd in hoofdstuk 4. Zowel de samenstelling (zoutgehalte, zandgehalte, organische stofgehalte en kalkgehalte) als de plasticiteit (uitrolgrens, vloeigrens) van de kwelderklei toegepast in de depotdĳk als de zeedĳk veranderen voor bepaalde parameters in de tijd. Echter een directe relatie met de scheurvorming op de zeedĳk wordt niet gelegd. Het vermoeden is dat de scheurvorming destĳds hoofdzakelijk ontstaan is door zettingsverschillen en rijping van de kwelderklei. Dit wordt ondersteunt door de ervaringsverschillen tussen de zeedĳk (veel scheurvorming) en depotdĳk (nauwelĳks scheurvorming).

## 6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In dit rapport is de analyse naar de verandering in de tijd van de eigenschappen van de Brede Groene Dijk en de Dubbele Dijk uitgewerkt. Bij de eigenschappen van de grond is daarbij gekeken naar de plasticiteit (Atterbergse grenzen, uitrolgrens, vloeigrens) en de samenstelling (zoutgehalte, zandgehalte, organische stofgehalte, kalkgehalte). In onderstaande paragrafen zijn per eigenschap de conclusies en aanbevelingen beschreven.

### 6.1 Atterbergse grenzen

In figuur 6.1 zijn de gemiddelde waarden per dataset van de plasticiteitsindex en de vloeigrens gepresenteerd. Hierin is te zien dat alle drie (Depotdijk, Zeedijk, Dubbele Dijk) een beweging van het gemiddelde van de dataset hebben parallel aan de A-lijn. Bij de Dubbele Dijk is eveneens een beweging van het gemiddelde zichtbaar richting meer erosiebestendig materiaal. Bij de resultaten dient wel de kanttekening te worden geplaatst dat het aantal proeven in de verschillende datasets veelal beperkt is tot zes tot acht stuks. Hierdoor is de onzekerheid bij het gemiddelde relatief groot.



figuur 6.1 Atterbergse grenzen

### 6.2 Zoutgehalte

Bij het zoutgehalte in de klei van de Dubbele Dijk en de Zeedijk van de Brede Groene dijk zijn geen noemenswaardige veranderingen waargenomen. Enkel het toegepaste materiaal afkomstige vanaf de kwelder (kwelderklei) wat in de depotdijk is toegepast laat een verandering van het zoutgehalte in de tijd zien. Deze verandering in de tijd is ook logisch verklaarbaar omdat de kwelderklei in eerste instantie dagelijks door het getij zout werd gehouden door het zeewater. Na verplaatsen naar de depotdijk wordt de klei enkel bij hogere waterstanden nog door het zoute water belast. Het zoutgehalte zal in de toekomst nog verder afnemen. Indien de klei uit de depotdijk wordt toegepast als bekledingsklei op de zeedijk is het aannemelijk dat het zoutgehalte in de tijd verder zal afnemen richting de waarden gemeten in de huidige kleibekleding van de zeedijk. Dit omdat voor de huidige kleibekleding van de zeedijk in het verleden eveneens kwelderklei is toegepast. Indien de klei in de depotdijk blijft liggen is op basis van de metingen niet te voorspellen of het zoutgehalte onder het maximaal toegestane gehalte komt. Aanbevolen wordt om over enkele jaren nogmaals de Depotdijk te beproeven om hier meer inzicht in te verkrijgen. Daarnaast kunnen [rps.nl](https://www.rps.nl)

kleisoorten met een hoger zoutgehalte in bijvoorbeeld de uiteindelijke brede groene dijk bijvoorbeeld ook als kernmateriaal worden toegepast. Hierbij is een hoger zoutgehalte van het kleimateriaal minder relevant omdat uitspoeling van zout en groei van vegetatie hierbij minder of geen rol spelen.

### 6.3 Zandgehalte

Bij het zandgehalte in de klei van de Dubbele Dijk en de Depotdijk van de Brede Groene Dijk zijn geen noemenswaardige veranderingen waargenomen. Enkel het zandgehalte in de Zeedijk van de groene dijk vertoont een lichte stijging van het zandgehalte over de tijd. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door statistische onzekerheid.

