

EVALUATIE DROGE ZOMER 2018 WATERKERINGEN



RAPPORT

2019
10

EVALUATIE DROGE ZOMER 2018 WATERKERINGEN

RAPPORT

2019

10

ISBN 978.90.5773.847.0



COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEUR Britt van Haastregt

BEGELEIDINGSCOMMISSIE
Robin Biemans (STOWA)
Mark Bierkens (UU)

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
FOTO COVER Bron: Cees van der Wal
STOWA STOWA 2019-10
ISBN 978.90.5773.847.0

Copyright Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Disclaimer Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

DE STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoeklijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede aan alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

EVALUATIE DROGE ZOMER 2018 WATERKERINGEN

INHOUD

	DE STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
2	DROGE ZOMER 2018	2
3	WATERKERINGEN TIJDENS DROOGTE	4
3.1	Keringen in Nederland	4
3.2	Toetsing en beheer van de keringen	4
3.3	Belastingsituatie droogte	5
4	INTERVIEWS WATERBEHEERDERS	7
4.1	Inleiding	7
4.2	Keringen per gebied	7
4.3	Droogte inspectie	8
4.3.1	Protocol voor droogte inspectie per waterschap	8
4.3.2	Prioritering droogtegevoelige keringen	10
4.3.3	Uitvoering van de droogte inspecties	11
4.4	Andere genomen maatregelen	11
4.5	Inspanning tijdens de droogte in 2018	12
4.6	Geconstateerde problemen en schade	13
4.6.1	Droogtescheuren en lekkages	13
4.6.2	Verdroogde grasmat	13

4.7	Intern uitgevoerd onderzoek	14
4.8	Mening over huidige manier van werken en verbeterpunten	15
4.9	Overzicht ervaringen droogte 2018 per waterschap	16
4.9.1	Hoogheemraadschap van Delfland – Oscar van Dam en Etienne de Jong	16
4.9.2	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier – Theo Reuzenaar	16
4.9.3	Hoogheemraadschap van Rijnland – René van der Zwan, Johan Daenen en Rob Mensink	18
4.9.4	Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard – Stefan Loosen	19
4.9.5	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden – Ruud Weijs	19
4.9.6	Rijkswaterstaat – Bart Vonk, Henk van Hemert, Gerard Harmsen en Erik Stapper	20
4.9.7	Waternet – Bas Molenkamp	22
4.9.8	Waterschap Rivierenland – Hans Knotter en Adrie Kraaijeveld	22
4.9.9	Waterschap Scheldestromen – Ernst Jonker	23
4.9.10	Waterschap Vallei en Veluwe – Peter Boone	23
4.9.11	Wetterskip Fryslân – Niek Bosma en Pier Schaper	23
5	CONCLUSIES	25
6	AANBEVELINGEN	27
	REFERENTIES	29

1

INLEIDING

Dit rapport is opgesteld naar aanleiding van de lang aanhoudende droogte tijdens de zomer van 2018. Vanuit waterschappen en STOWA ontstond de behoefte naar een overzicht van de wijze waarop individuele waterschappen met de effecten van de droogte op waterkeringen zijn omgegaan. Voor het waarborgen van de kwaliteit van de keringen onder extreme weersomstandigheden bestaan richtlijnen, opgesteld door STOWA, maar waterschappen zijn vrij om hun eigen protocollen en werkwijzen op te stellen en in te richten. Hierdoor ontstaan verschillen tussen de waterbeheerders. Het is interessant om te kijken hoe de werkwijze per waterschap verschilt en of overal gelijkwaardige problemen zijn opgetreden. Indien hier verschil in zit, is het interessant om te kijken of de verschillen in problemen kunnen worden verklaard. Dit om de waterschappen op de hoogte te brengen van elkaars handelen, dit te vergelijken en te streven naar meer landelijke uniformiteit.

Het rapport is grotendeels gebaseerd op interviews die zijn afgenomen met keringadviseurs, keringbeheerders, keringsspecialisten, beleidsmedewerkers of projectleiders van een aantal verschillende waterschappen. Waterschappen uit verschillende gebieden in Nederland, maar met name de waterschappen met veenkeringen of keringen op een veengrond, zijn benaderd voor een interview. In combinatie met literatuurstudie is de informatie uit de interviews verwerkt in dit rapport. Dit is gedaan door een masterstudente Earth, Life and Climate (Aardwetenschappen) aan de Universiteit Utrecht als onderdeel van een internship bij STOWA.

2

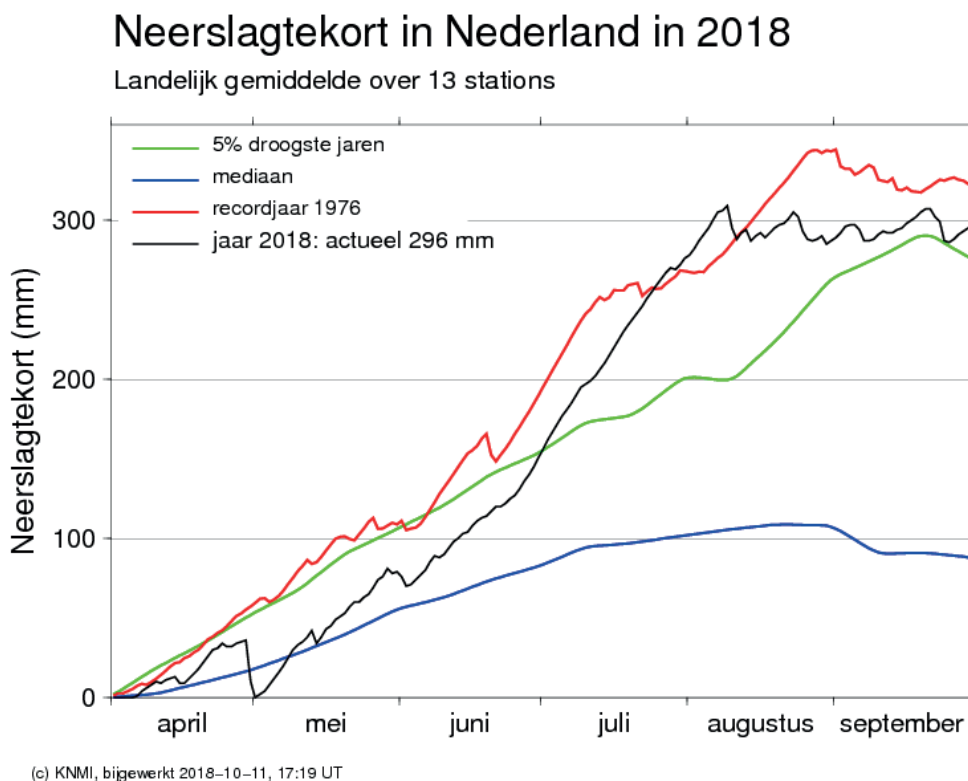
DROGE ZOMER 2018

De zomer (juni, juli en augustus) van 2018 was de warmste sinds 1706, met veel zonuren en weinig neerslag. Dit leidt tot droogte, wat vaak wordt uitgedrukt in potentieel neerslagtekort: het geaccumuleerde verschil tussen neerslag en potentiële Makkink referentiegewasverdamping. Het potentiële neerslagtekort wordt berekend van 1 april t/m 30 september. De berekening stopt als het doorlopende tekort op nul uitkomt en blijft nul zolang er meer neerslag is dan potentiële verdamping (KNMI, 2018 b).

De zomer van 2018 kan worden bestempeld als extreem droog, met een gemiddelde neerslag van 105 mm (tegenover een langjarig gemiddelde van 225 mm) (KNMI, 2018 a) (Figuur 1). Hiermee valt 2018 onder de 5% droogste zomers sinds 1906. Vanaf het begin van de bepaling van het neerslagtekort (1 april) was het vrij droog. Eind april was het neerslagtekort in bijna het hele land echter afgenomen tot nul. Mei was de warmste in minimaal 300 jaar. Door het zonnige weer en de lange daglichtperiode was de potentiële referentiegewasverdamping erg hoog en nam het neerslagtekort snel toe. De daaropvolgende maand juni was zeer droog en aan het eind van de maand heeft het neerslagtekort het 95-percentiel bereikt. Juli 2018 was zelfs de droogste en zonnigste sinds het begin van de waarnemingen. Begin augustus was er een gemiddeld neerslagtekort van meer dan 300 mm, wat zelfs boven het tekort in het recordjaar 1976 lag. Vanaf half augustus kwam er een eind aan de aanhoudende droogte en vonden buien plaats met plaatselijk zelfs wateroverlast tot gevolg. Vanaf oktober werd het neerslagtekort niet meer bijgehouden, maar op 30 september bedroeg het landelijk gemiddelde neerslagtekort nog 297 mm (KNMI, 2018 b). Pas in december zijn de meeste droogteproblemen opgelost en waren de rivierafvoeren weer normaal voor de tijd van het jaar. De grondwaterstanden zijn echter nog niet overal aangevuld, waardoor het risico op een watertekort in 2019 groter is dan normaal (H2O actueel, 2018).

FIGUUR 1

POTENTIEEL NEERSLAGTEKORT IN 2018 VAN APRIL T/M SEPTEMBER IN VERGELIJKING MET DE 5% DROOGSTE JAREN, DE MEDIAAN EN 1976



De zomer van 2018 werd vaak vergeleken met andere jaren waarin het erg droog was in Nederland. Het recordjaar is 1976, toen dreigde er een voedseltekort en is er beleid op het gebied van droogte ontwikkeld. Een zomer als in 1976 wordt beoordeeld als extreem droog en komt maar eens in de 200 jaar voor. Verder worden 1996 en 2003 vaak genoemd. 2003 was geen extreem droog jaar, maar er zijn wel veel calamiteiten opgetreden rondom keringen en waterkwantiteit (Tweede Kamer, 2004). Ook 2007, 2011 en 2013 waren droge jaren. In 2011 was de lente extreem droog, maar daarop volgde een natte zomer (Buienradar, 2017).

3

WATERKERINGEN TIJDENS DROOGTE

3.1 KERINGEN IN NEDERLAND

Nederland wordt beschermd door primaire en regionale keringen. Waarbij ruim 3700 km primaire kering bescherming biedt tegen buitenwater uit de Noordzee, Waddenzee, het IJssel- en Markermeer en de grote rivieren, terwijl regionale keringen binnenwater uit meren, rivieren en kanalen weren (Rijkswaterstaat, z.d.). In Nederland is ongeveer 10.000 km aan aangewezen als regionale kering (STOWA, 2016). Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen keringen die buitenwater keren, maar geen primaire keringen zijn, zoals voorlandkeringen en zomerkades; keringen die binnenwater keren, zoals boezemkaden, polderkaden en keringen langs kleine rivieren; en droge keringen, die pas bij falen van een primaire kering in gebruik worden genomen, dit zijn slaperdijken en compartimenteringsdijken (Kernteam Regionale Waterkeringen, 2005). In het Nationaal Basisbestand Primaire Waterkeringen (NBPW) zijn de ligging en de bijbehorende veiligheidsnormen van de primaire keringen beschreven (InfoMil, z.d. a). Sinds de Vierde Nota waterhuishouding (1998) zijn de regionale waterkeringen benoemd door de provincie. Vervolgens is het wenselijke veiligheidsniveau per gebied bepaald, zijn de keringen getoetst aan de gestelde norm en zijn verbeteringen uitgevoerd, wanneer de waterkering niet aan de norm voldeed (InfoMil, z.d. b). Het Ontwikkelingsprogramma Regionale Keringen (ORK) is opgesteld naar wens van het Interprovinciaal overleg (IPO) en de Unie van Waterschappen om het normeren, toetsen, verbeteren en beheren van de regionale keringen landelijk zo uniform mogelijk uit te voeren. Vanuit het ORK zijn inmiddels verschillende (technische) rapporten opgesteld met normen, leidraden en handleidingen die daarbij ondersteuning geven (STOWA, 2012).

3.2 TOETSING EN BEHEER VAN DE KERINGEN

Vanaf 2006 worden alle regionale keringen in Nederland getoetst op hun veiligheid op basis van hoogte, stabiliteit en bekleding. De veiligheidsnormen voor regionale keringen worden uitgedrukt in een gemiddelde overschrijdingskans per jaar waar ieder dijkvak minimaal aan moet voldoen (Van der Most et al., 2014). Voorheen werden de primaire keringen op dezelfde basis beoordeeld. Sinds 2017 wordt de waterveiligheidsnorm voor primaire keringen echter gebaseerd op overstromingskans, waarbij de kans dat de belasting op de waterkering groter is dan de sterkte ervan wordt beoordeeld per traject. De sterkte van een waterkering wordt bepaald door zijn hoogte en stabiliteit. Waarbij een gebrek aan hoogte kan leiden tot overloop of golfoverslag, waardoor te veel water in de polder kan komen of de kruin en het binnentalud kunnen eroderen. De stabiliteit van de kering kan worden aangetast door het optreden van piping of heave waarbij zand wordt meegevoerd; het afschuiven van het binnen- of buitentalud; het uitspoelen van gronddeeltjes uit de kering op het binnentalud of het afdrukken van de topklaag; het aantasten van de bekleding; en het optreden van een afschuiving of zettingsvloeiing van de vooroever. Faalmechanismen waarop wordt getoetst zijn daarom: overloop, overslag, hydraulische grondbreuk (piping en heave), macrostabiliteit binnenwaarts, macrostabiliteit buitenwaarts, microstabiliteit, bekleding en de inrichting

van het voorland. Bij gebrek aan macrostabiliteit kan een glijvlak ontstaan waarlangs een gedeelte van de kering afschuift (STOWA, 2015).

