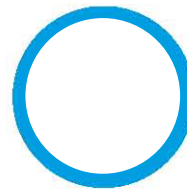


Bijsluiter Veenbox



Aan: Leden van de Begeleidingsgroep
Van: J. Kames & H. van Hemert
Betreft: Addendum "Droogte onderzoek veenkaden"
Datum: 30 augustus 2019
Projectnummer: 477.211
Projecttitel: Ontwikkelingsprogramma Regionale Keringen

In de periode 2003 – 2004 is het zgn. Droogte onderzoek Veenkaden uitgevoerd, resulterend in een Draaiboek Droogtegevoelige veenkaden [STOWA, 2005]. Sinds de afronding van dat onderzoek zijn door waterschappen aanvullende onderzoeken gedaan alsmede nieuwe inzichten verkregen op basis van de ervaring met droogte en de toepassing van het Draaiboek. Door de expertgroep Geotechniek is geconstateerd dat het nuttig is de nieuwe inzichten en ervaringen te verwerken in een actualisatie van het Draaiboek. Besloten is in het kader van die actualisatie een oplegnotitie op te stellen bij de rapportage van het droogteonderzoek (de zgn. Veenbox), in de vorm van een bijsluiter voor het gebruik van het Draaiboek. Een aanpassing van de rapporten of het Draaiboek is niet voorzien.

Dit document betreft die bijsluiter, het geeft een overzicht van nieuw ontwikkelde kennis en benoemt de belangrijkste resultaten daarvan. Deze inzichten zijn vertaald in aanbevelingen of aandachtspunten bij het gebruik van het Draaiboek.

Deze versie

Deze versie geeft een overzicht van de eerste bevindingen van de inventarisatie, en doet enkele suggesties voor de verdere uitwerking / afronding van de bijsluiter. Zulks ter bespreking in de Expertgroep Geotechniek.

Droogte onderzoek Veenkaden

Naar aanleiding van de gebeurtenissen met verdroogde veenkaden tijdens de droge zomer van 2003 is door STOWA op verzoek van de Unie van Waterschappen het zogenaamde "Droogteonderzoek Veenkaden" uitgevoerd. In een eerste fase zijn antwoorden geformuleerd op de destijds urgente (kennis-) vragen gericht op de actuele situatie. In een tweede fase zijn ervaringen en ontwikkelde inzichten vertaald in een Draaiboek Droogtegevoelige veenkaden. De onderliggende onderzoeken zijn uitgevoerd in de periode van september 2003 tot eind 2004, de resultaten en het draaiboek zijn op 1 april 2005 gepresenteerd tijdens een symposium, in Wilnis. Samengevat kende het onderzoeksprogramma onderstaande onderdelen.

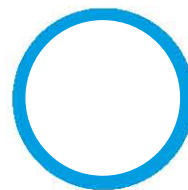
Sub – doelstellingen fase 1: urgente kennisvragen actuele situatie

- Identificatie van gebieden waar aanwezige kaden kwetsbaar kunnen zijn voor verdroging
- Vaststellen van belangrijke aandachtspunten bij de inspectie van verdroogde veenkaden
- Verkrijgen van overzicht van technische hulpmiddelen ter ondersteuning van de visuele inspectie (voortgezet in 2de fase)
- Overzicht van denkbare (nood-) maatregelen voor verbetering van de stabiliteit van verdroogde veenkaden
- Voorspelling van de duur van het herstel van de vochtigheid van verdroogde veenkaden

Sub – doelstellingen fase 2: voorbereiden op toekomstige perioden van droogte

- Hulpmiddel voor bepaling vereiste waakzaamheid bij droogte
- Advies over vereiste waakzaamheid droogte, gedurende 2004
- Een systematiek voor het rangschikken van droogtegevoelige kaden voor inspectie tijdens droogte op basis van een beoordeling van de kwetsbaarheid voor droogte (uitbreiding en detaillering van activiteit in fase 1)

Bijsluiter Veenbox



- Verkrijgen van inzicht in mogelijkheden ter ondersteuning van de visuele inspectie (voortzetting fase 1)
- Overzicht van denkbare maatregelen om stabiliteitsverlies door verdroging te voorkomen

Nieuw ontwikkelde kennis

Sinds de afronding van het Droogte onderzoek is aanvullend onderzoek uitgevoerd naar de stabiliteit van veenkaden. Dit betrof onderzoek naar zowel naar de sterkte van veen generiek als de stabiliteit van een veenkade tijdens de situatie droogte. Ook zijn onderzoeken uitgevoerd gericht op het beheer en onderhoud van veenkaden. Deze onderzoeken zijn veelal in opdrachten van verschillende organisaties (zoals waterschappen, Rijk, fundamenteel onderzoek) uitgevoerd door verschillende partijen (zoals Deltares, WUR/Alterra, TU Delft).

Overige ontwikkelingen

Sinds 2005 zijn tijdens enkele droge zomers (o.a. 2006, 2009 en 2018) ervaringen opgedaan met de (voorheen onbekende) situatie droogte, zowel wat betreft het monitoren van de droogte, het inspecteren van de kaden, het bevochtigen van verdroogte kaden en (faal-) verschijnselen als gevolg van verdroging van de keringen. De ervaringen van de zomer 2018 zijn geëvalueerd in STOWA rapport 2019 10.

Ook is sinds de afronding van het Droogte onderzoek de veiligheid van de regionale keringen genormeerd en getoetst. Daarbij is voor droogtegevoelige kaden tevens de belastingsituatie droogte beschouwd. Hiermee is een goed beeld van de veiligheid van de keringen verkregen.

Inspectie (-technieken) van droogtegevoelige kaden heeft een uitgebreid vervolg gekregen in het STOWA/RWS - programma PIW.

Actualisatie Veenbox

Binnen een beperkte groep experts is steeds afstemming geweest over de opzet van de onderzoeken en zijn de resultaten daarvan gedeeld. Ook ervaringen met de situatie droogte zijn daarbinnen steeds gedeeld. Besloten is de nieuw ontwikkelde kennis breder bekend te maken.

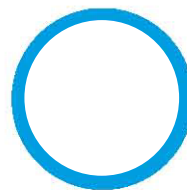
Begin 2017 is een inventarisatie gemaakt van uitgevoerd onderzoek, de resultaten zijn gepresenteerd in bijlage 1. De onderzoeken zijn ingedeeld in categorieën, te weten onderzoek gericht op:

- A. Normering droogte
- B. Inspectie droogtegevoelige kaden
- C. Sterkte veen / stabiliteit veenkaden
- D. Beheer en onderhoud – algemeen
- E. Maatregelen tijdens droogte

In bijlage 2A tot en met 2E zijn de belangrijkste conclusies van de relevante onderzoeken samengevat.

Onderstaand wordt ingegaan op de status van de resultaten van het droogteonderzoek, op basis van de verschillende onderzoeken in dat programma, de rapportages en uiteindelijk het resulterende Draaiboek.

Bijsluiter Veenbox



Resultaten Droogte onderzoek: fase 1

Direct na Wilnis was nog betrekkelijk weinig bekend over de sterkte van de boezemkaden. De verschillende toetsingen van de veiligheid hebben dergelijke inzichten inmiddels wel gegenereerd. Zodoende zijn met name de inventariserende onderdelen van het droogteonderzoek achterhaald.

Identificatie van gebieden waar aanwezige kaden kwetsbaar kunnen zijn voor verdroging

Waterschappen hebben de aangegeven indicatie voor de kwetsbaarheid van de kaden individueel geactualiseerd op basis van varia lokale kenmerken van de kaden en opgedane ervaringen bij latere perioden met droogte. De zgn. aandachtsgebiedenkaart heeft zodoende geen waarde meer. De onderliggende studies (zoals de ontstaangeschiedenis van kaden) zijn informatief. Qua status vervalt de aandachtsgebiedenkaart

Vaststellen van belangrijke aandachtspunten bij de inspectie van verdroogde veenkaden

Het gedachtengoed is als zodanig nog informatief, maar de aandachtspunten, kenmerken en criteria zijn mogelijk niet actueel. Onbekend is in welke mate de aandachtspunten nog van belang zijn binnen de al vastgestelde draaiboeken droogte of droogteprotocollen.

Verkrijgen van overzicht van technische hulpmiddelen ter ondersteuning van de visuele inspectie

In het kader van deze onderzoeksvraag is een kennisdag over bijzondere inspectietechnieken georganiseerd. Naar aanleiding van deze kennisdag is door STOWA en Rijkswaterstaat een afzonderlijk programma (Professionaliseren Inspectie Waterkeringen) opgestart, met o.a. een jaarlijkse kennisdag. Voor een actueel overzicht van (bijzondere) inspectietechnieken wordt verwezen naar dit programma.

Overzicht van denkbare (nood-) maatregelen voor verbetering van de stabiliteit van verdroogde veenkaden

De beschreven maatregelen zijn nog steeds van toepassing. Het effect van het versterken van een dijk is evident. Ten aanzien van het besproeien ontbreekt een kwantitatieve beoordeling van het effect van besproeien (zoals uitgevoerd door verschillende waterschappen in droge perioden). Een ervaring is wel dat het vroegtijdig starten van besproeien van belang is voor effectieve herbevochtiging van de kade.

Voorspelling van de duur van het herstel van de vochtigheid van verdroogde veenkaden

Relevant voor herstel vegetatie en dicht gaan scheuren. Informatieve waarde blijft, geen nieuwe onderzoeken bekend.

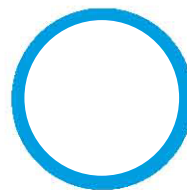
Bovenstaande bevindingen zijn samengevat in tabel 1.

Tabel 1: samenvatting bevindingen t.a.v. fase 1 onderzoeken

Sub – doelstelling	Resultaat	Actualiseren n.a.v. nieuwe kennis
Identificatie van gebieden waar aanwezige kaden kwetsbaar kunnen zijn voor verdroging	Kaart met voorlopig overzicht regionale keringen	Niet meer relevant
	Aandachtsgebieden veenkade kaart	Niet meer relevant
Vaststellen van belangrijke aandachtspunten bij de inspectie van verdroogde veenkaden	Ondersteunende beslissystematiek betreffende inspectie van verdroogde veenkaden	Informatief
	Aanbeveling voor de inschatting van het risico van bomen op verdroogde veenkaden	Informatief
Verkrijgen van overzicht van technische	Meetstrategie voor verdroogde veenkaden	Relevant ¹

¹ Overgegaan in PIW met eigen onderzoeksagenda zie stowa.nl

Bijsluiter Veenbox



hulpmiddelen ter ondersteuning van de visuele inspectie (voortgezet in 2 ^{de} fase)	Inzicht in de toepasbaarheid van één operationele techniek	Relevant
Overzicht van denkbare (nood-) maatregelen voor verbetering van de stabiliteit van verdroogde veenkaden	Overzichtstabel met denkbare maatregelen, in relatie tot waargenomen faalverschijnselen	Relevant, nieuwe inzichten ontwikkeld zie literatuurreview categorie E
Voorspelling van de duur van het herstel van de vochtigheid van verdroogde veenkaden	Informatie over de actuele vochtigheid van enkele veenkaden	Niet meer relevant
	Voorspelling herstelperiode, op basis van inzicht in het proces van herbevochtiging van verdroogd veen	Relevant, geen ontwikkelingen bekend
	Inzicht in actuele verloop herbevochtiging	Niet meer relevant

Resultaten Droogte onderzoek: fase 2

Hulpmiddel voor bepaling vereiste waakzaamheid bij droogte

Nog steeds relevant en kennisleemte. Een hulpmiddel voor de bepaling van de vereiste waakzaamheid bij droogte kan worden gevonden in de SPI en of SPEI in plaats van alleen af te gaan op het actuele neerslagtekort. Onderzoek naar de monitoring van de werkelijke verdroging van een veenkade wordt waarschijnlijk in 2020 uitgevoerd.

Advies over vereiste waakzaamheid droogte, gedurende 2004

Het advies is specifiek gericht op voorbereidingen voor de zomer van 2004, en is dus niet meer relevant.

