



De invloed van vegetatie op de verdroging van kleikades

F.F. van der Zee en J.Y. Frissel



ALTERRA
WAGENINGEN UR

De invloed van vegetatie op de verdroging van kleikades

F.F. van der Zee en J.Y. Frissel

Alterra, Wageningen

Dit onderzoek is uitgevoerd door Alterra Wageningen UR in opdracht van en gefinancierd door het Hoogheemraadschap van Delfland, in het kader van het onderzoeksprogramma "Gedrag van verdroogde kades", GVK2.

Alterra Wageningen UR
Wageningen, december 2014

Alterra-rapport 2590
ISSN 1566-7197

Zee, F.F. van der, en J.Y. Frissel. 2014. *De invloed van vegetatie op de verdroging van kleikades*. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2590. 52 blz.; 13 fig.; 10 tab.; 42 ref.

Dit rapport is gereviewd door Dr ir L. Mommer (WUR, Departement Omgevingswetenschappen) en ir J.J.H. van den Akker (Alterra).

Trefwoorden: vegetatie, verdroging, klei op veen.

Dit rapport is gratis te downloaden van www.wageningenUR.nl/alterra (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2014 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E info.alterra@wur.nl, www.wageningenUR.nl/alterra. Alterra is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2590 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Woudsepolder, F.F. van der Zee

Inhoud

	Woord vooraf	5
1	Inleiding	7
	1.1 Onderzoeksvragen	7
	1.2 Werkzaamheden	7
	1.3 Workshop	9
	1.4 Onderzoek naar vegetatie en doorworteling van 10 locaties.	9
	1.5 Interviews	10
	1.6 Literatuuronderzoek	11
2	Resultaten	12
	2.1 Vegetatie en doorworteling	12
	2.1.1 Onderzoeklocaties	12
	2.1.2 Vegetatie	17
	2.1.3 Doorworteling:	20
	2.1.4 Bodemgegevens (textuur)	24
	2.2 Interviews	25
	2.3 Literatuuronderzoek	27
	2.3.1 Probleemsoorten	27
	2.3.2 Vegetatie en beheer van waterkeringen.	31
	2.3.3 Invloed van vegetatie op doorworteling en uitdroging van grond	32
	2.3.4 Doorworteling van individuele soorten,	33
3	Conclusies en aanbevelingen	34
	Literatuur	37
	Bijlage 1 Expertworkshop 28 augustus 2014, Delft	39
	Bijlage 2 Dijkgraslandtypen VTV	42
	Bijlage 3 Overzicht van soorten die indicatief zijn voor bepaalde erosiebestendige eigenschappen	44
	Bijlage 4 Ligging onderzoeklocaties	45

Woord vooraf

Het Hoogheemraadschap van Delfland beheert ongeveer 400 km regionale kering, waarvan een groot deel kleikades op veen. In droge periodes ontstaan in deze kades veel droogtescheuren, die mogelijk een probleem opleveren voor de stabiliteit of het waterkerend vermogen van de dijken. In 2003 braken bij Wilnis en Terbregge de (veen)dijken door als gevolg van extreme droogte. Sinds die tijd is veel zorg en aandacht besteed aan deze nieuwe vorm van bezwijkende dijken. Naast de grondsoort (klei, veen) als belangrijkste factor is ook de vegetatie mogelijk van invloed op het ontstaan van scheuren in de kade. Dit onderzoek is een eerste aanzet om meer inzicht te krijgen op in de invloed van vegetatie, beheer en de aanwezigheid van bomen op scheurvorming in kades. Op basis van een kleine steekproef in het beheergebied van Delfland (10 locaties), literatuuronderzoek en interviews met dijkbeheerders en inspecteurs zijn voorzichtige conclusies getrokken:

- Locaties met scheuren hebben vaker een hooibeheer, locaties zonder scheuren worden vaker beweid of kennen een gazonbeheer.
- Hooibeheer lijkt voor meer uitdroging te zorgen dan beweiden (grotere verdamping).
- Locaties met scheuren hebben bodems met een lager % zand dan locaties zonder scheuren. In het algemeen: hoe meer lutum en organische stof, hoe meer krimp. Op kades waar erosiebestendigheid minder speelt, kan overwogen worden om klei met een hoger percentage zand (klasse 2 of 3 klei) te gebruiken om de kans op scheurvorming te verkleinen.
- Veel locaties zijn oppervlakkig beworteld, vanuit erosiebestendigheid matig tot slecht. Bij de onderzochte regionale kades speelt erosiebestendigheid echter geen grote rol omdat deze zijn ontworpen op basis van een laag overslagdebiet.
- Locaties met bomen hebben aantoonbaar meer wortels in de diepere bodemlagen. Dit kan voor meer verdamping zorgen en scheurvorming bevorderen.
- Locaties die beweid worden, hebben in dit onderzoek een grotere soortenrijkdom aan planten dan gemaaide percelen. Mogelijk wordt op hooidijken te lang gewacht met de eerste maaibeurt.

1 Inleiding

Het Hoogheemraadschap van Delfland beheert ongeveer 400 km regionale kering, waarvan een groot deel kleikades op veen. In droge periodes ontstaan in deze kades veel droogtescheuren, die mogelijk een probleem opleveren voor de stabiliteit of het waterkerend vermogen. In 2003 braken bij Wilnis en Terbregge de (veen)dijken door als gevolg van extreme droogte. Sinds die tijd is veel zorg en aandacht besteed aan deze nieuwe vorm van bezwijkende dijken. Het Hoogheemraadschap van Delfland heeft voor droogtegevoelige dijken beleid ontwikkeld om deze dijken met extra zorg te beheren. Naast de grondsoort (klei, veen) als belangrijkste factor, zijn ook de vegetatie en het gevoerde beheer mogelijk van invloed op het ontstaan van scheuren in de kade.

De oorzaak van de sterke uitdroging van kades is het achterwege blijven van neerslag gedurende langere tijd. In 2013 heeft Alterra in opdracht van het Hoogheemraadschap van Delfland onderzoek gedaan naar het gedrag van verdroogde kades (van den Akker et al, 2013). Uit dat onderzoek bleek dat de vegetatie op de kade van grote invloed is op de verdamping. De combinatie van neerslag en verdamping bepaalt uiteindelijk de verdroging van de kade. De neerslag kan niet worden beïnvloed en uit het onderzoek van 2013 is reeds gebleken dat het beregenen van kades niet effectief kan worden uitgevoerd. De vegetatiesamenstelling en doorworteling van kades kan door de beheerder wel beïnvloed worden.

1.1 Onderzoeksvragen

De volgende vragen komen aan de orde in relatie tot verdroging en erosiebestendigheid

- Welke type vegetatie is schadelijk voor de waterkerende functie? Is er een prioritering aan te geven als het gaat om dit aspect?
- Wat is de meest wenselijke vegetatie op kades? Wat is de minimaal benodigde bedekkingsgraad? Wanneer kan van een gezonde toestand van de vegetatie op de kade worden gesproken?
- Scheurvorming wordt mede bepaald door de rijpheid van de klei. In welke mate kan de vegetatie bijdragen aan het (versneld) rijpen van de grond?
- Wat is het optimale beheer van de vegetatie: maaien (lengte, maaitechniek, frequentie) en beweiding (duur, omvang, periode)?
- In relatie tot het bovenstaande, wat is de rol van bomen, struiken, grassen en kruiden op kades?

1.2 Werkzaamheden

De onderstaande werkzaamheden zijn door Alterra uitgevoerd of onderzocht.

- a. Het bijwonen en inbrengen van kennis bij de expertworkshop op 28 augustus 2014. Deze workshop was tevens de startbijeenkomst van dit onderzoek. Tijdens deze workshop heeft Alterra het onderzoeksplan gepresenteerd en is het onderzoeksplan nader ingevuld in overleg met de opdrachtgever. Ook zijn gezamenlijk de criteria en suggesties voor onderzoeklocaties besproken. Alterra heeft een verslag gemaakt van deze workshop (zie bijlage 1).
- b. Interviews met diverse medewerkers van Hoogheemraadschap van Delfland. Het ging hierbij om medewerkers die betrokken zijn bij het dagelijks onderhoud en medewerkers van het team waterkeringen die betrokken zijn bij algemeen beleid, toetsing en ontwerp van waterkeringen. Ook zijn 3 interviews gehouden met medewerkers van andere waterschappen die betrokken zijn bij dezelfde problematiek. Suggesties voor te interviewen personen zijn gedaan door de opdrachtgever. Tijdens de interviews werden vaak nieuwe namen genoemd van te benaderen deskundigen. De wens was om interviews zoveel mogelijk buiten in het veld op kades te houden. Dit is maar ten dele mogelijk geweest, andere interviews zijn telefonisch afgenomen. De aanpak van een beperkt aantal uitgebreide interviews verdiende voor dit onderzoek de voorkeur boven een schriftelijke enquête van vele medewerkers.

-
- c. Literatuuronderzoek naar beschikbare kennis over vegetatie en beheer van waterkeringen, de invloed van vegetatie op doorworteling en uitdroging van grond, de doorworteling van individuele soorten, de invloed van vegetatie en beheer op erosiegevoeligheid. Zo mogelijk wordt een relatie gelegd met lopend maar nog niet gepubliceerd onderzoek.
- d. Onderzoek naar de aanwezige vegetatie en doorworteling op 10 verschillende dijkvakken. De volgende 3 typen zijn na een gezamenlijk overleg met het Hoogheemraadschap gekozen om verder te onderzoeken:
- Kades met scheur / zonder scheur.
 - Kades met weide beheer / hooi beheer / gazon beheer.
 - Kades met bomen / zonder bomen.
- e. Verslaglegging en advies. Op basis van de inventarisaties, de interviews en het literatuuronderzoek zal Alterra een rapport opstellen. De insteek was een rapport met praktische richtlijnen voor:
- Wenselijke vegetatie (grasmengsels, invloed kruiden, soorten die bestreden moeten worden, toelaatbaarheid bomen).
 - Droogtegevoeligheid van vegetaties en interacties met beheervormen.
 - Maatregelen rondom bomen.
 - Wenselijk beheer van de vegetatie.
 - Richtlijnen voor inspecties, waar kan en moet een inspecteur op letten.

1.3 Workshop

Op 28 augustus 2014 is er een workshop georganiseerd bij het Hoogheemraadschap Delfland. Deze workshop was tevens de startbijeenkomst van dit onderzoek. Het onderzoeksplan is op deze dag gepresenteerd en in overleg met de opdrachtgever aangevuld en aangescherpt. Ook zijn de onderzoeklocaties (10) voor het bepalen van de aanwezige vegetatie en doorworteling in overleg met Hoogheemraadschap van Delfland vastgesteld.

Bij de workshop waren de volgende personen aanwezig:

Wim Ponsteen;	Hoogheemraadschap van Delfland; Beleidsadviseur Waterkeringen
Jan Tigchelaar;	Hoogheemraadschap van Delfland, Beleidsadviseur waterkeringen
Garrit Hendriks;	Hoogheemraadschap van Delfland, inspectie waterkeringen
Stefan Loosen;	Hoogheemraadschap van Delfland, organiseren inspecties
Cor Looije;	Hoogheemraadschap van Delfland, inspectie waterkeringen
Job van Dansik;	Hoogheemraadschap van Delfland, Strategisch beleidsadviseur
Friso van der Zee;	Alterra, Projectleider onderzoek
Joep Frissel;	Alterra, onderzoekmedewerker
Henk van Hemert;	STOWA, coördinator Veengebieden

De criteria voor het selecteren van de onderzoeklocaties waren als volgt:

- Locaties met indicaties voor wel/niet problemen met droogte (scheuren).
- Variatie in beheer en aan/afwezigheid bomen.
- Minimaal 3 jaar oud (niet opgehoogd) en constant beheer.
- Locaties waarvan de beheergeschiedenis bekend is.
- Min of meer homogeen over een lengte minimaal 100 meter.
- Representatief, ruimschoots aanwezig binnen kades Hoogheemraadschap.
- Indien mogelijk locaties waar de grondwaterstand bekend is.

In de praktijk bleek het derde criterium (minimaal 3 jaar oud) het meest beperkend. Veel kades zijn de afgelopen jaren opgehoogd en het was niet eenvoudig om oudere locaties te vinden. Van geen van de locaties waren er gegevens over de grondwaterstand bekend.

Tijdens de workshop is ook besloten de categorie 'kades met struiken' buiten beschouwing te laten. Struiken op kades komen weinig voor en de discussie speelt vooral rondom bomen.

Voor het volledige verslag van de workshop, zie bijlage 1.

1.4 Onderzoek naar vegetatie en doorworteling van 10 locaties.

Op elke onderzoeklocatie is de aanwezige vegetatie en doorworteling onderzocht en beschreven. Er zijn 10 locaties met 3 verschillende aandachtspunten:

- Kades met scheur / zonder scheur.
- Kades met weide beheer / hooi beheer / gazon beheer.
- Kades met bomen / zonder bomen.

Eveneens is op alle locaties de textuur (korrelgrootteverdeling) van de bodem bepaald. Dit is geanalyseerd door Fugro Geoservices bv te Leidschendam.

Het veldonderzoek kan opgedeeld worden in twee delen; de vegetatie en de doorworteling.

Vegetatie

In september 2014 zijn van alle proeflocaties de vegetaties beschreven via het maken van vegetatieopnamen. De vegetatieopnamen zijn uitgevoerd op een representatief stuk dijk, 1 meter

onder de kruin, in een vak van 5x3 meter. De aanwezige plantensoorten zijn genoteerd, samen met hun bedekking volgens de 9-delige schaal van Braun-Blanquet (aangepaste Braun-Blanquet methode, Van der Maarel, 1979; tabel 1). De gegevens zijn ingevoerd in het programma Turboveg (Hennekens *et al.* 2001), en met behulp van de ordinatie programma's Twinspan (Hill, 1979) en Juice 7.0 (Tichy, 2002) verwerkt tot een geordende vegetatietabel. Eveneens zijn de vegetatietypen voor dijkgraslanden bepaald zoals gebruikt in het landelijke Voorschrift Toetsen op Veiligheid (Ministerie van verkeer en waterstaat, 2007, Tabel 8-B1.2 dijkgraslanden in relatie tot het beheer). De graslandtypen zijn ingedeeld volgens het voorschrift Toetsen op Veiligheid. Hierin worden 6 vegetatietypen onderscheiden, namelijk Beemdgras – raaigrasweide (W1), Soortenarme kamgrasweide (W2), soortenrijke kamgrasweide (W3), Soortenarm hooiland (H1), Minder soortenarm hooiland (H2) en Soortenrijk hooiland (H3).

Tabel 1

De aangepaste schaal van Braun-Blanquet

Braun-Blanquet	bedekking	aantallen
R	≤ 5%	1 – 3 individuen
+	≤ 5%	enkele
1	≤ 5%	Veelvuldig
2m	≤ 5%	Veel voorkomend
2a	5 < x. ≤ 12,5%	Nvt
2b	12,5 < x. ≤ 25%	Nvt
3	25 < x. ≤ 50%	Nvt
4	50 < x. ≤ 75%	Nvt
5	X > 75%	Nvt

Doorworteling

Op elke proeflocatie zijn 3 wortelmonsters gestoken, verspreid over het proefvak (15m²). De doorworteling van de monsters is bepaald via de “handmethode” (Sprangers en Arp, 1999; Frissel *et al.*, 2006), zoals gebruikt in het handboek Voorschrift toetsen op Veiligheid (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007, 2012 Schaffers *et al.*, 2010, 2011). De monsters zijn gestoken met een gutsboor van 3 centimeter in doorsnede, tot een diepte van 50 centimeter. De bovenste 20 centimeter van het monster is opgedeeld in stukjes van 2,5 cm lengte. De rest van het monster (20-50 centimeter diepte) is opgedeeld in stukjes van 5 centimeter lengte (tabel 2). In elk partje is de hoeveelheid wortels van circa 1 centimeter lengte bepaald door middel van tellen/schatten. De hoeveelheid wortels geeft aan in welke dichtheidsklasse het monster toebedeeld wordt. Per proeflocatie, zijn per dieptelaag de resultaten gemiddeld over de 3 wortelmonsters.

Tabel 2

Worteldichtheidsklassen van de handmethode volgens het Voorschrift toetsen op veiligheid.

Dichtheid klasse	Aantal wortels
0	geen wortel aanwezig
1	1-5 wortel aanwezig
2	6-10 wortels aanwezig
3	11-20 wortels aanwezig
4	21-40 wortels aanwezig
5	Wortelmatje; > 40 wortels aanwezig

1.5 Interviews

Met diverse medewerkers die betrokken zijn bij inspecties en dijkonderhoud zijn interviews gehouden. Een aantal interviews zijn buiten op locatie gehouden, de meeste medewerkers zijn telefonisch bevraagd. Onder de geïnterviewde personen waren zowel mensen van het Hoogheemraadschap van Delfland, als personen van andere waterschappen. Aan de hand van een aantal vragen over vegetatie,

beheer, droogte, scheuren, probleemsoorten en aanpak is geprobeerd om een zo goed mogelijk beeld te krijgen hoe de diverse waterschappen in de praktijk met scheuren in de kades omgaan. De bevindingen uit dit onderzoek zijn aan hen voorgelegd.