Op grond van de Waterwet moeten bij de provinciale verordening veiligheidsnormen en hydraulische randvoorwaarden worden vastgesteld voor de regionale keringen. De wijze van toetsing is per provincie vastgelegd. Op basis van een toetsspoor wordt per faalmechanisme beoordeeld of de kering op de juiste veiligheid is. Wanneer onvoldoende informatie aanwezig is, kan niet tot een technische score worden gekomen en moet een inschatting van de veiligheid worden gemaakt door de beheerder. Alle scores van de toetssporen samen vormen een eindoordeel van de veiligheid van de kering, die de score van het laagste toetsspoor betreft. Als de kering aan alle toetssporen voldoet, is de kering op de juiste veiligheid volgens de norm (Helpdesk Water, z.d. a).

Naast toetsing moeten de keringen beheerd worden. Onder het beheer van de keringen vallen het uitvoeren van periodieke inspecties, het uitvoeren van onderhoud en het beschermen van de kering door een ontheffingen- en vergunningenbeleid (Helpdesk Water, z.d. b).

Het programma Professionaliseren Inspecties Waterkeringen (PIW) (2009-nu) is opgericht om de manier van inspecteren te professionaliseren in navolging van het programma Verbetering Inspecties Waterkeringen (VIW) (2004-2008). Het PIW richt zich op verschillende aspecten in het verbeteren van de inspectie van waterkeringen en technieken die daarbij gebruikt kunnen worden, zodat waterbeheerders een goede inspectie kunnen uitvoeren en de kwaliteit van de waterkeringen wordt gewaarborgd (STOWA, 2019).

3.3 BELASTINGSITUATIE DROOGTE

Van de 10.000 km aan regionale keringen in Nederland valt ongeveer 3000 km onder veenkeringen. Deze komen vooral voor in west- en noord-Nederland en de basis is vaak natuurlijk gevormd door het inzakken of afgraven van naastgelegen gronden (Weerts, 2004). In tijden van droogte verdampt water uit de veenkade, waardoor de grondwaterstand wordt verlaagd en de dijk uitdroogt. Dit leidt tot volumekrimp van het veen en het ontstaan van droogtescheuren. Door het uitdrogen neemt het totale gewicht van het dijklichaam af en wordt de dijk minder sterk. Om de afname in sterkte te compenseren zal de dijk meer schuifsterkte moeten opnemen. De krimp kan ook tot hydraulische grondbreuk leiden, waarbij in de zandlaag onder de veendijk een waterdruk heerst die hoger is dan de stationaire waterdruk in het zand, doordat het in contact kan komen te staan met het boezempeil. Deze hoge waterdruk kan leiden tot opdrijven en falen van de dijk (Van Vliet et al., 2011).

Naar aanleiding van de kadeverschuivingen bij Wilnis en Terbregge en de vervormingen op ongeveer 50 andere locaties tijdens de droge zomer van 2003, is er veel onderzoek gedaan naar de droogtegevoeligheid en sterkte van waterkeringen. Sindsdien is 'langdurige droogte' als een belastingsituatie geïdentificeerd. De laatste dijkdoorbraken in Nederland betroffen allemaal veenkeringen en vonden plaats gedurende aanhoudende droogte. Veenkeringen zijn gevoelig voor droogte, aangezien hun draaggewicht vooral bestaat uit water dat ze vasthouden. Bij droogte verdampt het water en neemt het draaggewicht af. Hierdoor kunnen scheuren ontstaan en kan de kering verzakken of opzij worden gezet door de waterdruk (STOWA, 2005).

De vegetatie die op de kering groeit, levert een belangrijke bijdrage aan de erosiebestendigheid van de waterkering. Het gras en de kruiden zorgen samen met het substraat voor cementatie en consolidatie (Rijkswaterstaat, 2012). Dijken worden meestal ingezaaid met een standaard dijkmenngsel D1 of D2, die bestaan uit soorten die boven- en ondergronds veenmassa produceren. Droogte brengt als gevaar mee dat belangrijke gras- of kruidensoorten uitvallen en de samenstelling van de grasmat veranderd. Ongewenste of probleemsoorten zich op dat moment makkelijker vestigen in een minder dichte grasmat (Handreiking Grasbekleding, z.d.).

4

INTERVIEWS WATERBEHEERDERS

4.1 INLEIDING

Van 5 maart t/m 17 april 2019 zijn interviews afgenomen met Waterschap Rivierenland (Rivierenland), Waternet, het Hoogheemraadschap van Rijnland (Rijnland), het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard (HHSK), het Hoogheemraadschap van Delfland (Delfland), Waterschap Vallei en Veluwe (Vallei en Veluwe), Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK), Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR), Rijkswaterstaat (RWS) en Wetterskip Fryslân (Wetterskip). Tijdens deze interviews is inzicht verkregen in het type keringen dat in beheer is, hoe deze zijn beheerd tijdens de droogte, wat voor problemen zijn opgetreden en wat daarmee is gedaan. Ook werd geïnformeerd of de inspanning groter was dan normaal, of er intern onderzoek is gedaan rondom verdroogde keringen en of de huidige werkwijze functioneel en actueel is. In de volgende paragrafen is informatie uit de interviews gecombineerd met informatie uit literatuur of van websites. In paragraaf 9 is per waterschap een overzicht gemaakt van de belangrijkste punten die uit het interview zijn gekomen per waterbeheerder.

4.2 KERINGEN PER GEBIED

Het hoger gelegen oostelijke gedeelte van Nederland bestaat voornamelijk uit dekzanden, rivier- en beekafzettingen, terwijl meer langs de kust voornamelijk veen, marien zand en klei, en rivierafzettingen voorkomen (Berendsen, 1996). De Romeinen zijn begonnen met het aanleggen van dijken in Nederland, maar zelfs daarvoor werden door de Friezen al terpen en eenvoudige dijkjes aangelegd. Tijdens de inpoldering zijn er veel meer dijken bij gebouwd. De dijken zijn logischerwijs vooral opgebouwd uit materiaal dat toen voorhanden was en geologisch is afgezet in dat gebied, waardoor de keringen per gebied van opbouw verschillen (Roosjendijk, 2009). Dit zorgt voor een verschil in eigenschappen van de keringen. Waterkeringen die bestaan uit zand zullen makkelijker water doorlaten dan keringen bestaande uit klei of veen, gezien de hogere porositeit van zand (Zwanenburg et al., 2011). Het gedrag van keringen bij waterverzadiging en uitdroging zal anders zijn. Dit vraagt om gepast beheer per type kering. In Nederland worden de meeste keringen voorzien van een laag klei om de erosiebestendigheid voor de grasbekleding te vergroten, uitdroging te verminderen of het gewicht van de kering te verhogen (STOWA, 2009; STOWA, 2015).

Tijdens droogte hebben zowel veen- als kleigronden last van het verlies van water door verdamping. Hierdoor vindt inkrimping plaats en kunnen verzakkingen of scheurvormingen plaatsvinden. Keringen bestaande uit puur zand ervaren geen krimp bij verdroging. Echter, daalt de grondwaterstand sterker in een zandkering. Dit kan grotere gevolgen hebben voor de grasbekleding op de dijk (Van den Akker, 2013). Er zijn bijna geen keringen meer in Nederland die bestaan uit puur veen. Naar aanleiding van de afschuivingen in 2003 hebben de meeste waterschappen de veenkeringen voorzien van een kleikap (Van Vliet et al., 2011).

De keringen in het gebied van Waternet, Delfland en Rivierenland bestaan vooral uit klei en veen afgedekt met een kleikap. In het gebied van HHSK liggen vooral veendijken die zijn verstevigd met klei. Ook zijn er nog wat robuuste keringen bij HHSK die puur uit veen bestaan. De primaire keringen in deze gebieden bestaan vaak uit zand. De keringen van Vallei en Veluwe kunnen bestaan uit allerlei materiaal dat bij de aanleg voor handen was, dit was voornamelijk zand en klei. Rijnland en HHNK hebben keringen die zijn opgebouwd uit zowel klei, zand, als veen afgedekt met klei. HDSR heeft vooral kleidijken, waarvan enkelen een zandkern hebben en anderen bestaan uit klei op veen. Het Wetterskip onderscheidt de keringen op basis van het materiaal in de ondergrond en niet op basis van het materiaal waaruit de kering is opgebouwd. De keringen hebben een zand-, klei of veenondergrond. De exacte opbouw van de keringen is niet bekend, maar is vermoedelijk hetzelfde als de ondergrond en voor keringen op veengrond aangevuld met klei. RWS heeft primaire keringen, dammen en stormvloedkeringen in beheer die opgebouwd kunnen zijn uit zowel zand, klei als veen. Daarnaast heeft RWS regionale keringen in beheer die meestal uit zand bestaan.

4.3 DROOGTE INSPECTIE

4.3.1 PROTOCOL VOOR DROOGTE INSPECTIE PER WATERSCHAP

Alle keringen worden periodiek geïnspecteerd tijdens de voorjaars- en najaarschouw, daarnaast worden door de meeste waterschappen inspecties uitgevoerd bij maatgevende omstandigheden. Hieronder valt aanhoudende droogte. Bij droogte inspecties wordt onder andere gelet op droogtescheuren en dwarsscheuren, vermindering van de draagkracht van de grond in de teen van de dijk, langscheuren, ligging van de bermsloot, grondwaterstand, aantasting door graverij van dieren, aantasting door bomen, verlaging van de kruin van de dijk, status van de grasmat en de aansluiting op vaste elementen in de kade (Van Vliet et al., 2011). Het moment van starten en de intensiteit van inspecteren verschilt per waterschap. Door de meeste waterschappen is het startpunt bepaald door het neerslagtekort (de hoeveelheid neerslag waarvan de potentiële verdamping is afgetrokken) dat is bereikt in De Bilt t.o.v. 1 april. Sommige waterschappen volgen de richtlijnen opgesteld door STOWA in de Handreiking inspectie waterkeringen (2008) op, waarin wordt geadviseerd vanaf een neerslagtekort van 150 mm te starten met de voorbereidingen van de inspectie en vanaf 175 mm te starten met inspecteren.

Rivierenland en HHSK volgen deze richtlijnen op rondom de inspectie van droogtegevoelige keringen. Dit doen zij voor de, respectievelijk, 90 en 110 km aan droogtegevoelige keringen in hun beheergebied (Tabel 1). Door Rivierenland wordt om de 10 dagen geïnspecteerd en door HHSK om de 14 dagen, waardoor er door beide waterschappen in 2018 in totaal vijf volledige inspectierondes zijn gehouden.

Rijnland heeft naast droogtegevoelige keringen ook keringen die als zeer droogtegevoelig zijn aangeduid. Daarom wordt bij Rijnland al bij een neerslagtekort van 100 mm begonnen met de voorbereidingen voor de inspecties en vanaf 150 mm starten ze met het inspecteren van de 7,5 km aan zeer droogtegevoelige keringen. De keringen worden alleen geïnspecteerd als uit het beheerdersoordeel blijkt dat dit nodig is. Vanaf 175 mm neerslagtekort worden de ook droogtegevoelige keringen geïnspecteerd als dat nodig is op basis van het beheerdersoordeel. Door het extreem hoog oplopende neerslagtekort is in 2018 echter besloten om alle droogtegevoelige keringen te inspecteren in twee rondes twee weken na elkaar. Zo is een startbeeld van de status van alle droogtegevoelige keringen verkregen.

Vanaf ongeveer 150 mm neerslagtekort wordt door HDSR begonnen met inspecteren. Een combinatie van het neerslagtekort, de problemen die al zijn waargenomen en de beschikbaarheid van dijkinspecteurs bepalen het exacte moment waarop wordt begonnen met inspecteren. In drie rondes twee weken na elkaar zijn alle groene, droogtegevoelige keringen (70 km) geïnspecteerd.

Ook het Wetterskip begint vanaf 150 mm neerslagtekort met het inspecteren van de meest risicovolle keringen. Op de ongeveer 900 km keringen op een veenondergrond en een selectie van de meest droogtegevoelige keringen op klei- en zand is een nulinspectie uitgevoerd. Vanaf 200 mm neerslagtekort dienen in principe alle regionale keringen te worden geïnspecteerd. In 2018 is echter besloten om alleen een selectie van de 32 km meest droogtegevoelige keringen, waar problemen zijn opgetreden, te inspecteren.