Systematiek voor het rangschikken van droogtegevoelige kaden voor inspectie tijdens droogte, op basis van een beoordeling van de kwetsbaarheid voor droogte

Door waterschappen is een overzicht met droogtegevoelige kaden opgesteld, inclusief prioritering voor inspectie. Deze prioritering is zo nodig aangepast o.b.v. bevindingen uit inspecties tijdens droogte (en bijv. uitgevoerde kadeversterkingen). De systematiek heeft daarbij als basis gediend, en is nu dus niet meer nodig. Actualisatie hiervan o.b.v. genoemde ervaringen lijkt niet zinvol, aangezien prioriteringen al zijn vastgesteld.

Verkrijgen van inzicht in mogelijkheden ter ondersteuning van de visuele inspectie

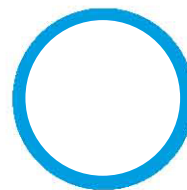
Dit is opgepakt in een apart programma PIW voor een actueel overzicht van de inspectietechnieken en onderzoeksagenda zie STOWA.nl.

Overzicht van denkbare maatregelen om stabiliteitsverlies door verdroging te voorkomen

De beschreven maatregelen zijn nog steeds van toepassing. Het effect van het versterken van een dijk is evident. Ten aanzien van het besproeien ontbreekt een kwantitatieve beoordeling van het effect van besproeien (zoals uitgevoerd door verschillende waterschappen in droge perioden). Een ervaring is wel dat het vroegtijdig starten van besproeien van belang is voor effectieve herbevochtiging van de kade.

Bovenstaande bevindingen zijn samengevat in tabel 2.

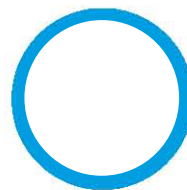
Bijsluiter Veenbox



Tabel 2: samenvatting bevindingen t.a.v. fase 2 onderzoeken

Sub – doelstelling	Resultaat	Actualiseren n.a.v. nieuwe kennis
Hulpmiddel voor bepaling vereiste waakzaamheid bij droogte	Maatlat voor meteorologische droogte als belastingsituatie	Relevant, actualiseren met SPI
Advies over vereiste waakzaamheid droogte, gedurende 2004	Inzicht in actuele verdroging van enkele kenmerkende veenkaden	Niet meer relevant
Een systematiek voor het rangschikken van droogtegevoelige kaden voor inspectie tijdens droogte, op basis van een beoordeling van de kwetsbaarheid voor droogte (uitbreiding en detaillering van activiteit in fase 1)	Oordeel over de juistheid van het gebied waar mogelijk droogtegevoelige kaden voorkomen; en over de bruikbaarheid van regionale informatie voor de berekening van de veiligheid van kaden bij droogte.	Niet meer relevant
	Voorlopige systematiek voor beoordeling van de stabiliteit van een kade tijdens droogte (t.a.v. Wilnis – mechanisme)	Niet meer relevant
	(Verificatie van) Kade- en gebiedskenmerken voor identificatie van droogtegevoelige kaden	Niet meer relevant
Verkrijgen van inzicht in mogelijkheden ter ondersteuning van de visuele inspectie (voortzetting fase 1)	Overzicht van verschillende technieken voor inspectie en monitoring van waterkeringen	Relevant, zie voor ontwikkelingen PIW
	Aanzet tot ondersteuning bij interpretatie van inspectie resultaten ten aanzien van het nemen van maatregelen	Informatief
Overzicht van denkbare maatregelen om stabiliteitsverlies door verdroging te voorkomen	Oordeel over de mogelijkheid om verdroging van een veenkade te voorkomen of vertragen	Relevant
	Bepaling van de orde grootte van enkele maatregelen	Informatief
	Overzicht van toegepaste verbeteringsmaatregelen, uitvoeringsmethoden en ervaringen met gevolgen	Informatief

Bijsluiter Veenbox

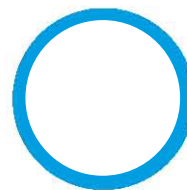


Bijlage 1 Overzicht nieuw ontwikkelde kennis

Onderstaande tabel presenteert een overzicht van (bekende) nieuw ontwikkelde kennis over de sterkte van veen in relatie tot de stabiliteit van veenkaden.

Categorie	Titel rapport	Opgenomen Vigerende normen en of leidraden
2A.1	Normering belasting situatie droogte - Een gestandaardiseerde methode om periodes van droogte en natheid weer te geven	Geen
2A.2	Droogte: definities, voortplanting en indices	www.droogtemonitor.nl
2B.1	Verkenning van veenkaden	Geen
2B.2	Inventarisatie en analyse droogte-inspectie fase A	www.droogtemonitor.nl
2B.3	Monitoring droogteonderzoek veenkaden	www.droogtemonitor.nl
2B.4	Droogtemonitor: visualisatie van neerslaghoeveelheden t.o.v. langjarige gemiddelden	www.droogtemonitor.nl
2C.1	Characterisation and Engineering Properties of Dutch peats	Geen
2C.2	Regionale proevenverzameling sterkteparameters voor boezemkeringen	Schematiseringshandleiding Macrostabieliteit 2016 december, bijlage E
2C.3	Material behaviour and constitutive modelling of organic soils	Schematiseringshandleiding Macrostabieliteit 2016 december
2C.4	Schuifsterkteparameters in de stabiliteitsanalyse van dijken	Schematiseringshandleiding Macrostabieliteit 2016 december
2C.5	Protocol voor het uitvoeren van laboratoriumproeven (versie 5)	Schematiseringshandleiding Macrostabieliteit 2016 december, bijlage E
2C.6	Vergelijking DSS proeven bij vijf laboratoria	Schematiseringshandleiding Macrostabieliteit 2016 december, bijlage E
2C.7	Aanvulling op het protocol voor het uitvoeren van laboratoriumproeven	Schematiseringshandleiding Macrostabieliteit 2016 december, bijlage E
2C.8	Inventarisatie rekenmodellen veen	Schematiseringshandleiding Macrostabieliteit 2016 december
2C.9	Dijken op veen I	Schematiseringshandleiding Macrostabieliteit 2016 december
2C.10	Dijken op Veen II	Schematiseringshandleiding Macrostabieliteit 2016 december
2D.1	Effecten van beheersmaatregelen op vochtgehalten bij uitdrogende veendijken	Geen
2D.2	Gedrag van verdroogde kades Fase B,C,D: Ontstaan en gevaar van krimpschuren in klei- en veenkaden	Geen
2D.3	Gedrag van verdroogde kades Fase E Synthese	Geen
2D.4	De invloed van vegetatie op de verdroging van kleikades	Geen
2D.5	Berekeningen kruindalingen door krimp van veenkaden bij verschillende diepste grondwaterstanden met SWAP	Geen
2E.1	Gedrag van verdroogde kades fase C en D. Effect van scheurvorming door droogte op de standzekerheid van de kades. Preventieve maatregelen en reparatie kades bij droogte.	Geen
2E.2	Gedrag van verdroogde kades Fase B. Ontstaan van scheurvorming.	Geen

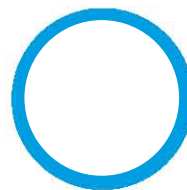
Bijsluiter Veenbox



Categorieën kennis:

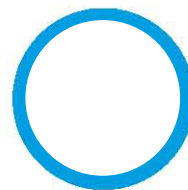
- A. Normering droogte
- B. Inspectie
- C. Sterkte veen / stabiliteit veenkaden
- D. Beheer en onderhoud – algemeen
- E. Maatregelen tijdens droogte

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2A Normering en droogte

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2A.1 Normering belasting situatie droogte - Een gestandaardiseerde methode om periodes van droogte en natheid weer te geven

Opdrachtgever: STOWA

Titel: Normering belasting situatie droogte - Een gestandaardiseerde methode om periodes van droogte en natheid weer te geven (Alterra)

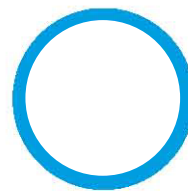
Uitvoering: Alterra. 2011. Normering belasting situatie droogte - Een gestandaardiseerde methode om periodes van droogte en natheid weer te geven. STOWA ISBN 978.90.5773.527.1

De HYDRUS2D berekeningen zijn uitgevoerd zonder rekening te houden met waterafstotendheid en scheurvorming. Dit betekent dat droogte tijdens de berekeningen wordt onderschat omdat de herbevochtiging van waterafstotend veen langzamer gaat dan door HYDRUS wordt berekend. De scheurvorming heeft tot gevolg dat een groot deel van de neerslag via de scheuren versneld wordt afgevoerd naar de ondergrond. HYDRUS berekent echter een homogene infiltratie aan het bodem oppervlak. Ook processen als verdamping via krimp-scheuren wordt niet meegenomen door HYDRUS2D.

Er lijkt verband te bestaan tussen de HYDRUS2D model simulaties en berekende SPI waarden. De SPI methode lijkt een goed instrument om droogte, dan wel natheid van het klimaat te monitoren. In deze studie zijn een drietal neerslagstations gebruikt om west Nederland te kunnen monitoren. Deze risico kaarten kunnen maandelijks worden geproduceerd en met behulp van extra neerslagstations landsdekkend worden gemaakt. Door deze kaarten op een webserver te plaatsen is de informatie direct beschikbaar voor ondermeer dijkbeheerders, boeren, natuurbeheerders, brandwachten, enz.

Om een beter gevoel te krijgen wat de risicokaarten inhouden voor de waterhuishouding van dijken is een deugdelijk meetprogramma nodig, welke erop gericht is om meer inzicht te verschaffen tussen de SPI analyses en de grondwaterstanden en ook tussen de SPI en de vochtgehalten die in de dijk kunnen optreden. Ook interessant is de relatie tussen vochtgehalte en waterafstotendheid van dijken. Hiertoe zouden in droge perioden bemonsteringen moeten plaatsvinden. Deze relatie is verschillend per materiaal (veen, klei, zand). Dijkdoorbraken of afschuivingen laten zich moeilijk correleren met de gestandaardiseerde neerslag index omdat niet altijd duidelijk is wat de oorzaak van de doorbraak c.q. afschuiving is. Wel is duidelijk dat doorbraken voorkomen in droge periodes, maar meer nog in natte periodes. Ook wordt regelmatig waargenomen dat doorbraken plaatsvinden doordat een droogte periode wordt gevolgd door een intensieve natte periode. Herbevochtiging van het dijklichaam blijft dan waarschijnlijk achter doordat het veen waterafstotend is geworden, terwijl een mogelijk stijgend boezempeil dan wellicht een dijkdoorbraak kan veroorzaken.

Bijsluiter Veenbox



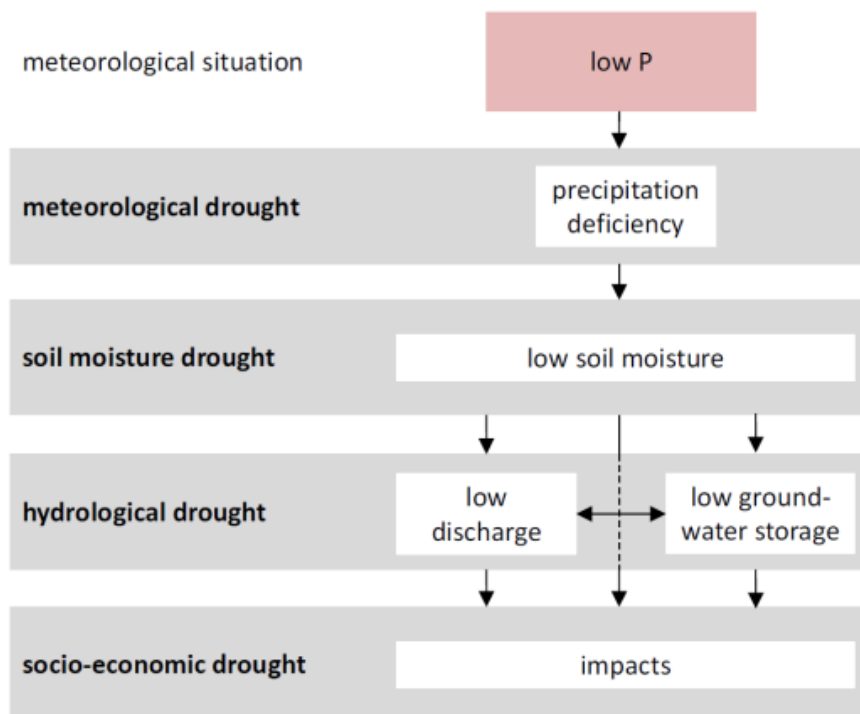
Bijlage 2A.2 Droogte: definities, voortplanting en indices

Opdrachtgever: WUR

Titel: On the propagation of drought

Uitvoering: van Loon, A.F. 26 april 2013. On the propagation of drought. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, ISBN 978-94-6173-501-0.