De geïnterviewde personen zijn:

Garrit Hendriks	Hoogheemraadschap van Delfland, inspectie waterkeringen
Cor Looije	Hoogheemraadschap van Delfland, inspectie waterkeringen
Ernst Raaphorst	Hoogheemraadschap van Delfland, ecooloog
Tom Pex	Hoogheemraadschap van Delfland, technisch specialist waterkeringen
Bas Effing	Waterschap rivierenland, beheer waterkeringen
Theo Reuzenaar	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, specialist beheer waterkeringen
Gerrit Wijnstekers	Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard, coördinator droogte-inspecties
Adrie Kraaieveld	Waterschap rivierenland, dijkbeheerder

1.6 Literatuuronderzoek

Voor het verzamelen van literatuur is gebruik gemaakt van de "Global search" van de "Wageningen UR Library". Deze zoekmachine dekt de Bibliotheekcatalogus van Wageningen Universiteit en Research, Medewerkers Publicaties van Wageningen UR, boeken en tijdschriften Groenekennis (voornamelijk Nederlandstalig), en miljoenen buitenlandse tijdschriftartikelen en andere publicaties.

Bij de "search" is in voornamelijk gezocht naar kernwoorden en combinaties daarvan. Woorden als dijken, kades, klei, kleikwaliteit, klei eigenschappen, klei scheuren, vegetatie, beheer, relatie, beheer waterkeringen, droogte, doorworteling, grasbekleding, droogte soorten, verdamping, bomen, graslanden, gewas, wortel/spruit verhouding zijn bevraagd. Relevante publicaties zijn opgevraagd en verwerkt in de beantwoording van de vragen.

2 Resultaten

2.1 Vegetatie en doorworteling

Alle locaties worden apart besproken, met de meest opvallende kenmerken. Van de 10 locaties zijn er 4 geselecteerd waar in 2013 scheuren zijn geconstateerd en 6 locaties zonder scheuren. Drie locaties hebben een beheer van maaien en afvoeren (hooibeheer), 1 locatie maaien zonder afvoer (klepelen), 2 locaties waar 7 a 10 keer per jaar gemaaid wordt (gazonbeheer) en 3 locaties waar periodiek met schapen beweid wordt.

Tabel 3: Overzichtstabel van de 10 onderzochte locaties in het Hoogheemraadschap van Delfland, met de belangrijkste eigenschappen. Locaties met blauwe arcering zijn locaties met scheuren in 2013. De paarse getallen achter de accolades zijn gemiddelde waarden van locaties met /zonder scheur in 2013. De vet gedrukte getallen in de kolom % zand zijn waarden die niet voldoen aan het maximale % zand voor klei van categorie I of II.

ref nr	Locatie	droogte scheuren	Vegetatie	coördinaat x	coördinaat y	beheer (volgens opgave)	graslandtype (VTV)	doorworteling (VTV)	% zand gehalte	% gem zand	% Silt	% gem silt	% Klei <0.002 _μ	% gem klei	% < 0.63 _μ (silt +klei)	# soorten	gem # soorten
6	Duifpolder noord	Ja	gras	5158.145	418.67	Hooien	H1 / H2	slecht tot matig	27.9	57.2	14.9	72.1	14	15			
7	Duifpolder zuid	Ja	gras + bomen	5158.098	418.682	Hooien	H1 / H2	slecht	41	34.8	50.4	52.7	8.2		12.5	58.6	14
3	Polder Schieveen west	Ja	gras	5158.404	425274	Weiden	W2	matig tot goed	39	48.5	12.5	61	19				
5	Woudsepolder	Ja	gras	5200.087	416.708	Hooien	H1	slecht tot matig	31	54.8	14.2	69	11				
8	Kerstanjepad	Nee	gras + bomen	5200.932	419.958	Gazon	W2	slecht tot matig	45	46.7	8.7	55.4	25				
1	Kralingerpolder zuid	Nee	gras	5157.261	416.968	Weiden	W2	matig tot goed	48	43.8	8.3	52.1	19	19			
2	Kralingerpolder noord	Nee	gras	5157.305	416.972	Hooien	H2	slecht tot matig	35.5	52.3	12.2	64.5	16				
4	Polder Schieveen oost	Nee	gras	5158530	425.578	Weiden	W2	slecht tot matig	38.1	43.3	49.2	46.3	12.7		10.4	61.9	24
9	Schipluiden, Holierhoekse en Zouteveense polder	Nee	gras	5158.331	418.674	Gazon	W2	matig	67	26.7	6.8	33.5	19				
10	Oud- en Nieuwe Wateringveldse polder	Nee	gras	5201.252	418.303	Klepelen	H1	slecht	27.3	59.2	13.5	72.7	10				

2.1.1 Onderzoeklocaties

Locatie 1: Kralingerpolder zuid

Beheer: beweiding met schapen

In 2013 zijn er geen scheuren geconstateerd door het Hoogheemraadschap.

Aantal plantensoorten: 19

Ten tijde van het onderzoek stonden er geen schapen op de kade. De vegetatie ziet er homogeen, gesloten, maar zeer kort gegeten uit. Er zijn kleine open plekken (<10x10cm) zichtbaar. Volgens de VTV typen behoort deze kade tot de Kamgrasweide, soortenarme variant W2, met de kenmerkende grassoorten Engels raaigras, Rood zwenkgras, Fioringras, en de kruiden Madeliefje en Witte klaver. Verder komen er nog negen andere kruiden voor. Op deze kade komen geen ruigtesoorten voor. De doorworteling van



Foto 1: Kralingerpolder zuid

deze kade is matig, en de grootste hoeveelheid wortels is te vinden in de eerste 7,5 centimeter. Het zandgehalte van de kade 48%.

Locatie 2: Kralingerpolder noord

Beheer: hooien; 2 keer maaien en afvoeren

In 2013 zijn er geen scheuren geconstateerd door het Hoogheemraadschap.

Aantal plantensoorten: 16

Bij het eerste verkennende onderzoek ziet de vegetatie op de kade er hoog en ruig uit. Het lijkt erop alsof het maaisel niet altijd afgevoerd wordt. Op het moment van de vegetatieopnamen (2 weken later) is de kade net gemaaid, en de vegetatie verwijderd. De kade is droog en open, met open plekken groter dan 10x 10 cm. Volgens de VTV typen behoort deze kade tot het minder soortenarme hooiland (H2) met veel ruigte soorten. Naast Glanshaver, komen Grote vossenstaart, Fluitenkruid en Gewone berenklauw veel voor. De doorworteling van deze kade is slecht tot matig. Het zandgehalte in de bodem is 36%.



Foto 2: Kralingerpolder noord

Locatie 3: Polder Schieveen west

Beheer: intensief beweiden, inclusief bemesting

Op deze kade zijn in 2013 scheuren geconstateerd door het Hoogheemraadschap.

Aantal plantensoorten: 19

De vegetatie is erg kort gegraasd, met afgestorven speerdistels verspreid over de hele kade die waarschijnlijk gespoten zijn. Op de kade zijn duidelijk zichtbare horizontale scheuren aanwezig. Ook zijn er mollen en/of muizen gaten gezien. Het lijkt alsof er grote gaten/holen in de kade zitten op circa 30 centimeter diep (overgang naar andere bodem?). Volgens de VTV typen behoort deze kade tot de soortenarme kamgrasweide (W2). Naast Engels raaigras en Fioringras komen de kenmerkende kruiden Madeliefje, Zachte ooievaarsbek en Duizendblad voor. De doorworteling van deze kade is matig tot goed. Het zandgehalte in de bodem is 39%.



Foto 3: Polder Schieveen west

Locatie 4: Polder Schieveen oost

Beheer: extensief beweiden

Op deze kade zijn in 2013 geen scheuren geconstateerd door het Hoogheemraadschap.

Aantal plantensoorten: 24

Op het moment van het onderzoek staan er een aantal geiten (7) en twee stuks jongvee op de kade. De vegetatie op deze kade ziet gesloten, maar wisselend uit, met ruige stukjes vegetatie. Volgens de VTV typen behoort deze kade tot de kamgrasweide, soortenarme variant (W2). Naast ruigere soorten zoals Grote vossenstaart en Kweek komen er ook hooilandsoorten voor zoals Rode klaver, Scherpe boterbloem, Smalle wikke, Vijfvingerkruid en Ruige zegge. Ook de ruigtesoorten Brandnetel, Akkerdistel en Speerdistel komen voor. De doorworteling van deze kade is slecht tot matig. Het zandgehalte in de bodem is 38%.



Foto 4: Polder Schieveen oost

Locatie 5: Woudsepolder

Beheer: hooien met bemesting; 2 keer maaien en afvoeren

Op deze kade zijn in 2013 scheuren geconstateerd door het Hoogheemraadschap.

Aantal plantensoorten: 11

De zode op deze kade ziet er mooi en gesloten uit, en bestaat voornamelijk uit grassen. De plek is extreem arm aan soorten, waarschijnlijk als gevolg van de bemesting. De vegetatie staat circa 10 cm hoog. De oude scheuren zijn nog zichtbaar. Volgens de VTV typen behoort deze kade tot het soortenarme hooiland (H1), met vooral Engels raaigras. Opvallend is de grote hoeveelheid Ridderzuring, een plant voor vochtige voedselrijke bodems. Ook zijn er mollen en/of muizen gaten gezien. De totale doorworteling van deze kade is slecht tot matig, maar de eerste 5 centimeter van de bodem is goed doorworteld. Het zandgehalte in de bodem is 31%.



Foto 5: Woudsepolder

Locatie 6: Duifpolder noord

Beheer: hooien; 2 keer maaien en afvoeren. Nu tijdelijk schapen

Op deze kade zijn in 2013 flinke scheuren geconstateerd door het Hoogheemraadschap.

Aantal plantensoorten: 14

Het beheer is de afgelopen jaren niet helemaal volgens planning verlopen en af en toe achterwege gebleven. Hierdoor is de zode vrij open en pollig, met kleine open plekken en diverse brandnetelplekken. De vegetatie op deze kade ziet er wat ruiger uit. Het gewas staat circa 20 centimeter hoog. De scheuren uit 2013 zijn nog zichtbaar. Eveneens worden er veel mollen en/of muizen gaten waargenomen. Volgens de VTV typen wordt deze kade toebedeeld aan een overgang tussen soortenarme tot minder soortenarme hooilanden. Er komen veel grassoorten voor zoals kropaar, Grote vossenstaart, kweek en Roodzwenkgras. De ruigere soorten brandnetel en Ridderzuring komen eveneens voor. De doorworteling van deze kade is slecht tot matig. Het zandgehalte in de bodem is 28%.



Foto 6: Duifpolder noord

Locatie 7: Duifpolder zuid

Beheer: hooien; 2 keer maaien en afvoeren. Nu tijdelijk schapen

Op dit stuk kade zijn in 2013 scheuren geconstateerd door het Hoogheemraadschap.

Aantal plantensoorten: 14 + wilgen

Verspreid over de gehele kade staan wilgen halverwege het talud. Rondom de wilgen ziet de vegetatie er wat ruiger uit en rond veel bomen voelt de kade vochtig aan. Er staan ook vochtindicerende soorten zoals mannagrass onderaan de bomen. Mogelijk loopt hier enig water via scheuren door de dijk. Op het moment van onderzoek lopen er schapen op de kade. Het beheer is hier de afgelopen jaren niet helemaal volgens planning verlopen, waardoor de zode vrij open is met grote open plekken en de gehele vegetatie er vrij ruig uit ziet. Het gewas staat circa 20 centimeter hoog. Er worden veel mollen en/of muizen gaten waargenomen. Volgens de VTV typen wordt deze kade toebedeeld aan een overgang tussen soortenarme tot minder soortenarme hooilanden. Er komen veel grassoorten voor zoals kropaar, Grote vossenstaart, kweek en Roodzwenkgras. Ook komt Mannagrass voor, een soort die voorkomt op natte voedselrijke grond. De doorworteling van deze kade is slecht, maar bij 40 en 50 centimeter diepte worden veel (boom) wortels waargenomen. Het zandgehalte in de bodem is 41%.



Foto 7: Duifpolder zuid

Locatie 8: Kerstanjepad

Beheer: meerdere keren maaien per jaar (richting gazonbeheer).

Op dit stuk kade zijn in 2013 geen scheuren geconstateerd door het Hoogheemraadschap.

Aantal plantensoorten: 25

Het Kerstanjepad is een kade met fietspad langs de vaart Kerstanje. Het gehele pad is vrij donker vanwege de grote populieren die op de kade langs het fietspad staan. De bomen hebben een verdrogend effect op de vegetatie, tot ca. 5 m van de stam waarneembaar. De zode is vrij open, en de vegetatie is vrij kort met veel kruiden, de meest soortenrijke locatie van de 10. Volgens de VTV typen wordt deze kade toebedeeld aan de kamgrasweide (W2). Engels raaigras, Roodzwenkgras en Fioringras komen veel voor. Naast de kenmerkende kruiden Duizendblad, Madeliefje, Witte klaver en Gewone hoornbloem komen ook Smalle weegbree, Scherpe boetbloem en Gewone brunel voor. De doorworteling van deze kade is slecht tot matig, omdat in de bovenste bodemlagen weinig wortels zitten. In de diepe bodemlagen (>20 cm) komen echter veel (boom)wortels voor. Het zandgehalte in de bodem is 45%.



Foto 8: Kerstanjepad

Locatie 9: Schipluiden, Holierhoekse of Zouteveense polder

Beheer: gazonbeheer (7 à 10 keer maaien per jaar)

Op deze kade zijn in 2013 geen scheuren geconstateerd door het Hoogheemraadschap.

Aantal plantensoorten: 19

Deze kade ligt aan de rand van een woonwijk. De zode ziet er kort (circa 5 cm hoog) en goed gesloten uit met een groot aandeel kruiden. Plaatselijk voelt de kade vochtig aan. Volgens de VTV typen behoort deze kade tot de soortenarme kamgrasweide (W2; gazon beheer is meer te vergelijken met weiland dan met hooiland, omdat er meer keren per jaar gemaaid wordt). De kenmerkende soorten Engels raaigras, Fioringras, Roodzwenkgras, Gewoon duizendblad en madeliefje komen veel voor. Ook zijn Witte klaver, Gewone hoornbloem, Hondsdraf en Draad ereprijs veel aanwezig. Er zijn enkele mollen en/of muizen gaten gezien. De doorworteling van deze kade is matig tot goed, met de grootste hoeveelheid wortels in de eerste 5 centimeter. Het zandgehalte in de bodem is 67%.



Foto 9: Schipluiden, Holierhoekse of Zouteveense polder

Locatie 10: Oud- en Nieuwe Wateringveldse polder.

Beheer: klepelmaaien

Op deze kade zijn in 2013 geen scheuren geconstateerd door het Hoogheemraadschap.

Aantal plantensoorten: 10

Deze kade ligt net buiten een woonwijk, bovenop de kade langs de molenwetering ligt een fietspad. De kade ziet er ruig uit, met vrij lange grasscheuten (circa 30 cm hoog). De zode is open, met grote open plekken. Volgens de VTV typen behoort deze kade tot de soortenarme hooilanden (H1). Van de 10 locaties was dit de meest soortenarme variant. De vegetatie bestaat vrijwel geheel uit Grote vossenstaart, Kropaar en Engels raaigras. Er zijn redelijk veel mollen en/of muizen gaten gezien. De doorworteling van deze kade is slecht. Het zandgehalte in de bodem is 27%.



Foto 10: Oud- en Nieuwe Wateringveldse polder.

2.1.2 Vegetatie

De vegetatieopnamen van de locaties zijn gerangschikt met behulp van de ordinatie programma's Twinspan en Juice (zie tabel 4). Op basis van overeenkomende soorten zijn er 2 clusters (A en B) onderscheiden. De verschillen tussen de twee clusters duiden op aanwezigheid of afwezigheid van typische weilandsoorten aan de ene kant en op aanwezigheid of afwezigheid van typische hooilandsoorten aan de andere kant. In cluster A zijn alle locaties met een hooi beheer gerangschikt, terwijl in cluster B alle locaties met een maai-beheer gerangschikt zijn. Dit wordt gestuurd door de aanwezigheid of afwezigheid van kruiden tussen de clusters, en de aanwezigheid/afwezigheid van ruigte soorten. De kruiden Madeliefje, Witte klaver, Klein streepzaad, Zachte ooievaarsbek, Gewone brunel, Gewoon duizendblad en Vertakte leeuwentand (paars in de tabel) komen in cluster B veel voor, terwijl de ruigere soorten zoals Ridderzuring, Speerdistel, Gewone berenklaauw, Grote brandnetel, Akkerdistel, Witte dovenetel en Fluitenkruid vooral in cluster A voorkomen (oranje in de tabel).



Glad walstro, (locatie Kerstanjepad), F. F. van der Zee

Tabel 4

Clustering van locaties (cluster A en B) op basis van overeenkomende soorten. Met W1= Beemdgras – raagrasweide, W2= Soortenarme kamgrasweide, W= Soortenrijke kamgrasweide, H1= Soortenarm hooiland, H2= Minder soortenarm hooiland en H3= Soortenrijk hooiland. Met in oranje minder gewenste soorten, en in paars kruiden van soortenrijkere graslanden.