### 6.4 Organische stofgehalte

Bij het organische stofgehalte in de klei van de Dubbele Dijk en de Zeedijk van de Brede Groene Dijk zijn beperkte afnames waargenomen. De Depotdijk van de Brede Groene Dijk laat een sterkte afname van het organische stofgehalte zien. Van nature herstelt het organische stofgehalte in de toplaag zich in de loop der tijd naar een evenwichtswaarde van circa 3% a 4%. Dus vermoedelijk zal het organische stofgehalte in de depotdijk in de loop der tijd onder het vereiste gehalte komen. Aanbevolen wordt om over enkele jaren nogmaals de Depotdijk te beproeven om hier meer inzicht te verkrijgen in het verloop over de tijd.

### 6.5 Kalkgehalte

Het kalkgehalte in de klei van de Zeedijk van de Brede Groene Dijk is enkel in één dataset gemeten dus daarmee is geen tijdsaspect te achterhalen. De Dubbele Dijk en de Depotdijk van de Brede Groene dijk laten beide een beperkte afname van het kalkgehalte over de tijd zien. Opgemerkt wordt dat alle individuele proefresultaten voldoen aan de gestelde eis voor het kalkgehalte. Daarmee zijn de ontwikkelingen in de tijd voor deze eigenschap minder relevant.

### 6.6 Ervaringen vanuit beheer

De ervaringen vanuit Waterschap Hunze en Aa's met het beheer en onderhoud van de zeedijk en de depotdijk zijn gespiegeld met de gemeten ontwikkelingen van de plasticiteit (Atterbergse grenzen, uitrolgrens, vloeigrens) en de samenstelling (zoutgehalte, zandgehalte, organische stofgehalte, kalkgehalte). Daarbij is zijn geen directe relaties gelegd tussen de ontwikkeling van de scheurvorming en de verandering van bepaalde eigenschappen in de tijd. De scheurvorming in de zeedijk in de jaren 90 wordt hoofdzakelijk gekoppeld aan het optreden van verschillenzettingen en het rijpen van de klei. Wel zijn belangrijke ervaringen opgedaan met de erosiebestendigheid van de Depotdijk. De depotdijk is afgelopen twee jaar belast tijdens een storm. Daarbij is enkel wat oppervlakkige erosie opgetreden. Het materiaal wat met de kraan is aangebracht om het talud te profileren is hierbij geërodeerd. De goed verdichte lagen zijn netjes blijven liggen en zijn door de oppervlakkige erosie weer zichtbaar geworden. Dit doet vermoeden dat met name de goede verdichting heeft gezorgd voor een goede erosiebestendigheid. Aanbevolen wordt nader onderzoek te doen naar de verdichting van de depotdijk om deze ervaring te onderbouwen met onderzoek en zodoende beter inzicht te krijgen in de erosiebestendigheid van de depotdijk.

### 6.7 Eindconclusie

De opgedane inzichten op basis van de in dit rapport uitgevoerde analyses zijn een bouwsteen om in de toekomst meer grip te krijgen op de erosiebestendigheid van grond. Om uiteindelijk wat over de erosiebestendigheid te kunnen zeggen is eveneens inzicht benodigd in de dichtheid en de ontwikkeling hiervan in de tijd.