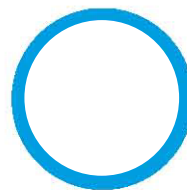
Droogte kan worden gedefinieerd als een beneden normale waterbeschikbaarheid door natuurlijk processen. De ontwikkeling van droogte kan worden gecategoriseerd in verschillende vormen van droogte, deze categorisering is weergegeven in onderstaand figuur:



Meteorologische droogte-indices zoals de SPI (standardized precipitation index) kunnen worden gebruikt om bodemvochtdroogte en hydrologische droogte te kwantificeren indien:

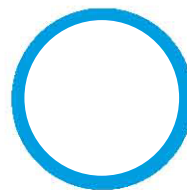
- de invloed van temperatuur laag is, geen sprake is sneeuwklimaat;
- de invloed van evapotranspiratie laag is, geen warme klimaat;
- snel reagerende stroomgebieden, geen opslag in grondwater, moerasgebieden en of meren;
- de invloed van menselijk handelen laag is.

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2B Inspectie

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2B.1 Verkenning van veenkaden

Opdrachtgever: DWW

Titel: Verkenning van veenkaden

Uitvoering: R.J.G. van Etten. Maart 2006. Verkenning van veenkaden. Dienst Weg- en Waterbouwkunde Delft DWW-2005-087

Aan de hand van de uitgevoerde analyse naar eerdere kadedoorbraken, kan niet worden aangetoond dat de doorbraken in 2003 alleen kunnen worden toegeschreven aan verdroging door een neerslagtekort in dat zelfde jaar welke 1 keer in de 10 jaar voorkomt.

Uit langdurige dagelijkse peilbuiswaarnemingen om het verloop van de freatische lijn vast te stellen, is gebleken dat deze het sterkst stijgt tijdens langdurige neerslag om daarna weer naar een gemiddeld niveau te dalen. Ondanks dat dit niet direct kan worden aangetoond, is de ervaring dat de neerslaghoeveelheid minder belangrijk is dan de neerslagduur.

Uit de gemeten veranderingen in de tijd blijkt dat het merendeel van de kaden ondanks de tussentijdse ophogingen en aanvullingen in de loop der jaren in hoogte is afgenomen. Alhoewel in het merendeel van de profielen geen hogere beplanting is aangetroffen, blijkt uit de metingen dat in een profiel met bomen de grootste zettingen en de grootste hoogteverschillen in de freatische lijn zijn gemeten.

Uit de enquête onder de beheerders blijkt dat zij goed bekend zijn met de uiterlijke kenmerken van hun kaden. Voor wat betreft de grondopbouw en de grondwaterstanden in de kaden is deze minder. Kadeverbeteringen worden veelal op basis van ervaring uitgevoerd en hebben vooral betrekking op de waterkerende hoogte.

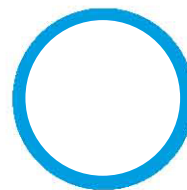
Na schematisering van de profielen en het indelen in groepen met min of meer een gelijke grondopbouw, is van deze 4 groepen de verdroginggevoeligheid en opdrijfgevoeligheid bepaald. Tevens zijn de locaties van de profielen behorende tot dezelfde groep in kaart gebracht. Uit deze gegevens is als voorlopige conclusie getrokken dat slechts bij één groep sprake kan zijn van zowel verdroging als van opdrijven. Dit betreft een veenkade op een ondergrond van veen direct op het Pleistocene zand al dan niet hiervan gescheiden door een vrij dunne kleilaag. De grondopbouw van de kade nabij Wilnis komt hiermee min of meer overeen en ligt eveneens in hetzelfde gebied.

GeoDelft heeft per veenkadetype (laagopbouw) één of meerdere karakteristieke profielen afgeleid. Vervolgens heeft GeoDelft op basis van risico bepalende factoren, zoals toplaag veen of klei, kerende hoogte en wateroverdruk bij kortsluiting de verschillende aandachtgebieden globaal in kaart gebracht. Hieruit blijkt dat de risicovolle gebieden met name in West-Nederland voorkomen en de hierin gelegen droogmakerijen het hoogste risico vormen.

Aan de hand van dit uitgevoerde onderzoek is wel duidelijk dat:

- De droogmakerijen in West-Nederland als hoogste risicogebieden zijn aangemerkt deze droogmakerijen qua ondergrond kunnen worden onderscheiden in een westelijk en oostelijk geologisch gebied;
- In het westelijk gebied de kaden i.v.m. de afzettingen van Calais mogelijk niet gevoelig zijn voor opdrijven na kortsluiting;
- In het oostelijk gebied de kaden i.v.m. veen op zand wel gevoelig zijn voor opdrijven na kortsluiting gezien het door het COW uitgevoerde kade-onderzoek al veel informatie over de ondergrond bekend is.

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2B.2 Gedrag van verdroogde kades Fase A Inventarisatie en analyse droogte-inspectie

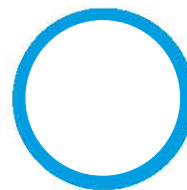
Oprachtgever: Hoogheemraadschap van Delfland (programma "Gedrag van verdroogde kades")
Titel: Gedrag van verdroogde kades Fase A Inventarisatie en analyse droogte-inspectie
Uitvoering: Ponsteen, W. 2 september 2013. Gedrag van verdroogde kades Fase A Inventarisatie en analyse droogte-inspectie. Hoogheemraadschap van Delfland DMS 1114722.

Uit de analyse van de digitaal beschikbare gegevens uit 2011 is een aantal conclusies te trekken waarbij wordt opgemerkt dat het aantal waarnemingen enigszins beperkt is, waardoor niet gesproken kan worden van zekere relaties maar meer van waargenomen richtingen en verwachtingen. Per conclusie is het aantal waarnemingen ten opzichte van het totaal aantal waarnemingen (../..) en een globale inschatting van de betrouwbaarheid (laag, matig, hoog) genoemd.

- De meeste scheuren bevinden zich in het binnentalud (131/184, hoge betrouwbaarheid);
- Het lijkt erop dat grote scheuren (breedte > 100 mm) met name in het buitentalud of in de kruin ontstaan (2/2, matige betrouwbaarheid);
- Scheuren in het buitentalud of in de kruin hebben een grotere lengte (7/11), breedte (2/2) en diepte (2/2) (matige betrouwbaarheid);
- Scheuren met een breedte van minder dan 10 mm worden bijna niet waargenomen (2/158, hoge betrouwbaarheid);
- Tussen de diepte van de scheur en de lengte van de scheur is een verband. Diepe scheuren hebben gemiddeld een grotere lengte en ondiepe scheuren hebben gemiddeld een beperkte lengte;
- Van de scheuren met een diepte < 25 cm (totaal 17) hebben er 16 een lengte van < 5m. Van de scheuren met een diepte van > 50 cm (totaal 15) hebben er 9 een lengte van > 5 m (matige betrouwbaarheid);
- Een verband tussen taludhelling en scheurvorming is niet gevonden (matige betrouwbaarheid);
- De scheuren in de kaden waarvan het binnentalud georiënteerd is op het westen tot zuiden hebben in verhouding vaker het oordeel 'slecht' en 'matig' (31/53, matige betrouwbaarheid);
- De aanwezigheid van een teensloot lijkt een negatieve invloed te hebben op de aanwezigheid en mate van scheurvorming. Door het beperkt aantal waarnemingen en de geringe variatie kan echter niet van een significant verband gesproken worden;
- Van de 50 waarnemingen met een oordeel 'slecht' of 'matig' hebben 37 locaties een sloot. Van de waarnemingen met een sloot heeft 46% het oordeel 'slecht' of 'matig' en bij locaties zonder sloot heeft 27% het oordeel 'slecht' of 'matig' (matige betrouwbaarheid);
- De lengte van het gras en de aanwezigheid van begrazing heeft geen relatie met het oordeel van de scheur door de inspecteur;
- Het percentage met een oordeel 'slecht' of 'matig' is rond de 40% voor zowel de graslengte kort, middellang als lang (matige betrouwbaarheid);
- De meeste scheuren zijn waargenomen op locaties met kort gras. (86/138, matige betrouwbaarheid) Onbekend is of dit komt doordat op deze locatie daadwerkelijk minder scheuren zijn opgetreden of dat op locatie met lang gras de scheuren niet tijdens de inspectie zijn gesignaleerd;
- Op locaties met bomen lijken geringere scheuren te ontstaan. De afmetingen van de scheuren op locaties met bomen zijn kleiner dan op locaties zonder bomen. De scheuren zijn op locaties met bomen vaak kleiner, lengte < 5 m/breedte < 50 mm/diepte < 50 cm. Het aantal waarnemingen op het totaal aantal waarnemingen voor locaties met bomen bedraagt respectievelijk 8/10, 10/10 en 9/9. Het aantal waarnemingen op het totaal aantal waarnemingen voor locaties zonder bomen bedraagt respectievelijk 28/43, 39/43 en 28/43. (matige betrouwbaarheid).

Aanbevolen wordt om de informatie (inspecties) en de vastlegging van de waarnemingen

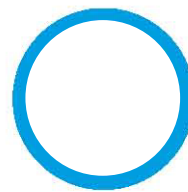
Bijsluiter Veenbox



(digitale registratie) te verbeteren om een hogere betrouwbaarheid, volledigheid en nauwkeurigheid te bereiken. De volgende aspecten dienen meegenomen worden:

- De kwaliteit van de registraties dient eenduidigheid en volledig te zijn. Eventueel toekomstige analyses van droogtes kunnen een meerwaarde krijgen door specifieke instructies te geven aan inspecteurs en het direct nalopen van registraties door een kwaliteitsbewaker. Belangrijk is dat de kwaliteitsbewaker zijn bevindingen vastlegt en terugkoppelt aan de inspecteur (feedback geven ter lering);
- De locaties van de scheuren moet nauwkeuriger worden vastgelegd. De registraties kunnen gekoppeld worden aan RD-coördinaten door bijvoorbeeld het gebruik van GPS bij het vastleggen van de locaties. De foto's kunnen bijvoorbeeld gemaakt worden met camera's met GPS of dGPS. Sinds 2013 wordt gebruik gemaakt van fototoestellen met GPS maar dat heeft vooralsnog niet geleid tot een hogere nauwkeurigheid van de locatie. Oorzaak hiervan is nog niet bekend;
- Bij alle aangetroffen scheuren dient het beoordelingsformulier volledig ingevuld te worden en dient de scheur altijd fysiek ingemeten te worden en dient de scheur altijd gefotografeerd te worden (overzicht van situatie én detail);
- De scheurontwikkeling (afmeting) in de tijd moet geregistreerd worden. Koppeling van een eerdere registratie van de scheur is hierbij noodzakelijk;
- De 0-meting dient digitaal vastgelegd te worden en moet gekoppeld kunnen worden aan de inspectie resultaten. Ook als tijdens de 0-meting geen scheuren worden waargenomen dient dit per kadevak vastgelegd te zijn. Tijdens de 0-meting kan ter plaatse van oude scheuren de kade extra goed geïnspecteerd worden. Vastgelegd dient te worden of een oude scheur nog aanwezig is, gerepareerd is of dichtgedrukt is;
- Het is wenselijk de inspectie én registratie op een aantal punten uit te breiden. Hierbij moet gedacht worden aan:
 - Registratie of een scheur oud of nieuw is;
 - Meten van het hoogteverschil over de scheur;
 - Meten van de verzakking van de kruin;
 - Meten van de lengte gras;
 - Vast leggen of de grasmat begraasd wordt;
 - Registreren of bomen (eventueel type/afmeten) aanwezig is;
 - Patroon van de scheuren vastleggen;
 - Het totale volume van de scheuren per oppervlak vastleggen;
- Onderzoek of scheuren in lang gras in voldoende mate geconstateerd worden. Hoe kan hiermee omgegaan worden?;
- Hoe kunnen ook kleine scheuren (<10 mm) waargenomen worden?

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2B.3 Monitoring droogteonderzoek veenkaden

Opdrachtgever: STOWA Flodcontrol 2015

Titel: Monitoring droogteonderzoek veenkaden

Uitvoering: de Vries, G. december 2012. Monitoring droogteonderzoek veenkaden. Deltares
1203255-006-GEO-0001-gbh.