	Locatie	A					B				
		5	6	7	10	2	3	4	8	9	1
	VTV-type	H1	H1 / H2	H1 / H2	H1	H2	W2	W2	W2	W2	W2
	aantal soorten	11	14	14	10	16	19	24	25	19	19
Lat-naam	NL-naam										
Lolium perenne	Engels raagras	5	2		2		3	2	2	2	4
Agrostis stolonifera	Fioringras	2	2	2			2		2	2	1
Phleum pratense	Timoteegras	1	1						2		1
Dactylis glomerata	Kropaar	+	2	2	2	2			1	+	
Persicaria amphibia	Veenwortel	+		+							
Glechoma hederacea	Hondsdrif	+						1		2	
Plantago lanceolata	Smalle weegbree	+						+	1	1	
Rumex crispus	Krulzuring	r				r					
Senecio jacobaea	Jakobskruid	r					r		+		r
Alopecurus pratensis	Grote vossenstaart		2	2	2	2		2			
Festuca rubra	Rood zwenkgras		2	2					2	1	2
Elytrigia repens	Kweek		2	1		2	1	3			1
Holcus lanatus	Gestreepte witbol		1	2						+	
Festuca arundinacea	Rietzwenkgras		1								
Ranunculus acris	Scherpe boterbloem		+	+		+	+	+	+	1	1
Potentilla anserina	Zilverschoon		+								
Rumex obtusifolius	Ridderzuring	5	r	+		+		1			
Heracleum sphondylium	Gewone berenklauw	r			+	2					
Urtica dioica	Grote brandnetel		+	1	+	1					
Cirsium arvense	Akkerdistel		+	1	+	+	+	1			
Anthriscus sylvestris	Fluitenkruid			+		1			+		
Lamium album	Witte dovenetel				+	1					
Glyceria fluitans	Mannagras			1							
Ranunculus repens	Kruipende boterbloem			+				+		1	+
Geranium pyrenaicum	Bermooievaarsbek				+						
Brassica napus	Koolzaad				+						
Stellaria media	Vogelmuur				+						
Poa pratensis	Veldbeemdgras					1	2	2	2	1	1
Arrhenatherum elatius	Glanshaver					1			1		
Potentilla reptans	Vijfmingerkruid					+		2			
Taraxacum sectie Ruderalia	Gewone paardenbloem					+		1		+	+
Equisetum palustre	Lidrus					+		+			
Poa trivialis	Ruw beemdgras						2	2			1
Cirsium vulgare	Speerdistel						1	+			
Bellis perennis	Madeliefje						2	+	+	2	2
Crepis capillaris	Klein streepzaad						2	+			+
Trifolium repens	Witte klaver						1	1	+	2	2
Geranium molle	Zachte ooievaarsbek						1	+		+	
Prunella vulgaris	Gewone brunel						1		1	+	
Achillea millefolium	Gewoon duizendblad						+		2	2	
Leontodon autumnalis	Vertakte leeuwentand						+		r		
Medicago lupulina	Hopklaver						2		+		
Brachythecium rutabulum	gewoon dikkopmos						2				1
Plantago major	Grote weegbree						r		+	+	
Carex hirta	Ruige zegge							2			
Trifolium pratense	Rode klaver							+	+		
Vicia sativa	Smalle/voeder wikke							+	+		
Carex flacca	Zeegroene zegge							+			+
Hypericum dubium	Kantig hertschooi							r			
Lotus corniculatus	Gewone rolklaver								2		
Galium mollugo	Glad walstro								1		
Cerastium fontanum	Gewone hoornbloem								+	1	1
Centaurea jacea	Knoopkruid								+		
Crataegus monogyna	Eenstijlige meidoorn								r		
Veronica filiformis	Draad ereprijs									2	
Sonchus asper	Gekroesde melkdistel										+
Poa annua	Straatgras										+

De proeflocaties hebben eveneens een VTV vegetatietype aanduiding gekregen (Ministerie verkeer en waterstaat; VTV 2007). Binnen het hoofdbegroeiingstype “weiland” komen zowel type W1 (Beemgras-Raaigras weide) en W2 (Soortenarme kamgrasweide) voor. Binnen het hoofdbegroeiingstype “hooiland” komen de typen H1 (Soortenarm hooiland) en H2 (Minder soortenarm hooiland) voor. In bijlage 2 worden alle VTV typen omschreven. Vier locaties (1, 3, 8 en 9) behoren volgens de VTV tot de Soortenarme kamgrasweide (W2) (zie tabel 5). Twee locaties (5, 10) worden ingedeeld bij de Soortenarm hooilanden (H1), twee locaties (6, 7) zijn toebedeeld in een overgangstype van Soortenarm hooiland naar Minder soortenarm hooiland (H1/H2), één locatie (2) valt in de categorie Minder soortenarm hooiland (H2), en één locatie (4) behoort tot Beemgras-Raaigras weide (W1).

Tabel 5: Indeling van locaties volgens de vegetatietype aanduiding van de VTV. Met W1= Beemgras – raaigrasweide, W2= Soortenarme kamgrasweide, W= Soortenrijke kamgrasweide, H1= Soortenarm hooiland, H2= Minder soortenarm hooiland, H1/H2= overgangstype van Soortenarm hooiland naar Minder soortenarm hooiland en H3= Soortenrijk hooiland.

Vegetatietype	Locatie code
W1 Beemgras-Raaigras weide	4
W2 Soortenarme kamgrasweide	1, 3, 8, 9
H1 Soortenarm hooiland	5, 10
H2 Minder soortenarm hooiland	2
H1 / H2 Overgangstype van H1/H2	6, 7

In tabel 6 worden ook het aantal soorten per locatie weergegeven. Het aantal varieert tussen de 10 soorten op soortenarme locaties tot 25 op soortenrijkere locaties. Het gemiddelde aantal soorten voor de locaties met scheur (6, 7, 3 en 5) is 15. Het gemiddelde aantal soorten voor de locaties zonder scheur (8, 1, 2, 4, 9, en 10) is beduidend hoger, 19. In vegetaties met langer gras (hooibeheer/klepelbeheer; 6, 7, 5, 2 en 10) komen beduidend minder soorten voor (13) ten opzichte van vegetaties met kort gras (21, tabel 7). Dit is in contrast met de algemeen geldende wetenschappelijke opvatting dat in onbemest hooiland op dijken doorgaans meer soorten gevonden worden dan in weiland op dijken (bijv. Frissel et al 2005, Huiskes et al 2006).

Tabel 6

Aantal plantensoorten per locatie met gemiddelde per locaties met en zonder scheuren in 2013.

Locaties met scheuren in 2013	Aantal soorten	Locaties zonder scheuren in 2013	Aantal soorten
6 Duifpolder noord	14	8 Kerstanjepad	25
7 Duifpolder zuid	14	1 Kralingerpolder zuid	19
3 Polder Schieveen west	19	2 Kralingerpolder noord	16
5 Woudsepolder	11	4 Polder Schieveen oost	24
		9 Schipluiden	19
		10 Wateringveldse polder	10
Gem aantal soorten	15		19

Tabel 7

Aantal plantensoorten per locatie met gemiddelde per locaties met hooi- of weidebeheer.

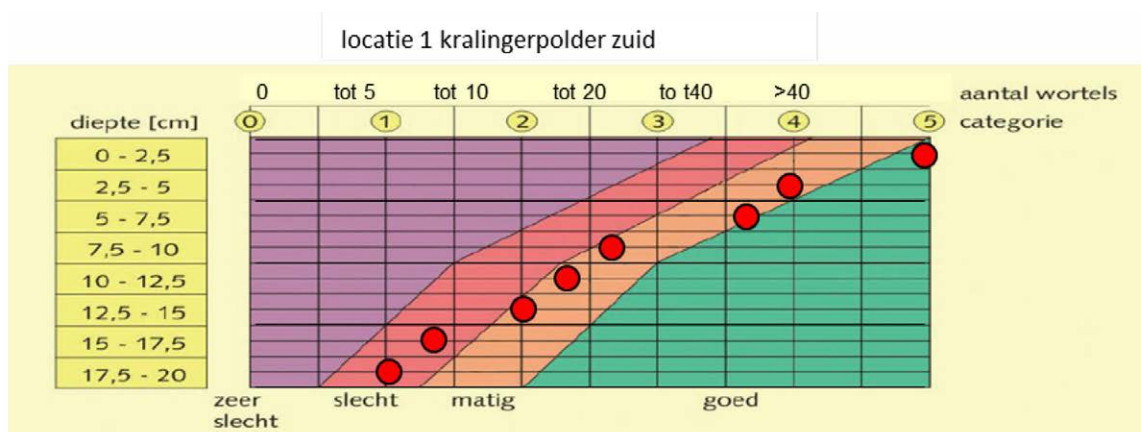
Locaties met hooibeheer	Aantal soorten	Locaties met weidebeheer	Aantal soorten
6 Duifpolder noord	14	3 Polder Schieveen west	19
7 Duifpolder zuid	14	8 Kerstanjepad	25
5 Woudsepolder	11	1 Kralingerpolder zuid	19
2 Kralingerpolder noord	16	4 Polder Schieveen oost	24
10 Wateringveldse polder	10	9 Schipluiden	19
Gem aantal soorten	13		21

2.1.3 Doorworteling:

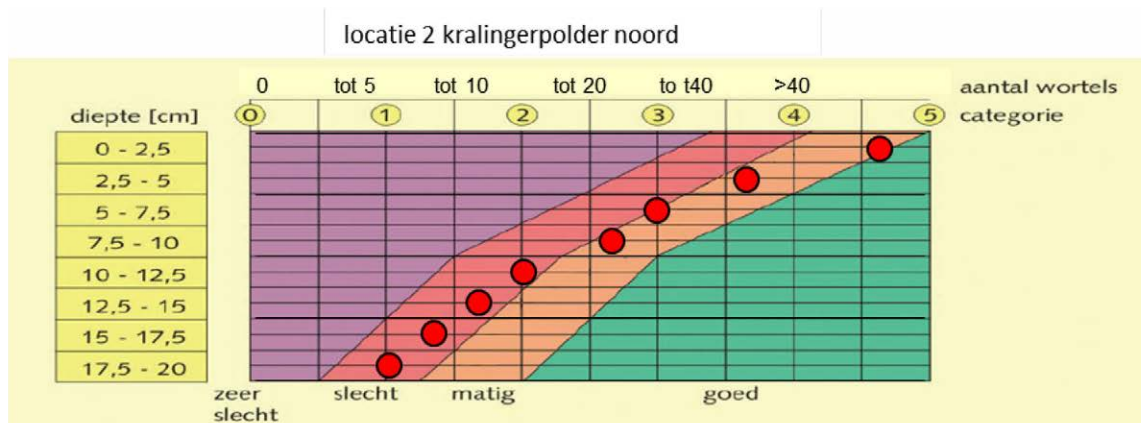
De doorworteling is in verschillende grafieken weergegeven. Van elke locatie is de doorworteling tot 20 cm weergegeven in een VTV diagram (figuur 1-10). Omdat voor uitdroging ook de diepere doorworteling van belang is, is in dit onderzoek tot 50 cm de doorworteling bepaald. Deze is weergegeven in figuur 19 en 20.

a) Doorworteling bovenste 20 cm

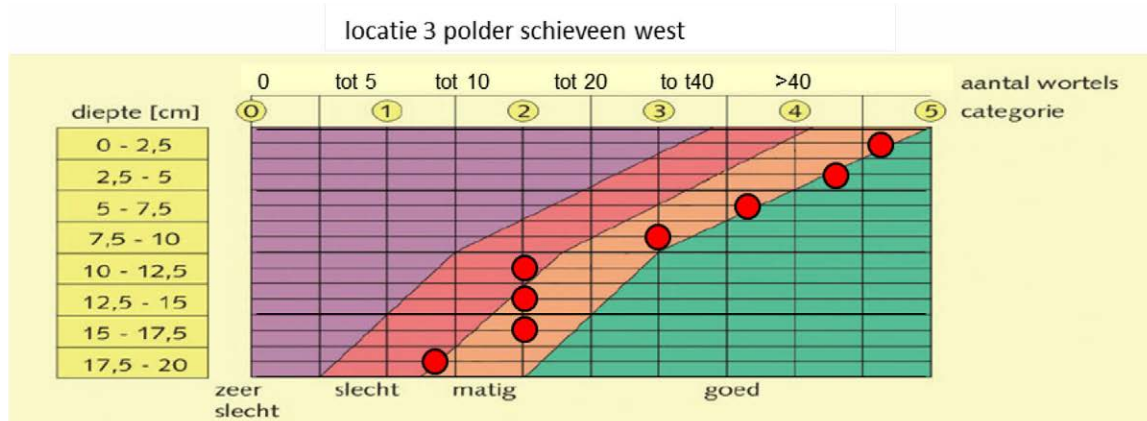
De resultaten van de wortelschattingen zijn per locatie gemiddeld (n=3), en uitgezet in een grafiek. Per dieptelaag is er een score toegekend. De score kan toebedeeld worden in de categorie goed, matig, slecht of zeer slecht. Aan de hand van deze grafiek kan een kwaliteitsscore voor de gehele wortelsteek afgelezen worden. Als de categorie op verschillende diepten niet eenduidig is, geldt bij minimaal twee afwijkende punten de laagste score als kwaliteitsscore. Hieronder wordt voor elke locatie de doorwortelingsdiagram conform de VTV weergegeven tot een diepte van 20 centimeter.



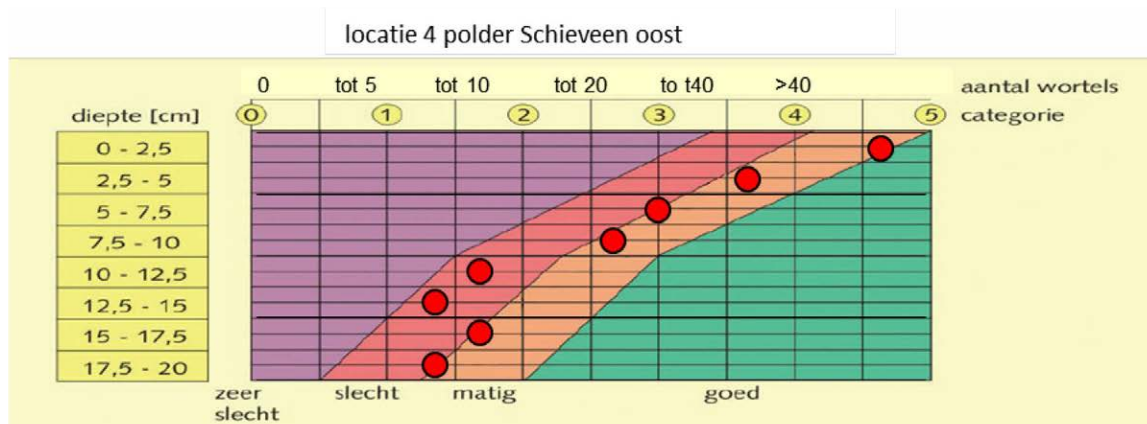
Figuur 1 Doorworteling locatie 1; Kralingerpolder zuid met weidebeheer. De doorworteling scoort goed in de eerste bodemlaag, en neemt vervolgens geleidelijk af naar slecht.



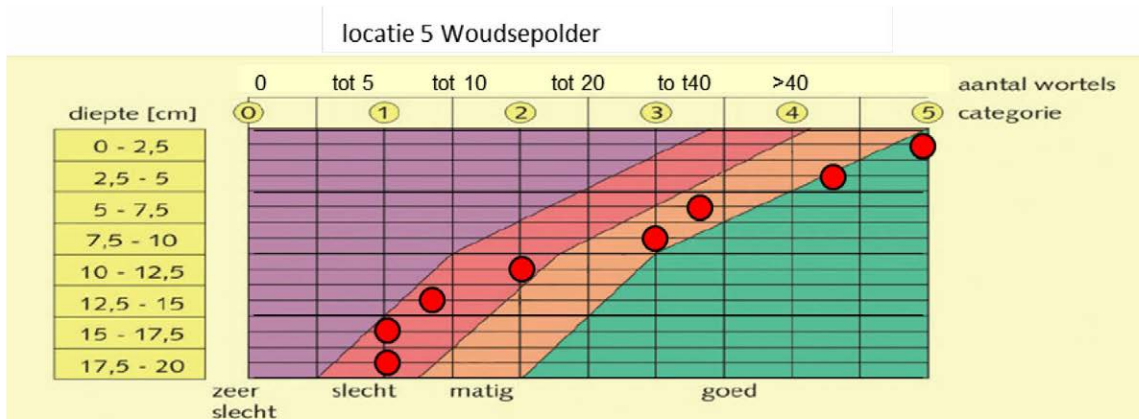
Figuur 2 Doorworteling locatie 2; Kralingerpolder noord met hooibeheer. De doorworteling scoort matig in de eerste 4 bodemlagen, om vervolgens af te nemen naar slecht.