## 7 REFERENTIES

- [Ref. 1] Geotechnisch onderzoek, Dijkversterking met Gebiedseigen Grond te Delfzijl, VN-76676-1 R71366, 28 juli 2020, Wiertsema & Partners
- [Ref. 2] Geotechnisch laboratoriumonderzoek, Cultuurtechnisch en geotechnisch onderzoek Klutenplas te Finsterwolde, VN-67559-1 R48273, 2 maart 2017, Wiertsema & Partners
- [Ref. 3] Onderzoek kwelderklei, Onderzoek naar de samenstelling van klei in kwelders te Nieuwe Statenzijl en de mogelijkheden voor de toepassing in een dijk, VN-63304-1 R40352, 4 januari 2016, Wiertsema en Partners.
- [Ref. 4] Rapport verkennend waterbodemonderzoek, Waterbodemonderzoek ter plaatse van de Klutenplas, SWNL022182, 21 februari 2018, Sweco Nederland B.V.
- [Ref. 5] Geotechnisch onderzoek, Pilot Project Kleirijperij te Delfzijl, VN-69228-1, 13 oktober 2017, Wiertsema en Partners.
- [Ref. 6] Resultaten geotechnisch laboratoriumonderzoek Zeedijk Dollard, CO-342570/7, 3 december 1993, Grondmechanica Delft.
- [Ref. 7] Resultaten grondonderzoek en laboratoriumonderzoek, VN-52014-2 R12492, 26 mei 2011, Wiertsema en Partners.
- [Ref. 8] Geotechnisch laboratoriumonderzoek, Dubbele dijk te Hoogwatum, VN-64030-2 R40231, 16 december 2015, Wiertsema en Partners.
- [Ref. 9] Pdf met een verzameling gescande brieven uit 1992 en 1993 omtrent scheurvorming in de zeedijk, *IN2020\_E7092753F197421A8EE348EBE9D138E7.pdf*, Waterschap Hunze en Aa's.
- [Ref. 10] Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 27 december 2016.
- [Ref. 11] Technisch Rapport Klei voor Dijken, TAW, mei 1996
- [Ref. 12] Schematiseringshandleiding grasbekleding, WBI 2017, 28 november 2019, Rijkswaterstaat
- [Ref. 13] Vier quick wins grond en klei, Optimalisaties voor dijkversterkingen, 17 april 2018, Rijkswaterstaat