"Welke meettechnieken kunnen de effecten van verdroging (droogtegevoeligheid) van de veenkade volgen"

Om een antwoord te geven op de geformuleerde doelstelling, worden de monitoringstechnieken ingedeeld in drie verschillende categorieën, te weten:

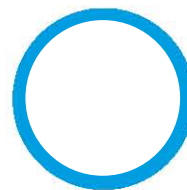
1. Meetsystemen die op basis van punt informatie een directe parameter meet die rechtstreeks is te vertalen naar de sterkte van de dijk.
2. Meetsystemen die op basis van punt informatie een directe parameter meet die nog niet rechtstreeks is te vertalen naar de sterkte van de dijk.
3. Meetsystemen die op basis continue opnamen een indirecte parameter meten die niet rechtstreeks is te vertalen naar de sterkte van de dijk.

De kracht van alle drie de categorieën zit in de combinatie van de inzet. Zo zou ervoor kunnen worden gekozen om op basis van periodieke globale beelden van de waterkering verkregen met remote sensing technieken op afwijkende maar representatieve locaties een meer gedetailleerde meetopstelling in te zetten van categorie 1 technieken. De categorie 2 technieken zouden zeer goed kunnen worden toegepaste om de categorie 3 technieken mee te kalibreren. De delen die vanuit de categorie 3 technieken niet of nauwelijks veranderen in de tijd zouden een lagere prioritering kunnen krijgen bij de visuele inspecties.

Van de remote sensing technieken heeft vooral Miramap laten zien dat veranderingen aan het vochtgehalte kunnen worden gemeten en kwantitatief worden gemaakt. Deze techniek kan in potentie het inspanningsniveau van de visuele inspecties tijdens droogte aanzienlijk verlichten. Dit kan alleen als ervoor wordt gekozen periodiek de dijken in te meten omdat het bij dit soort technieken gaat om gemeten variaties en veranderingen en niet zozeer om absolute getallen (hoe laat een percentage vochtgehalte zich verhouden tot een grondwaterstand t.o.v. NAP in geotechnische analyses). Wel kunnen absolute getallen worden gemeten als het gaat om vochtpercentages. Het eenmalig inmeten tijdens een droge periode geeft alleen inzicht in absolute grootheden en niet in veranderingen.

Daarnaast is de kennis van het gedrag van veen tijdens droge periode nog steeds een onderwerp van onderzoek. Het verzamelen van meetdata zoals hier is gedaan geeft meer inzicht in het gedrag van de dijk als het gaat om zwel-krimpgedrag, temperatuurontwikkeling, vochtveranderingen etc. Ook geeft het meer inzicht in de correlatie tussen de onderlinge parameters. Daarnaast zou een proefveld als dit als "referentie dijk" kunnen dienen voor dijken in de directe omgeving, waarbij op basis van een 100 % geïnstrumenteerd dijkvak uitspraak kan worden gedaan over de effecten van verdroging/vernassing van dijken in de directe omgeving. Op deze manier zou een waterschap op basis van een aantal van dit soort referentiedijkvakken hun inspectie- en operationele teams kunnen opschalen wanneer de meetresultaten op deze vakken daartoe aanleiding geven.

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2B.4 Droogtemonitor

Opdrachtgever: STOWA

Titel: Droogtemonitor: visualisatie van neerslaghoeveelheden t.o.v. langjarige gemiddelden: <http://www.droogtemonitor.nl>

Uitvoering: Wageningen UR en Hydrologic

De web applicatie maakt informatie zichtbaar aangaande de hoeveelheid neerslag welke in een zekere periode gevallen is. Hiertoe wordt de hoeveelheid neerslag vergeleken met een historische reeks neerslaghoeveelheden over dezelfde periode van hetzelfde neerslagstation. De historische reeks met neerslaggegevens moet daarbij bestaan uit minimaal 30 jaar.

De historische reeks met neerslaggegevens wordt omgezet naar een cumulatieve frequentieverdeling (bijvoorbeeld voor de maand augustus), vervolgens wordt deze verdeling naar een standaard normale verdeling getransformeerd. De hoeveelheid neerslag wordt dan omgerekend naar een neerslagindex (eng: Standardized Precipitation Index, SPI), welke de afwijking ten opzichte van het langjarig gemiddelde weergeeft. Deze afwijking kan worden gerelateerd aan een kans.

De berekende neerslagindex kan direct worden gerelateerd aan een kans. De onderschrijdingskansen zijn geclassificeerd volgens de volgende tabel:

Neerslagindex	Classificatie	Onderschrijdingskans (%)
≤ -2.0	Extreem droog	0 – 2.3
-2.0 - -1.5	Erg droog	2.3 – 6.7
-1.5 - -1.0	Gematigd droog	6.7 – 15.9
-1.0 – 1.0	Dichtbij normaal	15.9 – 84.1
1.0 – 1.5	Gematigd nat	84.1 – 93.3
1.5- 2.0	Erg nat	93.3 – 97.7
≥ 2.0	Extreem nat	97.7 – 100.0

De methode kan op willekeurige tijdschalen worden toegepast. Deze web applicatie laat de volgende vier tijdschalen zien maandbasis, kwartaalbasis, halfjaarbasis en jaarbasis.

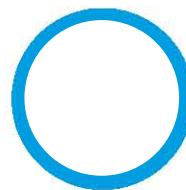
De gestandaardiseerde neerslag index (SPI) heeft de volgende kenmerken:

- Tamelijk eenvoudig, slechts afhankelijk van 1 variabele;
- De SPI is uniek gerelateerd aan een kans;
- De SPI kan op verschillende tijdschalen worden toegepast;
- De SPI is normaal verdeeld, zodat zowel natte als droge perioden kunnen worden beschouwd;
- De SPI is genormaliseerd zodat ook nattere en drogere klimaten op dezelfde wijze kunnen worden gepresenteerd en onderling vergeleken.

De SPI-kaarten kunnen worden benaderd via:

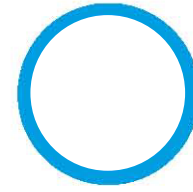
<http://www.droogtemonitor.nl/index.php/component/spi/>

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2C Sterkte veen / stabiliteit veenkaden

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2C.1 Characterisation and Engineering Properties of Dutch peats

Oprichtgever:-

Titel: Characterisation and Engineering Properties of Dutch peats

Uitvoering: den Haan, E.J., Kruse, G.A.M. 2007. Characterisation and Engineering Properties of Dutch peats. Taylor & Francis Group. London. ISBN 978-0-415-42691-6

Het artikel maakt onderdeel uit van Characterisation and Engineering Properties of natural soils, volume 3. Er wordt o.a. ingegaan op de; formatie, samenstelling, structuur, staat, correlaties en geotechnische eigenschappen van Nederlands veen maar ook in zekere mate organische klei. Er worden verschillende correlaties gegeven voor verschillende parameters.

Table 1. Indicative bulk density of Dutch organic soils.

Designation	Description	nr	Bulk density ρ (t/m ³)	
			Mean	Range
Vm	Peat, poor in mineral matter	98	1.06	0.95–1.13
Vk1	Slightly clayey peat	21	1.11	1.02–1.17
Vk3	Very clayey peat	16	1.18	1.09–1.25
Kh3	Highly organic clay	13	1.27	1.20–1.35
Kh2	Mod. organic clay	30	1.37	1.26–1.51
Kh1	Slightly organic clay	60	1.45	1.30–1.60
Ks	Slightly to highly silty clay	89	1.51	1.40–1.60

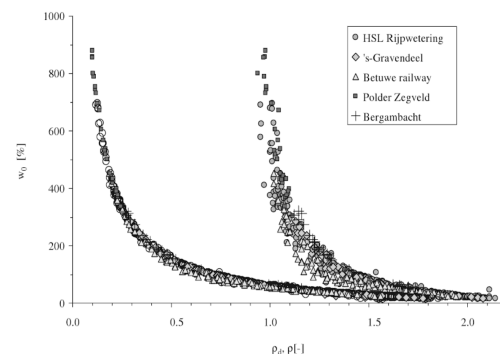
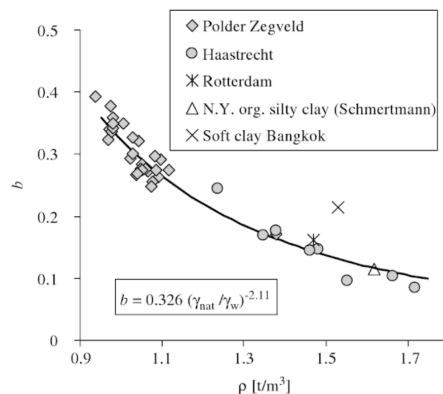
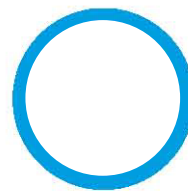


Figure 13. Correlation of wet and dry bulk density with natural water content for various Dutch peats and organic soils.

De samenstelling van veen maakt dat het materiaal zich lastig laat beschrijven met conventionele materiaal modellen. Testresultaten van triaxiaal en cel-proeven geven een onvoldoende representatief beeld van het materiaal gedrag tijdens afschuiven. Dit is met name te wijten aan de aanwezige vezels. Deze leiden bij monsternamen tot verstoring doordat in veel gevallen de lengte van de aanwezige vezels groter is dan de monsterdiameter. Daarnaast zorgen de vezels voor een sterk anisotrope grondeigenschappen. Hierdoor lijkt de direct simpel shear proef een meer geschiktere proef voor het afleiden van schuifsterkte eigenschappen.

De correlatie tussen sondeerweerstand en laboratorium proeven dient verder verkend te worden. Deze methode maakt het mogelijk om op een relatief eenvoudige wijze veel inzicht in de sterkte eigenschappen van het veen te krijgen.

Bijsluiter Veenbox



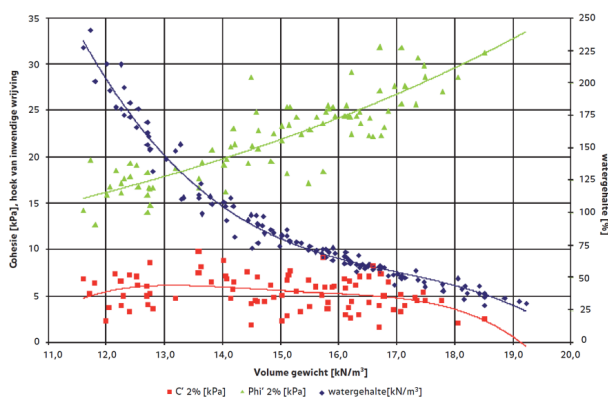
Bijlage 2C.2 Regionale proevenverzameling sterkteparameters voor boezemkeringen

Opdrachtgever: Waternet

Titel: Regionale proevenverzameling sterkteparameters voor boezemkeringen

Uitvoering: Golovanova, L. okt 2009. Regionale proevenverzameling sterkteparameters voor boezemkeringen. *Vakblad geotechniek oktober 2009*.

Voor de nieuwe verzameling zijn 71 triaxiaalproeven op veen en 127 triaxiaalproeven voor klei uitgevoerd. De monsters zijn genomen met ackermannboringen. De triaxiaalproeven zijn uitgevoerd op ongeroerde monsters met een hoogte van 76 mm en doorsnede van 38 mm. De sterkteparameters zijn met de multistage CU triaxiaalproeven voor klei en veen bepaald. Op veen zijn tevens de singlestage proeven uitgevoerd. De sterkte is bij 2% rek geanalyseerd zowel voor klei als voor veen (de 5% rek bij multistage proeven op veen was in weinig gevallen te bereiken). Het laagste spanningsniveau bij de proeven is op ca. 1 à 1,5 maal de grensspanning aangenomen. De proeven zijn volgens de Leidraad voor het Ontwerp van Rivierdijken [5], uitgaande van een normale kansverdeling (Gausse), statistisch verwerkt. Bij de bepaling van de karakteristieke waarden (5% ondergrenswaarden) is de spreidingsreductiefactor (Γ) voor de regionale verzamelingen van 0,5 verwerkt.