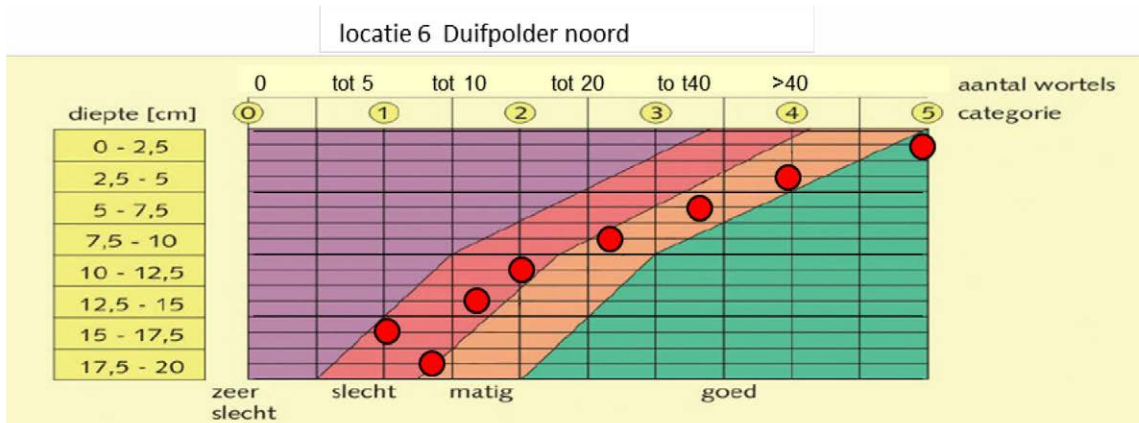
Figuur 3 Doorworteling locatie 3; polder Schieveen west met intensieve beweiding. De doorworteling scoort matig tot goed in de eerste 4 bodemlagen, daarna neemt de doorworteling af tot slecht.



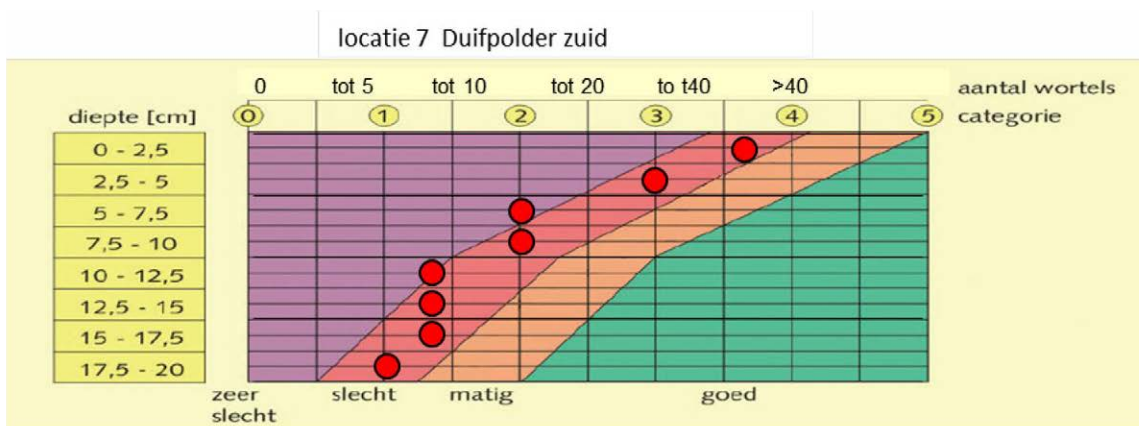
Figuur 4 Doorworteling locatie 4; polder Schieveen oost met extensieve beweiding. De doorworteling scoort goed in de eerste bodemlaag, en neemt vervolgens af, en laat geen eenduidig verloop zien in de diepere bodemlagen tot 20 centimeter.



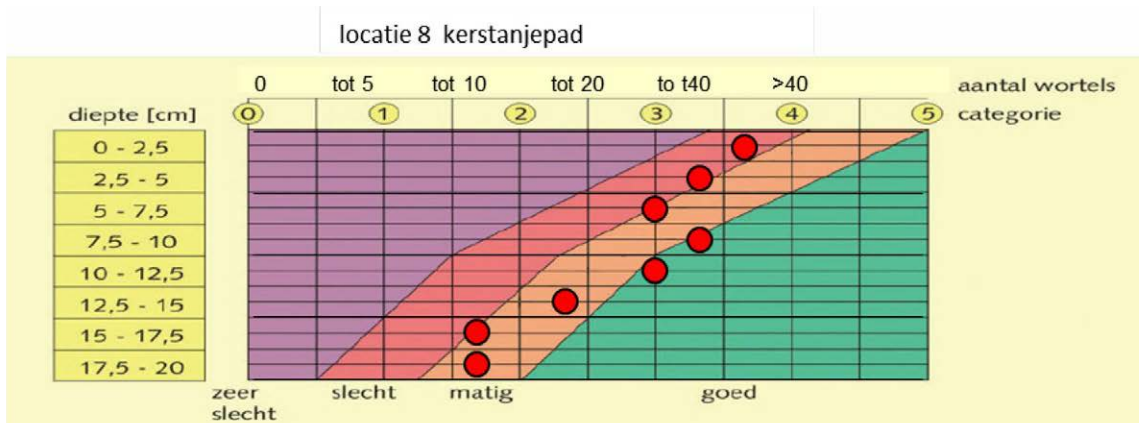
Figuur 5 Doorworteling locatie 5; Woudsepolder met hooibeheer + bemesting. De doorworteling scoort goed in de eerste twee bodemlaag, en neemt vervolgens af via matig tot slecht.



Figuur 6 Doorworteling locatie 6; Duifpolder noord met hooibeheer.
De doorworteling scoort goed in de eerste bodemlaag, en neemt vervolgens af via matig tot slecht.

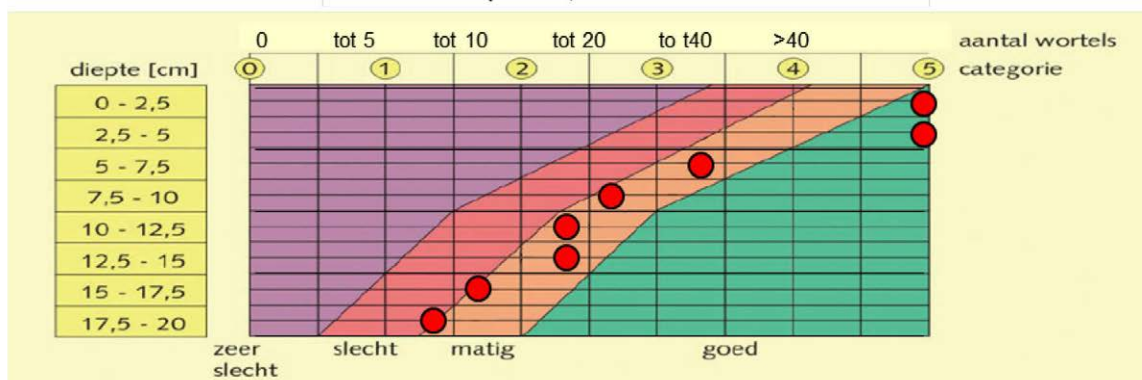


Figuur 7 Doorworteling locatie 7; Duifpolder zuid met bomen.
Opvallend is dat de doorworteling in alle 3 bodem lagen tot 20 centimeter slecht scoort.



Figuur 8 doorworteling locatie 8; Kerstaniepad met intensief maaibeheer (richting gazonbeheer) en bomen.
Opvallend is dat de doorworteling in de bovenste 3 bodem lagen slecht scoort, en vervolgens weer twee maal (laag 7,5 – 12,5) goed scoort.

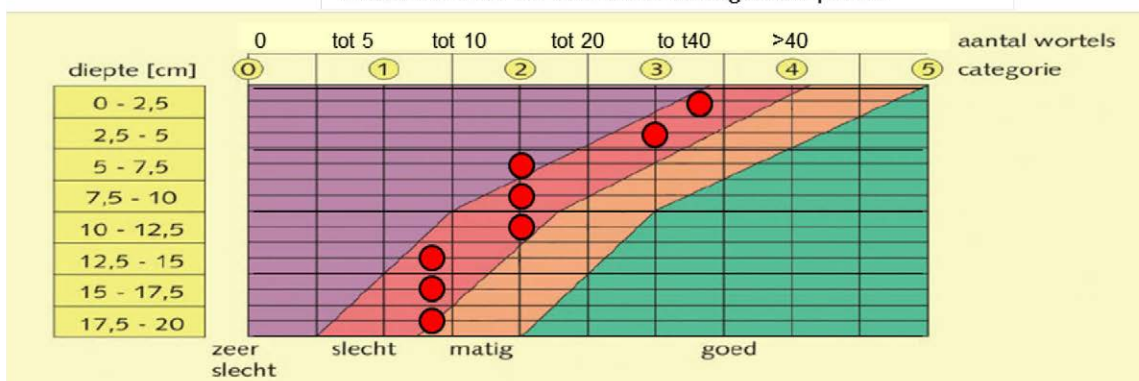
locatie 9 schipluiden, Holierhoekse en Zouteveense



Figuur 9 doorworteling locatie 9; Schipluiden, Holierhoekse en Zouteveense polder met gazon beheer.

Opvallend is dat de doorworteling in de eerste twee bodemlagen (tot 10 cm) zeer goed is.

locatie 10 Oud- en Nieuwe Wateringveldse polder



Figuur 10 doorworteling locatie 10; Oud- en Nieuwe Wateringveldse polder met klepelbeheer. De doorworteling scoort in de alle bodemlagen slecht.

In de tabel hieronder (8) is weergegeven wat de kwaliteitsscore van de zode van de 10 onderzochte kades van Delfland is, op basis van de doorworteling, bepaald op basis van toetsingsregels van de VTV (VTV bijlage 8-1). De kwaliteitsscore slecht tot matig betekent dat de doorworteling niet positief bijdraagt aan de goede erosiebestendige grasmat. 7 van de 10 locaties hebben een slechte tot matige doorworteling in de bovenste 20 cm. De locaties met score 'matig tot goed' worden allemaal beweide, terwijl de locaties met 'slechte' doorworteling allebei gemaaid worden (waarvan één geklepelde).

Tabel 8

Kwaliteitsscore van de zode van de 10 onderzochte kades van Delfland, volgens de VTV-methode.

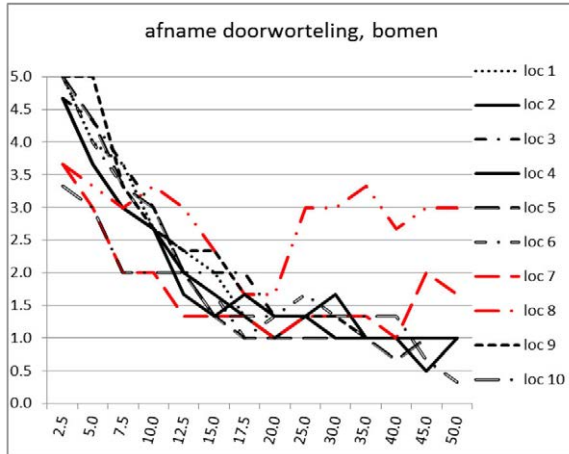
Kwaliteitsscore VTV	Locatie
Slecht	7, 10
Slecht tot matig	2, 4, 5, 6, 8
Matig tot goed	1, 3, 9

b) Doorworteling tot 50 cm diep

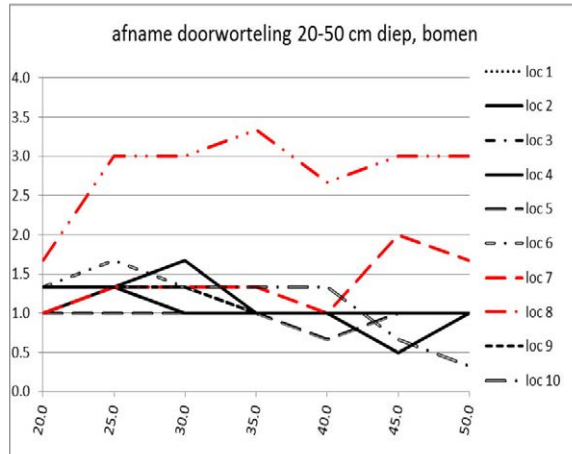
Hieronder is voor alle locaties de doorworteling tot 50 centimeter diep weergegeven in lijn twee grafieken. Per grafiek zijn alle 10 locaties weergegeven, waarbij de locaties met bomen zijn uitgelicht. Te zien is dat de doorworteling af neemt met de diepte. Dit is altijd zo (bijv. Schenk & Jackson 2002). Grafiek 11 en 12 laat in rood de doorworteling zien op de 2 locaties waar bomen voorkomen. Zowel de

rode (locaties met bomen) als de zwarte lijnen laten in de eerste 20 centimeter hetzelfde verloop zien; boven in meer wortels, onder in minder wortels. Wat verder nog opvalt in grafiek 11 is, dat de doorworteling van de eerste bodemlaag (0-2,5 cm) bij vrijwel alle locaties 4,5 of hoger scoort. Alleen de locaties 7,8 waar bomen staan, en locatie 10, met een klepelmaaibeheer scoren relatief laag in de eerste bodemlaag.

Op een diepte van 20 en 40 centimeter neemt de doorworteling op de locaties met bomen echter weer toe (rode lijnen). Op plekken waar bomen staan zijn aantoonbaar meer wortels op grotere diepte.



Figuur 11 Doorworteling van de zode tot 50 centimeter diep voor alle locaties, waarbij de twee locaties met bomen (7,8) met rood zijn weergegeven. Op de y-as staan de worteldichtheidsklassen (zie paragraaf 2.2).



Figuur 12 Doorworteling van de zode van 20 - 50 centimeter diep voor alle locaties, waarbij de twee locaties met bomen (7,8) met rood zijn weergegeven. Op de y-as staan de worteldichtheidsklassen (zie paragraaf 2.2).

2.1.4 Bodemgegevens (textuur)

De samenstelling van de bodemtextuur is geanalyseerd door Fugro Geoservices bv te Leidschendam. De drie belangrijkste bodemfracties, zand, silt en klei zijn in percentages weergegeven. Zand is de fractie die groter of gelijk is aan 63μ (0,063 mm). Klei is de fractie die kleiner is dan $0,2 \mu$ (0,02 mm). Silt is de fractie tussen klei en zand in.

Tabel 9

Zand, silt en klei gehalten van de geanalyseerde bodemonsters van de 10 onderzochte locaties in het Hoogheemraadschap van Delfland. De blauw gearceerde locaties zijn locaties waar in 2013 scheuren geconstateerd zijn, de vetgedrukte getallen zijn locaties die meer dan 40% zand bevatten, paarse getallen zijn gemiddelde waarden over de categorieën scheur/geen scheur.

ref nr	Locatie	% zand gehalte	% gem zand	% Silt	% gem silt	% Klei <0.002 μ	% gem klei	% < 0.63 μ (silt + klei)
6	Duifpolder noord	27.9	34.8	57.2	52.7	14.9	12.5	72.1
7	Duifpolder zuid	41.4		50.4		8.2		58.6
3	Polder Schieveen west	39		48.5		12.5		61
5	Woudsepolder	31		54.8		14.2		69
8	Kerstanjepad	44.6	43.3	46.7	46.3	8.7	10.4	55.4
1	Kralingerpolder zuid	47.9		43.8		8.3		52.1
2	Kralingerpolder noord	35.5		52.3		12.2		64.5
4	Polder Schieveen oost	38.1		49.2		12.7		61.9
9	Schipluiden, Holierhoekse en Zouteveense polder	66.5		26.7		6.8		33.5
10	Oud- en Nieuwe Wateringveldse polder	27.3		59.2		13.5		72.7

In de VTV (2006) en in Kruse (2010) wordt een gehalte van 40% voor zand als maximale waarden voor erosiebestendige klei (categorie 1 en 2) aangehouden. Bij zandgehaltes hoger dan 40% is de onderlinge cohesie tussen korrels in kleigrond zeer gering in vergelijking met erosiekrachten (Kruse, 1998). Opvallend is dat zowel locatie 7, 8, 1 en 9 niet voldoen aan deze norm (vetgedrukte resultaten). Het gemiddelde %zand voor de locaties met scheur (6, 7, 3 en 5) is 35%. Het gemiddelde %zand voor de locaties zonder scheur (8, 1, 2, 4, 9, en 10) is beduidend hoger, circa 43%. Het gemiddelde bij kleigehalte tussen wel en geen scheur ontloopt elkaar niet veel (circa 12% met scheur ten opzichte van 10% zonder scheur). Het gemiddelde bij siltgehalte tussen plekken met en zonder scheuren is circa 53% met scheur ten opzichte van 46% zonder scheur. Het verschil tussen locaties met scheuren en zonder scheuren is dus het grootst bij de zandfractie. Overigens is voor scheurvormig de lutumfractie belangrijker dan de zandfractie. De bodemgegevens wijzen sowieso op relatief zavelige bodem op alle locaties. In feite zijn het geen echte kleigronden, maar lichte zavels. In het onderzoek van 2013 (van den Akker et al, 2013) bevatten de geanalyseerde bodemonsters een hoger percentage lutum en een lager percentage silt, deze beproefde monsters bevonden zich op wat grotere diepte, een diepte van circa 0,25 m à 1,0 m beneden maaiveld.