## **Bijlage**

### 1. Totaaloverzicht beschikbaar onderzoek

Nr.	Bron	jaar	Locatie	Dataset	Coördinaten (RD)		Diepte (NAP+m)		Diepte (mv+m)		Class.	Watergehalte		Vloei grens	Uitrolgrens	Plasticiteitsindex	onsistentieindex	Zoutgehalte	Zandgehalte	Lutumgehalte	g. Stofgeha		Kalkgehalte
					X	Y	van	tot	van	tot		%	%								%	%	
1	[Ref.1]	2020	Zeedijk	Zeedijk 2020	273639	584690	7,30	6,80	0,00	1,00	Kz2	9,4	30,7	15,9	14,8	-	-	1,44	0,1	71,5	15,4	3,0	6,4
2	[Ref.1]	2020	Zeedijk	Zeedijk 2020	272102	584754	7,56	7,06	0,00	1,00	Ks4	26,1	69,1	35,9	33,2	1,29	0,2	45,8	20,4	3,1	11,2		
3	[Ref.1]	2020	Zeedijk	Zeedijk 2020	271562	584971	7,03	6,53	0,00	1,00	Ks3g1	20,1	48,4	21,6	26,7	1,06	0,1	34,0	34,0	2,0	10,4		
4	[Ref.1]	2020	Zeedijk	Zeedijk 2020	270545	585449	7,39	6,89	0,00	1,00	Ks1	26,0	68,0	29,9	38,1	1,10	0,1	7,6	51,2	3,7	8,1		
5	[Ref.1]	2020	Depotdijk	Depotdijk 2020	270642	585553	4,00	3,50	0,00	1,00	Ks1	48,3	89,7	46,2	43,5	0,95	18,1	4,2	50,7	11,4	14,1		
6	[Ref.1]	2020	Depotdijk	Depotdijk 2020	270506	585616	4,12	3,62	0,00	1,00	Ks1	53,7	89,6	44,7	44,9	0,80	34,2	5,8	50,3	9,1	12,6		
7	[Ref.1]	2020	Depotdijk	Depotdijk 2020	270403	585661	3,57	3,07	0,00	1,00	Ks2	50,2	84,9	34,1	50,8	0,68	18,3	8,6	47,9	6,0	12,6		
8	[Ref.1]	2020	Depotdijk	Depotdijk 2020	270302	585710	4,13	3,63	0,00	1,00	Ks2	44,9	83,0	43,3	39,8	0,96	23,2	8,7	47,5	7,2	9,7		
9	[Ref.1]	2020	Depotdijk	Depotdijk 2020	270198	585757	3,40	2,90	0,00	1,00	Ks2	48,7	85,5	37,2	48,3	0,76	20,4	8,9	49,1	7,4	22,9		
10	[Ref.1]	2020	Depotdijk	Depotdijk 2020	270100	585808	4,38	3,88	0,00	1,00	Ks2	45,5	85,6	44,6	40,9	0,98	10,0	9,2	45,4	6,8	15,9		
11	[Ref.1]	2020	Depotdijk	Depotdijk 2020	269962	585868	4,35	3,85	0,00	1,00	Ks2	49,2	85,3	37,5	47,8	0,76	6,2	5,3	48,4	7,2	12,8		
12	[Ref.1]	2020	Depotdijk	n.v.t.	269919	585796	4,29	3,79	0,00	1,00	Kz2	20,9	26,5	21,2	5,4	1,05	20,3	61,0	15,7	6,4	12,9		
13	[Ref.1]	2020	Zeedijk	Zeedijk 2020	269587	585895	6,77	6,27	0,00	1,00	Ks1	29,8	69,2	28,0	41,2	0,96	0,1	7,7	50,2	2,9	13,1		
14	[Ref.1]	2020	Zeedijk	Zeedijk 2020	268227	586722	6,12	5,62	0,00	1,00	Ks3	17,1	40,9	17,2	23,7	1,00	0,1	36,6	34,7	2,3	8,4		
23	[Ref.2]	2017	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17					0,00	0,50	Ks1h3	71,0	102,0	36,9	65,1	0,48	31,6	6,2	50,1	8,5	16,3		
24	[Ref.2]	2017	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17					0,40	1,00	Ks1h3	98,5	139,4	47,8	91,6	0,45		4,9	54,0	10,0	16,2		
25	[Ref.3]	2016	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17	270173	585930			0,00	-0,50	Ks2h3	61,6	85,2	42,8	42,4	0,56	30,2	9,2	40,5	16,0	21,0		
26	[Ref.3]	2016	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17	270315	586132			-0,40	-1,00	Ks2h2	74,2	105,2	43,6	61,6	0,50	23,3	5,9	38,4	10,6	20,8		
27	[Ref.3]	2016	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17	270524	586002			-0,40	-1,00	Ks2h3	65,6	95,0	43,5	51,4	0,57	30,2	5,8	40,4	12,4	21,7		
28	[Ref.3]	2016	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17	270491	585728			0,00	-0,60	Ks3h3	60,9	88,9	41,1	47,8	0,58	33,7	8,8	34,4	13,9	22,0		
29	[Ref.3]	2016	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17	270550	585657			-0,80	-1,20	Ks2h3	80,7	93,5	49,8	43,7	0,29	36,1	6,7		14,6	21,7		
30	[Ref.4]	2018	Kwelderlei	n.v.t.					0,00	0,60									41,7	7,1			
31	[Ref.4]	2018	Kwelderlei	n.v.t.					0,00	0,60									32,2	7,1			
32	[Ref.4]	2018	Kwelderlei	n.v.t.					0,00	0,50									2,3	10,2			
33	[Ref.4]	2018	Kwelderlei	n.v.t.					0,00	0,50									34,5	8,0			
34	[Ref.4]	2018	Kwelderlei	n.v.t.					0,00	0,60									33,3	7,5			
35	[Ref.4]	2018	Kwelderlei	n.v.t.					0,50	1,00									35,3	6,4			
36	[Ref.4]	2018	Kwelderlei	n.v.t.					0,50	1,00									31,8	8,5			
99	[Ref.4]	2018	Kwelderlei	n.v.t.					0,00	0,50									32,4	n.v.t.			
100	[Ref.4]	2018	Kwelderlei	n.v.t.					0,00	0,50									20,8	8,5			
101	[Ref.4]	2018	Kwelderlei	n.v.t.					0,50	1,00									36,2	8,8			
43	[Ref.5]	2017	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17	269764	585972	2,02	1,70	0,32	2,02		55,1	113,6	50,9	62,7	0,90							