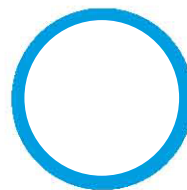
Range [kN/m³]	11,7 - 13,5	13,5 - 15,0	15,0 - 17,0
Aantal proeven	24	18	35
$\gamma_{\text{gem.}}$ [kN/m³]	12,5	14,3	16,1
$c'_{\text{gem.}}$ [kPa]	5,8	6,2	5,3
s (cohesie)	1,8	1,9	1,8
c'_{kar} [kPa]	4,1	4,4	3,7
$\psi'_{\text{gem.}}$ [°]	17,5	20,9	24,2
s (ψ')	2,7	2,9	2,7
ψ'_{kar} [°]	15,1	18,1	21,7
watergehalte [%]	166	97	65

ψ = volume gewicht; c = cohesie; s = standaard afwijking; ψ = hoek van inwendige wrijving

NEN 5117 (tabel 5) schrijft de stopcriteria voor de multistageprocedure voor. Daardoor zijn de CU multistage triaxiaalproeven niet zo makkelijk uitvoerbaar voor veen bij lage spanningen. Bij de multistage procedure kan, door de verstoring van het monster, een onwerkelijke cohesie en lage hoek van inwendige wrijving worden verkregen. In het kader van de proevenverzameling zijn tevens 16 singlestage proeven uitgevoerd. Deze proeven laten kleinere spreiding zien. Omdat de proeven van één locatie afkomstig zijn, kunnen ze niet als representatief voor het gehele gebied beschouwd worden. Op een tweede locatie zijn pogingen om drie gelijkwaardige monsters uit een bus te krijgen mislukt. Op basis van deze proeven kan daarom nog geen uitspraak gedaan worden of singlestage proeven geschikt zijn voor veen.

Uit het onderzoek blijkt dat multistage triaxiaalproeven (CU) een statistisch onderbouwd theoretisch betrouwbare beschrijving van kleigedrag geven. Voor veen is dit echter niet het geval. Het is daarom van groot belang de discussie over de beste proef voor het veen, nieuw leven in te blazen, mede vanwege de gevolgen van het onterechte afkeuren van boezemkeringen. De resultaten van multistage triaxiaalproeven voor veen kunnen niet zomaar worden vertaald naar de proevenverzameling voor stabiliteitsberekeningen. Bij het opstellen van de proevenverzameling dient het spanningsafhankelijke gedrag van veen, de invloed van vezels en het watergehalte in acht te worden genomen. Voor de toepassing van een andere manier van veenbeproeving dient een veiligheidsfilosofie te worden ontwikkeld.

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2C.3 Material behaviour and constitutive modelling of organic soils

Opdrachtgever: T.b.v. promotie onderzoek F. Matthijsen

Titel: Regionale proevenverzameling sterkteparameters voor boezemkeringen

Uitvoering: Mathijssen, F., et al. Material behaviour and constitutive modelling of organic soils.
CEDA dredging days 2009

De publicatie gaat in op de ontstaansgeschiedenis van organisch materiaal, classificatie onzekerheden welke worden waargenomen bij beproeving in situ, laboratorium onderzoek op monsters met verschillende mate van monsterverstoring en veldmetingen.

- Voor een goede meer objectieve classificatie van organische grondlagen wordt geadviseerd om additioneel de volgende waarden te bepalen: Von Post classificatie, watergehalte, vezelgehalte en Biochemische analyses;
- In situ tests uitvoeren binnen een specifieke bandbreedte om m.b.v. postdictie berekeningen met modellen welke uitgaan van vezelsterkte betere parameters te kunnen afleiden;
- Uitvoeren van Full flow penetrometers met waterspanning (T-Bar en Bol conus) om een nauwkeuriger beeld van de gemeten weerstand te krijgen.

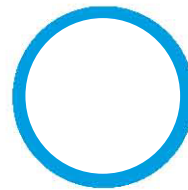
Het is voor de ingenieurspraktijk wenselijke om een goede correlatie tussen in-situ test en de ongedraineerde schuifsterkte te verkrijgen. De samenstelling van organisch materiaal met een laag mineraal gehalte en hoog vezel- en watergehalte zijn lastig te beschrijven met een sterktemodel waarin met al deze specifieke grond eigenschappen rekening kan worden gehouden.

De invloed van DSS-proeven en CRS proeven in combinatie met meer geavanceerd numerieke modellen dient verder te worden onderzocht.

Naast de sterkte eigenschappen zijn ook de samendrukkingseigenschappen van organisch materiaal lastig te beschrijven. Door de grote samendrukbaarheid nemen de waterspanningen tijdens de primaire zettingen significant en neemt de doorlatendheid af. De secundaire zetting lijken in de praktijk soms groter te zijn dan o.b.v. proefopstellingen gevonden. Dit kan mogelijk worden verklaard door biomechanische processen horizontale verplaatsingen en andere onzekerheden.

Geconcludeerd wordt dat door de heterogeniteit van natuurlijk organische grondlagen onnauwkeurigheden in correlaties met in-situ of laboratoriumproeven significant groter is dan bij klei- of zand. De betrouwbaarheid van geotechnische berekeningen op organische grondlagen kan worden geoptimaliseerd wanneer sterktemodellen worden toegepast welke uitgaan van vezel versterkingseffecten. Waarmee resultaten van in-situ en laboratoriumproeven kunnen worden gevalideerd.

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2C.4 Schuifsterkteparameters in de stabiliteitsanalyse van dijken

Opdrachtgever: Hoogheemraadschap van Rijnland

Titel: Schuifsterkteparameters in de stabiliteitsanalyse van dijken

Uitvoering: Stoop, J.D. januari 2010. Schuifsterkteparameters in de stabiliteitsanalyse van dijken. Hoogheemraadschap van Rijnland.

Resultaten van dijktoetsingen op macrostabiliteit en de benodigde omvang van versterking van dijken die op macrostabiliteit zijn afgekeurd hangen onder andere af van de aangehouden schuifsterkteparameters van in en onder de dijk onderscheiden grondlagen. Bepaling van die schuifsterkteparameters is nog regelmatig onderwerp van discussie.

In historisch perspectief kunnen grofweg drie benaderingen worden onderscheiden:

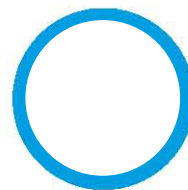
1. De stabiliteitsanalyse wordt uitgevoerd met de effectieve sterkteparameters uit bestaande proevenverzamelingen uit celproeven (de oude praktijk)
2. De stabiliteitsanalyse wordt uitgevoerd met de effectieve sterkteparameters uit triaxiaalproeven bij 2% tot 5% rek (de huidige praktijk)
3. De stabiliteitsanalyse wordt uitgevoerd met ongedraineerde schuifsterkteparameters (de mogelijk toekomstige praktijk)

Voor de toets op veiligheid van de regionale keringen is medio 2007 door het hoogheemraadschap van Rijnland besloten een nieuwe proevenverzameling op te bouwen op basis van meertraps triaxiaalproeven. Vanuit de combinatie van het zekere voor het onzekere te willen nemen en daarbij ook zo kostenefficiënt mogelijk te werk te gaan, is er daarbij voor gekozen om de schuifsterkte veen- en (humeuze) kleilagen te bepalen uit meertraps triaxiaalproeven bij 2% rek. De resultaten tot medio 2009, uitgaande van linearisatie van de σ' - τ -relatie, lognormale verdeling van de c' en Φ' , en uitgaande van een spreidingsreductiefactor van 0,5.

De overeenkomst tussen de sigma-tau-relatie uit de triaxiaalproefresultaten bij 5% rek en de sigma-tau-relaties uit de celproevenverzameling is opmerkelijk. Aangezien de stabiliteitsanalyse van dijken op basis van de schuifsterkten uit celproeven in het algemeen als veilig wordt beschouwd, lijkt deze constatering, althans tenminste voor veen, bruikbaar om op korte termijn op voort te borduren.

Fundamenteel onderzoek en daaruit voortvloeiend voortschrijdend inzicht is wenselijk om de onderbouwing van al dan niet benodigde dijkversterkingen steviger te kunnen maken. Op korte en middellange termijn speelt dit nu concreet met betrekking tot de ontwikkeling van een duidelijk protocol voor uitvoering en gebruik van resultaten uit de DSS-proef op veen respectievelijk de ongedraineerde stabiliteitsanalyse. Daarbij moeten echter de overige onzekerheden in het ritueel van stabiliteitsanalyses van dijken niet uit het oog worden verloren. Denk hierbij aan de subjectiviteit van de adviseur met betrekking tot met name ook de ondergrondschematisering en schematisering waterspanningen. Aanbevolen wordt een nieuwe benadering niet eerder dan na ontwikkeling van een duidelijk en breed toepasbaar protocol en opbouw van voldoende praktijkervaring te introduceren.

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2C.5 Protocol voor het uitvoeren van laboratoriumproeven (versie 5)

Opdrachtgever: STOWA

Titel: Protocol voor het uitvoeren van laboratoriumproeven (versie 5)

Uitvoering: van Duinen, A. 15-6-2011. Protocol voor het uitvoeren van laboratoriumproeven (versie 5). Deltares 1204203-006-GEO-0003.

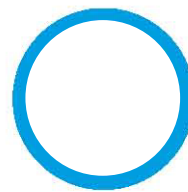
In dit protocol (versie 5) voor het uitvoeren van geotechnisch laboratoriumonderzoek worden aanbevelingen gegeven voor het uitvoeren van ongedraineerde anisotrope triaxiaalproeven (CAU), direct simple shear proeven (DSS), constant rate of strain proeven (CRS), samendrukkingsproeven en classificatieproeven. Voor de meest gangbare geotechnische laboratoriumproeven zijn in Nederland normen en richtlijnen beschikbaar. Deze bestaande normen en richtlijnen bevatten echter witte vlekken. Daarnaast zijn deze normen en richtlijnen niet altijd aangepast aan de actuele internationale geotechnische inzichten. Voor de CRS-proef en de direct simple shear proef zijn geen Nederlandse normen of richtlijnen voorhanden. De aanbevelingen in dit protocol zijn een invulling van deze lacunes.

De aanbevelingen betreffen:

- Procedure voor de verzadiging van grondmonsters voor het uitvoeren van triaxiaalproeven;
- Keuze van de spanningsniveaus bij samendrukkingsproeven, constant rate of strain proeven, triaxiaalproeven en direct simple shear proeven;
- Aanwijzingen voor de keuze van de parameter K_0 voor het uitvoeren van anisotrope consolidatie bij triaxiaalproeven;
- Duur van de consolidatiefase bij triaxiaal- en direct simple shear proeven;
- Snelheid en duur van de afschuiffase bij triaxiaal- en direct simple shear proeven;
- Aanwijzingen voor de uitvoeringswijze van constant rate of strain proeven, triaxiaalproeven en direct simple shear proeven;
- Aanwijzingen voor het uitvoeren van bepalingen van de vloeigrens met de valconus of met het toestel van Casagrande.

Dit protocol is een aanvulling op de bestaande normen en richtlijnen. Dit protocol dient te worden toegepast naast de vigerende normen en richtlijnen. De aanbevelingen in dit document dienen te worden gevolgd en voor andere zaken, die niet in dit protocol worden behandeld, dienen de vigerende normen en richtlijnen te worden toegepast.

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2C.6 Vergelijking DSS proeven bij vijf laboratoria

Opdrachtgever: RWS waterdienst

Titel: Vergelijking DSS proeven bij vijf laboratoria

Uitvoering: Greeuw, G. 22-6-2012. Vergelijking DSS proeven bij vijf laboratoria. *Deltares 1209662-000-GEO-0006*.

Er is vastgelegd hoe de laboratoria van Fugro, MOS, Inpijn-Blokpoel, Wiertsema en Deltares de DSS meting uitvoeren en hoe gecorrigeerd wordt voor meetfouten. De medewerking van de laboratoria werd hierbij gevraagd door STOWA. De informatie is verkregen door bezoek van de projectleider (Deltares) met een ervaren laborant (Deltares) aan de diverse laboratoria.

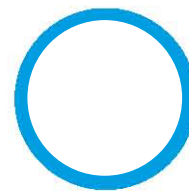
Er zijn vooral verschillen waargenomen in de eindvlakken van de apparatuur en de correctiemethode voor tafelwrijving en membraanweerstand. De correctiemethode blijkt meestal matig gedocumenteerd te zijn.