Bij HHNK geldt vanaf 175 mm neerslagtekort de alertfase, waarin een globaal beeld van de gevolgen van de droogte op de waterkeringen wordt opgevraagd bij de gebiedsbeheerders. Vanaf 225 mm wordt opgeschaald naar alarmfase 1, waarin wordt begonnen met het inspecteren van 60 km droogtegevoelige keringen. Vanaf 275 mm neerslagtekort wordt opgeschaald naar alarmfase 2, waarin in principe alle primaire en regionale keringen worden geïnspecteerd. Voor 2018 is besloten een selectie te maken en alleen de trajecten waar uit berekeningen is gebleken dat problemen met stabiliteit en hydraulische kortsluiting kunnen optreden, nieuw aangelegde dijken en dijken waar eerder problemen optraden, mee te nemen.

Waternet start in principe vanaf een neerslagtekort van 200 mm met het inspecteren van de keringen. Allereerst wordt door de beheerder een selectie locaties bezocht, waar de verdroging van de kering goed kan worden aangevoeld, om te bepalen of een inspectie ronde nodig is. Als dit nodig blijkt, wordt eerst de 24 km categorie A keringen geïnspecteerd. Bij een oplopend tekort tot 250 mm wordt ook 31 km aan categorie B keringen meegenomen en vanaf 300 mm komt daar nog ongeveer 19 km categorie C keringen bij. In 2018 zijn de A, B en C keringen allemaal geïnspecteerd, waarbij categorie C slechts één keer is geïnspecteerd.

Door Delfland wordt in plaats van het neerslagtekort de SPEI (standardized precipitation-evaporation index) gebruikt om de start van de droogte inspectie te definiëren. Binnen het NKWK-project 'Continu Inzicht' is door HKV met Delfland de droogtetool ontwikkeld en geïmplementeerd. De SPEI waarde geeft het gestandaardiseerde neerslagtekort, dus de verhouding tussen de neerslag en verdamping over een vastgestelde periode ten opzichte van het langjarig gemiddelde over dezelfde periode (Droogteindicator, z.d.). Uit onderzoek is gebleken dat het ontstaan van droogtescheuren beter kan worden vergeleken met SPEI dan het neerslagtekort voor het gebied van Delfland (Hoogheemraadschap van Delfland, 2018). Bij een SPEI-waarde van -1 wordt gestart met de inspectie van de 22 km meest droogtegevoelige lijst 1 keringen. Bij -1,75 komt hier 64 km lijst 2 keringen bij en bij -2,25 nog 200 km van lijst 3. In 2018 zijn alleen lijst 1 en 2 keringen geïnspecteerd. Lijst 1 is vier keer om de twee weken geïnspecteerd en lijst 1 en 2 samen drie keer.

Voor alle waterschappen geldt dat de prioritering van de keringen op basis van droogtegevoeligheid per jaar kan veranderen, wanneer er geen problemen zijn geconstateerd tijdens de vorige droogte of recent onderhoud is uitgevoerd.

Er zijn ook waterschappen die geen droogte inspecties hebben uitgevoerd, maar waar de keringbeheerders de keringen intensiever in de gaten hebben gehouden. Dit is gedaan door Vallei en Veluwe en Waterschap Scheldestromen (Scheldestromen).

RWS heeft het beheer van de keringen uitbesteed aan marktpartijen. Tijdens de droogte is door RWS niet verplicht de keringen te inspecteren, maar middels prestatiecontracten is vastgesteld dat ook dan de keringen in goede staat moeten blijven. Hierdoor was de handelswijze tijdens de droge zomer van 2018 verschillend per kering. In vergelijking met de waterschappen zijn er weinig keringen geïnspecteerd.

TABEL 1 OVERZICHT VAN HET DROOGTE INSPECTIE PROTOCOL EN DE UITVOERING IN 2018 PER WATERSCHAP

Waterschap	Prioritering	Aantal km	Moment inspectie	Aantal inspecties	Uitgevoerd door
HSDR	Droogtegevoelig	70	150 mm neerslagtekort	3x volledig om de 2 weken	Intern opgeleid dijkleger
Delfland	Lijst 1	22	-1 SPEI	4x lijst 1, 3x lijst 1 en 2	Interne en externe, dijkinspecteurs, reguliere medewerkers en muskusrattenbestrijders
	Lijst 2	64	-1,75		
	Lijst 3	200	-2,25		
HHNK	Alertfase	-	175 mm	Eerst 60 km, 2 weken later 60 + 440 km	Intern opgeleid dijkleger
	Alarmfase 1	60	225		
	Alarmfase 2	440	275		
Rijnland	Zeer droogtegevoelig	7,5	150 mm	Eigenlijk wordt alleen geïnspecteerd bij een slecht beheerdersoordeel, nu is echter alles 2 x (met 2 weken er tussen) volledig geïnspecteerd	Interne ervaren en onervaren medewerkers
	Droogtegevoelig	245	175		
Rijkswaterstaat	-	-	Verschilt per aannemer	Verschilt per aannemer	Marktpartij
Rivierenland	Droogtegevoelig	110	175 mm	5x volledig om de 10 dagen	Intern en extern opgeleid dijkleger
HHSK	Droogtegevoelig	90	175 mm	5x volledig om de 14 dagen	Intern en extern opgeleid dijkleger
Vallei en Veluwe	-	-	-	-	Alleen intensiever door keringbeheerder
Waternet	Klasse A	24	200 mm	3x A, 2x B, 1x C	Keringbeheerders
	Klasse B	31	250		
	Klasse C	19	300		
Scheldestromen	-	-	-	-	Alleen intensiever door keringbeheerder
Wetterskip Fryslân	Keringen op veengrond Meest risicovolle	1600	150 mm	1x	Intern, rayonbeheerders, aangevuld met muskusrattenbestrijders en andere vrijwilligers
	keringen op zand- of kleigrond	35	200 mm	1x	

4.3.2 PRIORITERING DROOGTEGEVOELIGE KERINGEN

Door de meeste waterschappen is een selectie gemaakt van de meest kwetsbare en droogtegevoelige keringen of er is een prioritering gemaakt op basis van urgentie van inspectie bij droogte. Droogtegevoelige kaden bestaan uit een laag veen of sterk humeuze klei die verdroogt tijdens langdurige droogte. Wanneer de veenkade is afgedekt met 0,5 m klei, of de laag veen zich beneden het niveau bevindt tot waar de freatische grondwaterstand tijdens langdurige droogte maximaal daalt, wordt de kade niet als droogtegevoelig beschouwd (STOWA, 2015). Door de meeste waterschappen wordt op basis van het bodemprofiel, de opbouw en ondergrond van de dijk en de hoeveelheid veen boven de grondwaterspiegel bepaald of deze droogtegevoelig is. Over het algemeen worden droogtegevoelige keringen

afgeschaald als er onderhoud is uitgevoerd. Door Rivierenland wordt de kerende hoogte en het verschil in polder- en boezempeil ook meegenomen. Waternet neemt de afmeting van de dijk en de manier waarop deze is ingericht ook mee in de prioritering van de droogtegevoelige keringen. Door HHNK worden keringen als droogtegevoelig beschouwd als ze opgebouwd zijn uit veen, het veen >0,5 meter boven het polderpeil zit en de deklaag <0,7 meter is. Het Wetterskip beschouwd keringen op een veenondergrond als meest droogtegevoelig. Daarnaast zijn ook de keringen op een klei- of zandondergrond geïnspecteerd die aan een van de volgende criteria voldeden: aanwezigheid van een teensloot, een buitentalud steiler dan 1:3, een groot verschil in boezem- en polderpeil en afgekeurd op basis van de toetsing.

Door de meeste waterschappen worden keringen die zijn opgebouwd uit klei ook meegenomen in de inspectie, sommige waterschappen hebben echter besloten dit niet te doen. Waternet inspecteert kleidijken niet, omdat ze alleen kleidijken hebben met brede kruinen, die niet droogtegevoelig zijn. Als de keringen een smalle kruin hebben, bestaat het gevaar dat water door droogtescheuren heen kan stromen en de kap daarbij wordt geërodeerd. HDSR heeft voornamelijk kleidijken met een smalle kruin van 1,5-2 meter breed in beheer, deze worden wel meegenomen in de inspectie.

4.3.3 UITVOERING VAN DE DROOGTE INSPECTIES

Het verschilt per waterschap door wie de droogte inspecties worden uitgevoerd. Dit kan worden gedaan door een dijkleger, bestaande uit het interne personeel van het waterschap en/of vrijwilligers, die zijn opgeleid tot dijkwacht. Door Rivierenland, HDSR, HHSK, HHNK en het Wetterskip worden de inspecteurs opgeleid tot dijkwacht, voordat ze de droogte inspecties mogen uitvoeren. Rivierenland en HHSK werken met zowel interne als externe dijkwachters, terwijl HHNK en HDSR alleen interne dijkwachters gebruikt voor de inspecties. Bij Rijnland wordt gebruik gemaakt van het niet-opgeleide interne personeel, waarbij iemand met kennis van de keringen en het gebied wordt gekoppeld aan een vrijwilliger binnen de organisatie. Door Delfland zijn zowel opgeleide mensen van de organisatie zelf, als vrijwilligers, dijkwachters en muskusrattenvangers ingezet. Ook het Wetterskip maakt gebruik van zowel interne als externe opgeleide rayonbeheerders of vrijwilligers. Voor Waternet, Vallei en Veluwe en Scheldestromen paste het inspecteren in het reguliere werk en was geen extra mankracht nodig. Bij RWS ligt de verantwoordelijkheid voor het beheer van de keringen tijdens droogte bij de marktpartij aan wie het beheer is uitbesteed. Deze partij geeft zelf invulling aan het uitvoeren van inspecties.

4.4 ANDERE GENOMEN MAATREGELEN

Naast inspecteren van de waterkeringen bij een toenemend neerslagtekort of een grotere afwijking van het langjarig gemiddelde, worden ook andere maatregelen genomen om de door droogte veroorzaakte problemen te beperken. HDSR is het enige waterschap, meegenomen in deze analyse, dat keringen heeft berekend vanaf ongeveer 100 tot 150 mm neerslagtekort, wanneer scheurvorming begon. Dit wordt gedaan als preventieve maatregel om de droogteschade te beperken bij de meest droogtegevoelige regionale keringen. Met een boot met een sproei-installatie op de punt, wordt de kering vanaf het water berekend. Deze methode is in het verleden effectief gebleken om verdere scheurvorming te voorkomen. Ook dit jaar leek het alsof er minder schade is opgetreden bij berekende keringen. Wel wordt gekeken of de kwaliteit van het beregenen kan worden verbeterd. Het is namelijk lastig om precies te sturen waar het water op de dijk terecht komt. Veel andere waterschappen hebben een kritische houding tegenover het beregenen. Zij verwijzen naar het STOWA rapport 'Naar een draai-

boek voor droogtegevoelige kaden' (2005), waarin wordt gesteld dat beregenen of nathouden van de keringen gedoseerd en het liefst preventief moet plaatsvinden. Bij het ongecontroleerd herbevochtigen van verdroogde kades zou dit juist negatieve gevolgen voor de stabiliteit van de kade kunnen hebben. Vooral bij veenkades zouden waterafstotende stukken kunnen gaan drijven op de waterdruk van het beregende water in de scheuren (STOWA, 2005). Door Delfland zijn droogtegevoelige keringen wel een paar jaar besproeid, maar er is gebleken dat het niet of niet voldoende werkte. Lokaal kan het effectief zijn, maar het bleek niet haalbaar om voor alle droogtegevoelig keringen te doen. Door Vallei en Veluwe was een nieuw stuk dijk, dat pas was aangelegd en ingezaaid, natgehouden om de grasmat in leven te houden, niet voor de stabiliteit van de kering. Dit heeft effect gehad.

Sommige waterschappen hebben een beweidingsverbod ingesteld om de kwaliteit van de grasmat te waarborgen. Door Rivierenland, Delfland, HHNK, Vallei en Veluwe en het Wetterskip zijn op sommige keringen verboden ingesteld voor het beweiden van de keringen door vee of schapen, doordat deze het gras kapot traptten of alle planten kaal aten. HDSR heeft een dringend verzoek doorgevoerd om de keringen niet meer te beweiden en in 95% van de gevallen is dit opgevolgd. HHSK, Rijnland en Waternet vonden het niet nodig om een beweidingsverbod in te stellen. Het geven van een verbod is vaak lastig en tijdrovend om te organiseren en is niet voor alle keringen noodzakelijk. HHSK heeft geen protocol voor het inzetten van een beweidingsverbod, bij Rijnland is dat er wel.

Door Rijnland is in het calamiteitenplan ook de mogelijkheid opgenomen om werkzaamheden stop te zetten, in 2018 werd dit echter niet nodig gevonden.

Delfland handhaaft op vaarsnelheid van boten in sommige wateren. Vooral tijdens droogte is er risico op het afslaan van een stuk verdroogde kade als een golf over de beschoeiing heen slaat.