2.2 Interviews

De interviews gaven een goed beeld van de praktijk van inspectie, onderhoud en beheer van kades. Diverse opmerkingen uit de interviews zijn verwerkt in de discussie. Hieronder een aantal veelvoorkomende items

Scheurvorming

Het probleem is serieus, maar de mate ervan verschilt per waterschap. De meeste waterschappen hogen hun kades gemiddeld elke 10 jaar met 20-30 cm op met klei en kleihoudende grond. Bij deze ophoging wordt gras soms 'opgeruwd' (als water al hoog staat), op plekken waar het kan (water lager staat) wordt de dijk eerst gefreesd. Een goede methode is het verwijderen van de bovengrond, dijk verhogen en vervolgens de bovengrond weer terugzetten. Hiermee komt weer snel een begroeiing tot

stand en kunnen zelfs aanwezige plantensoorten terugkomen. Sommige waterschappen hebben geëxperimenteerd met het nathouden van kades tijdens droge perioden (irrigatie, omgekeerde drainage). Dit blijkt in de praktijk geen haalbare kaart.

Grond voor ophoging

In het kader van erosiebestendigheid wordt geadviseerd gerijpte klei van klasse 1 (< 40% zand) te gebruiken. In de praktijk is dit vaak moeilijk te krijgen. Het is daarmee duur en bovendien is de grond vaak nat en nog niet voldoende gerijpt. Juist de ongerijpte klei krimpt na en veroorzaakt scheurvorming. Het is belangrijk goed onderscheid te maken tussen primaire keringen en regionale keringen. De kades uit dit onderzoek zijn allen regionale keringen. Hier speelt erosiebestendigheid een relatief minder belangrijke rol (geen golfslag) en is scheurvorming belangrijker. Het Hoogheemraadschap van Delfland onderhoud haar regionale keringen op een laag overslagdebiet van 0,1 l/min. De erosiebestendigheid is dan minder belangrijk. Als beheerders mag dan met klasse 2 of 3 klei gewerkt worden. Vanuit de optiek van scheurvorming hoeft dit geen probleem te zijn. Sterker nog, bij Hoogheemraadschap Schieland & Krimpenerwaard ontstonden juist problemen met scheurvorming op locaties waar met klasse 1 klei gewerkt werd. Om kosten te besparen verdient het de aandacht om ongerijpte klei tijdig lokaal op depot te zetten en te laten rijpen. Anderzijds rijpt de opgebrachte klei op de kade juist heel goed. De laag is dun, de ontwatering is goed maar een dunne ongerijpte deklaag gaat tijdens de periode van rijping wel scheuren. Een alternatief is dus dat de kade na rijping een nabehandeling krijgt om de dichtheid wat hoger te krijgen.

Beheer

Diverse waterschappen hebben maar 10-40% van de dijken zelf in beheer. De rest wordt beheerd door particulieren of wordt verpacht. Dijken die waterschappen zelf in beheer hebben worden vaak 2x per jaar gehooit of geklepeld, dit verschilt per waterschap. Ondanks de hogere kosten van maaien met afvoer, zien waterschappen de nadelen van klepelbeheer (holle zode, slechte doorworteling) meer in. Vroeger veel klepelen, nu vaker maaien en afvoeren. Op verpachte stukken is doorgaans bemesting verboden en men ziet men liever schapen dan koeien. Toch wordt op bemesting niet streng gelet en de praktijk is dat er door diverse schapenboeren wel bemest wordt. Bij de meeste waterschappen worden tegenwoordig op de kade alleen schapen en geiten toegestaan.

Bomen

Bij alle waterschappen zijn bomen ongewenst op dijken en kades. De diepere doorworteling lijkt lokaal voor kwel (natte plekken) te zorgen en bij storm is er gevaar voor omwaaien van de bomen, waardoor er grote schade aan de dijk/kade kan ontstaan. Delfland heeft aangegeven dat op verschillende locaties in hun gebied lekkage door bomen is waargenomen. Op sommige plaatsen worden bomen gedoogd vanuit cultuurhistorisch oogpunt. In de praktijk is het voor een waterschap moeilijk om bomen op dijken te kappen vanwege omwonenden die de bomen willen behouden. Waterschappen moeten, vanwege het landschappelijke karakter van bomen, vaak een afweging maken tussen de veiligheid in het achterliggende gebied/polder en de cultuurhistorische waarde van een boom.

Inspecties

Tijdens droge periodes worden dijken geïnspecteerd op scheuren. Dan is het even piekdrukke. Sommige waterschappen leiden zelfs vrijwilligers op om tijdens droogte mee te helpen. Er bestaan wel zorgen over de kwaliteit inspecteurs, niet iedereen is gewend scheuren te zien. Een voordeel van begrazing t.o.v. maaien is dat je de scheuren beter kunt zien. Opvallend is dat veel inspecteurs aangaven dat er meer scheuren voorkomen bij beweiding. Waarschijnlijk worden de scheuren in hooilanden minder goed gezien en onderschat. Inspectie van scheuren op hooilanden zou plaats moeten vinden vlak na de maaibeurt. Maar dat hoeft niet samen te vallen met een droge periode. Eén waterschap verzoekt tijdens een droge periode aan de beheerders om deze vlak voor de inspectie te maaien. Hier wordt goed gehoor aan gegeven. Scheuren treden vaak op dezelfde plekken op. Een advies voor inspecties: alle scheuren vastleggen met GPS en opnemen in databank. Daarmee kun je volgend jaar veel gericht zoeken en kun je veranderingen volgen. Hier begint Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier nu mee. Hier zou je overigens een app voor smartphones voor kunnen ontwikkelen, analoog aan apps die bestaan voor waarneming.nl (bijv. Obbsmap) en die gebruik maken van GPS.

Probleemsoorten

Aan alle geïnterviewde personen is gevraagd of er specifieke probleemsoorten (plant of dier) optraden. Het ging vaak om dezelfde soorten. De genoemde soorten staan genoemd in paragraaf 3.3.1.

2.3 Literatuuronderzoek

Uit de interviews is naar voren gekomen dat er op dijken en kades soms soorten voorkomen, die de waterschappen liever niet op waterkeringen zien. Deze aandachtsoorten kunnen zowel planten- als diersoorten zijn. Er wordt zoveel mogelijk geprobeerd om door middel van beheer de aantallen van deze soorten in de hand te houden. Hieronder zijn enkele soorten beschreven met uit de literatuur bekende aanpak om ze in toom te houden.

2.3.1 Probleemsoorten

Planten

Reuzenberenklauw

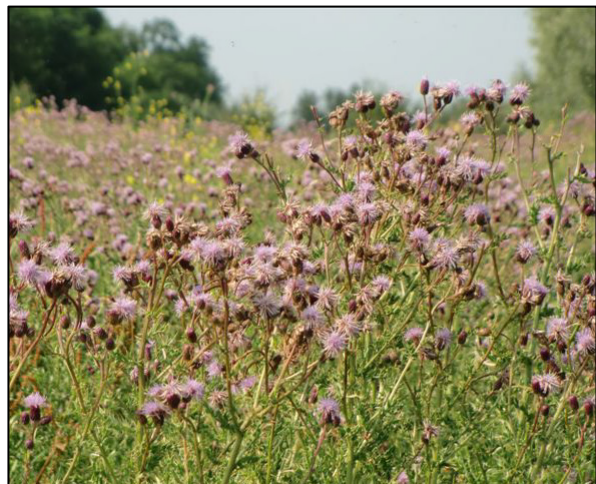
De Reuzenberenklauw komt vooral voor op stikstofrijke, vochtige grond zowel in de volle zon als in halfschaduw. De plant komt vooral voor in graslanden, bosjes en vergeten hoekjes. De bladeren van de plant zijn bedekt met haartjes. Het sap uit de haartjes kan de huid irriteren en brandwonden veroorzaken, of kan bij contact met de ogen blindheid veroorzaken. Eén van de methoden om de Reuzenberenklauw te bestrijden is een aantal jaren lang de plant vóór de bloei (voor zaadzetting) te maaien (vaak meer keren per groeiseizoen), en het maaisel af te voeren (Nielsen, 2005). Nielsen vermeldt ook nog andere methoden voor de bestrijding van berenklauw, zoals het doorsnijden van de wortels, het afsnijden van bloeiende planten, of het laten afgrazen van de gehele plant. Begrazing met geiten wordt door beheerders uit de praktijk ook gemeld.



Reuzenberenklauw. GerardM at nl.wikipedia

Akkerdistels

De akkerdistel komt voor op open, matig droge tot vochtige, voedselrijke bodems. De akkerdistel maakt ondergrondse stengels (rizomen). Deze rizomen kunnen weer gemakkelijk uitgroeien tot een nieuwe plant. Akkerdistel (en andere soorten met doorns) zullen op dijken die permanent begraasd worden en niet gehooïd vaak optreden. Vee vindt dit soort planten doorgaans minder lekker om te eten. De akkerdistel is te bestrijden door een aantal jaren lang de plant vóór de bloei (voor zaadzetting) te maaien (vaak meer keren per groeiseizoen) en het maaisel af te voeren, of door een aantal keren per groeiseizoen, enkele jaren lang, de distels uit te steken (Adrichem, 2012). Zie ook:



Akkerdistel. J. Y. Frissel

<http://www.inagro.be/Publicaties/Documents/Akkerdistel%20NL.pdf>

Grote brandnetel

De grote brandnetel komt vooral voor op stikstofrijke, humushoudende grond, op open ruderaal terreinen. De grote brandnetel is een indicatorsoort voor stikstof en verstoorde bodem of plekken waar tuinafval gestort is. Het is een soort die door klepelbeheer bevoordeeld wordt, aangezien het maaisel zorgt voor ophoping van stikstof. De brandnetel heeft brandharen op zijn bladeren, die bij aanraking een lichte pijn veroorzaken. De grote brandnetel is vrij gemakkelijk te bestrijden door de netel een aantal keren in het groeiseizoen af te maaien, en af te voeren, en de ontstane open plekken van de zode door te zaaien met (gras)zaad. Zo nodig enige jaren de brandnetel tijdig blijven afmaaien en afvoeren.



Grote Brandnetel. J.Y. Frissel

Japanse duizendknoop

De Japanse duizendknoop is een exoot. Hij groeit in groepen, meestal op voedselrijke natte en droge bodems en staat het liefst in de volle zon, maar schaduw wordt goed verdragen. De plant wortelt diep, vormt stevige wortelstokken, en heeft een enorme groeikracht waardoor hij andere soorten gemakkelijk verdringt. De Japanse duizendknoop is te bestrijden door een aantal jaren lang de plant meer keren per groeiseizoen te maaien en het maaisel af te voeren. Let op: uit het maaisel kunnen ook weer nieuwe planten ontstaan. Zie ook: Bestrijding van invasieve exoten, Japanse duizendknoop. <http://www.amersfoort.nl/4/exoten/Factsheet-Japanse-Duizendknoop.pdf>



Japanse duizendknoop. Ad Schoutens

Groot hoefblad

Groot hoefblad is een plant met zeer grote bladeren die vaak langs oevers ziet. Door zijn grote bladeren verhindert hij de groei van andere soorten en de bodembedding is heel laag. Dit is slecht vanuit oogpunt van erosiebestendigheid. Hij komt voor op vochtige voedselrijke bodems. De plant vormt wortelstokken, waarmee ook de verspreiding plaats vindt. De plant is vrijwel alleen te bestrijden door de wortelstokken uit te graven, of door de plant een paar keer per groeiseizoen te maaien, enige jaren achter elkaar en het maaisel af te voeren. Let op: uit het maaisel kan ook weer een nieuwe plant ontstaan.



Groot hoefblad. Ellywa at nl.wikipedia

Dieren

Mollen

De mol is een vrij klein, bijna blind zoogdier dat grotendeels onder de grond leeft. Mollen houden niet van extreme droogte, of extreme natheid (overstroming). In de kade kunnen mollen gangen en holen graven en molshopen opgooien. Hierdoor kan het dijklichaam of de zode van de grasmat flink beschadigen. Op plekken van molshopen kan de vegetatie niet doorgroeien, en zal onder de molshoop afsterven. Om het effect van molshopen teniet te doen, kan de kade enkele malen per jaar met een weidesleep behandeld worden. De gangen van mollen hebben een negatief effect op erosiebestendigheid, en kunnen als transportgang voor water dienen. Het bestrijden van mollen gebeurt meestal door het wegvangen van de dieren. De meeste waterschappen melden dat de huidige bestrijding van mollen voldoende is.



Mol, Dieder Plu

Muizen

Muizen zijn kleine zoogdieren en leven grotendeels ondergronds. Op kaden en dijken komen veel verschillende soortengroepen voor, maar worden hier als één groep behandeld. In dijken/kades zijn veldmuizen de meest voorkomende soort. Vaak komen muizen voor op kades met een vrij lange vegetatie (hooilanden) waar de soort dekking heeft tegen roofvogels. In de kade kunnen muizen gangen en holen graven, waardoor ze het dijklichaam of de zode van de grasmat kan beschadigen. Het bestrijden van muizen kan plaatsvinden door het inzetten van roofvogels, maar dit wordt in de praktijk op dijken niet gedaan. De muis voelt zich ook minder thuis in korte, lage vegetaties. In de praktijk worden muizen bij waterschappen zelden bestreden.



Veldmuis, Dieter TD nl.wikipedia

Muskusratten (Bisamrat, Waterkonijn)

De muskusrat is een knaagdier van circa 30-40 cm groot. De muskusrat leeft langs zoetwater met begroeide oevers. In de oever of in het talud kan de muskusrat gangen graven, waarvan de ingangen meestal onzichtbaar onder het wateroppervlak liggen. Muskusratten zijn exoten en kennen geen natuurlijke vijanden. Onderzoek naar muskusratten en de veiligheid van dijken door de Landelijke Coördinatie Commissie Muskusrattenbestrijding heeft aangetoond dat graverijen van muskusratten de veiligheid van dijken aantast.



Muskusrat. Dave Menke, Wikimedia commons

http://www.muskusrattenbestrijding.nl/WP/wp-content/uploads/jaarverslag_2007.pdf Bestrijding van muskusratten vindt plaats door het wegvangen van de dieren. De huidige praktijk van het bestrijden van muskusratten wordt door de waterschappen afdoende, maar ook zeer noodzakelijk geacht.

Beverrat

De beverrat is een knaagdier en lijkt veel op een muskusrat, maar is groter (tot circa 1 meter lang). De beverrat is een exoot en komt nog veel voor in Nederland. Hij heeft de voorkeur voor stilstaande wateren met dichte begroeiing, maar kan ook in langzaam stromende rivieren voorkomen. De beverrat is een echte graver, en graaft als hol, een gang in een steile oever of een dijk, vlak boven de waterspiegel. In sommige gebieden worden beverratten met succes opgevangen tussen de grens van Nederland en Duitsland



Beverrat. Bron: wikipedia

Bever

De bever is een knaagdier van ongeveer 75 tot 90 centimeter groot. In Nederland is de bever beschermd. De soort doet het erg goed de laatste jaren en breidt zich uit. Bevers zijn afhankelijk van gebieden met water en aangrenzende bosgebieden. Ze hebben een voorkeur voor riviervalleien met veel uiterwaarden, begroeid met zachthout. Schade door bevers kan optreden door het bouwen van dammen, vraat aan wilgen en graafschade aan oevers en waterkeringen. Omdat de bever beschermd is, mag deze niet bestreden worden. Sommige waterschappen graven bij het ophogen van kades tevens netten/gaas in om schade door bevers of beverratten te voorkomen.



Bever, J.Y. Frissel

Amerikaanse rivierkreeft of rode rivierkreeft

Een nieuwkomer in de probleemsoorten is de Amerikaanse rivierkreeft. Het is een exoot, en heeft zich sinds enkele jaren in Nederland gevestigd. Hij leeft in zoete wateren, en verspreid zich razendsnel. Volwassen exemplaar zijn circa 12 - 17 cm groot. De Amerikaanse rivierkreeft kan de afname van waterplanten en de toename van de troebelheid veroorzaken. (Roesink et al, 2007). Maar door dijkbeheerders wordt ook genoemd dat ze gangen graven op de grens met de waterlijn.

Beheerstrategieën voor deze kreeften zijn

op te delen in wetgeving, die ervoor moet zorgen dat deze dieren überhaupt niet geïntroduceerd worden, en bestrijdingstechnieken om eenmaal aanwezige populaties te beheren. Een combinatie van mechanische bestrijding van de grote, reproducerende exemplaren en biologische bestrijding middels predatoren van de jonge dieren lijkt het meest potentieel te hebben (Roessink et al, 2007). Verder wordt er nog gezocht naar de meest effectieve methode. Momenteel is Alterra bezig met een onderzoek naar de rivierkreeften (Groot, 2014).