De aanbevelingen aan de opdrachtgever luiden daarom:

1. Vraag het lab om aan te tonen (bijvoorbeeld met foto's) dat er geen slip of sterke vervorming langs de eindvlakken optreedt. Deltares beveelt het gebruik van dunne pinnen op de eindvlakken aan.
1. Eis een goed gedocumenteerde en recente correctiemethode op de schuifspanning voor elk apparaat dat gebruikt wordt, bij voorkeur bepaald met agar of een vergelijkbaar zacht homogeen materiaal.
2. Het nullen van de horizontale druk bij begin van het afschuiven kan leiden tot een fout die mogelijk 10% van de consolidatiedruk bedraagt. Aanbevolen wordt om niet te nullen en de nulwaarde te vermelden in het rapport.
3. De gevoeligheid van de krachtopnemer zal leiden tot toevallige variaties van de orde van 0.5 kPa. Bij slappe veenmonsters met een typische sterkte van 10 kPa is deze fout circa 5% van de sterkte; uniformiteit op deze punten is daarom gewenst.
4. Bij grotere projecten met meerdere labs is het doen van vergelijkende proeven op een homogeen materiaal van belang.

Het is verder gewenst dat het Protocol van 2011 versie 5 aan te passen naar deze huidige inzichten.

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2C.7 Aanvulling op het protocol voor het uitvoeren van laboratoriumproeven

Opdrachtgever: STOWA

Titel: Aanvulling op het protocol voor het uitvoeren van laboratoriumproeven

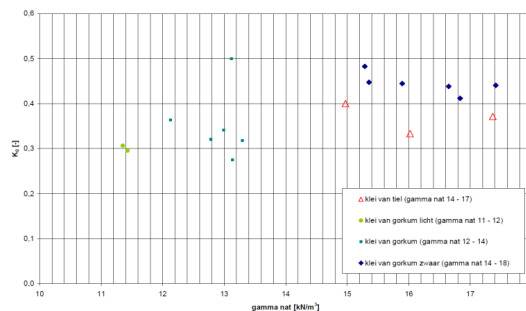
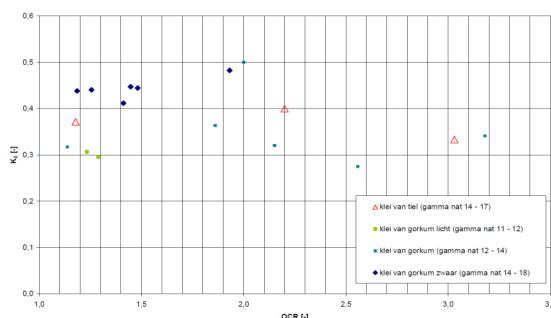
Uitvoering: A. 20-9-2012. Aanvulling op het protocol voor het uitvoeren van laboratoriumproeven. Deltares 1205606-000-GEO-0006.

In aanvulling op het protocol voor het uitvoeren van laboratoriumproeven (versie 5 van 16 juni 2011) worden in deze memo twee aspecten nader uitgewerkt:

Gronddrukcoëfficiënt K_0

Voor de anisotrope consolidatie van triaxiaalproeven kunnen de volgende K_0 waarden worden gehanteerd, gebaseerd op onderstaande figuren en rekening houdend met het gevaar van voortijdig bezwijken van grondmonsters in de consolidatiefase bij lage K_0 waarden

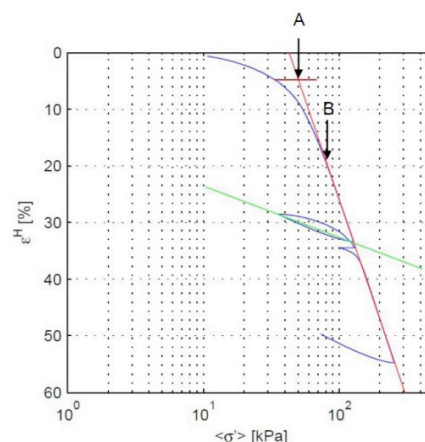
- $K_0 = 0,35$ voor klei met een volumegewicht lager dan 14 kN/m³
- $K_0 = 0,45$ voor klei met een volumegewicht hoger dan 14 kN/m³



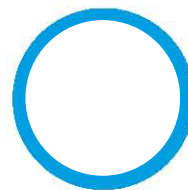
Consolidatiespanning

Om echt normaal geconsolideerd gedrag te vinden in de triaxiaal- en direct simple shear proeven wordt voorgesteld om voor de consolidatiespanning voor de normaal geconsolideerde proeven uit te gaan van punt B in de onderstaande figuur. Dit is het punt waar de gemeten zettingslijn samen begint te vallen met de raaklijn. Dit punt B zouden we kunnen noemen de bovengrens van de grensspanning. Punt A is de gebruikelijke definitie van de grensspanning (in een isotachen uitwerking in dit geval). Bij spanningen boven punt B is het grondgedrag echt normaal geconsolideerd, en dat is wat we zoeken.

Het gebied tussen punt A en punt B is een "overgangsgebied". Proeven die worden geconsolideerd bij spanningen in dit overgangsgebied tussen A en B zorgen bij de uitwerking voor onnodig veel spreiding in de proefresultaten. Het is niet nodig om nog verschillende belastingstrappen boven deze bovengrens van de grensspanning te kiezen. Voorgesteld wordt om voor alle normaal geconsolideerde proeven uit te gaan van de bovengrens van de grensspanning (punt B) uit een representatieve CRS-proef.



Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2C.8 Inventarisatie rekenmodellen veen

Opdrachtgever: RWS waterdienst

Titel: Inventarisatie rekenmodellen veen

Uitvoering: den Haan. E.J. 24-9- 2012. Inventarisatie rekenmodellen veen. Deltares 1203768-019-GEO-0001.

In het kader van het project praktijkproef "Dijken op Veen" worden veldproeven uitgevoerd om de sterkte van veen in het veld vast te stellen. In dit onderzoek spelen veldproeven een belangrijke rol. Uit de analyse van de reeds uitgevoerde veldproeven bleek dat met de huidige gangbare rekenmodellen de uitkomsten van de proeven niet eenduidig kunnen worden gereconstrueerd. De analyses zijn uitgevoerd met het eindige elementen programma Plaxis.

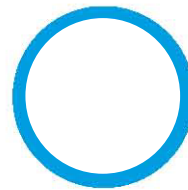
De aspecten van het grondmechanische gedrag van veen die het onderscheidt van klei en zand zijn vooral:

- De aanwezigheid van plantaardige vezels in een matrix van vergaand plantaardig materiaal en/of korrelig mineraal materiaal;
- De grote samendrukbaarheid en doorlatendheid, en de sterke afname daarvan met toenemende samendrukking;
- De lage schuifsterkte;
- De hoge hoek van inwendige wrijving en de hoge relatieve ongedraineerde schuifsterkte ("undrained strength ratio");
- De samendrukbaarheid van de vezels;
- De hoge mate van heterogeniteit.

Topscore met drie vinkjes is het soft soil creepmodel en de nieuwe anisotrope versie ervan. Deze is beschikbaar en kan onmiddellijk op bruikbaarheid worden onderzocht. Het werk van Michalowski (anisotropie-beschouwingen) heeft tweeëneenhalf vinkjes gekregen. Drie vinkjes is hier ook wel op zijn plaats, omdat verwacht wordt dat het zeer bruikbaar zal blijken te zijn. Het zal echter niet op korte termijn toepasbaar zijn in de analyse van dijken op/van veen. Ook de grensevenwichtmethode van Zornberg verdient eigenlijk drie vinkjes, maar de benodigde inzet om het voor veen toepasbaar te maken is niet gering. Het is daarom met twee vinkjes beoordeeld.

Twee vinkjes zijn ook gegeven aan de overlay benaderingen van Teunissen en Molenkamp, en de micro-macro aanpak van bijv. de groep van Luding. De micromechanica aanpak van Luding c.s. bevindt zich in de zeer vroege fase, en praktische toepassing van de resultaten zal nog lang duren, zonder dat er zicht is op de mate waarin van verbetering van de modellering van veen sprake zal zijn. De twee vinkjes zijn een afweging van het fundamentele van de aanpak, de verwachte grote inspanning op numeriek en vooral experimenteel gebied, en het risico dat de verkregen inzichten toch niet tot een verbetering van de modellering van veen in (bijvoorbeeld) eindige elementenmodellen leidt.

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2C.8 Dijken op veen I

Opdrachtgever: RWS waterdienst

Titel: Dijken op veen

Uitvoering: Zwanenburg, C., et al. oktober 2012. Dijken op veen. Deltares
1203768-000-GEO-0027, Versie 04, 26 oktober 2012, definitief.

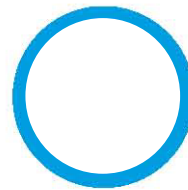
In het verleden werd, in Nederland, de sterkte van grond, ten behoeve van de toetsing van de stabiliteit van waterkeringen, bepaald met behulp van de celproef. Circa 10 jaar geleden is consensus ontstaan over het feit dat de celproef geen goede proef is voor het bepalen van de sterkte van grond. Tot op dit moment is er nog geen algemeen geaccepteerde vervanging voor de celproef. De controverse over de parameterbepaling is het grootst voor de sterkte eigenschappen van veen en sterk humeuze klei.

Met de huidige laboratoriumproeven en veldmeettechnieken kan op een aantal verschillende manieren de sterkte van de ondergrond worden bepaald. Dit zijn de potentiële alternatieven voor de niet meer in gebruik zijnde celproef. Het praktijkonderzoek Dijken op Veen heeft als doel het veengedrag qua sterktebijdrage aan een dijk beter te begrijpen, te beschrijven en te kunnen bepalen. Het onderzoek bestaat uit het uitvoeren van 5 grote bezwijkproeven, waarbij de veenlaag in de ondergrond tot bezwijken wordt gebracht. Deze bezwijkproeven zijn uitgevoerd in het veld, in de directe nabijheid van de waterkering. Met behulp van deze proeven kan de maximaal te mobiliseren schuifweerstand van het veen in het veld worden bepaald. De waarde van de sterkte die uit de veldproeven volgt kan vervolgens met de resultaten van de laboratoriumproeven en veldmeettechnieken worden vergeleken. Op deze wijze volgt welke laboratoriumproeven en veldmeettechnieken het beste aansluiten bij de proefresultaten.

De veldproeven zijn nagerekend met behulp van de huidige rekenmodellen. Deze modellen gaan uit van cirkelvormige glijvlakken, die niet in de proeven zijn waargenomen. Momenteel zijn geen goede modellen voor het beschrijven van het gedrag van veen beschikbaar. Het doel van het onderzoek is dan ook om op termijn een goed model op te stellen. Bij gebrek aan betere adviesmodellen zijn de huidige modellen gebruikt bij de analyse van de proeven. Door grootschalige bezwijkproeven uit te voeren en deze te analyseren met de huidige modellen worden de grenzen van het geldigheidsgebied van de modellen vastgesteld en wordt ervaring opgedaan met betrekking tot het voorspellend vermogen van de modellen. Onder de aanname dat de huidige modellen gebruikt kunnen worden voor de analyse van de proeven zijn de volgende resultaten uit de vergelijking tussen de bezwijkproeven en de berekeningen gevonden:

- Alle rekenmethoden gebaseerd op gedraineerde sterkte – eigenschappen cohesie, c' en hoek van inwendige wrijving ϕ onderschatten de stabiliteit die in de proeven zijn waargenomen. De huidige werkwijze, waarop de toetsing en het ontwerp van de dijkversterking zijn gebaseerd, is een van deze methoden. Dit is het gevolg van de age spanningen in de ondergrond, waardoor in deze type berekeningen de sterkte van de grond voornamelijk wordt bepaald door cohesie, c' . Uit de proeven volgde, conform de vooraf vastgelegde analyse methoden, lage waarden voor de cohesie en daarmee een lage waarde voor de sterkte van het veen in de proef. De methoden gebaseerd op gedraineerde sterkte – eigenschappen cohesie, c' en hoek van inwendige wrijving ϕ voorspelden bezwijken tijdens het ontgraven van de sloot. In werkelijkheid konden de 5 sloten zonder problemen worden ontgraven en de waterstand in de sloten maximaal worden verlaagd zonder stabiliteitsproblemen aan de niet belaste randen. De methoden gebaseerd op de ongedraineerde sterkte, s_u , leiden wel tot enige significante sterkte bij lage spanningen en sluiten daarmee beter aan op de waarnemingen uit de veldproeven;