4.5 INSPANNING TIJDENS DE DROOGTE IN 2018

Het verschilt per waterschap of het aantal te inspecteren km en de frequentie van de droogte inspecties hoger was dan tijdens andere droge jaren. Voor HHSK en Delfland was de hoeveelheid te inspecteren km en de frequentie van inspecteren niet uitzonderlijk hoog. Door Delfland was zelfs minder km geïnspecteerd dan tijdens sommige voorgaande droge jaren. Waternet heeft alle droogtegevoelige keringen één keer geïnspecteerd en geen problemen waargenomen, waardoor er geen verder monitoring of vervolgactie nodig was. Rivierenland heeft vaker geïnspecteerd door het aanhoudende neerslagtekort. Door HHNK, Rijnland en het Wetterskip zijn meer km geïnspecteerd dan gebruikelijk tijdens droogte. De Rijnland heeft besloten om alle keringen te inspecteren doordat het neerslagtekort zo ver opliep, ondanks een goed beheerdersoordeel. Het Wetterskip heeft ongeveer drie keer zoveel km keringen geïnspecteerd. Ook zijn er ergere problemen geconstateerd op de meest risicovolle keringen dan tijdens andere droge jaren. Bij HDSR waren meer problemen opgetreden, wat voor extra inspanning in de vorm van monitoring en herstel heeft gezorgd. Binnen RWS is de droge zomer van 2018 als extreem ervaren. Echter zijn de keringen in beheer van RWS vaak niet extra geïnspecteerd.

4.6 GECONSTATEERDE PROBLEMEN EN SCHADE

De meeste geïnterviewde waterschappen hebben ervaren dat de droge zomer van 2018 niet voor meer problemen met de keringen heeft gezorgd dan andere droogtes, ondanks dat deze extreem lang aanhield. De mate van verdroging verschilde wat per gebied, zo zijn er bij Delfland wel enkele forse buien (15-20 mm) gevallen, waardoor de noodzaak om te inspecteren iets achter bleef ten opzichte van andere delen in Nederland. Bij Delfland traden de meeste problemen op in lijst 1 keringen. Dit laat zien dat de keringen die op deze lijst staan inderdaad de meeste problemen geven. In het gebied van Delfland zijn er problemen rondom waterkwaliteit opgetreden dan voor waterveiligheid, terwijl dit bij HDSR juist andersom was. Bij HDSR was de geconstateerde schade groter en hoger dan in voorgaande droge jaren. Het Wetterskip had over het algemeen ergere schadebeelden en op een aantal keringen was de scheurvorming extreem. Bij HHNK, Rivierenland en Rijnland viel het aantal schadebeelden mee viel. Door Waternet zijn helemaal geen zaken waargenomen waar actie op moest worden ondernomen.

4.6.1 DROOGTESCHEUREN EN LEKKAGES

Door alle waterschappen zijn droogtescheuren geconstateerd in klei- of veendijken, sommige scheuren waren zelfs zo lang of diep dat ze moesten worden opgevuld, dit was echter niet uitzonderlijk. De meerderheid betrof lengtescheuren, die minder gevaarlijk zijn dan dwarscheuren. De meeste scheuren zijn vanzelf dichtgetrokken toen het weer begon te regenen, hoewel dit bij sommigen een paar maanden duurde. Wanneer de scheuren te breed of te diep waren, zijn ze handmatig gedicht. Door Rivierenland en Delfland zijn bentoniet kleikorrels gebruikt om ernstige scheuren te dichten. HDSR heeft op een aantal locaties scheuren open gegraven en aangevuld, op andere locaties is de kering gefreesd en hersteld. HHNK heeft op keringen waar tijdens voorgaande droogtes ook scheurvorming was opgetreden de grond opnieuw verdicht en nieuwe bekleding aangebracht. Door HDSR is gemerkt dat scheurvorming vooral is opgetreden in stukken waar pas onderhoud is uitgevoerd. Dit zou veroorzaakt kunnen zijn door het aanbrengen van te natte klei. Soms is echter scheurvorming geconstateerd in een kering, terwijl in een andere kering die rond dezelfde tijd is aangelegd en uit hetzelfde materiaal bestaat, geen scheurvorming te zien is. Ook door HHNK is scheurvorming opgetreden in de kruin van een dijk waar pas verse klei is aangebracht. Rijnland had juist minder schadebeelden in keringen waar net onderhoud was uitgevoerd.

Naast scheuren zijn er veel lekkages geconstateerd, bijvoorbeeld bij Delfland, HHSK, HHNK en HDSR. HHNK en HDSR hebben kleikisten aangebracht om verdere lekkage te voorkomen. Ook langs pijpen van gemalen en inlaten zijn wat kleine lekkages geconstateerd door HHNK. Delfland heeft een intensief meetprogramma opgezet om eventuele beweging van de kade te meten ter plaatse van een lekkage.

4.6.2 VERDROOGDE GRASMAT

De grasmat was bijna overal (ernstig) verdroogd. Dit was over het algemeen erger op locaties met zandkeringen of op locaties waar vlak voor de droogte was gemaaid. Vrijwel overal is de grasmat echter vanzelf weer hersteld toen het neerslagtekort weer werd aangevuld. Op sommige keringen heeft het Wetterskip kale plekken ingezaaid. Er zijn verschillende maatregelen genomen qua beheer van de grasmat. Sommige waterschappen, zoals Delfland, hebben er voor gekozen om juist extra te maaien om verdamping van water via het gewas tegen te gaan. Andere waterschappen, zoals Vallei en Veluwe hebben het maaien waar mogelijk uitgesteld. Door Vallei en Veluwe en HDSR is geobserveerd dat de grasmat minder verdord is wanneer er niet gemaaid is net voor of tijdens de droogte. Vallei en Veluwe heeft geconsta-

teerd dat de kruiden de droogte beter aankonden dan de grassen, waardoor de samenstelling van de grasmat zou kunnen zijn veranderd en er komend seizoen waarschijnlijk meer (on) kruiden zullen groeien op de dijken.

4.7 INTERN UITGEVOERD ONDERZOEK

Een aantal waterschappen heeft zelf onderzoek uitgevoerd rondom droogte, dit kan groot- of kleinschalig zijn.

Door Rivierenland was een proef gedaan om het risico op erosie van een stuk dijk met veel scheurvorming na wateroverlast te onderzoeken. Op een ernstig verscheurd stuk dijk bij Kinderdijk was met tanken water over de dijk gestort. De hoeveelheid water die hiervoor was gebruikt, is vergelijkbaar met een extreme bui, die zwaarder was dan in Nederland ooit zou voorkomen. Uit de proef is gebleken dat er geen erosie is opgetreden in het stuk dijk na wateroverlast. Het zou goed zijn om deze proef uit te laten breiden door een onderzoeksinstituut, zodat er een wetenschappelijke basis is waarop de noodzaak om scheuren te verdichten kan worden gebaseerd, vanuit HHSK is hier behoefte aan.

Bij Delfland loopt een pilot om de mogelijkheden van de inzet van drones in relatie tot droogtescheuren te onderzoeken. Met een IR camera kan een drone temperatuurverschillen zien, die kunnen aangeven waar droogtescheuren zitten. Ook wordt in samenwerking met Rijnland onderzoek gedaan naar het gebruik van satelliet metingen door Miramap.

Door HHNK is op basis van expert judgement en berekeningen aangetoond dat een verlaging van het peil van het IJsselmeer en Markermeer geen nadelige gevolgen heeft op de dijken. Dit is in een separaat onderzoek uitgevoerd door Deltares bevestigd. Ook is gekeken naar de effecten van het beregenen van keringen. Hier is uitgekomen dat het schadelijk kan zijn voor de grasmat, die kan verbranden, en alleen nut heeft als er al voor de droogte mee wordt begonnen. HHNK raadt daarom af om de keringen te beregenen. Bij HHNK loopt een onderzoek naar compartimenteringen. Zij adviseren om BWO (Bescherming van de Waterstaatswerken in Oorlogstijd) keringen niet in werking te stellen bij een eventuele dreigende dijkdoorbraak. Dit omdat bij een dijkdoorbraak het boezempeil ineens omlaag gaat, waardoor het gevaar heerst dat de dijken buitenwaarts in elkaar klappen. Tijdens de afschuiving bij Wilnis is dit gebeurd met damwanden verderop in de boezem.

Door Waternet wordt op proeflocatie de Veenderij al zes jaar een veendijk gemonitord met verschillende sensoren. In samenwerking met Deltares zal worden geprobeerd uit deze data conclusies te trekken over de manier waarop de veendijk reageert op droogte. Zo kan meer inzicht worden verkregen in de snelheid van het dalen van de freatische lijn bij droogte en het weer stijgen als er neerslag is gevallen.

Binnen Vallei en Veluwe zijn waterspanningsmeters en geobeats aangebracht in de Grebbedijk, hier zou informatie uit kunnen worden gehaald over de verdroging van de kering tijdens de droge zomer. Daarnaast is er een kleine proef uitgevoerd met de grasmat. Er is een plag uit de grasmat van de IJsseldijk uitgezet en door een gebiedsbeheerder goed verzorgd. Later is deze teruggezet om te kijken wat de verschillen waren met de verdroogde grasmat op de dijk, waar niks aan is gedaan.

Rijnland heeft onderzoek laten uitvoeren hoe remote sensing zou kunnen bijdragen aan het bepalen van de vochtigheid van de keringen. Er moet nog een koppeling worden gemaakt tussen het vochtgehalte en de sterkte, nu is er nog geen vertaling naar de betekenis van bepaalde waardes die met satellieten worden binnengehaald.

Het Wetterskip heeft onderzoek laten uitvoeren naar de opbouw van de ernstig verdroogde keringen in de Van Ommenpolder. Het lutumgehalte, gehalte organische stof en de rijping van de grond zijn bepaald. Er is een voorstel gedaan om een stuk van deze polder niet te herstellen, om het effect van scheurvorming in de kering beter te begrijpen.

4.8 MENING OVER HUIDIGE MANIER VAN WERKEN EN VERBETERPUNTEN

Over het algemeen werkt de huidige manier van werken voor de waterschappen, hoewel het op sommige punten efficiënter kan. Door veel waterschappen wordt druk vanuit de inwoners ervaren om te starten met inspecteren, omdat die via de media horen dat andere waterschappen hier al mee bezig zijn. Daarom zou het goed zijn om meer landelijke uniformiteit te verkrijgen over het moment waarop wordt gestart met droogte inspecties.

HHSK wil het inspectieprotocol herzien voor de zomer in 2019 en daarbij al vanaf 100 mm neerslagtekort op een selectie representatieve locaties inventariseren wat de schadebeelden zijn. Dit kan vervolgens worden uitgebreid. Wel willen ze alle keringen blijven inspecteren, aangezien er veel verschil kan zitten in verdroging van de kering per locatie. Ook wordt door HHSK genoemd dat de communicatie tussen verschillende waterschappen beter kan. Het delen van intern uitgevoerde onderzoeken zou meer met elkaar gedeeld moeten worden. Nu wordt op sommige vlakken bestaande kennis niet optimaal benut. Ook Waternet benoemt dit.

Waternet is van mening dat het gebruik van neerslagtekort als indicator voor het uitvoeren van inspecties moet worden herzien. Het is goed om na ongeveer tien jaar op basis van het neerslagtekort droogte inspecties uit te voeren, te evalueren welke problemen worden tegengekomen en of de richtlijnen die zijn opgesteld nog actueel zijn. Misschien moet worden overgestapt naar een andere methode. Binnen het beheergebied zou bijvoorbeeld een selectie keringen kunnen worden gemonitord met sensoren om zo een beter beeld te krijgen van het daadwerkelijke vochtgehalte in de dijken.

RWS vindt dat zij te ver van de uitvoering af zitten. In vergelijking met waterschappen, zijn zij minder goed op de hoogte van de staat van de keringen tijdens de droogte en de manier waarop de aannemer daarmee omgaat. Het prestatiecontract is naar aanleiding van deze droge zomer aangepast en verplicht de aannemer bij droogte extra te inspecteren. Ook willen zij de prestatiecontracten explicieter maken en specificeren aan de hand van de digigids.

Rijnland vindt de huidige manier van inspecteren waarmee zij werken goed, maar vindt het wel lastig dat de verantwoordelijkheid voor de waterveiligheid bij een paar mensen uit de organisatie wordt neergelegd. De richtlijnen opgesteld door STOWA over het moment van inspecteren vinden zij te snel, waardoor ze het beheerdersoordeel hebben toegevoegd. Aan de hand van het beheerdersoordeel wordt bepaald of alle droogtegevoelige keringen inderdaad geïnspecteerd moeten worden of dat dit nog kan wachten. Een paar mensen vanuit zowel beleid, onderhoud, als beheer stellen het beheerdersoordeel op en beslissen daarmee of het wel of niet nodig is om te inspecteren. Ook is Rijnland kritisch ten opzichte van het gebruik van het neerslagtekort als uitgangspunt voor het inspecteren. Het zou goed zijn om

te overwegen om een landelijke norm op te stellen voor het uitvoeren van droogte inspecties, waarbij een herziene handreiking leidend is. Ook Waternet brengt eenzelfde voorstel op.

Het Wetterskip vindt dat het risicogericht inspecteren in 2018 goed heeft uitgepakt. Tijdens een volgende droogte willen ze op eenzelfde manier handelen en misschien de selectie droogtegevoelige keringen op zand- en kleigrond verder verkleinen.