44	[Ref.5]	2017	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17	269942	585888	0,92	0,54	1,00	1,38		103,0	132,7	47,0	85,6	0,30							
45	[Ref.5]	2017	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17	270120	585804	1,96	1,66	0,00	0,30		62,5	98,5	40,6	58,0	0,60							
46	[Ref.5]	2017	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17	270300	585720	1,97	1,67	0,00	0,30		82,7	99,1	67,8	31,3	0,50							
47	[Ref.5]	2017	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17	270487	585632	1,89	1,62	0,00	0,27		58,6	88,0	41,9	46,1	0,60							
48	[Ref.5]	2017	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17	270655	585553	1,98	1,71	0,00	0,27		61,4	96,0	46,5	49,4	0,70							
49	[Ref.6]	1993	Zeedijk	Zeedijk 1993	275131	584445			0,40	0,60		40,6	74,7	26,3	48,4		0,1	8,0			3,6		
50	[Ref.6]	1993	Zeedijk	Zeedijk 1993	272800	584713			0,80	1,00		41,8	68,9	23,4	45,5		0,1	7,0			3,8		
51	[Ref.6]	1993	Zeedijk	Zeedijk 1993	270010	585703			0,40	0,60		47,7	78,6	31,2	47,4		0,1	25,0			5,3		
52	[Ref.6]	1993	Zeedijk	Zeedijk 1993	268138	590047			0,80	1,00		55,1	90,0	36,4	53,6		0,1	6,0			5,9		
53	[Ref.6]	1993	Zeedijk	Zeedijk 1993	275131	584445			0,40	0,60		49,5	68,5	27,9	40,6		0,1	10,0			3,9		
54	[Ref.6]	1993	Zeedijk	Zeedijk 1993	272800	584713			0,80	1,00		56,0	81,3	34,1	47,2		0,2	5,0			4,2		
55	[Ref.6]	1993	Zeedijk	Zeedijk 1993	270010	585703			0,40	0,60		30,6	51,2	16,8	34,4		0,1	26,0			2,3		
56	[Ref.6]	1993	Zeedijk	Zeedijk 1993	268138	590047			0,80	1,00		32,7	43,4	21,4	22,0		0,2	10,0			1,8		
57	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	260173	593616	7,53	7,13	0,10	0,50	Ks4	17,4	44,8	19,7	25,1				24,4				
58	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	260602	593522	7,24	6,84	0,10	0,50	Ks4	22,9	40,8	23,2	17,6				20,8				
59	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	262009	592907	5,64	5,24	0,20	0,60	Ks4	26,8	54,7	25,7	29,0				20,0				
60	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	262726	592409	6,86	6,46	0,20	0,60	Ks4	29,2	45,7	22,4	23,3				29,9				
61	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	263655	592068	6,56	6,16	0,20	0,60	Ks3	39,1	70,4	32,3	38,0				11,9				
62	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	264585	591874	6,63	6,23	0,20	0,60	Ks3	24,3	64,8	30,6	34,3				9,8				
63	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	268014	590591	5,46	5,06	0,35	0,75	Kz1	22,8	24,6	19,4	5,1				53,5				
64	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	268148	589982	6,52	6,12	0,35	0,75	Ks4	28,1	40,8	21,2	19,6				42,1				
65	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	267806	589074	5,75	5,45	0,50	0,80	Ks3	40,3	70,0	32,1	37,8				11,5				
66	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	267403	587980	5,87	5,52	0,55	0,90	Ks1	29,8	82,6	39,0	43,6				5,2				
67	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	267902	587097	6,32	5,92	0,60	1,00	Ks1	49,3	95,8	36,2	59,6				4,8				
68	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	268225	586725	5,64	5,33	0,80	1,11	Ks2	86,0	83,9	2,6	81,3				10,0				
69	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	269585	585896	6,83	6,42	0,50	0,91	Ks1	46,9	79,9	34,2	45,7				2,6				
70	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	270543	585450	7,27	6,87	0,40	0,80	Ks2	39,0	67,1	30,2	36,9				8,0				
71	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	271560	584972	6,89	6,49	0,70	1,10	Ks4	23,3	42,5	28,9	13,7				39,8				
72	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	272099	584754	7,35	7,05	0,45	0,75	Ks2	42,0	66,9	14,2	52,7				10,5				
73	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	273641	584690	7,56	7,16	0,00	0,40	Ks2	22,5	60,8	32,2	28,6				7,9				
74	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	273926	584591	7,41	7,01	0,40	0,80	Ks2	33,5	62,6	31,5	31,1				10,6				
75	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	275222	584451	7,45	7,05	0,00	0,40	Ks2	23,0	47,9	26,5	21,4				15,1				
76	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	276460	584405	7,48	7,08	0,50	0,90	Ks1	32,9	60,6	27,9	32,6				4,7				