Bijsluiter Veenbox

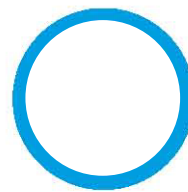


- Met berekeningen aan de hand van eindige elementen methode kon achteraf de veldproeven goed worden gesimuleerd. Het opstellen van een nauwkeurige voorspelling bleek niet goed mogelijk;
- Bij het uitvoeren van eindige elementen berekeningen ontstonden problemen als gevolg van de lage spanningen in het veen en de grote rekken die niet goed konden worden gemodelleerd, ook niet met de daarvoor bedoelde rekensettings. De geconstateerde scheurvorming kon niet worden gereproduceerd en het bleek dat de initiële condities van het terrein van invloed zijn op de rekenresultaten. Om de initiële condities goed te modelleren is het noodzakelijk om de geschiedenis van het terrein in de berekening na te bootsen;
- Het berekenen van de stabiliteit van een bestaande waterkering is anders dan het berekenen van de stabiliteit van een nieuw te bouwen dijklichaam tijdens de bouwphase;
- Bij de berekening van de stabiliteit van een bestaand dijklichaam zijn de initiële condities erg belangrijk. Bij de aanleg van nieuwe dijk is de aangebrachte belasting en de daarbij behorende spanningsreactie in de ondergrond al snel zodanig groot dat de initiële spanningscondities er niet meer toe doen. Echter, in de huidige toetspraktijk wordt de stabiliteit van bestaande dijken op dezelfde wijze berekend als de stabiliteit van nieuw te bouwen dijken en is de belastingsgeschiedenis niet goed meegewogen. Uit de vergelijking tussen de resultaten van de bezwijkproeven en de 7 werkwijzen voor het bepalen van de sterkte-eigenschappen van veen blijkt dat de Direct Simple Shear proef, DSS-proef, goed aansluit bij de resultaten uit de veldproeven. Belangrijk hierbij is dat de spanningscondities in het monster is teruggebracht naar een spanningsniveau die ook op het monster actief was voor deze werd gestoken. Vervolgens dient het monster ongedraineerd te worden afgeschoven.

De conclusie dat de resultaten van de DSS-proef goed overeenkomen met de resultaten van de bezwijkproeven sluit aan bij de resultaten van het SBW onderzoek Macrostabiliteit. In dit onderzoek is reeds voorgesteld om bij de bepaling van de sterkte van veen gebruik te maken van de DSS proef. Tijdens de uitvoering van de proeven zijn een aantal fenomenen waargenomen die mogelijk voor het beschrijven van het sterkte gedrag van veen van belang zijn, maar die niet in de huidige rekenmodellen zijn opgenomen. Deze onderwerpen zijn van belang voor modelontwikkeling dat in het vervolgonderzoek verder wordt uitgewerkt. In willekeurige volgorde worden de volgende punten genoemd:

- De aanwezigheid van gas in het veen;
- De snelle afname van waterspanning tijdens het aanbrengen van de belasting in het veen waardoor het gedrag als gedeeltelijk gedraineerd kan worden beschouwd;
- Het onderscheid tussen grote vervormingen en bezwijken is lastig te maken;
- Het gevonden bezwijkmechanisme heeft een andere vorm dan in de dagelijkse ingenieurspraktijk wordt aangenomen;
- De spanningen in het veen, aan de teen en achterland van de dijk, zijn erg laag. Het reproduceren van deze lage spanningen in laboratoriumproeven of numerieke berekeningen levert veel problemen op;
- In alle proeven speelde scheurvorming een grote rol. In de huidige modellering van veen wordt weinig aandacht besteed aan scheurvorming.

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2C.9 Dijken op veen II

Opdrachtgever: RWS waterdienst

Titel: Dijken op veen

Uitvoering: Zwanenburg, C. december 2014. Dijken op veen. Deltares 1208254-032-GEO-0001, Versie 3, 2 december 2014, definitief.

Onderdeel van het Praktijkonderzoek Dijken op Veen is de uitvoering van een zestal grootschalige veldproeven. In deze veldproeven is een moot veen tot bezwijken gebracht. Deze moot heeft de afmetingen van een kleine (dijk)afschuiving. Vervolgens is aan de hand van de benodigde belasting om bezwijken te realiseren vastgesteld wat de gemobiliseerde sterkte van het veen is. Deze waarde is vergeleken met de sterkte-eigenschappen die nu in het ontwerp van de dijkversterking worden toegepast. Hieruit volgde de conclusie dat een aanzienlijke optimalisatie van de ontworpen dijkversterking mogelijk lijkt.

In het vervolg van het project Dijken op Veen, DOV II is gewerkt aan het opstellen van een werkwijze aan de hand waarvan de Markermeerdijk kan worden getoetst en indien nodig een dijkversterking kan worden ontworpen. De verschillende onderzoeksvragen die hiervoor diende te worden opgelost zijn in afzonderlijke deelsporen uitgewerkt. In dit rapport komen de verschillende deelsporen weer samen. Dit rapport vormt de handleiding waarin de werkwijze wordt toegelicht.

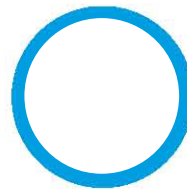
De werkwijze is gebaseerd op het gebruik van analytische glijvlak modellen in combinatie met ongedraineerde sterkte eigenschappen. Deze werkwijze sluit aan bij de werkwijze die is ontwikkeld in het kader van het Rijkswaterstaat programma SBW/WTI.

De kern van de werkwijze bestaat uit het uitvoeren van veldmetingen in elk van de te berekenen dwarsprofielen. Door van elk profiel metingen beschikbaar te hebben kan de in rekening te brengen onzekerheid worden gereduceerd. Belangrijk hierbij is de correlatie tussen veldsondemetingen, zoals sonderingen of bolsondemetingen en de schuifsterkte. Deze relatie dient per project of regio te worden vastgesteld. Hiervoor worden een aantal ijklocaties langs het dijk tracé gekozen waarin uitgebreid veldonderzoek wordt uitgevoerd. Dit uitgebreide onderzoek bestaat uit veldsondemetingen, zoals sonderingen en bolsondemetingen, en boringen voor het verzamelen van grondmonsters voor laboratoriumonderzoek. In het laboratoriumonderzoek worden de schuifsterkte eigenschappen bepaald die worden gebruikt bij het vaststellen van de correlatie daarvan met de veldsondemetingen. Vervolgens kan deze correlatie gebruikt worden voor de overige dwarsprofielen waarvoor berekeningen worden uitgevoerd, waarbij dan alleen veldsondemetingen hoeven te worden uitgevoerd. Met behulp van de correlaties worden de veldsondemetingen vertaald naar sterkte profielen in de diepte. De sterkteprofielen worden vervolgens gebruikt in de stabiliteitsanalyses.

Het opstellen van het versterkingsontwerp van een dwarsprofiel bestaat uit twee delen. Het eerste deel is het opstellen van de 0-variant. De 0-variant geeft het tekort van de benodigde stabiliteit weer. Indien echter uit de 0-variant blijkt de stabiliteit van de huidige situatie, berekend conform de DoV-werkwijze voldoet, dan blijkt er door het aanvullende onderzoek en de DoV-werkwijze geen versterking nodig en wordt een maximale optimalisatie van de dijkversterking in die dwarsdoorsnede gerealiseerd. Indien uit de 0-variant volgt dat de berekende evenwichtsfactor lager is dan de gestelde eis, is het ontwerp van een versterking van dat dwarsprofiel noodzakelijk.

De werkwijze is opgebouwd uit acht stappen. Met de eerste zeven stappen wordt de 0-variant bepaald. Dit is de berekende stabiliteit van de huidige situatie conform de nieuwe DoV-werkwijze. Vervolgens wordt bij onvoldoende stabiliteit de dijkversterking ontworpen.

Bijsluiter Veenbox

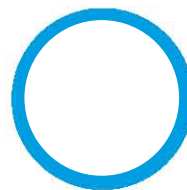


- Stap 1, Keuze profielen;
- Stap 2, Uitvoeren terreinwerkzaamheden;
- Stap 3, Uitvoeren laboratoriumproeven;
- Stap 4, Opstellen correlaties;
- Stap 5, Bepalen rekenparameters;
- Stap 6, Bepaling overige uitgangspunten;
- Stap 7, Ontwerp 0-variant;
- Stap 8, Ontwerp dijkversterking.

De opeenvolgende stappen worden in de navolgende hoofdstukken elk nader uitgewerkt. Voor de verschillende deelstappen zijn in het kader van het onderzoeksprogramma dijken op veen ook deelrapporten met details en achtergronden opgeleverd. Waar relevant wordt verwezen naar deze deelrapporten.

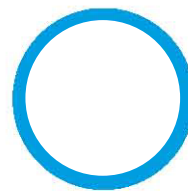
Benadrukt wordt dat DoV werkwijze alleen betrekking heeft op het faalmechanisme (binnenwaartse) macrostabiliteit. De te ontwerpen dijkversterking dient ook voldoende weerstand tegen het optreden van de overige faalmechanismen te hebben. In het WTI project zijn alle faalmechanismen betrokken.

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2D Beheer en onderhoud - algemeen

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2D.1 Effecten van beheersmaatregelen op vochtgehalten bij uitdrogende Veendijken

Opdrachtgever: STOWA

Titel: Effecten van beheersmaatregelen op vochtgehalten bij uitdrogende Veendijken

Uitvoering: Oostindie, K., et al. 2012. Effecten van beheersmaatregelen op vochtgehalten bij uitdrogende Veendijken *Alterra Wageningen UR Alterra-rapport Alterra-rapport ISSN 1566-7197*.

Het doel van deze studie is om de effecten van beheersmaatregelen te berekenen op het uitdrogen van veendijken. De grasmodule die in SWAP is geïmplementeerd biedt hiertoe verschillende mogelijkheden. Er zijn 5 beheersmaatregelen doorgerekend, te weten:

1. Beweiden.
2. Wekelijks maaien.
3. Maandelijks maaien.
4. Maaien bij een opbrengst van 3000 kg/ha (Beekman, 2009).
5. Niet maaien of beweiden.

Maaien houdt in dat het gewicht van de bovengrondse delen wordt teruggebracht tot 250 kg droge stof per ha. Bij beweiden wordt de hoeveelheid droge stof dagelijks teruggebracht naar dit niveau. Het totaal aantal scenario's dat met behulp van SWAP is doorgerekend komt daardoor uit op:

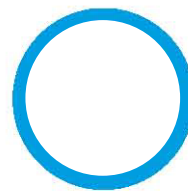
- Drie grondwaterstanden;
- Een veenprofiel dat al of niet is afgedekt met een kleilaag (2);
- Vier verschillende bewortelingsdieptes;
- Vijf beheersmaatregelen.

De resulterende 120 scenario's zijn doorgerekend voor:

1. Een uitdrogend profiel waarbij geen neerslag valt en waarbij een constante potentiële evapotranspiratie is aangenomen.
2. Voor het droge jaar 1976.

De scenario berekeningen maken duidelijk dat er een gunstige werking uitgaat van het aanwezig zijn van een kleidek. Het is ook duidelijk geworden dat een zo kort mogelijk gewas de transpiratie maximaal reduceert. De evaporatie is bij een kort gewas wel hoger, maar deze verhoging is slechts tijdelijk omdat tijdens het uitdrogen van de bovenste laag van het profiel de evaporatie sterk wordt gereduceerd. Bij een ondiepe beworteling hebben beheersmaatregelen weinig of geen effect. Bij een bewortelingsdiepte van 30 cm worden de effecten van het beheer waarneembaar. Deze effecten worden sterker naarmate het grondwater zich op een dieper niveau bevindt en ook bij een toenemende bewortelingsdiepte. Het zo kort mogelijk houden van het gewas kan door middel van begrazen c.q. beweiden gebeuren. Bij wekelijks maaien worden effecten waarneembaar bij een bewortelingsdiepte vanaf 50 cm diepte, maar deze staan in geen verhouding tot de effecten die optreden bij beweiding. De overige beheersmaatregelen leveren nauwelijks een positief effect op voor de verzadigingsgraad.