HHNK zou graag zien dat er meer onderzoek wordt gedaan naar pijpleidingen in de keringen. Door uitdroging ontstaan zettingsverschillen tussen de dijk en aangrenzende gronden, waardoor er veel spanning op de leidingen kan komen te staan. Hierdoor kan de leiding gaan hangen op hulpconstructies in de dijk en door inklinking en zettingsverschillen kunnen holle ruimtes ontstaan rond de leiding. Het aanbrenge van kwelvoorzieningen om de leiding is belangrijk om het ontstaan van lekkages te voorkomen.

Vallei en Veluwe heeft als aanbeveling om meer onderzoek te doen naar het behoud van een goede grasmat op de keringen in extreme situaties.

4.9 OVERZICHT ERVARINGEN DROOGTE 2018 PER WATERSCHAP

4.9.1 HOOGHEEMRAADSCHAP VAN DELFLAND – OSCAR VAN DAM EN ETIENNE DE JONG

Bij Delfland worden de regionale keringen en polderkades geïnspecteerd tijdens droogte. De primaire keringen bestaan namelijk uit zand en leveren geen problemen op bij droogte. Voor Delfland viel de droogte relatief mee, doordat er plaatselijk wat forse buien zijn gevallen. Hierdoor kon volgens het protocol later aan de droogte inspecties worden begonnen, maar uit voorzorg is één week eerder begonnen met inspecteren. Er is om de twee weken geïnspecteerd door gediplomeerde dijkinspecteurs, reguliere medewerkers, en externe vrijwillige dijkwachters en muskusrattenbestrijders. De keringen zijn geprioriteerd in lijst 1, 2 en 3, op basis van grondonderzoek naar de droogtegevoeligheid van de kering. Tijdens de afgelopen zomer zijn alleen lijst 1 (22 km) en 2 (64 km) geïnspecteerd. Lijst 1 is in totaal vier keer geïnspecteerd, en lijst 1 en 2 drie keer. Er is extra aandacht besteed aan scheuren dieper dan 50 cm, deze werden gemonitord en tussendoor extra geïnspecteerd. Als ze te breed en te diep waren, werden ze gedicht met bentoniet korrels, waarover graszaad is uitgestrooid. Het moment van inspecteren is met de SPEI-tool bepaald. SPEI-waarden worden berekend vanaf 1 april en de SPEI-tool berekent deze per km-vak. Vanaf een waarde van -1 wordt lijst 1 geïnspecteerd, vanaf -1,75 ook lijst 2 en vanaf -2,25 ook lijst 3 (200 km). Jaarlijks wordt gekeken of de keringen nog op de juiste lijst staan en zo nodig worden de lijsten aangepast. Daarnaast wordt er een beweidingverbod ingezet als er ongewenst vee op de kering loopt.

Er wordt binnen Delfland onderzocht hoe drones kunnen worden ingezet bij inspecties of om informatie voor de toetsing te kunnen verzamelen. Er loopt een pilot om de inzet van drones, voor het opsporen van droogtescheuren m.b.v. een IR camera, te onderzoeken. In samenwerking met Rijnland wordt verder onderzoek gedaan naar het gebruik van satelliet metingen voor droogte door Miramap.

4.9.2 HOOGHEEMRAADSCHAP HOLLANDS NOORDERKWARTIER – THEO REUZENAAR

De keringen in het gebied van HHNK bestaan uit een combinatie van klei, veen en zandlagen, wat door geologische afzettingen in de ondergrond aanwezig was en dus eenvoudig kon worden gebruikt om de dijken uit op te bouwen. De meeste veenkeringen zijn al aan het

begin van de 18^e eeuw van een kleikap voorzien om brand van het veen en scheurvorming in de kering tegen te gaan. Voor HHNK waren de maatregelen en inspanningen in de zomer van 2018 vergelijkbaar met andere droge jaren. De schadebeelden vielen mee, maar de lange duur van de droogte heeft impact gehad op de reguliere werkzaamheden binnen de organisatie. Er zijn natte plekken geconstateerd, waar kleikisten zijn aangebracht om verdere lekkage te voorkomen. Ook langs leidingen van gemalen en inlaten zijn lekkages gevonden, sommigen zijn na de droogte opgehaald en hersteld. Verder is onderloopsheid geconstateerd bij een stoomgemaal, verzakking rondom leidingen en voornamelijk veel scheurvormingen. De scheuren zijn gemonitord, soms met piketten, om eventuele verplaatsing te kunnen waarnemen. Op sommige locaties zijn grote en diepe scheuren in de kering en het asfalt gedicht.

Bij HHNK treedt vanaf 175 mm neerslagtekort de alertfase in werking. Hierbij wordt aan de gebiedsbeheerders gevraagd om een globaal beeld te geven van het effect van de droogte op de waterkeringen. Daarna kan worden opgeschaald naar vier alarmfases. Waarbij wordt opgeschaald naar alarmfase 1 en 2 vanaf een bepaald neerslagtekort en naar fase 3 of 4 kan worden opgeschaald bij een dreigende crisis. Bij alarmfase 1, vanaf 225 mm neerslagtekort, is 60 km aan droogtegevoelige keringen geïnspecteerd. Onder droogtegevoelige keringen vallen de keringen met veen in de ondergrond en de keringen waar bij eerdere droogteperiodes problemen waren. De mate van droogtegevoeligheid wordt bepaald door de laagdikte en ligging van het veen boven de grondwaterstand. Tijdens alarmfase 2, vanaf 275 mm neerslagtekort, wordt een overweging gemaakt om alle andere keringen te inspecteren. Afgelopen jaar zijn echter alleen trajecten meegenomen waar problemen met stabiliteit en hydraulische kortsluiting konden optreden, pas aangelegde dijken en dijken waar vroeger problemen zijn opgetreden. Van de 1550 km is uiteindelijk 500 km waterkering geïnspecteerd door 70 opgeleide gebiedsbeheerders, toezichthouders en onderhoudsmedewerkers. Uiteindelijk zijn er ongeveer 300 schademeldingen binnengekomen, met voornamelijk lengtescheuren. Na een technische beoordeling is besloten om 45 plekken te blijven monitoren. Op de Waddenzeedijk was de grasmat heel slecht. Daarop is besloten om daar een beweidingsverbod in te stellen.

Het is lastig om te bepalen wanneer er weer kan worden afgeschaald. Dit jaar is afgeschaald toen de problemen rond waterkwantiteit opgelost waren, dit was eigenlijk te vroeg volgens het draaiboek voor waterveiligheid. Er is besloten om tijdens een volgende droogte aanvullend de SPI-methode te gebruiken om een objectiever beeld van het vochttekort te krijgen. Ook wordt gekeken of het nodig is om voor het inspecteren op te schalen naar een alarmfase, of dat dit ook onder de alertfase kan worden gedaan.

Door HHNK is intern onderzoek gedaan naar de gevolgen van het verlagen van het peil in het IJsselmeer en Markermeer op de primaire keringen. Op basis van expert judgement en berekeningen is gebleken dat er geen negatieve gevolgen zijn voor de dijken. Ook is onderzoek gedaan naar het nut van het beregenen van veendijken. Door HHNK wordt afgeraden dit te doen, omdat het voor verbranding van de grasmat kan zorgen en dit al vroeg van tevoren moet worden gedaan om effect te hebben. Ook wordt kritisch gekeken naar de inwerkstelling van de BWO (Bescherming van de Waterstaatswerken in Oorlogstijd) keringen bij een eventuele dreigende dijkdoorbraak. Bij inwerkstelling gaat het peil in de boezem ineens omlaag, waardoor de dijken, damwanden en beschoeiingen buitenwaarts in elkaar kunnen klappen. Er is bij HHNK een groter onderzoek gaande naar compartimenteringen. Een ander probleem is het droogvallen van dijksloten tijdens droogte. Deze sloten, waar normaal veel kwel is en tijdens droogte niet, kunnen droogvallen, doordat ze alleen gevoed worden door kwel en er geen inlaten aanwezig zijn. Dit kan voor stabiliteitsproblemen en extra verdroging

van de kering zorgen. Er kunnen alsnog inlaten worden geplaatst om dit op te lossen. Een ander gevaar bij droogte is hydraulische kortsluiting. Wanneer een afsluitende klei- of baggerlaag in de boezem ontbreekt of is weggebaggerd, kan het boezemwater in verbinding komen te staan met een doorgaande zandlaag in de dijk. Hierdoor ontstaat een hogere opwaartse druk onder de dijk, waardoor deze kan afschuiven. Met stabiliteitssommen is aangetoond dat op sommige plekken inderdaad een verhoogde kans op instabiliteit is, deze plekken zijn extra geïnspecteerd tijdens droogte.

Er zou meer onderzoek gedaan moeten worden gedaan naar pijpleidingen in de keringen. Tijdens droogte kan veel spanning in deze leidingen ontstaan, doordat door uitdroging zettingsverschillen ontstaan tussen de dijk en de aangrenzende gronden. De leiding kan hierbij gaan hangen op hulpconstructies (damwanden) in de dijk. Door inklinking en zettingsverschillen ontstaan holle ruimtes om de leiding heen, waardoor lekkages kunnen ontstaan. Hiertegen zijn kwelvoorzieningen om de leiding heel belangrijk.

4.9.3 HOOGHEEMRAADSCHAP VAN RIJNLAND – RENÉ VAN DER ZWAN, JOHAN DAENEN EN ROB MENSINK

Tijdens de droge zomer van 2018 was het schadebeeld van de keringen niet erger dan tijdens andere droge jaren. Het schadebeeld viel mee in vergelijking met het neerslagtekort dat langdurig aanhield. Er is wel een grote inspanning geleverd in het inspecteren van alle keringen. In principe wordt alleen als dit in het beheerdersoordeel nodig wordt geacht geïnspecteerd. Doordat het neerslagtekort op een gegeven moment meer dan 300 mm bedroeg, is toch besloten alle 1700 km aan keringen een keer na te lopen. Hierdoor is een startbeeld verkregen en na twee weken is het verloop daarvan nogmaals bekeken. Daarna is alleen vaker geïnspecteerd als er schade was geconstateerd. Logischerwijs is begonnen met de 7,5 km aan zeer droogtegevoelige keringen, de 245 km aan droogtegevoelige keringen en daarna zijn de minder urgente stukken geïnspecteerd. Bij benadering zijn hier 2210 extra manuren voor gemaakt. Deze inspanning was echter niet hoger dan tijdens andere droge jaren. De inspecties worden uitgevoerd door mensen van de eigen organisatie, waarbij altijd iemand met kennis van het gebied meeloopt. Dit heeft een verbindende rol binnen de organisatie en werkt goed. Het viel op dat er minder schadebeelden zijn opgetreden in de onlangs verstevigde keringen (vooral boezemkeringen) en dat de meeste problemen werden geconstateerd in polderkades. Deze hebben een lagere prioriteit gekregen in de kadeverbetering.

Rijnland vindt het belangrijk dat er nieuwe tools worden ontwikkeld die kunnen helpen bij het prioriteren van de te inspecteren trajecten. Het meeste kan tot nu toe echter uit de visuele inspectie worden gehaald, waarbij kan worden gevoeld hoe vochtig de dijk is door met een grondboor wat materiaal op te boren. Het belangrijkste is om bij de ontwikkeling van nieuwe technieken vanuit de gebruiker te blijven denken. Nu zijn er wel al tools ontwikkeld, waarvoor vervolgens geen vertaalslag is gemaakt naar de daadwerkelijke betekenis van de verkregen gegevens, waardoor ze in de praktijk niet worden gebruikt.

Rijnland handelt conform de handreiking van STOWA (2008) voor de prioritering van keringen en het uitvoeren van droogte inspecties. Niet alle keringen worden echter geïnspecteerd, maar de noodzaak hiervan hangt af van het beheerdersoordeel. Dit beheerdersoordeel is opgesteld vanuit een combinatie van beleid, onderhoud en waterbeheer. Ook wordt het recente kadeverbeteringswerk en het algemene schadebeeld van de kering meegenomen in de prioritering. De richtlijn voor het starten van de droogte inspecties is zo goed gedefinieerd, aangezien er vanaf de eerste inspectie al schadebeelden worden geconstateerd. Als je later

gaat inspecteren, kan dit de veiligheid in gevaar brengen. Rijnland vraagt zich wel af wat andere waterschappen van het maatgevende neerslagtekort vinden, of ze zich aan de handreiking van STOWA houden en of er geen landelijke norm moet komen.