Amerikaanse rivierkreeft, man (*Procambarus clarkii*).
F. Ottburg

2.3.2 Vegetatie en beheer van waterkeringen.

Er is de loop van de jaren veel onderzoek gedaan naar de relatie van vegetatie en beheer op Waterkeringen. Voor alle soorten beheer geldt dat het dagelijks of regulier beheer goed en zorgvuldig uitgevoerd moet worden. Dit betekent dat maaien en weiden moet gebeuren om het moment dat het nodig is en niet op het moment dat het (de aannemer) het beste uitkomt. Bij het maaien moeten overhoekjes en paaltjes niet overgeslagen worden. Een aandachtspunt is de gedragscode van de Unie van Waterschappen (Unie van Waterschappen 2012). Hierin staat dat graslanden (kades, dijken) bij voorkeur na 15 juli gemaaid dienen te worden. Vanuit vegetatiekundig oogpunt is dit op voedselrijke kleibodems echter te laat. Het verdient aanbeveling eerder te maaien (vanaf 1 juni) en dan de nesten van eventueel broedende vogels op te sporen en deze te ontzien. Zowel Sprangers (1996) als van der Zee (1992) vinden relaties tussen het gevoerde beheer en aanwezigheid van hoeveelheid wortels, ook in de diepere lagen. In het Technisch rapport erosiebestendigheid van graslanden als dijkbekleding (TWA, 1998), als in het Voorschrift toetsen op Veiligheid (VTV, 2006) worden verschillende soorten vegetaties met hun doorworteling besproken. In grote lijnen kan gezegd worden dat de wortels dieper wortelen bij een hooibeheer (maaien en afvoeren van vegetatie, circa 2 maal per jaar), en dat bij beweiding en vaak maaien (gazonbeheer of productiegrasland) de doorworteling vooral in de eerste 10 centimeter onder de zode is geconcentreerd. In beide typen komen echter verschillende soorten grassen voor. Van Eekeren (2009) noemt het gebruik van verschillende graslandplanten een makkelijke manier om door management de beworteling te stimuleren. Uit recent onderzoek van Mommer (2010) en Ravenek (2014) blijkt dat soortenrijke graslanden ca. 40% meer wortelbiomassa produceren in vergelijking met monocultures van één soort. Eenvoudig gesteld: In soortenrijke graslanden is er meer differentiatie in worteltypen van de verschillende plantensoorten en wordt ondergronds de wortelruimte beter benut. Dit heeft direct gevolgen voor de hydrologie van de dijk en dus voor ontstaan scheuren.

De invloed van vegetatie en beheer op erosiegevoeligheid.

Zoals door onder andere Sprangers (1996), VTV (2006), TAW (1998) en vele anderen wordt vermeld, is het mogelijk om een erosiebestendige grasmat te realiseren door middel van een gericht beheer en onderhoud. De algemene kenmerken hiervoor zijn: maaien en afvoeren van het gewas, geen (extra) bemesting, alléén pleksgewijze chemische bestrijding van plaagsoorten. Toelichting waarom weinig bemesting: Als er meer nutriënten zijn, investeert de plant relatief minder in de wortels. Daarom ook niet te vaak maaien: dan investeert de plant in de wortel i.p.v. de spruit (Poorter et al 2012). Soortenrijke vegetaties zijn doorgaans goed bestand tegen erosie. Maar ook minder soortenrijke graslanden kunnen voldoende erosiebestendig zijn, mits de zode maar goed dicht is (hoge bedekking). Het vegetatietype/beheer dat er in negatieve zin uitspringt is het 'verruigde' hooiland, wat ontstaat bij een beheer van maaien en laten liggen van het maaisel (klepelen). Zowel de doorworteling als de bedekking (open zode) zijn bij dit type slecht.

Doorworteling heeft ook effect op aggregatie van bodem. Bekend is dat plantenwortels de aggregaatstabiliteit kunnen beïnvloeden door het uitscheiden van wortelsappen (exudaten) die kleinere deeltjes binden aan grotere aggregaten. Tussen verschillende plantensoorten bestaan verschillen in de hoeveelheid exudaten die ze uitscheiden. Over het algemeen geldt: hoe hoger de wortellengte-dichtheid en hoe hoger het aandeel wortelharen, hoe meer exudaten de planten uitscheiden (Materechera *et al.*, 1994). Daarnaast is bekend dat eenzaadlobbige planten doorgaans een hoger aandeel exudaten uitscheiden dan tweezaadlobbigen (Amezketta, 1999; Gyssels *et al.*, 2005).

Niet alleen direct, maar ook indirect kunnen plantenwortels aggregatie beïnvloeden. Bij het opnemen van water, zal de grond lokaal uitdrogen wat de binding tussen wortellexudaten en kleideeltjes bevordert (Reid & Goss, 1982). Daarnaast stroomt het water bij voorkeur langs de levende wortels, door de aanwezigheid van een verzadigde waterfilm langs de wortels (Six *et al.*, 2004). Een vermindering van 10 tot 20% aggregatie werd gevonden in gronden die continu nat werden gehouden ten opzichte van gronden die periodiek droog-nat waren (Reid & Goss, 1982; Materechera *et al.*, 1994)".

2.3.3 Invloed van vegetatie op doorworteling en uitdroging van grond

Uitdroging van de bodem wordt veroorzaakt door verschillende processen. Verdamping van de zode, bodemsamenstelling, waterdoorlaatbaarheid, waterstromingen, hoogte, vegetatie, vegetatie bedekking en doorworteling van de bodem zijn enkele van die processen. Enkele factoren worden hieronder benoemd.

Van Eekeren (2011) laat zien dat percelen met een minder diepe doorworteling droogtegevoeliger zijn dan dieper doorwortelde percelen. Omgekeerd drogen dieper doorwortelde vegetaties de bodem meer uit. Ook hebben proeven aangetoond dat de verticale gangen die regenwormen maken “gebruikt” worden door wortels, waardoor deze gewassen dieper kunnen wortelen. In feite zou je kunnen stellen dat een grotere erosiebestendigheid met meer en diepere doorworteling dus tegengesteld werkt aan het tegengaan van scheurvorming door uitdroging van klei door verdamping. Vanuit het oogpunt van erosiebestendigheid is een beheer gewenst dat leidt tot diepere beworteling. Dieper wortelende vegetaties gebruiken de waterresources vollediger, waardoor er voor de vegetatie minder snel een droogte effect ontstaat met afstervende planten (Hier komt ook het diversiteitseffect weer om de hoek kijken: diversere vegetaties wortelen meer en dieper). Maar deze betere benutting van het water veroorzaakt dus ook een verdrogend effect in de diepere bodemlagen. Dit wordt gedeeltelijk weer teniet gedaan door de aggregatievorming van de bodem onder invloed van wortels, maar waarschijnlijk niet helemaal. Dit zou intensiever onderzocht moeten worden.

Circa 95% van water dat door de wortels van de boom wordt opgenomen verdampt (Platje, 2003). Slechts 5% wordt gebruikt voor de voor groei. De vuistregel voor hoeveelheid wateropname bij bomen is: grondoppervlak bedekt door kroon in m² * gemiddelde dagelijkse verdamping per mm². Hoe groter dus de boom, hoe meer water de boom uit de bodem zal onttrekken.

Verdamping

Verdamping is één van de factoren die zorgt voor het uitdrogen van de bodem. Als de textuurbepalingen kloppen, dan betreft het in de meeste onderzoeklocaties sterk opdrachtige gronden (dus een sterke capillaire opstijging). Omdat van een echte kleigrond de doorlatendheid de opwaartse toevoer door capillaire werking kan beperken, kan een kleigrond wat dat betreft ook droogtegevoelig zijn (J. van den Akker, pers. med.).

Albedo (1990) vermeldt dat bossen meer potentiële verdamping laten zien (430 -800 mm p/jaar) ten opzichte van lagere vegetaties (0 - 550 mm p/jaar). Ook Jansen (1995) meldt een potentiële verdamping van 399 mm voor schraalgraslanden. Hij constateert een toename van verdamping in het groeiseizoen (dwz van april tot augustus) in grasland, gevolgd door een geringe afname in september. Oostindie (2012) noemt een gereduceerde transpiratie bij een zo kort mogelijk gewas. Hogere vegetaties verdampen meer dan korte vegetaties. Schuring (1990) geeft eveneens een hoge relatieve verdampingswaarden voor bomen, en vermeldt specifiek de grote waterbehoefte van wilg (*Salix alba*)

Bakker et al (1995) en Van den Akker et al (2013) melden dat bomen twee keer zoveel verdampen als gras, en dat ze de grond binnen het wortelstelsel zeer doorlatend maken met veel permanente scheuren. Verder vermeldt Ponsteen (2014) dat gewasverdamping de grond gemiddeld tot 1 á 2 meter diep uitdroogt. In de praktijk is dit echter complex, dit hangt af van beschikbaarheid grondwater, capillaire nawerking en wortelpatronen. De verdamping is behalve van meteorologische grootheden zoals de zonnestraling en de temperatuur afhankelijk van niet-meteorologische omstandigheden zoals de bodemvochtigheid, het groeistadium van de gewassen en de bodembedekkingsgraad (KNMI)

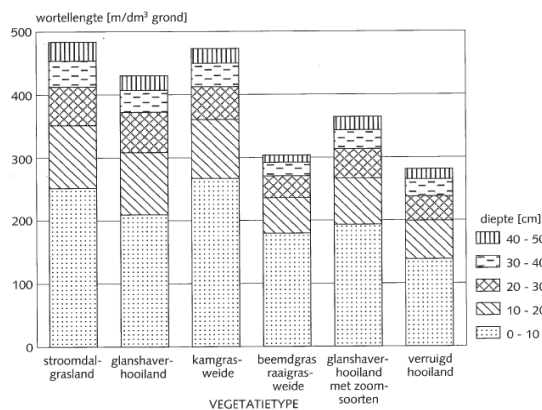
Volgens Zanetti (2011) hangt de doorwortelingsstructuur van bomen op dijken o.a. af van boomsoort, leeftijd, dijkmateriaal/bodemsamenstelling, bodemdichtheid, bemesting, hoeveelheid water. Ook meldt hij dat boomwortels interne erosie kunnen veroorzaken. Dit laatste kan optreden wanneer door verdroging kripscheuren in de klei rond de wortels ontstaan, waardoor vervolgens water door de dijk kan sijpelen. Dit kan overigens ook optreden wanneer bomen op dijken gekapt worden en de wortels daarna geleidelijk afsterven.

Ook Duursma (2011) meldt dat grote bomen water kunnen opnemen beneden 1,5 meter diep, en dat grotere bomen dieper water onttrekken dan kleinere bomen. Er is echter geen direct verband gevonden tussen wortelbiomassa en totale hoeveelheid aanwezig water voor opname. Wel is

watergebruik van bomen onafhankelijk van de bodemvochtigheid in de bovenste 80 centimeter van de bodem.

De relatie tussen verdamping, verdroging, neerslag en vegetatie is genuanceerd. In grote lijnen kun je zeggen dat hoger opgaande begroeiing meer verdampt (en verdrogend effect heeft op de bodem) dan korte vegetaties. Maar de intensiteit van de neerslag speelt ook een rol. Bij regelmatig een kleine bui bereikt niet al het water de bodem, maar blijft hangen in boomkroon of vegetatie (interceptie). Bij hevige buien bereikt dit water de bodem wel. Waterschap Rivierenland is in 2013 gestart met een droogtestudie regionale keringen met sensoren in de bodem (Effing 2014). Tussentijdse resultaten wijzen er ook op dat korte vegetaties minder verdampen (vochtiger bodem) dan hoog opgaande vegetaties. Kort gezegd, permanent begraasde weilanden verdampen minder dan hooilanden die één of twee keer per jaar gemaaid worden.

2.3.4 Doorworteling van individuele soorten,



In de literatuur zijn slechts van een aantal soorten specifieke informatie gevonden over de doorworteling van individuele soorten die op kaden voorkomen. In Bijlage 3 is een tabel overgenomen uit Van der Zee (1992) met een aantal doorworteling karakteristieken (onder andere: relatief diep wortelstelsel en grote wortelhoeveelheden) van enkele graslandplanten. In figuur 13 staat de gemiddelde worteldichtheid per plantengemeenschap weergegeven (van der Zee 1992).

Figuur 13 Doorworteling per vegetatietype

Van Eekeren (2009): Engels raai-gras heeft een fijn vertakt wortelstelsel. Soorten als Luzerne en Rode klaver kunnen met hun penwortel water onttrekken uit diepere bodemlagen. Engels raai-gras heeft de meeste doorworteling in de bovenlagen van de bodem, Rietzwenkgras daarentegen heeft de meeste doorworteling in de diepere bodemlagen. Kropaar zit er tussen in.

In 2013/2014 is bij de Wageningen Universiteit een project gestart met inzaai van een aantal individuele soorten op dijktafuds. De resultaten hiervan zijn (nog) niet gepubliceerd. Wat hier in ieder geval opvalt, is de goede en fijn vertakte doorworteling van Rood zwenkgras (Liesje Mommer, pers med.) Dit komt overeen met de bevindingen uit bijlage 3. Vaak hebben soorten die van nature groeien op minder voedselrijke standplaats een betere doorworteling (dieper en fijner vertakt). Dit is niet onlogisch, planten die groeien op plekken met overmaat aan stikstof (bijv. Brandnetel) hoeven minder energie in hun wortels te steken.

In 2014 is in opdracht van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier ook een monitoringsexperiment gestart naar de effecten van de diversiteit en vegetatiesamenstelling op de erosiebestendigheid van de Purmerringdijk. De Radboud Universiteit van Nijmegen en Alterra zijn hierbij betrokken. De Purmerringdijk is een regionale kering die versterkt moest worden. De kadeverbetering biedt een mooie kans om de toepassing van verschillende gangbare en nieuwe zaadmengsels te testen, waarbij delen van de dijk als proeflocatie dienen. In dit experiment worden een aantal nieuwe gras-kruidentmengsels getest op diverse eigenschappen. Uitgaande van bestaande grasmengsels, zijn een aantal kruiden bijgemengd, kenmerkend voor hooibeheer of weidbeheer. Het is interessant om dit experiment de komende jaren te volgen.

3 Conclusies en aanbevelingen

Op basis van de inventarisatie van de 10 proeflocaties, de gehouden interviews en het literatuur onderzoek zijn een aantal (voorzichtige) conclusies getrokken en een aantal praktische adviezen opgesteld voor het beheer van kleikaden op veen. Voorop gesteld moet worden dat het onderzoek bescheiden van omvang was en dat 10 proefvlakken te weinig zijn om een representatieve steekproef te vormen. De gevonden verschillen zijn daarom ook niet getoetst op significantie. Wel geven de resultaten in combinatie met de literatuur en ervaringen van dijkbeheerders een beeld in dezelfde richting. Hieronder de belangrijkste bevindingen.

Tabel 10

Gemiddelde zandfractie en verdeling beheer over locaties met en zonder scheuren

	scheur	Geen scheur
% zand gemiddeld	35%	44%
% hooi beheer	75% (3)	33% (2)
% weide beheer	25% (1)	67% (4)

Bodem

Op de locaties waar scheuren zijn aangetroffen is de zandfractie van de bodem gemiddeld lager (en de kleifractie hoger) dan op plekken zonder scheuren. Dit komt overeen met bevindingen uit eerder onderzoek dat zwaardere klei voor meer scheurvorming zorgt. Overigens is de bodem op basis van de bodemanalyses (bovenste 12 cm) geen echte kleigrond, maar een lichte zavel. Doorgaans is scheurvorming in lichte zavel nihil (J. van den Akker, pers. med). Vanuit optiek van voorkomen van scheuren is een wat hogere zandfractie dus aan te bevelen. In het kader van erosiebestendigheid wordt geadviseerd gerijpte klei van klasse 1 (< 40% zand) te gebruiken. De kades uit dit onderzoek zijn echter regionale keringen. Hier speelt erosiebestendigheid een relatief minder belangrijke rol (geen golfslag). Het Hoogheemraadschap van Delfland onderhoud haar regionale keringen op een laag overslagdebiet van 0,1 l/min. De erosiebestendigheid is dan minder belangrijk. Het is dus geen probleem om voor ophogingen van kades op regionale keringen klei met klasse 2 of 3 te nemen. In de praktijk is dit vaak al het geval. Klasse 1 klei is namelijk moeilijk te krijgen en duur. Daarnaast is de grond vaak nat en nog niet voldoende gerijpt. Juist de ongerijpte klei krimpt na en veroorzaakt scheurvorming. Om kosten te besparen verdient het de aandacht om ongerijpte klei tijdig lokaal op depot te zetten en te laten rijpen.

Beheer & droogtegevoeligheid

Van de kades waar scheuren zijn aangetroffen hadden de meeste een hooibeheer, terwijl de kades zonder scheuren merendeels beweid werden. Hier kan een oorzaak liggen dat bij beweiding de vegetatie doorgaans korter is dan bij maaien en (daarmee ook de doorworteling). Bij maaien zorgt de hogere vegetatie voor een hogere verdamping. De droogtestudie van waterschap rivierenland (Effing 2014) bevestigt dit. Mogelijk zijn door de grotere verdamping vaker scheuren ontstaan. In deze richting is echter meer onderzoek nodig. Gazonbeheer (7-14 x maaien per jaar) heeft in dit kader meer overeenkomsten met beweiding dan met hooibeheer.

Vegetatie

De aangetroffen vegetaties behoren tot soortenarme hooilanden en matig soortenrijke (kamgras)weiden. In de weilanden werd gemiddeld een hoger aantal soorten aangetroffen. Dit is opvallend aangezien goed beheerde hooilanden doorgaans zeker zo rijk aan soorten zijn dan (licht bemeste) weilanden. Mogelijk speelt het late tijdstip van de eerste maaibeurt hier een rol. Wenselijke vegetatie: Verschillende soorten vegetaties zullen voor de kaden van Hoogheemraadschap van Delfland voldoen, maar uit dit onderzoek volgt dat kaden door schapen beweid goed naar voren

komen. De bodem zal hier minder snel uitdrogen omdat de vegetatie kort is. Het aantal soorten per kade is vrij hoog, zodat een mooie gesloten aantrekkelijke kade gezien wordt.