Nr.	Bron	jaar	Locatie	Dataset	zeefdata																	
					4	2	1,4	1	0,71	0,5	0,355	0,25	0,18	0,125	0,09	0,063	0,045	0,038	0,02	0,016	0,002	0
1	[Ref.1]	2020	Zeedijk	Zeedijk 2020	-	-	0,1	0,2	0,5	1,9	7,6	23,3	42,4	63,3	68,9	71,5	72,4	73	75,6	76,7	84,6	100
2	[Ref.1]	2020	Zeedijk	Zeedijk 2020	-	-	-	0,1	0,1	0,3	0,4	0,5	0,9	3	19,6	45,8	52,6	56,9	68,4	70,3	79,6	100
3	[Ref.1]	2020	Zeedijk	Zeedijk 2020	1,3	1,8	2,2	2,7	3,3	4,3	6,2	10,7	16,3	23,8	28,6	34	36,4	37,9	44,9	47,2	66	100
4	[Ref.1]	2020	Zeedijk	Zeedijk 2020	-	-	0,1	0,2	0,3	0,6	1,1	2,1	3,2	4,5	5,4	7,6	9,1	10,4	17,6	20,6	48,8	100
5	[Ref.1]	2020	Depotdijk	Depotdijk 2020	-	-	0,2	0,5	0,6	1,1	1,4	1,8	2	2,3	2,8	4,2	5,3	6,3	13	16,2	49,3	100
6	[Ref.1]	2020	Depotdijk	Depotdijk 2020	-	-	-	0,6	1	1,4	1,8	2,3	2,5	3	3,6	5,8	6,8	7,9	15,5	18,7	49,7	100
7	[Ref.1]	2020	Depotdijk	Depotdijk 2020	-	-	0,3	0,7	1,3	2,1	2,7	3,4	3,9	4,5	5,5	8,6	9,6	10,8	19,1	22,5	52,1	100
8	[Ref.1]	2020	Depotdijk	Depotdijk 2020	-	-	0,2	0,7	1,4	2,1	2,9	3,8	4,7	5,9	6,9	8,7	9,4	10,2	16,7	19,9	52,5	100
9	[Ref.1]	2020	Depotdijk	Depotdijk 2020	-	-	-	0,8	1,6	2,3	2,9	3,6	4	4,8	5,8	8,9	10,1	11,2	18,5	21,6	50,9	100
10	[Ref.1]	2020	Depotdijk	Depotdijk 2020	-	-	0,2	0,6	1,1	1,6	2	2,5	3	3,6	4,7	9,2	10,6	12,2	21	24,4	54,6	100
11	[Ref.1]	2020	Depotdijk	Depotdijk 2020	-	-	-	0,5	0,8	1,2	1,4	1,7	2,2	2,5	3,2	5,3	6,5	7,5	14,2	17,5	51,6	100
12	[Ref.1]	2020	Depotdijk	n.v.t.	-	-	-	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,9	2,4	23,1	61	66,9	69,8	76,3	77,4	84,3	100
13	[Ref.1]	2020	Zeedijk	Zeedijk 2020	-	-	0,1	0,2	0,4	0,7	1,2	1,9	2,6	3,5	4,7	7,7	9,4	10,8	19	21,9	49,8	100
14	[Ref.1]	2020	Zeedijk	Zeedijk 2020	-	-	-	0,2	0,7	2,1	5,7	13,4	21,4	29,4	32,6	36,6	38,1	39,4	44,7	46,4	65,3	100
23	[Ref.2]	2017	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17	-	-	0,3	0,6	1,2	2	2,6	3,3	3,8	4,3	4,7	6,2	7,8	9,2	17,9	21,6	49,9	100
24	[Ref.2]	2017	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17	-	-	0,1	0,4	0,6	0,9	1,2	1,6	1,9	2,3	2,9	4,9	5,7	6,6	14,5	17	46	100
25	[Ref.3]	2016	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17																		
26	[Ref.3]	2016	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17																		
27	[Ref.3]	2016	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17																		
28	[Ref.3]	2016	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17																		
29	[Ref.3]	2016	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17																		
30	[Ref.4]	2018	Kwelderlei	n.v.t.																		
31	[Ref.4]	2018	Kwelderlei	n.v.t.																		
32	[Ref.4]	2018	Kwelderlei	n.v.t.																		
33	[Ref.4]	2018	Kwelderlei	n.v.t.																		
34	[Ref.4]	2018	Kwelderlei	n.v.t.																		
35	[Ref.4]	2018	Kwelderlei	n.v.t.																		
36	[Ref.4]	2018	Kwelderlei	n.v.t.																		
99	[Ref.4]	2018	Kwelderlei	n.v.t.																		
100	[Ref.4]	2018	Kwelderlei	n.v.t.																		
101	[Ref.4]	2018	Kwelderlei	n.v.t.																		
43	[Ref.5]	2017	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17																		
44	[Ref.5]	2017	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17																		