4.9.4 HOOGHEEMRAADSCHAP VAN SCHIELAND EN DE KRIMPENERWAARD – STEFAN LOOSEN

HHSK heeft vooral klei-op-veendijken. Door ophoging met de juiste soort klei hoopt HHSK dat het veen onder de grondwaterspiegel terecht komt, wat uitdroging en gewichtsafname tijdens droogte voorkomt. De droogtegevoelige keringen (90 km) zijn afgelopen zomer geïnspecteerd in vijf rondes om de 14 dagen vanaf een neerslagtekort van 176 mm. Dit is niet uitzonderlijk, in 2015 is namelijk ook ongeveer vijf keer geïnspecteerd. De inspecties zijn uitgevoerd door zowel interne medewerkers als externe dijkwachters. De categorisering is gebaseerd op het bodemprofiel, de ondergrond en de hoeveelheid veen die aanwezig is. Er zijn relatief weinig problemen opgetreden, op drie locaties zijn ernstige scheuren gedicht en er zijn wat lekkages opgelost die tijdens de droogte zijn gesignaleerd. De inspectie methode die wordt gehanteerd is verouderd en gebaseerd op het STOWA rapport (2008). Voor de komende droogte willen ze een nieuwe methode hebben ontwikkeld om in te kunnen zetten. HHSK wil vanaf 100 mm neerslagtekort al op bepaalde locaties inventariseren wat de schadebeelden zijn, dat vervolgens uitbreiden en uiteindelijk alle droogtegevoelige keringen gaan inspecteren bij aanhoudende droogte, omdat de droogte per gebied kan verschillen. Er zou meer professioneel onderzoek moeten worden gedaan naar het gevaar van het vollopen van scheuren in klei na hevige neerslag. Ook moet onderzoek dat binnen individuele waterschappen is gedaan, beter worden gecommuniceerd en gedeeld met andere waterschappen. Nu wordt op sommige vlakken bestaande kennis niet optimaal benut.

4.9.5 HOOGHEEMRAADSCHAP DE STICHTSE RIJNLANDEN – RUUD WEIJS

Bij HDSR zijn meer problemen opgetreden dan tijdens andere droge jaren, waardoor de schade groter en duurder was dan normaal. De schade zit vooral in keringen die relatief kort geleden zijn hersteld. Het aanbrengen van te natte klei en het feit dat de klei niet voldoende de tijd heeft gehad om geleidelijk uit te drogen, zou tot meer scheurvorming kunnen hebben geleid. Dit wordt echter tegengesproken doordat er in een kering die in dezelfde tijd is aangelegd en uit hetzelfde materiaal bestaat als een kering waar veel scheurvorming is opgetreden, geen problemen zijn gevonden.

Naast het inspecteren van 70 km aan groene keringen vanaf ongeveer 150 mm neerslagtekort, begint HDSR vanaf ongeveer 100-125 mm neerslagtekort, wanneer de eerste droogtescheuren ontstaan, met het beregenen van de meest droogtegevoelige regionale keringen. Dit om schade aan de keringen te voorkomen of beperken. In het verleden is gebleken dat de scheurvorming niet groter wordt als de keringen worden beregend. Ook dit jaar leek het alsof er minder schade is opgetreden bij beregende keringen. Wel wordt gekeken of de kwaliteit van het beregenen kan worden verbeterd. Er wordt namelijk beregend vanaf een boot met op de punt een sproei-installatie. Het is lastig om vanaf een boot precies te sturen waar het water op de dijk terecht komt, doordat de druk van het water de boot de andere kant op duwt en er continu moet worden tegengestuurd om de boot op de juiste plek te houden voor het gelijkmatig beregenen van de dijk. De droogtegevoelige keringen zijn daarnaast in drie rondes volledig geïnspecteerd door een opgeleid dijkleger van interne medewerkers. Het moment van inspecteren hangt niet alleen af van het neerslagtekort, maar ook of er al problemen zijn geconstateerd en of er genoeg mensen kunnen worden ingepland om de inspecties uit te voeren.

Primaire keringen zijn alleen geïnspecteerd, maar niet berekend. Vooral nieuwe vakken zijn bekeken en ook bij alle kunstwerken is gekeken of ze goed aansloten op het grondlichaam. Er zijn veel scheuren, vooral lengtescheuren, geconstateerd. Op ongeveer 20 locaties was het nodig om herstelmaatregelen te nemen. Bij verbetertrajecten is gekeken hoever de scheuren doorliepen in de dijk door aan beide kanten van de kering sleuven te graven. Ook is gekeken hoe ver de droogte is doorgedrongen in de dijk en of er verschuiving of verzakking plaatsvond. Op drie locaties is een second opinion aangevraagd door een landelijke expertgroep. Op basis daarvan is besloten de klei op de kap van één locatie af te voeren, omdat die veel te hard was geworden tijdens de droogte. Ook zijn er een aantal lekkages geconstateerd tijdens hoogwater net na de droogte, deze zijn hersteld door kleikisten aan te brengen.

De grasmat was erg verdord, het komt niet vaak voor dat de grasmat zo verslechtert. Er kon duidelijk verschil worden gezien in de kwaliteit van de grasmat tussen stukken waar net gemaaid was en waar dat langer geleden was. Pas gemaaide stukken waren erger verdord. Overall is de grasmat echter vanzelf weer hersteld. Bij kleidijken, de meeste keringen in het gebied van HDSR bestaan uit klei, klei op veen of klei op zand, is de staat van de grasmat vaak een minder groot probleem dan bij zanddijken. Er zijn geen beweidingsverboden ingesteld, maar er is wel dringend verzocht om vee van de dijken te halen. Dit heeft is voor 95% opgevolgd.

4.9.6 RIJKSWATERSTAAT – BART VONK, HENK VAN HEMERT, GERARD HARMS EN ERIK STAPPER

RWS heeft vooral primaire keringen, dammen en stormvloedkeringen in beheer. Tevens zijn veel scheepvaartsluizen ook primaire waterkering. Voor primaire keringen vormt droogte geen direct gevaar, aangezien de waterafvoer in de rivieren tijdens droogte juist laag is. De kering moet echter niet in een slechtere conditie het hoogwater seizoen in gaan, waardoor primaire keringen toch moeten worden geïnspecteerd tijdens droogte. Daarnaast heeft RWS bijna 500 km regionale keringen, waarvan de meeste in Brabant en langs scheepvaartkanalen liggen. In de bijlage van het Waterbesluit kunnen alle keringen van RWS gevonden worden. Veel van deze keringen hebben een damwand. Hierdoor is er geen risico door droogte vanuit stabiliteit oogpunt, maar de grasmat verdroogt wel. Vaak zijn deze keringen echter ruim op hoogte, waardoor de kwaliteit van de grasmat minder essentieel is. De dijken langs het IJsselmeer en in Zeeland zijn minder droogtegevoelig. Langs het IJsselmeer staan de keringen bijna altijd droog en in Zeeland zijn veel robuuste dammen. De keringen in Brabant zijn veelal zandig, waardoor ze niet krimpen, maar de grasmat wel sneller verdroogt. Bij Marken zijn de dijken, die direct op het Hollandveen zijn gebouwd, extra geïnspecteerd tijdens de droogte. De keringen langs het Amsterdam-Rijnkanaal bestaan uit klei en veen. Daar is intensiever geïnspecteerd tijdens de droogte en was het schadebeeld relatief groot. In het oosten heeft RWS gesignaleerd dat de klei ernstig verdroogd was en zelfs los kwam van de kunstwerken. Dit is doorgespeeld naar de waterschappen. De waterschappen hebben daar echter minder last van gehad.

Rijkswaterstaat West-Nederland Noord (RWS WNN) heeft primaire keringen rond het Noordzeekanaal, van IJmuiden tot Amsterdam, en rondom het Markermeer. Bij IJmuiden bestaan de keringen uit zand en bij Marken zijn het kleivenige dijken. Hierdoor hadden ze bij IJmuiden vrijwel geen last van de droogte en in Marken wel. Alleen de grasmat was verdroogd bij IJmuiden, maar toen het begon te regenen is deze weer hersteld. Bij Marken was vooral veel scheurvorming. Dit komt deels doordat de kering niet uit goede dijkklei bestaat. Oorspronkelijk is de dijk ook niet gebouwd als waterkering. De kering bestaat uit oude zeelei, waar gras slecht op groeit. Sinds hij in 2003 benoemd is als waterkering, is hij telkens

afgekeurd bij de toetsing. Binnenkort wordt een nieuwe kering aangelegd. De scheuren zijn gevuld met grond en ingezaaid. Er is overwogen om de kering nat te maken, maar dit was een te grote investering, gezien de versterking die gepland staat. Daarnaast is de grondwaterstand nauwelijks gedaald in de kering, omdat het Markermeer als zoetwaterbuffer werd ingericht in Nederland, hierdoor kwam de stabiliteit van de kering niet in gevaar.

De dijken zijn dit jaar over het algemeen erger verdroogd, waardoor ook dieper in de dijk scheurvorming heeft kunnen plaatsvinden. Dit is visueel niet te inspecteren. Het is ook niet duidelijk of deze scheuren vanzelf zijn hersteld. Vooral voor rivierdijken is dit relevant, omdat daar bij hoogwater problemen kunnen optreden als de scheuren niet zijn hersteld. Ook zouden diepere scheuren tot een nieuw intredepunt voor piping kunnen leiden. Er zou meer risico kunnen zitten in de scheurvorming dan we ons bewust van zijn.

RWS is verantwoordelijk voor het beheer van de keringen, maar besteedt dit uit aan marktpartijen in prestatiecontracten. Zo wordt de kennis die bij de markt aanwezig is benut. Hierdoor zit RWS echter verder van de uitvoering, is er een communicatiekloof en wordt niet overal op dezelfde manier beheerd door gebrek aan een vast RWS protocol. Het is de vraag of in alle regio's van RWS nog de juiste kennis in huis is om de juiste vragen en eisen te formuleren voor de aannemer. Ook is het de vraag of de inspecties die zijn uitgevoerd nog goed beoordeeld en gecontroleerd kunnen worden en of dit ook overal gedaan wordt. Aan de aannemer wordt een onderhoudsboekje (instandhoudingsplan) meegegeven met dingen die moeten gebeuren. Waterkeringen moeten bijvoorbeeld twee keer per jaar geïnspecteerd worden en twee keer per jaar moet het gras gemaaid worden. Hier mag de aannemer van afwijken, maar de staat van de kering moet er aantoonbaar niet op achteruit gaan. De verantwoordelijkheid voor het inrichten van het onderhoud ligt bij de aannemer.

Door RWS zijn veel keringen niet extra geïnspecteerd tijdens droogte, terwijl dit door waterschappen wel is gedaan. In het prestatiecontract is dit jaar aangepast dat de aannemer verplicht is bij droogte extra te inspecteren, net als bij een zware storm gebeurt. Bij RWS WNN is de aannemer begonnen met inspecteren naar het voorbeeld van de waterschappen. Eerst is tijdens een nulinspectie de status van alle keringen goed in beeld gebracht. Daarna is iedere week een rondje gelopen om de stukken waar scheuren zijn gevonden intensief te monitoren. Voor een volgende droogte is het wenselijk om de gang van zaken in 2018 goed vast te leggen, om die kennis opnieuw in te kunnen zetten.

De onderhoudswerkzaamheden voor RWS zijn niet afgestemd op de zorg voor een goede grasmat, die bijdraagt aan de waterveiligheid. De prioriteit voor het zorgvuldig onderhouden van de grasmat is laag en de kennis van het juiste beheer van de grasmat is niet overal aanwezig. Bij Marken is een grasexpert ingeschakeld om de staat van de grasmat daar te verbeteren. De waterkeringzorg moet explicieter worden gemaakt en prestatiecontracten moeten worden gespecificeerd aan de hand van de digigids. Deze droogte is de aanleiding geweest om het beheer van de keringen meer aandacht te geven.

Door RWS wordt vooral geïnvesteerd in kennisontwikkeling voor primaire keringen. STOWA doet dit voor regionale keringen in het ORK. Wel zijn veel grondwaterstanden in de dijken gemeten vanwege het piping onderzoek, dat toevallig doorliep tijdens de droogte. Hierdoor is op sommige plekken bijna 1,5 jaar met peilbuizen gemeten. Hier zou naar moeten worden gekeken om meer inzicht te verkrijgen in het verloop van de grondwaterstand in keringen tijdens droogte.

4.9.7 WATERNET – BAS MOLENKAMP

Waternet heeft geen problemen gehad met de keringen door de aanhoudende droogte. Er zijn veen- en kleidijken in het beheer, waarvan de meeste droogtegevoelige direct na Wilnis in vijf jaar zijn verstevigd met een klei kap of steunberm. Dit om de verdamping te minimaliseren en te compenseren voor gewichtsafname bij uitdroging. De dijken die verder nog uit veen bestaan, zijn minder droogtegevoelig, doordat de veenlaag zich grotendeels onder de grondwaterstand bevindt of doordat de afmeting van de dijk ervoor zorgt dat het faalmechanisme van een te droge veendijk niet relevant is. Er is een onderverdeling gemaakt van keringen in klasse A (24 km), B (31 km) en C (19 km). Voor de droogte inspecties wordt het inspectieplan waterkeringen gevolgd. Bij een neerslagtekort worden een aantal representatieve locaties bezocht waar de beheerder een eerste beeld kan krijgen van de vochtigheid van de keringen. Vanaf een droogtetekort van 200 mm worden de keringen in klasse A geïnspecteerd, vanaf 250 mm A en B en vanaf 300 mm A, B en C. Kleidijken zijn niet meegenomen in de droogte inspecties, aangezien ze een brede kruin hebben. Naar schatting is zo'n 75 km kering één keer geïnspecteerd, dit is gedaan met de reguliere bezetting.