Algemeen advies voor beheer van de vegetatie op dijken/kades

Het dagelijks beheer dient te allen tijde goed uitgevoerd te worden. Dit betekent dat bij een weide beheer overgebleven bloeistengels gebloot moet worden. Bij voorkeur alleen beweiden met schapen, beweiding met koeien of paarden leidt vaak tot schade aan de zode, door grotere massa. Vermijden van intensieve betreding bij bv hekken en voederplaatsen. Bij hooibeheer tijdig de vegetatie maaien en afvoeren, zodat de vegetatie niet plat kan gaan liggen, waardoor verstikking op kan treden. Op kleigrond moeten minimaal 2 x per jaar worden gemaaid. Advies om eerder dan 15 juli de eerste maaibeurt uit te voeren. In de gedragscode flora en faunawet van de Unie van Waterschappen staat dat graslanden (kades, dijken) bij voorkeur na 15 juli gemaaid dienen te worden. Vanuit vegetatiekundig oogpunt is dit op voedselrijke kleibodems echter te laat. Het verdient aanbeveling eerder te maaien (vanaf 1 juni) en dan de nesten van eventueel broedende vogels op te sporen en deze te ontzien.

Voor alle beheervormen geldt:

Zo min mogelijk bemesten (max 70 kg/ha). Verwijderen van veek (vloedmerk, aanspoelsel) en bladafval van bomen op of langs de dijk, om een gesloten grasmat in stand te houden. Schaduwwerking van bomen en bebouwing kan negatief werken op de ontwikkeling van de zode, waardoor de zode opener wordt, en de doorworteling minder. Spoorvorming voorkomen door niet met (te)zwaar materieel over dijken/kades te rijden, zeker niet bij nat weer.

De meeste kades zijn niet in het beheer van het waterschap zelf. De richtlijnen van het waterschap (niet mesten, bij voorkeur niet klepelen) worden lang niet altijd gevolgd. Hier zou strenger op toegezien moeten worden.

Doorworteling

De kwaliteitsscore (toetsingsregels VTV) voor doorworteling van de zode van de 10 onderzochte kades van Delfland is voor geen van de locaties goed. Dit betekent dat de doorworteling niet positief bijdraagt aan de goede erosiebestendige grasmat. In alle gevallen zal voor de erosiebestendigheid de kade afhankelijk zijn van de dichtheid van de zode en type graslandbeheer. In de praktijk speelt erosiebestendigheid op regionale keringen een kleinere rol dan op primaire keringen. In dit onderzoek was de doorworteling op beweidde locaties wat beter dan op gehooide percelen. Voor alle locaties geldt dat de doorworteling sterk afneemt met de diepte. Echter bij de locaties met bomen neemt bij circa 40 centimeter de doorworteling weer toe. De gras- en kruidenwortels zitten vooral in de eerste 40 centimeter van de bodem en de wortels van bomen dieper dan 40 centimeter.

Probleemsoorten

Plantensoorten die beter vermeden kunnen worden zijn snelgroeïende soorten als Reuzenberenklauw, Groot hoefblad en Japanse duizendknoop. Verder zullen enkele exemplaren van Akkerdistel of Brandnetel geen kwaad kunnen, maar moeten haarden van deze soorten vermeden en bestreden worden. Diersoorten die soms voor problemen zorgen zijn mollen, muizen en muskusratten. Doorgaans is de huidige bestrijding hiervan voldoende. Soorten die in de gaten gehouden moeten worden in verband met mogelijke problemen in de toekomst zijn de bever en de Amerikaanse rivierkreeft.

Bomen

Kaden met bomen erop vragen extra aandacht van waterschappen. Met name vanuit veiligheid en beheer zien waterschappen liever geen bomen op kades en dijken. Bomen onttrekken veel water uit de bodem en kunnen scheurvorming in klei versnellen. Op beide locaties met bomen in dit onderzoek waren aantoonbaar meer wortels in de diepere bodemlagen. Dit is op zich ook logisch. Als het bovengrondse deel van een plant of boom toeneemt, zal ook het ondergrondse deel toe moeten nemen. Het verdrogend effect van bomen op de vegetatie is vaak goed zichtbaar. Een probleem van bomen op een kade waar permanent water tegen aan staat (boezem) kan zijn dat het water via de 'wortelscheuren' en droogtescheuren binnen het wortelstelsel door de dijk heen komt, waarneembaar

aan vochtige plekken en plantensoorten die vocht indiceren (bijv. Mannagras). Op de locatie Schipluiden in dit onderzoek was dit waarneembaar.

Een ander bezwaar van bomen is dat het onder bomen vaak donker is, waardoor soorten soms minder gemakkelijk kunnen groeien en een open zode ontstaat. Maaien is vaak lastig rondom bomen, beweiden is doorgaans een betere optie.

Op sommige plaatsen worden bomen gedoogd vanuit cultuurhistorisch oogpunt. In de praktijk is het voor een waterschap moeilijk om bomen op dijken te kappen vanwege omwonenden die de bomen willen behouden. Waterschappen moeten, vanwege het landschappelijke karakter van bomen, vaak een afweging maken tussen de veiligheid in het achterliggende gebied/polder en de cultuurhistorische waarde van een boom. Een richtlijn hiervoor is momenteel nog niet beschikbaar. In dit onderzoek zijn slechts 2 locaties met bomen betrokken. Samen met de ervaringen van beheerders en literatuuronderzoek bevestigen deze echter de noodzaak om op risicovolle plekken de bomen te verwijderen. Dat vergt op zich ook weer extra aandacht, want als bomen gekapt worden, kunnen de geleidelijk afstervende wortels weer voor nieuwe gangen zorgen. Goed volgen in de jaren erna is noodzakelijk.

Inspecties, waar kan en moet een inspecteur op letten

- Controleren en monitoren of het dagelijks of regulier beheer zorgvuldig uitgevoerd wordt.
- Controleren op en monitoren op aanwezigheid van ongewenste soorten. Bij enkele exemplaren hoeft geen actie te worden ondernomen, maar bij uitbreiding van het aantal exemplaren wel.
- Controle op vochtige plekken op het talud (duidt op mogelijke kwel door de kade en eerste aanzet voor piping).
- “Te” lange vegetatie (tijdig) maaien, zo nodig met een ontheffing voor de flora en fauna wet.
- Inspectie op scheuren tijdens droge perioden. Speciale aandacht voor hooilanden waar scheuren moeilijker zichtbaar zijn. Advies om die te maaien vooraf aan de inspectie.
- Scheuren treden vaak op dezelfde plekken op (en verdwijnen bij natte omstandigheden). Leg daarom alle scheuren vast met GPS en neem ze op in een databank. Daarmee kun je volgend jaar veel gerichter zoeken en kun je veranderingen volgen (volg Pilot Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier hiermee).
- Laat een app ontwikkelen voor smartphones met GPS om scheuren in het veld door te geven (analoog aan apps die bestaan voor bijv. waarneming.nl).

Aanbevelingen voor vervolg

Dit onderzoek was bescheiden van omvang, oriënterend en gebaseerd op slechts 10 proefvakken (geen statistisch significante conclusies). De problematiek is echter serieus genoeg en verdient meer aandacht. Advies is om het onderzoek grootschaliger op te zetten bij meerdere waterschappen tegelijk. Speciale aandacht kan gegeven worden aan bomen: Wanneer zijn bomen op een dijk risicovol en wanneer niet? Hoe houdt de dijk zich nadat bomen gekapt zijn? Wat is de beste manier om bomen op kades te verwijderen?

Literatuur

- Adrichem, M.H.C. van., J. Y. Frissel. 2012. Pilotonderzoek naar de effectiviteit van distelsteken, 2010 – 2012.
- Akker, J.J.H. van den, R.F.A. Hendriks, J.Y. Frissel, K. Oostindie en J.G. Wesseling 2013. Gedrag van verdroogde kades. Fase B, C, D: Ontstaan en gevaar van krimpscheuren in klei- en veengronden. Alterra-rapport 2473.
- Akkerdistel succesvol beheersen in de biologische landbouw. PCBT 2009 (inagro)
<http://www.inagro.be/Publicaties/Documents/Akkerdistel%20NL.pdf>
- Amezket, E. (1999) Soil aggregate stability: a review. *Journal of Sustainable Agriculture* 14, 83-151.
- Bakker, J.W. J.J.H. van den Akker, P. Cornelissen en D. Boels 1995. Oorzaak en preventie van schade aan wegen door vochtonttrekking door bomen. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 318. 104p.
- Broekhoven, G., and H. Savenije. 2012. Moving forward with forest governance, ETFRN news; issue no. 53. Wageningen: Tropenbos International.
- Duursma, R.A., 2011. Rooting depth explains [CO₂] x drought interaction in *Eucalyptus saligna*. *Tree physiology* 31, 9, 922-931. 2011.
- Eekeren, N, van. Et all. 2011. Louis bolk instituut. Terug naar de graswortel. Een betere nutriëntenbenutting door een intensievere en diepere beworteling.
- Effing, B (2014). Droogte regionale keringen WSRL. Tussentijdse rapportage na 1 jaar meten. Intern rapport waterschap rivierenland.
- Fernandes, Alvaro A. A., Alasdair J. G. Gray, and Khalid Belhajjame. 2011. Advances in Databases : 28th British National Conference on Databases, BNCOD 28, Manchester, UK, July 12-14, 2011, Revised Selected Papers. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Frissel, J.Y., E. Hazebroek en C.P. Melman. 2005. Extensief graslandbeheer op zeedijken. Effecten op vegetatie en mogelijkheden voor exploitatie van aangepast beheer na een periode van 13 jaar. Alterra rapport 1084.
- Gyssels G., Poesen J., Bochet, E., Li, Y. (2005) Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. *Progress in Physical Geography*, 29, 2, 189-217.
- Groot, Arjen, de., Ivo Laros, Fabrice Ottburg en Ivo Roessink. 2014. Aquatische exoten vroeg detecteren via eDNA. Alterra.
- Graaf, L. de., 2012. "Communication about medications for better patient transition. Needed: Format for switching." *Pharmaceutisch Weekblad* no. 147 (8):14-15.
- Hazebroek, E. & J.T.C.M. Sprangers, 2002. Richtlijnen voor dijgraslandbeheer Rapport 469, Alterra, Wageningen.
- Huiskes, H.P.J., en J.Y. Frissel. 2006. Inventarisatie erosiebestendigheid dijkgraslanden Alblasserwaard en Vijfheerenlanden, Periode 2001-2005. Alterra rapport 1313.
- Jansen, P.C. 1995. Verdamping van korte vegetaties in natte natuurgebieden. 1995. 28-15
- Koopmans, C., M. zanen, C. ter Berg. 2005. De kuil. Bodembeoordeling aan de hand van een kuil. Louis bolk instituut.
- Kruse, G.A.M., 1998. Onderzoek naar het beoordelen van de geschiktheid van kleigrond voor bekleeding van dijken met grasbedekking. Grondmechanica Delft.
- KNMI website: http://www.knmi.nl/klimatologie/achtergrondinformatie/ref_gewasverdamping.pdf
- Materechera, S.A., Kirby, J.M., Alston, A.M., Dexter, A.R. (1994) Modification of soil aggregation by watering regime and roots growing through beds of large aggregates. *Plant and Soil*, 160, 57-66.
- Mommer, L, J. van Ruijven, H. de Caluwe, A.E. Smit-Tiekstra, C.A.M. Wagemaker, N.J. Ouborg, G.M. Bögemann, G.M. van der Weerden, F. Berendse en H. de Kroon 2010. Unveiling below-ground

- species abundance in a biodiversity experiment: a test of vertical niche differentiation among grassland species. *Journal of Ecology* 2010 (98): 1117-1127.
- Nakagawa, S. Study on evapotranspiration from pasture. Environmental research Center, University of Tsukuba. Ibaraki, Japan. Number 4, 1984.
- Nielsen, C., H.P. Ravn, W. Nentwig en M. Wade (red.) 2005. Reuzenberenklauw: een praktische handleiding. Richtlijnen voor bestrijding en controle van een invasieve plant. Forest & Landscape Denmark, Horsholm, 44 pp. www.giant-alien.dk
- Oostindie, K., J.G. Wesseling, R. F. A. Hendriks, J. Coen, J. Ritsema en J. J. H. van den Akker 2012. Effecten van beheermaatregelen op vochtgehalten bij uitdrogende veendijken. Alterra notitie.
- Ovaa, A. H. Verdamping in natuurgebieden. Een literatuurstudie naar de achtergronden van verdamping in (half-) natuurlijke vegetaties. Vakgroep Hydrologie. Landbouw Universiteit Wageningen. 1990.
- Platje, E. Bomen & Water. 2003 28-3. Bomennieuws
- Ponsteen, W.B. et al. 2014. Droogtescheuren kleikades beter begrepen. Land+Water, Waterhuishouding & Waterbouw.
- Poorter, H., K. J. Niklas, P.B. Reich, J. Oleksyn, P. Poot and L. Mommer 2011. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytologist* (2012) 193: 30–50
- Ravenek J.M., H. Bessler, C. Engels, M. Scherer-Lorenzen, A. Gessler, A. Gockele, E. De Luca, V.M. Temperton, A. Ebeling, C. Roscher, B. Schmid, W.W. Weisser, C. Wirth, H. de Kroon, A. Weigelt en L. Mommer 2014. Long-term study of root biomass in a biodiversity experiment reveals shift in diversity effects over time. *Oikos* 123 (12): 1528-1536
- Reid, J.B., Goss, M.J. (1982) Interactions between soil drying due to plant water use and decrease in aggregate stability caused by maize roots. *Journal of Soil Science*, 33, 47-53.
- Rijkswaterstaat (2012) Handreiking Toetsen Grasbekledingen op Dijken t.b.v. het opstellen van het beheerdersoordeel (BO) in de verlengde derde toetsronde. Rijkswaterstaat, Ministerie van Infrastructuur en Milieu. URL: http://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/31422/handreiking_toetsen_grasbekledingen_op_dijk_en_tbv_verlengde_derde_toetsronde.pdf.
- Roessink, I., S. Hudina. F.G.W.A. Ottburg. 2009. Literatuurstudie naar de biologie, impact en mogelijke bestrijding van twee invasieve soorten: de rode Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus clarkii*) en de geknobbeld Amerikaanse rivierkreeft (*Orconectes virilis*). Alterra-rapport 1923. <http://edepot.wur.nl/51003>
- Schaffers, A. P., J. Y. Frissel, M. H. C. van Adrichem, H. P. J. Huiskes. 2010. Seizoensverloop in de doorworteling van dijkgrasland. VTV-toetsing buiten het winterseizoen nader bekeken. Alterra rapport 2010.
- Schaffers, A.P., Frissel, J.Y., van Adrichem, M.H.C., Huiskes, H.P.J., Paulissen, M.P.C.P. (2011) Doorworteling dijken ook buiten wintermaanden te meten. *Land en Water*, nr. 1/2, 28-29. URL: <http://edepot.wur.nl/163122>.
- Schenk, H.J & R.B. Jackson 2002. The global biogeography of roots. *Ecological Monographs*, 72(3), 2002, pp. 311–328 (Ecological Society of America)
- Schouten, A. Gemeente Amersfoort, Advies en Begeleiding. Bestrijding van invasieve exoten, Japanse duizendknoop. <http://www.amersfoort.nl/4/exoten/Factsheet-Japanse-Duizendknoop.pdf>
- Schouten, A. Gemeente Amersfoort, Advies en Begeleiding. Bestrijding van invasieve exoten, Reuzenberenklauw. <http://www.amersfoort.nl/4/exoten/Factsheet-Reuzenberenklauw.pdf>
- Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., Denef, K. (2004) A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota and organic matter dynamics. *Soil & Tillage Research*, 79, 7-31.
- Witte, J.P.M. Verdamping planten vermindert door toename atmosferische kooldioxide. 2006 39-5. H₂O.
- Zanetti, C., et al. 2011. Managing woody vegetation on earth dikes: risks assessment and maintenance solutions. *Procedia environmental sciences* 9 (2011) 196-200.

Bijlage 1 Expertworkshop 28 augustus 2014, Delft

Fase 1:

Hoogheemraadschap van Delfland, Delft

Bediscussiëren en vaststellen van het projectplan ´Onderzoek invloed vegetatie op verdroging kleikades´

Het bijwonen en inbrengen van kennis bij de expertworkshop. De workshop is tevens de startbijeenkomst van dit onderzoek. Tijdens deze workshop zal Alterra het onderzoeksplan presenteren en zal het onderzoeksplan nader worden ingevuld in overleg met de opdrachtgever. Ook zullen gezamenlijk de criteria en suggesties voor onderzoeklocaties worden besproken. Alterra zal een verslag maken van deze workshop.

Deelnemers:

Wim Ponsteen;	Hoogheemraadschap van Delfland; Beleidsadviseur Waterkeringen
Jan Tigchelaar;	Hoogheemraadschap van Delfland, Beleidsadviseur waterkeringen
Garrit Hendriks;	Hoogheemraadschap van Delfland, inspectie waterkeringen
Stefan Loosen;	Hoogheemraadschap van Delfland, organiseren inspecties
Cor Looije;	Hoogheemraadschap van Delfland, inspectie waterkeringen
Job van Dansik;	Hoogheemraadschap van Delfland, Interne opdrachtgever, Strategisch beleidsadviseur.