45	[Ref.5]	2017	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17																		
46	[Ref.5]	2017	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17																		
47	[Ref.5]	2017	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17																		
48	[Ref.5]	2017	Kwelderlei	Kwelderlei 16/17																		
49	[Ref.6]	1993	Zeedijk	Zeedijk 1993																		
50	[Ref.6]	1993	Zeedijk	Zeedijk 1993																		
51	[Ref.6]	1993	Zeedijk	Zeedijk 1993																		
52	[Ref.6]	1993	Zeedijk	Zeedijk 1993																		
53	[Ref.6]	1993	Zeedijk	Zeedijk 1993																		
54	[Ref.6]	1993	Zeedijk	Zeedijk 1993																		
55	[Ref.6]	1993	Zeedijk	Zeedijk 1993																		
56	[Ref.6]	1993	Zeedijk	Zeedijk 1993																		
57	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	-	-	0,5	1,4	2,4	3,5	4,3	5,2	6,5	10,2	14,1	24,4	-	-	-	-	-	100
58	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	-	-	0,7	1,7	3,1	5,4	7,2	8,6	9,6	10,6	12,7	20,8	-	-	-	-	-	100
59	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	-	-	0,1	0,2	0,5	0,9	1,5	2,9	5,9	10,3	13	20	-	-	-	-	-	100
60	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	-	-	0,1	0,3	0,5	1,1	2,4	6,1	13,9	20,8	26,3	29,9	-	-	-	-	-	100
61	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	-	-	0,2	0,6	1	1,5	2	2,9	3,9	5,2	6,8	11,9	-	-	-	-	-	100
62	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	-	-	0,1	0,2	0,3	0,6	0,9	1,6	2,6	3,6	5,3	9,8	-	-	-	-	-	100
63	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	-	-	1,8	4	7,2	11,4	16,2	23	30,2	40,2	47,2	53,5	-	-	-	-	-	100
64	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	-	-	0,7	1,4	2,5	4,1	6,1	8,8	11,9	17,7	27,3	42,1	-	-	-	-	-	100
65	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	-	-	0	0,1	0,3	0,6	1,2	2,2	3,5	6,1	9	11,5	-	-	-	-	-	100
66	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	-	-	0	0,2	0,4	0,7	1,1	1,7	2,2	2,9	3,7	5,2	-	-	-	-	-	100
67	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	-	-	0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,9	1,2	1,7	2,3	4,8	-	-	-	-	-	100
68	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	-	-	0	0,1	0,3	0,5	0,9	1,4	2	3	5,1	10	-	-	-	-	-	100
69	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	-	-	0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,9	1,2	1,6	2	2,6	-	-	-	-	-	100
70	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	-	-	0	0,1	0,2	0,5	0,9	1,5	2,1	2,9	3,7	8	-	-	-	-	-	100
71	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	-	-	0,7	1,1	1,6	2,6	4,6	10,1	18,1	27,5	34,4	39,8	-	-	-	-	-	100
72	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	-	-	0	0,1	0,2	0,6	1,3	3,1	5	6,6	7,6	10,5	-	-	-	-	-	100
73	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	-	-	0	0,1	0,2	0,5	0,9	2	3,5	4,8	5,5	7,9	-	-	-	-	-	100
74	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	-	-	0,1	0,2	0,4	0,6	1,4	3,1	4,8	6,3	7,3	10,6	-	-	-	-	-	100
75	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	-	-	0,1	0,3	0,5	0,9	1,8	3,7	6,1	8,3	10,3	15,1	-	-	-	-	-	100
76	[Ref.7]	2011	Zeedijk	Zeedijk 2011	-	-	0	0	0,1	0,2	0,4	0,7	1	1,4	1,9	4,7	-	-	-	-	-	100

## **Bijlage**

2. In het kader van deze rapportage uitgevoerd veld- en labonderzoek