Tijdens de afgelopen zomer zijn er geen zaken waargenomen waar actie op moest worden genomen of waar extra gemonitord moest worden. Bij Waternet wordt daardoor geprobeerd het inspecteren steeds meer op te rekken. Ook vindt Waternet dat er meer één lijn moet komen in de werkwijze van verschillende waterschappen en dat kennis moet worden gedeeld om een landelijke uniformiteit te krijgen. Ze zijn benieuwd naar de verschillen tussen de waterschappen en waardoor die verschillen ontstaan, zijn de keringen bijvoorbeeld verschillend, zijn de shadebeelden verschillend of worden er verschillende diagnoses gesteld bij dezelfde shadebeelden? Het is lastig dat inwoners vanuit de media vernemen dat buurwaterschappen sneller beginnen met inspecteren en ze bij Waternet navragen waarom dat (nog) niet wordt gedaan.

Proeflocatie de Veenderij wordt al zes jaar gemonitord met sensoren op o.a. het vochtgehalte. De verzamelde data wordt in samenwerking met Deltares gebruikt om inzicht te verkrijgen in de manier waarop een veendijk reageert op droogte en hoe snel de freatische lijn daalt en stijgt.

4.9.8 WATERSCHAP RIVIERENLAND – HANS KNOTTER EN ADRIE KRAAIJEVELD

De zomer van 2018 zorgde niet voor meer problemen dan andere droge zomers. Hoewel de inspanning iets groter was, er is vaker geïnspecteerd, zijn er niet meer droogtescheuren geconstateerd dan tijdens andere droge jaren. Dit heeft vooral te maken met de opbouw van de keringen, die bestaan namelijk vooral uit een veen basis van gemiddeld 1 m dik, waarop een grote laag klei is aangebracht. Het veen ligt onder de grondwaterspiegel, die vrij stabiel blijft tijdens droogte, doordat het boezempeil strak wordt gehandhaafd. Hierdoor is er geen verlies in sterkte door uitgedroogd veen. Bij uitdroging kunnen er wel scheuren ontstaan in de klei. Er zijn vooral lengtescheuren geconstateerd tijdens de vijf inspectierondes van 110 km aan droogtegevoelige keringen. Lengtescheuren zijn minder gevaarlijk dan dwarscheuren, dwarscheuren kunnen namelijk voor inundatie zorgen. Vanaf 175 mm neerslagtekort werden de keringen geïnspecteerd door ongeveer 21 opgeleide dijkwachters per dag om de 10 dagen. Dit is behoorlijk vroeg voor kleidijken, maar de eerste ronde dient meteen als basisronde om de algemene staat van de groene keringen in beeld te brengen. Vanuit Rivierenland wordt door zowel interne als externe opgeleide inspecteurs geïnspecteerd. De interne inspecteurs zijn aanvullend opgeleid voor communicatie (dijkwachtersapp, portofoontraining, enz.). Verder is een beweidingsverbod ingesteld op een stuk dijk waar de schapen het gras kapot liepen.

Doordat het boezempeil strak werd gehandhaafd, bleef de grondwaterstand in de dijk ongeveer gelijk en is op een gegeven moment een maximale verdroging bereikt. Als de freatische lijn maximaal is uitgezakt, is de kering maximaal verdroogd. De sterkte van pure veenkeringen wordt nu niet onderschat, maar wanneer het veen onder de grondwaterspiegel ligt en het om klei-op-veenkeringen gaat, neemt de sterkte van de kering niet af in tijden van droogte. Het is daarom belangrijk om veenkeringen voldoende te versterken met een kleilaag.

Er is een proef gedaan door Rivierenland in een stuk kering bij Kinderdijk dat ernstig verscheurd was om het risico op erosie in het gescheurde stuk dijk bij hevige regenval te achterhalen. In dit stuk dijk is een zeer extreme bui nagebootst en er is geen erosie geconstateerd.

4.9.9 WATERSCHAP SCHELDESTROMEN – ERNST JONKER

Waterschap Scheldestromen heeft voornamelijk primaire keringen en compartimenteringskeringen in het beheer. Voor de primaire keringen zijn extra inspecties uitgevoerd naar aanleiding van de aanhoudende droogte en het toenemende neerslagtekort. Hier zijn vrijwel geen problemen geconstateerd. Voor de regionale keringen, die voornamelijk bestaan uit compartimenteringskeringen, is geen uitgebreid inspectieproces opgesteld.

4.9.10 WATERSCHAP VALLEI EN VELUWE – PETER BOONE

Vallei en Veluwe heeft verschillende type keringen die zijn opgebouwd uit zand of klei (soms met puin). De keringen zijn niet extra geïnspecteerd tijdens de droogte, maar wel goed in de gaten gehouden. De dijkspecialisten hebben in hun eigen gebied de keringen vaker bezocht, waar zij ongeveer drie dagen extra mee bezig zijn geweest. Doordat de dreiging niet hoog was, was het niet nodig om aanvullende droogte inspecties uit te voeren. Vergeleken met andere waterschappen was de inspanning laag. Het aantal scheuren viel mee afgelopen zomer en er is niks handmatig gedicht. De grasmat was erg verdroogd, doordat de droogte veel langer aanhield dan in andere jaren. Bij Vallei en Veluwe wordt in een apart monitoringsprogramma de kwaliteit van de grasmat gewaarborgd, er wordt gestreefd naar een H2 vegetatietype met diverse grassen en kruiden. Het onderhoud hiervoor is uitbesteed. Opvallend was dat op keringen waar niet gemaaid was, het gras minder verdroogd was en minder scheurvorming was geconstateerd dan op keringen waar wel gemaaid was. De kruiden en onkruiden zijn de droogte beter doorgekomen dan de grassen, dit zou kunnen hebben gezorgd voor een andere samenstelling van de bekleding voor het volgende seizoen. Het zou goed zijn om meer onderzoek te doen naar hoe de grasmat kan worden behouden in extremere situaties.

4.9.11 WETTERSKIP FRYSLÂN – NIEK BOSMA EN PIER SCHAPER

Het Wetterskip heeft zowel keringen op zandgrond, kleigrond, als veengronden. De opbouw van de kering zelf is in het verleden niet goed vastgelegd, maar bestaat vaak uit materiaal dat voor handen was. Meestal was dit zand op zandgronden, klei op kleigronden en een menging van veen en klei op veengronden. Iedere type ondergrond komt ongeveer even veel voor in Friesland, het aantal km keringen op die ondergrond verschilt echter. Van de ca. 3000 km regionale keringen, ligt ongeveer 900 km in het veengebied, 1500 km in het kleigebied en 600 km in het zandgebied. Meer van de helft van de kosten rond droogte worden echter in het veenweide gebied gemaakt. Droogteproblemen komen vooral voor in veen. Zand verdroogt meer dan veen, maar is minder gevoelig voor scheurvorming. Wanneer het juiste materiaal wordt gebruikt voor kleikades, is er weinig klink en treden er minder problemen op tijdens droogte. Tegenwoordig worden er veel eisen gesteld aan het materiaal dat wordt gebruikt bij de aanleg van een nieuwe kering. Het gehalte aan organische stof en lutum mag bijvoorbeeld niet te hoog zijn.

De inspanning was tijdens de droge zomer van 2018 ongeveer drie keer groter dan tijdens andere droge jaren. Er is gemerkt dat de stukken kering die bestaan uit venige klei met >20% organische stof, meer en sneller verdrogen. Scheuren ontstaan vooral door een combinatie van een hoog gehalte aan lutum en organische stof in de kering, te intensieve begrazing en muizenschade. Scheurvorming en verdroging hebben effect op het wortelpakket van de grasmat. Op sommige stukken is het gras niet hersteld na de droogte en zijn kale plekken achtergebleven. Het wortelpakket heeft de droogte overleefd, maar het is wel nodig om opnieuw te zaaien om in de toekomst een goede grasmat te behouden.

Ernstige scheurvorming is waargenomen bij de Van Ommenpolder en polder de Hege Warren. Op grote stukken van de keringen groeide ook geen gras meer. Dit waren extreme situaties, waar veel van geleerd kan worden. Er is een voorstel gedaan om een stuk van de Van Ommenpolder niet te herstellen om hiermee te kunnen vergelijken. Er is in deze polder een onderzoek uitgevoerd naar het materiaal waaruit de kering is opgebouwd. Het lutumgehalte, gehalte aan organische stof en de rijping van de grond zijn belangrijke factoren die kunnen verklaren waarom er zoveel scheuren zijn ontstaan. Door het Wetterskip wordt veel gebruik gemaakt van het werk van Van den Akker et al. (2013) 'Gedrag van verdroogde kades' als naslagwerk voor scheuren. Het Wetterskip adviseert andere beheerders om dit ook te lezen en deze kennis in te zetten.

Vanaf 150 mm neerslagtekort wordt gestart met het inspecteren van de keringen. Als het in maart al droog was, wordt het neerslagtekort al vanaf maart gemeten i.p.v. 1 april. Eerst worden de regionale keringen op een veenondergrond en een selectie op klei- en zandgrond geïnspecteerd. Het droogteprobleem is risicogericht benaderd en keringen met een teensloot, buitentalud steiler dan 1:3, een groot verschil in boezem- en polderpeil en die niet voldeden aan de toetsing, zijn geselecteerd. Tijdens de eerste inspectieronde is ongeveer 1600 km geïnspecteerd. Vanaf 200 mm neerslagtekort dienen in principe alle regionale keringen geïnspecteerd te worden. In 2018 is hier vanaf geweken, doordat het niet nodig was alle keringen te inspecteren en er onvoldoende capaciteit was om dit te doen. Er is besloten de 32 km meest risicovolle keringen, waar problemen zijn geconstateerd, vaker te inspecteren. Op vijf locaties is hierna een vinger aan de pols gehouden en op twee locaties zijn maatregelen getroffen.

De uitkomst van de inspecties was conform de verwachtingen. Er was alleen verdroging aan de zode, verder was er geen schade waargenomen die de stabiliteit zou kunnen aantasten. De inspecties worden in principe door de rayonbeheerders uitgevoerd. Dit jaar is dat uitgebreid met andere mensen uit de organisatie, zoals muskusrattenbestrijders.

Verder zijn er beweidingsverboden ingesteld, waarbij de schapen van de kering moesten worden gehaald. Voor de Van Ommenpolder had dit eigenlijk eerder moeten worden gedaan om een deel van de schade te beperken.

5

CONCLUSIES

Waterbeheerders zijn verschillend omgegaan met de droogte tijdens de zomer van 2018. Er zit verschil in de start, frequentie en uitvoering van de droogte inspecties. Ook het aantal km keringen dat is geïnspecteerd, verschilt per waterbeheerder.

Er zitten grote verschillen in het beheer van de keringen tussen Rijkswaterstaat en de waterschappen. Dit komt vooral doordat RWS het beheer van de keringen uitbesteedt in prestatiecontracten. Hierdoor zijn er per kering verschillen in het beheer tijdens de droogte en staat RWS verder van de uitvoering af. Alle waterschappen beheren de keringen daarentegen zelf. Door de meeste waterschappen zijn droogte inspecties uitgevoerd, vaak met hulp van extra interne of externe mankracht, terwijl de meeste keringen in beheer van RWS niet zijn geïnspecteerd. Hierbij moet wel worden vermeld dat de droogte voor primaire keringen en regionale zandkeringen, waaronder de meeste keringen van RWS vallen, minder direct risico oplevert. Tijdens droogte is het waterpeil in de grote rivieren juist laag en de keringen zijn vaak ruim op de vereiste kerende hoogte, waardoor het belang van een goede erosiebestendige grasmat minder essentieel is.

Ook tussen de individuele waterschappen zitten grote verschillen in de manier waarop wordt gehandeld en geïnspecteerd tijdens droogte, ondanks dat daar richtlijnen voor zijn opgesteld.

Rijnland, HDSR en het Wetterskip beginnen het vroegst, vanaf 150 mm neerslagtekort, met het uitvoeren van droogte inspecties. HDSR begint meteen met het inspecteren van alle groene keringen. Vanaf 100 tot 150 mm neerslagtekort is dan al begonnen met het beregenen van de meest droogtegevoelige keringen, waar beginnende scheurvorming is geconstateerd. Rijnland start vanaf 150 mm neerslagtekort met het inspecteren van de zeer droogtegevoelige keringen en het Wetterskip met de keringen op een veenondergrond en de meest risicovolle keringen op zand- en kleigronden. Als het droogtetekort aanhoudt, komen daar bij Rijnland vanaf 175 mm neerslagtekort de droogtegevoelige keringen bij, mits het beheerdersoordeel 'slecht' is. Vanaf 200 mm neerslagtekort inspecteert het Wetterskip een selectie keringen waar problemen zijn opgetreden. Rivierenland en HHSK volgen de richtlijnen die zijn opgesteld door STOWA (2008) en beginnen vanaf 175 mm neerslagtekort met het inspecteren van de droogtegevoelige keringen om respectievelijk de 10 en 14 dagen. Waternet en HHNK beginnen relatief laat met inspecteren. Bij HHNK wordt vanaf 175 mm gemonitord, maar vanaf 225 mm neerslagtekort worden de droogtegevoelige keringen geïnspecteerd. Bij 275 mm neerslagtekort komt daar een selectie van de meest risicovolle keringen bij. Waternet start vanaf 200 mm neerslagtekort met de meest droogtegevoelige keringen, vanaf 250 en 300 mm neerslagtekort komt daar nog twee klassen keringen bij. Vallei en Veluwe en Scheldestromen hebben geen droogte inspecties uitgevoerd. Hier was de dreiging niet hoog, door, respectievelijk, de lage rivierstanden en het grote aantal compartimenteringskeringen, waardoor het extra in de gaten houden van de keringen voldeed.