Friso van der Zee; Alterra, Themacoördinator Biodiversiteit Terrestrisch

Joep Frissel; Alterra, onderzoekmedewerker (verslag)

Henk van Hemert; STOWA, coördinator Veen gebieden

Presentatie van Wim Ponsteen

Toelichting onderzoeksvraag

Waar staan we nu?

–Onderzoek 2013

–Invloed van vegetatie is onbekend

–Bij inspecties nu onvoldoende aandacht

–Beleid alleen aandacht bomen => sterkte

–Te weinig kennis voor optimaal beheer

–Omgaan met bomen

Opmerkingen omtrent onderzoeksvraag:

Wat is de kleikwaliteit bij op brengen van klei op de kade

Gerichter en beter onderbouwen van de inspectie ronden

Evt data gebruiken van peil buizen van Droogte onderzoek (okt laatste serie metingen)

Hoe zit het met vee en begrazing

Presentatie Friso van der Zee

Vraagstelling

- Welke typen vegetatie zijn schadelijk voor de waterkerende functie? Is er een prioritering aan te geven als het gaat om dit aspect?
- Wat is de meest wenselijke vegetatie op kades? Wat is de minimaal benodigde bedekkingsgraad? Wanneer kan van een gezonde toestand van de vegetatie op de kade worden gesproken?
- Scheurvorming wordt mede bepaald door de rijpheid van de klei. In welke mate kan de vegetatie bijdragen aan het (versneld) rijpen van de grond?
- Wat is het optimale beheer van de vegetatie: maaien (lengte, maaitechniek, frequentie) en beweiding (duur, omvang, periode)
- In relatie tot het bovenstaande, wat is de rol van bomen, struiken, grassen en kruiden op kades?

Opmerkingen omtrent onderzoeksvraag:

Dagelijks onderhoud: Maaien en dagelijks onderhoud wordt gedaan door de beheerder.

Minder dan 10% van de kaden is in beheer van het Hoogheemraadschap.

Pachtovereenkomsten beter controleren en aanscherpen.

Veel onderzoeksvragen. Het ene onderwerp zal beter uitgewerkt kunnen worden dan het andere. Bij droogtegevoeligheid/scheurvorming is textuur van de grond belangrijk. HH Delfland geeft aan bereid te zijn de textuur te analyseren van de bodem op de 10 te selecteren onderzoekslocaties.

Soorten:

Wat zijn ongewenste soorten? Speciale aandacht voor exoten zoals Japanse duizendknoop en Reuzenberenklauw.

Gemiddeld worden de kaden elke 10 jaar opgehoogd. Nu bezig met inhaalslag om kaden die te laag zijn op te hogen. Dit najaar worden nog veel kaden opgehoogd. Gebruikt wordt (erosieklasse)

Kleiklasse II, circa 30 cm verhogen. Wat wordt er gedaan aan nazorg? Bij richtlijnen te gebruiken klei speelt erosiebestendigheid belangrijke rol, reststerkte van het materiaal zelf. Het is de vraag of dat in het geval van kleidijken waar erosie een ondergeschikte rol speelt t.o.v. scheurvorming wel een verstandige richtlijn is.

Interviews:

Met aantal medewerkers van het Hoogheemraadschap.

- Theo Reuzelaar HHNK
- Garrit Hendriks en Cor Looije (Stefan Loosen is op vakantie)

Het Hoogheemraadschap van Delfland geeft nog meer namen door van personen die geïnterviewd kunnen worden.

Selecteren/criteria locaties:

- 10 locaties kiezen.
- Alle locaties kiezen uit Droogte gevoelige kaden kaart (2011, kaart is op basis van ondergrond, criteria van stabiliteit en vervorming opgebouwd).
- Klasse I; meest droogte gevoelig.
- Klasse III; minst droogte gevoelig
- Plekken met (voorheen) scheuren (5) en plekken zonder scheuren (5). Daarbinnen spreiding over vegetatie, beheer (hooien, weiden, gazonbeheer), wel/niet bomen. Categorie 'struiken' blijft buiten beschouwing
- Al grondmonsters of peilbuizen aanwezig?
- Kade mag de afgelopen 3 jaar niet verhoogd zijn!

Aanvulling Henk van Hemert:

Er zijn berekeningen gedaan door Coen Ritzema aan Veendijken

Henk zal nog inventariseren naar scheuren en droogte gevoelige kaden bij andere Waterschappen/Hoogheemraadschappen

Aardige achtergrond informatie in college dictaat Bodem/plant relaties. Is dat te achterhalen? Friso en Joep zullen dat nagaan.

Wat zijn nog andere aspecten die verdroging kunnen veroorzaken?

Aan de hand van 'Selecteren/criteria locaties' en veldkennis van Stefan Loosen, Garrit Hendriks en Cor Looije, zijn er 11 locaties opgeschreven. Het is lastig om locaties met scheuren te vinden, omdat veel kaden de afgelopen jaren net verhoogd zijn, of nog komende weken verhoogd gaan worden. Spreadsheet volgt via Wim Ponsteen.

's Middags bezoeken van de eerste 5 veldlocaties om een beter beeld te krijgen over de situaties.

Aktiepunten/afspraken:

Hoogheemraadschap

- Namen van personen om te interviewen
- Spreadsheet met locaties, beheer en logboek.
- Hoogheemraadschap zal van alle locaties de bodemmonsters analyseren op in ieder geval % zand (massapercentage korrels met een diameter van 63µm tot 2 mm; VTV2007 Bijlage 8-2), silt (<64

en $> 2\mu\text{m}$ en lutumgehalte ($< 2\mu\text{m}$). Voorstel is dat Alterra mengmonsters neemt op de te onderzoeken locaties.

- Aanleveren kaartjes van de te bezoeken veld locaties.

Alterra:

- Maken verslag workshop
- Doorgeven geplande velddagen.
- Aan eind onderzoek opnieuw input voor een expertmeeting verzorgen met discussie over resultaten.

Bijlage 2 Dijkgraslandtypen VTV

Weiland:		Categorie VTV-nw	bedekking	wortel- dichtheid	erosie- bestendig- heid	agrarische waarde	natuur- waarde
P: Pioniervegetatie (< 4 jaar) soortenarme pioniergemeenschap op pas ingezaaide dijken kenmerkende soorten: Kweek , Engels raaigras, Straatgras , Herderstasje , Akkerdistel, Echte kamille , Krulzuring, Vogelmuur , Witte klaver, Klein kruiskruid	D		matig - slecht	slecht	Slecht	matig - slecht	slecht
W1: Beemdgras-raaigrasweide Soortenarm productieweiland, bemest en intensief beweid, gebruik van herbiciden kenmerkende soorten: Engels raaigras , Kropaar , Kweek , Fioringras , Kruipertje , Rietzwenkgras , Zachte dravik , Paardenbloem , Gewone hoornbloem , Vogelmuur , Herderstasje	D/C		goed	slecht	slecht/ matig-	goed	slecht
W2: Soortenarme kamgrasweide Relatief soortenarm, onbemest tot licht bemest, periodiek weiden met schapen, incl. bloten. Ook ga1onbeheer. kenmerkende soorten: Engels raaigras, Roodzwenkgras, Fioringras, Kamgras, Zachte dravik, Duizendblad, Madeliefje, Zachte ooievaarsbek, Gewone hoornbloem, Kleine klaver, Witte klaver	B		goed	matig	matig - redelijk	redelijk	matig
W3: Soortenrijke kamgrasweide * Relatief soortenrijk, onbemest, periodiek weiden met schapen, incl. bloten kenmerkende soorten: Rood zwenkgras , Fioringras , Kamgras , Engels raaigras, Gewoon struisgras, Zachte dravik, Goudhaver, Duizendblad, Madeliefje, Kleine leeuwentand , Hopklaver, Smalle weegbree , Kleine klaver , Witte klaver, Knolboterbloem , en vele andere kruiden	a		redelijk	goed	redelijk – goed	matig	redelijk
Hooiland:							
R: Ruig hooiland Verruigd, soortenarm glanshaverhooiland, geklepelaar. maaid. kenmerkende soorten: (Groot aandeel ruigtekruiden) Kweek , Kropaar , Glanshaver, soms Grote vossenstaart, Akkerdistel , Berenklauw , Hondsdraf, Veenwortel, Grote brandnetel	D		slecht, veel open plekken	slecht, hetero- geen	slecht	matig	slecht
H1: Soortenarm hooiland Bemest hooiland kenmerkende soorten: Kweek , Glanshaver , Rietzwenkgras , Kropaar , Engels raaigras, Ruw beemdgras , Madeliefje, Kruipende boterbloem , Paardenbloem, Witte klaver	D		slecht	slecht	slecht	goed	slecht
H2: Minder soortenarm hooiland Minder soortenarm, minder ruig, onbemest. Onregelmatig gehooit hooiland, of regelmatig gehooit (herstelbeheer) kenmerkende soorten: Glanshaver , Kropaar , Ruw beemdgras , Rietzwenkgras, Kweek , Rood zwenkgras , Gestreepte witbol , Fluitenkruid, Akkerdistel, Peen , Gevlekte rupsklaver, Smalle wikke , Witte klaver, Scherpe boterbloem , Smalle weegbree , Dui1endblad	C/B		matig	matig	matig	matig	matig

Weiland:		Categorie VTV-nw	bedekking	wortel- dichtheid	erosie- bestendig- heid	agrarische waarde	natuur- waarde
			redelijk	goed	goed	matig	goed
H3: Soortenrijk hooiland **							
Langdurig onbemest hooien		a					
kenmerkende soorten: Gevarieerd grassenbestand, veel kruiden:							
Glanshaver, Rood zwenkgras, Veldbeemdgras, Fioringras, Gestreepte							
witbol, Reukgras, Goudhaver, Kamgras, Veldgerst, Duizendblad,							
Peen, Knoopkruid, Echte kruisdistel, Gevlekte rupsklaver,							
Vijfvingerkruid, Knolboterbloem, Viltig kruiskruid, Rode klaver, Smalle							
wikke, Margriet, Geel Walstro (e.a.).							

(Sprangers & Arp, 1999) Toetsingsparameters dijkgraslanden.

Bijlage 3 Overzicht van soorten die indicatief zijn voor bepaalde erosiebestendige eigenschappen

(Van der Zee 1992)

dz: indicatief voor dichte zode

oz: indicatief voor open zode

heb: indicatief voor hoge erosiebestendigheid

leb: indicatief voor lage erosiebestendigheid

gwh: indicatief voor grote wortelhoeveelheden

kwh: indicatief voor kleine wortel hoeveelheden

dws: indicatief voor relatief diep wortelstelsel

ows: indicatief voor relatief ondiepe wortelstelsels

Soort	dz	oz	gwh	kwh	dws	ows	heb	leb
Akkerdistel				x				
Akkerhoornbloem			x					
Beemdkroon			x					
Dauwbraam		x						x
Duizendblad	x		x		x		x	
Engels raaigras	x			x				
Fluitenkruid		x						
Geel walstro	x		x					
Gewone berenklaauw		x						x
Gewone hoornbloem	x					x		
Gewone rolklaver	x							
Gewone veldbies			x					
Gewoon biggenkruid	x		x					
Gewoon struisgras	x		x				x	
Glad walstro					x			
Glanshaver		x						
Goudhaver			x					
Grasklokje			x		x			
Grote brandnetel		x		x				
Grote tijm			x					
Grote vossenstaart		x						x
Kamgras	x							
Kattendoorn	x		x					
Kleefkruid								x
Kleine leeuwentand	x		x					
Kleine pimpernel			x					
Knolboterbloem	x		x				x	
Knoopkruid			x		x		x	
Kruldistel		x						x
Kweek		x						
Madeliefje	x							
Muizenoor			x					
Paardenbloem	x			x		x		
Peen					x			
Reukgras			x					
Rode klaver	x		x		x		x	
Rood zwenkgras	x		x				x	
Ruw beemdgras				x		x		
Smalle weegbree	x		x		x		x	
Smeerwortel		x						
Timoteegras							x	
Veenwortel		x						x
Veldbeemdgras	x						x	
Veldzuring			x		x			
Vogelwikke							x	
Witte klaver	x							
Zachte dravik						x		
Zachte haver			x					

Bijlage 4 Ligging onderzoeklocaties

1, 2: Kralingerpolder zuid en noord

Locatie vegetatie onderzoek

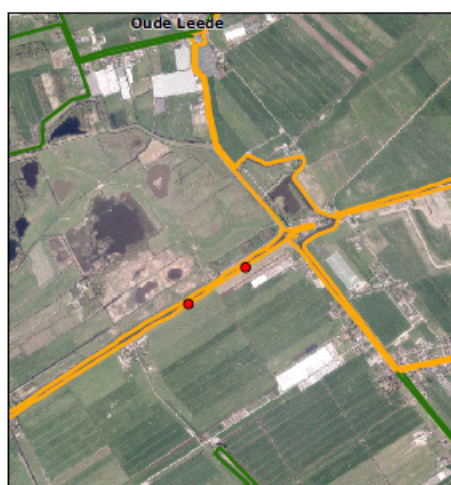
Gedrag van verdroogde kades
Onderzoek invloed vegetatie op uitdroging



3, 4: Polder Schieveen west en oost

Locatie vegetatie onderzoek

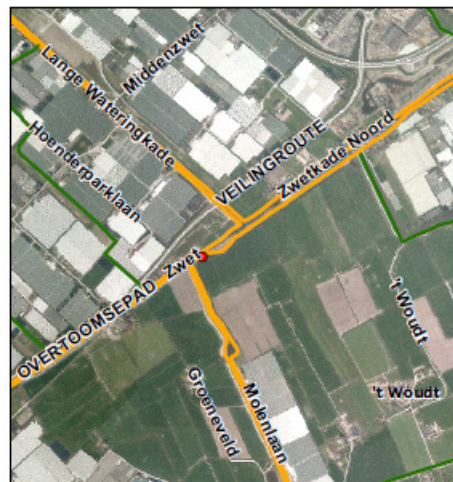
Gedrag van verdroogde kades
Onderzoek invloed vegetatie op uitdroging



5: Woudesepolder

Locatie vegetatie onderzoek

Gedrag van verdroogde kades
Onderzoek invloed vegetatie op uitdroging

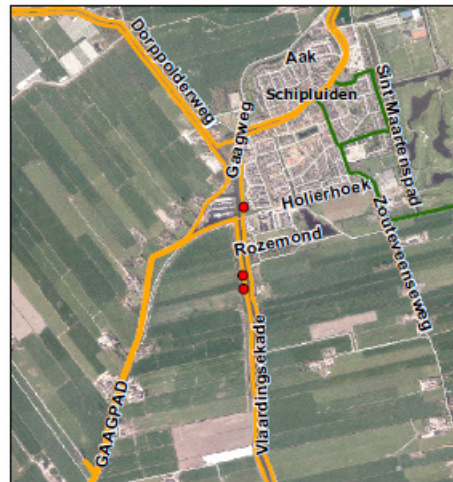


6,7: Duifpolder noord en zuid

9: Schipluiden, Holerhoekse en Zouteveense polder

Locatie vegetatie onderzoek

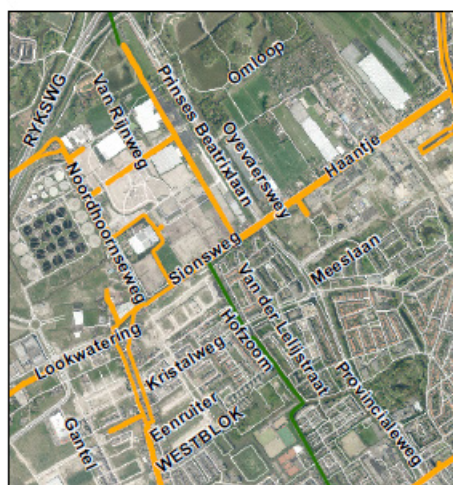
Gedrag van verdroogde kades
Onderzoek invloed vegetatie op uitdroging



8: Kerstanjepad

Locatie vegetatie onderzoek

Gedrag van verdroogde kades
Onderzoek invloed vegetatie op uitdroging



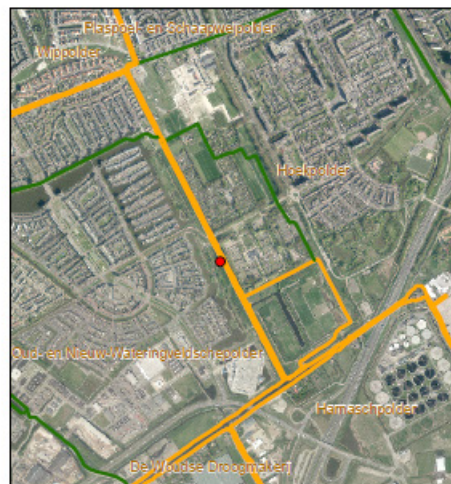
10: Oud- en Nieuwe Wateringveldse polder

Locatie vegetatie onderzoek

Gedrag van verdroogde kades
Onderzoek invloed vegetatie op uitdroging

Legend

- Vegetatieonderzoek
- Monitoring peilbuizen



Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2590
ISSN 1566-7197



Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2590
ISSN 1566-7197

Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