Tijdens de zomer van 2018 was de inspanning voor HHSK en Delfland niet groter dan in andere droge jaren. Rivierenland heeft vaker geïnspecteerd en HHNK, Rijnland en het Wetterskip hebben meer km keringen geïnspecteerd dan gebruikelijk. Bij HDSR zijn meer problemen opgetreden, wat voor extra monitoring en herstelwerkzaamheden heeft gezorgd. Bij de meeste andere waterschappen zijn echter niet meer problemen opgetreden dan tijdens andere droge jaren. Delfland, HHNK, Rijnland en Rivierenland vonden het aantal schadebeelden dat zij hebben geconstateerd meevallen. Waternet heeft zelfs geen problemen geconstateerd waar actie op moest worden genomen. Het Wetterskip had in een aantal keringen last van extreme scheurvorming. Tijdens de inspecties zijn vooral scheurvormingen, lekkages en verdroging van de grasmat geconstateerd. De meeste droogtescheuren zijn vanzelf dichtgetrokken toen het weer begon te regenen. Sommige brede en diepe scheuren zijn echter handmatig gedicht door Rivierenland, Delfland, HDSR, HHNK en het Wetterskip. Bij HDSR is de meeste scheurvorming opgetreden in keringen waar pas onderhoud is uitgevoerd. Ook bij HHNK is scheurvorming opgetreden in een kering met verse klei. Dit zou veroorzaakt kunnen zijn doordat de aangebrachte klei te nat was. Rijnland heeft juist de minste schadebeelden in keringen waar pas onderhoud is uitgevoerd.

De grasmat was bijna overal verdroogd, maar leek erger verdroogd te zijn op locaties met zandkeringen en keringen waar vlak voor de droogte was gemaaid. Vrijwel overal is de grasmat vanzelf weer hersteld. Het Wetterskip heeft echter wel wat kale plekken ingezaaid. Vallei en Veluwe heeft geconstateerd dat kruiden de droogte beter aankonden dan grassen, waardoor de samenstelling van de grasmat kan zijn veranderd. Ook zal er meer last zijn van onkruid op plekken waar kale plekken zijn ontstaan.

6

AANBEVELINGEN

Uit de interviews komt naar voren dat een aantal waterschappen vindt dat de richtlijnen die door STOWA zijn opgesteld over het uitvoeren van droogte inspecties verouderd zijn. Wanneer deze worden opgevolgd, zou te snel en te veel km worden geïnspecteerd. Hierdoor hebben de meeste waterschappen de richtlijnen in hun protocol voor droogte aangepast. Vaak worden de keringen verdeeld in droogtegevoeligheidsklassen, wordt het beheerdersoordeel toegevoegd of wordt een selectie gemaakt op basis van verschillende criteria, zodat slechts een selectie droogtegevoelige keringen wordt geïnspecteerd. Een tegengeluid komt van waterschappen die juist wat alerter willen zijn aan het begin van de droogte periode en daardoor eerder (willen) beginnen met monitoren op een selectie locaties. Deze verschillende meningen zorgen ervoor dat door ieder individueel waterschap op een ander moment en op een andere manier wordt gehandeld. **Het zou daarom goed zijn om de richtlijnen opgesteld door STOWA in 2008 te herzien en te kijken of de verschillende wensen van de waterschappen hierin kunnen worden meegenomen, zodat naar een landelijke uniforme aanpak van het droogteprobleem met betrekking tot de keringen kan worden gestreefd.**

Ook is een aantal waterschappen kritisch ten opzichte van het gebruik van het neerslagtekort als maatstaf voor het bepalen van de start van de droogte inspecties. Het neerslagtekort geeft namelijk niet de werkelijke vochtigheid in de kering aan. Ook geeft het neerslagtekort geen objectieve waarde, aangezien het vanaf 1 april berekend wordt. Hierdoor heeft de situatie op 1 april een grote invloed op het werkelijke meteorologische vochttekort. Wanneer 1 april droog is, zal het neerslagtekort een groter daadwerkelijk vochttekort aangeven dan wanneer 1 april nat is. De SPEI-methode ondervangt dit probleem door het neerslagtekort te standaardiseren met een langjarig gemiddelde. Slechts door één waterschap wordt de SPEI-methode al toegepast. Verschillende waterschappen denken er wel over om SPEI-waarden in het vervolg mee te nemen in het bepalen van het moment waarop met inspecteren van de keringen moet worden gestart. Doordat ook in de SPEI-methode de potentiële verdamping wordt gebruikt in plaats van de actuele verdamping en doordat de waterstand in de kering grotendeels wordt bepaald door het peil van het water dat tegen de kering aan staat, geeft de SPEI-waarde nog steeds niet de daadwerkelijke vochtigheid van de kering aan. Hiervoor zou de grondwaterstand in de kering met peilbuizen of sensoren moeten worden gemeten. Doordat keringen echter niet homogeen zijn in samenstelling en opbouw, kan de grondwaterstand per locatie verschillen en is het lastig om te bepalen wat hiervoor de juiste meetlocatie zou zijn. **Er wordt geadviseerd om alternatieve maatstaven voor het neerslagtekort te verkennen.**

Het zou nuttig kunnen zijn om de partijen die bij dit onderzoek zijn betrokken met elkaar in gesprek te laten gaan om te kijken op welke punten zij van elkaars werkwijze en geobserveerde schadebeelden kunnen leren en welke kennis nog ontbreekt bij de waterschappen. Hierbij zou STOWA kunnen worden betrokken als gespreksleider van de meeting. Door de verschillende aanpakken, problemen, maatregelen en intern opgedane kennis kort te presenteren en de genodigden vervolgens de gelegenheid te geven andere waterschappen

hierover te bevragen of adviseren, vindt actieve uitwisseling van kennis plaats. Het delen van informatie kan ervoor zorgen dat waterschappen kunnen leren van elkaars fouten en gebruik kunnen maken van elkaars successen. De website van STOWA kan hierbij optreden als platform waar kennis uit (intern uitgevoerde) belangrijke onderzoeken kan worden gedeeld. De uitkomsten van afgeronde onderzoeken die door individuele waterschappen zijn uitgevoerd, kunnen worden verzameld en gebundeld om het overzichtelijk te maken en vervolgens te verspreiden onder de waterbeheerders. Op basis hiervan en de mening van de waterbeheerders kan gewenst vervolgonderzoek worden gedefinieerd.

In de zomerperiode van 2019 kan worden doorgedaan met het volgen van de ontwikkeling van een eventuele droogte en de manier waarop verschillende waterschappen hier mee omgaan in de voorbereiding op de droogte en bij een olopnd neerslagtekort. Hierdoor worden waterbeheerders op de hoogte te gehouden van elkaars preventieve en reactieve maatregelen. Sommige waterschappen hebben tijdens het interview aangegeven dat zij bezig zijn met het verbeteren van het protocol voor droogte inspecties of dat ze lessen die geleerd zijn uit de zomer van 2018 aan het protocol willen toevoegen. De informatie die hier uit komt zou ook met andere waterschappen moeten worden gedeeld. Een aantal waterschappen is bezig met structurele verbeteringen van keringen om deze droogtebestendiger te maken. Het is interessant om te monitoren of hier inderdaad minder problemen optreden bij een volgende droogte.

REFERENTIES

- Van den Akker, J. J. H., Hendriks, R. F. A., Frissel, J. Y., Oostindie, K., & Wesseling, J. G. (2013). Gedraag van verdroogde kades – Fase B, C, D: Ontstaan en gevaar van krimpscheuren in klei- en veenkades. *Alterra-rapport 2473*. Geraadpleegd via <https://edepot.wur.nl/297906>.
- Berendsen, H. A. J. (1996). De vorming van het land – Inleiding in de geologie en de geomorfologie. *Van Gorcum & Comp. B.V., Assen*.
- Droogteindicator. (z.d.). SPEI. Geraadpleegd via <http://www.droogteindicator.nl/Home/>.
- Van der Most, H., Slootjes, N., & Schasfoort, F. (2014). Delfafact – Nieuwe normering van waterveiligheid. Geraadpleegd via http://deltaproof.stowa.nl/pdf/Nieuwe_normering_van_waterveiligheid?rId=64.
- Handreiking Grasbekleding (z.d.). Handreiking Grasbekleding, waterveiligheid goed geworteld – Droogte. Geraadpleegd via <https://handreikinggrasbekleding.nl/beheer-specifiek/droogte/>.
- Helpdesk Water. (z.d. a). Toetsing regionale waterkeringen. Geraadpleegd via <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/wetgeving-beleid/handboek-water/thema-s/waterveiligheid-0/toetsing-regionale/>.
- Helpdesk Water. (z.d. b). Beheer en onderhoud. Geraadpleegd via <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/regionale/beheer-onderhoud/>.
- Hoogheemraadschap van Delfland. (2018). Vragen en antwoorden over droogte en watertekort. Geraadpleegd via <https://www.hhdelfland.nl/inwoner/klimaat-en-water/vragen-en-antwoorden-over-droogte-en-watertekort>.
- H2O actueel. (2018). Droogte voorbij maar lage grondwaterstanden blijven probleem. Geraadpleegd van <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/droogte-voorbij-maar-lage-grondwaterstanden-blijven-probleem>.
- InfoMil. (z.d. a). Primaire en niet primaire waterkeringen. Geraadpleegd via <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/wetgeving/waterwet/doelstellingen/primaire-primaire/>
- InfoMil. (z.d. b). Normering regionale waterkeringen. Geraadpleegd via <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/thema-s/waterveiligheid-0/normering-regionale/>.
- Kernteam Regionale Waterkeringen. (2005). Ontwikkelingsprogramma regionale waterkeringen. Geraadpleegd van <https://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/130415/ontwikkelingsprogramma.pdf>.
- KNMI. (2018 a, september). Zomer 2018 (juni, juli, augustus). Geraadpleegd van <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maand-en-seizoensoverzichten/2018/zomer>.
- KNMI. (2018 b, november). De droogte van 2018. Een analyse op basis van het potentiële neerslagtekort. Geraadpleegd van https://ruimtelijkadaptatie.nl/publish/pages/155645/20181129_de_droogte_van_2018_-_een_analyse_op_basis_van_het_potentiele_neerslagtekort.pdf.
- Rijkswaterstaat. (2012). Handreiking Toetsen Grasbekleding op Dijken t.b.v. het opstellen van het beheerdersoordeel (BO) in de verlengde derde toetsronde.
- Rijkswaterstaat. (z.d.). Waterkeringen. Geraadpleegd van <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/bescherming-tegen-het-water/waterkeringen/index.aspx>.

- Rooijendijk, C. (2009). Waterwolven – Een geschiedenis van stormvloeden, dijkenbouwers en droogmakers. *Olympus*.
- STOWA. (2004). Aandachtsgebieden veenkaden. *Inventarisatie van gebieden met veenkaden of kaden op veenondergrond, Rapport 2004-36*.
- STOWA. (2005). Naar een draaiboek voor droogtegevoelige kaden. *Belangrijkste conclusies en aanbevelingen van het onderzoeksprogramma droogteonderzoek veenkaden, Rapport 2005-03*.
- STOWA. (2008). Een handreiking tot professionalisering. Handreiking inspectie waterkeringen – Operationeel deel. *VTW 2008-02*.
- STOWA. (2009). Handreiking ontwerpen en verbeteren waterkeringen langs regionale rivieren. *ORK 2009-07*. Geraadpleegd via <https://edepot.wur.nl/8869>.
- STOWA. (2012). Ontwikkelingsprogramma Regionale Keringen – Fase 2. *ORK 2012-32*. Geraadpleegd via <http://edepot.wur.nl/240177>.
- STOWA. (2015). Leidraad toetsen op veiligheid regionale keringen. *LVT Regionaal BLAUW*. Geraadpleegd van <https://edepot.wur.nl/345999>.
- STOWA. (2016). Visie op de regionale waterkeringen 2016 – Verder bouwen op een goed fundament. *STOWA rapportnummer 2016-30*.
- Tweede Kamer der Staten-Generaal. (2004). Brief staatssecretaris met Evaluatienota Waterbeheer Aanhoudende Droogte 2003.
- Van Vliet, L., De Bruin, H. T. J., De Vries, G., & Zwanenburg, C. (2011). Deltafact – Stabiliteit veenkade m.o. klimaatverandering. Geraadpleegd via http://deltaproof.stowa.nl/pdf/Stabiliteit_veenkade_m_o_klimaatverandering?rId=19.
- Zwanenburg, C., De Bruijn, H. J., & Van Vliet, L. (2011). Deltafact – Conseq. Snelle daling waterpeil op waterkering. Geraadpleegd via http://deltaproof.stowa.nl/Publicaties/deltafact/Regelbare_drainage/Conseq_snelle_daling_waterpeil_op_waterkering.aspx