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2D.2 Gedrag van verdroogde kades Fase B,C,D: Ontstaan en gevaar van krimpscheuren in klei- en veenkaden

Opdrachtgever: STOWA

Titel: Gedrag van verdroogde kades Fase B,C,D: Ontstaan en gevaar van krimpscheuren in klei- en veenkaden

Uitvoering: Van den Akker, J.J.H., et al. Oktober 2013. Gedrag van verdroogde kades Fase B,C,D: Ontstaan en gevaar van krimpscheuren in klei- en veenkaden. Alterra Wageningen UR Alterra-rapport Alterra-rapport 2473.

Bevindingen

De maximale scheurbreedte aan maaiveld ligt in zowel de theoretische dijken als de werkelijke dijken in de orde van 5-7- cm per meter dwarse breedte. Het verschil tussen beide soorten dijken is de ontwikkeling van de scheurbreedte in de diepte die bij de veel drogere theoretische dijken veel groter is. De scheurbreedte is bij de veenkade aanmerkelijk groter dan bij de kleikades, namelijk aan maaiveld maximaal circa 11 cm en op circa 30cm diepte bijna 20cm per meter dwarse breedte.

Bij de middelzware en zware klei concentreert de krimp zich bovenin het profiel en bereikt daar zijn maximum. Dit beperkt in eerste instantie de scheurdiepte. Bij een diepe freatische grondwaterstand en voortgaande uitdroging wordt de scheurdiepte uiteindelijk toch nog groot. Hoe zwaarder de klei, hoe groter de krimp. Veen krimpt echter nog beduidend meer dan de zwaarste klei.

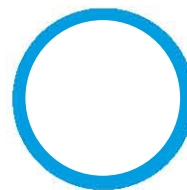
De invloed van de helling en de richting van die helling ten opzichten van het zuiden in de grasverdamping blijkt vrij beperkt te zijn. Alleen een helling richting het noorden resulteert in significant minder verdamping en uitdroging van het profiel. Bij langere droogte is op een gegeven moment de verdamping bij het zuidtalud geremd en bereikt het noordtalud uiteindelijk eenzelfde verdroging als het zuidtalud.

De verschillen in uitdroging van de kleikades zijn bij de verschillende beheervarianten voor het gras minimaal, dus het is de vraag of hierin veel energie moet worden gestoken. Een grasbeheer waarbij wordt gestreefd naar het zo kort mogelijk houden van het gras door frequent maaien of beweiden levert de minste verdamping op en verdroging van de kleikade. Het gras wordt hierdoor wel erg kwetsbaar en zal snel verdrogen. Voor verdamping is dit gunstig, echter voor de erosiebestendigheid ongunstig.

Een boom op een kleikade veroorzaakt veel diepere en in de diepte bredere scheuren dan een grasbedekking. Bij de boom is een duidelijke kortere periode van droogte nodig om het profiel sterk uit te drogen en de maximale scheurbreedte te bereiken.

Een lange lengtekrimpscheur in de kruin van de kade, die zich kan vullen met water door hevige regenval of kortsluiting tussen het boezemwater en de scheur, maakt een bezwijkmechanisme mogelijk dat is aangedreven door de horizontale waterdruk op de scheurwand. Een groot gevaar is dan ook verhoging van het boezemwaterpeil door hevige regenval, waardoor dwarse scheuren en dierengangen in de onverzadigde zonde in de kruin kortsluiting tussen het boezemwater en de lengtescheur kunnen veroorzaken.

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2D.3 Gedrag van verdroogde kades Fase E Synthese

Opdrachtgever: Hoogheemraadschap van Delfland (programma "Gedrag van verdroogde kades")
Titel: Gedrag van verdroogde kades Fase E Synthese
Uitvoering: Ponsteen, W. Tigcheaar, J. 7 april 2014. Gedrag van verdroogde kades Fase E Synthese. Hoogheemraadschap van Delfland DMS 1114721.

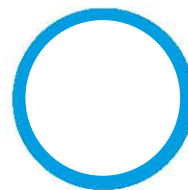
De droogtescheuren in de kleikades ontstaan door de uitdroging van de grond als gevolg van langdurige neerslagtekorten en verdamping van water door het gewas. Afhankelijk van de samenstelling van de klei ontstaan geen droogtescheuren, direct droogtescheuren of na verloop van tijd droogtescheuren. Of kleikades gevoelig zijn voor droogtescheuren hangt af van onder andere het lutumgehalte, het organisch stofgehalte, de rijpheid van de klei en de geometrie van de kade. De mate waarin klei krimpt wordt grotendeels bepaald door de afname van het vochtgehalte door het uitdrogen van de grond. Klei met hogere lutumgehaltes en of organisch stofgehaltes hebben in basis een hoger vochtgehalte en een grotere potentie om te krimpen.

Voor de drie onderzochte locaties is gebleken dat de stabiliteitsveiligheid van de kleikaden in gescheurde toestand hoger lag dan de waarden waarop de kaden getoetst zijn. Uitgangspunt daarbij is dat de scheuren niet dieper zijn 1 m en het langsscheuren betreffen. De stabiliteit valt binnen de bandbreedte van de toetsing. Bij kleidijken met taluds van 1:3 of flauwer is het de verwachting dat droogtescheuren (langsscheuren) niet resulteren in een stabiliteitsfactor lager dan de maatgevende waarde waarop de kades zijn getoetst (situatie droogte en situatie hoogwater). Indien in de ondergrond ondiepe zandlagen aanwezig zijn moet worden voorkomen dat de droogtescheuren en de zandlagen contact met elkaar maken. Bij een weersomslag, hevige regenbuien na een droge periode, kunnen de scheuren vol water lopen en de zandlagen voeden met

De droogtescheuren in de kleikades ontstaan door de uitdroging van de grond als gevolg van langdurige neerslagtekorten en verdamping van water door het gewas. Afhankelijk van de samenstelling van de klei ontstaan geen droogtescheuren, direct droogtescheuren of na verloop van tijd droogtescheuren. Of kleikades gevoelig zijn voor droogtescheuren hangt af van onder andere het lutumgehalte, het organisch stofgehalte, de rijpheid van de klei en de geometrie van de kade. De mate waarin klei krimpt wordt grotendeels bepaald door de afname van het vochtgehalte door het uitdrogen van de grond. Klei met hogere lutumgehaltes en of organisch stofgehaltes hebben in basis een hoger vochtgehalte en een grotere potentie om te krimpen.

Langsscheuren welke dieper zijn dan 0.5 m en dwarsscheuren welke (dreigen) verbinding te maken met de boezem dienen direct gedicht te worden. Scheuren in kleikaden kunnen het beste gedicht worden met zwelklei en voor het afdichten van scheuren in veenkades wordt aanbevolen een mengsel van teelaarde en zand te gebruiken. Het volledig voorkomen van scheuren door te sproeien is niet efficiënt omdat dan met een hoge frequentie de kleikade beneveld moet worden waarbij tevens op voorhand niet voorspeld kan worden welke kade gaat scheuren. Sproeien heeft wel een positief effect op de kwaliteit van de grasmat. Het sproeien met als doel de grasmat in goede conditie te houden kan zinvol zijn. Een gezonde grasmat draagt namelijk bij aan de erosiebestendigheid van de kade. Wel moet daarbij opgepast worden dat wanneer scheuren aanwezig in de kade dat de scheuren niet vol water komen te staan.

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2D.4 De invloed van vegetatie op de verdroging van kleikades

Opdrachtgever: Hoogheemraadschap van Delfland (programma "Gedrag van verdroogde kades")
Titel: De invloed van vegetatie op de verdroging van kleikades
Uitvoering: van der Zee, F.F., Frissel, J.Y., dec. 2014. De invloed van vegetatie op de verdroging van kleikades. Alterra Wageningen UR Alterra-rapport 2590 ISSN 1566-7197.

Op basis van de inventarisatie van de 10 proeflocaties binnen het beheergebied van Delfland, gehouden interviews en het literatuur onderzoek zijn een aantal (voorzichtige) conclusies getrokken en een aantal praktische adviezen opgesteld voor het beheer van kleikaden op veen.

Bodem

Op de locaties waar scheuren zijn aangetroffen is de zandfractie van de bodem (eerste 12cm) gemiddeld lager (en de kleifracie hoger) dan op plekken zonder scheuren. Dit komt overeen met bevindingen uit eerder onderzoek dat zwaardere klei voor meer scheurvorming zorgt.

Beheer & droogtegevoeligheid

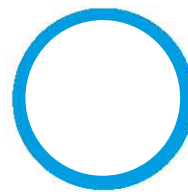
Van de kades waar scheuren zijn aangetroffen hadden de meeste een hooibeheer, terwijl de kades zonder scheuren merendeels beweide werden. Bij maaien zorgt de hogere vegetatie voor een hogere verdamping.

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

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

Met name vanuit veiligheid en beheer zien waterschappen liever geen bomen op kades en dijken. Bomen onttrekken veel water uit de bodem en kunnen scheurvorming in klei versnellen. Een ander bezwaar van bomen is dat het onder bomen vaak donker is, waardoor soorten soms minder gemakkelijk kunnen groeien en een open zode ontstaat. Relatie met verdroging?

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2D.5 Berekeningen kruindalingen door krimp van veenkaden bij verschillende diepste grondwaterstanden met SWAP

Opdrachtgever: STOWA

Titel: Berekeningen kruindalingen door krimp van veenkaden bij verschillende diepste grondwaterstanden met SWAP

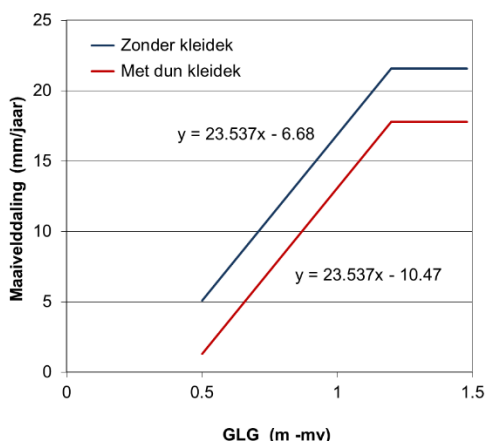
Uitvoering: Hendriks, R., van den Akker, J. Berekeningen kruindalingen door krimp van veenkaden bij verschillende diepste grondwaterstanden met SWAP. Alterra.

Maaiveldddaling in veengebieden wordt veroorzaakt door oxidatie (biologische afbraak van organisch materiaal), krimp door uitdrogen en zetting of klink (samendrukken van het veenpakket door een ophoging of grondwaterstandsverlaging). In deze notitie wordt ingegaan op de kruindaling van veenkaden door krimp. Daarbij moet worden bedacht dat krimp kan worden onderverdeeld in reversibele krimp en irreversibele krimp. In een uitzonderlijk droog jaar zal een veenprofiel sterk krimpen. Bij opnieuw nat worden zal het veen weer gaan zwellen (reversibele krimp), maar een deel van de krimp zal blijvend zijn (irreversibele krimp).

Als gewas is in deze notitie gras genomen. Echter in een aantal gevallen staan bomen op veenkaden. Bedacht moet worden dat bomen veel dieper wortelen dan gras en plaatselijk veen- en kleilagen tot op grote diepte sterk kunnen uitdrogen. Dit hangt ook af van de soort boom. Sommige bomen wortelen minder diep dan andere en bijvoorbeeld wilgen verdampen veel meer water dan andere bomen. Plaatselijk kan bij bomen de kruin veel meer zakken dan de waarden die in tabel 2 staan.

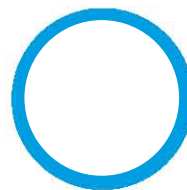
Zoals eerder aangegeven kan met name zware klei zeer sterk krimpen. Ook bij kleidijken kan daarom de kruin door uitdrogingskrimp vele centimeters dalen.

Door oxidatie kan de kruin per jaar met 1–2 cm per jaar dalen. In figuur 3 is de relatie gegeven tussen de GLG en de gemiddelde jaarlijkse maaiveldddaling van veenweidepercelen. Dit is een gemiddelde. In droge jaren met extra diepe grondwaterstanden, waarbij veel veen aan zuurstof wordt blootgesteld, zal de maaiveldddaling of kruindaling door oxidatie extra groot zijn.



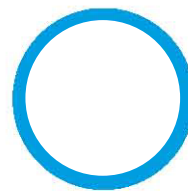
Relatie tussen de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) en de langjarig gemiddelde maaiveldddaling. NB Indien de GLG dieper wordt dan 1.0 tot 1.2 m, dan wordt de diffusie van zuurstof tot onderin het profiel de limiterende factor en neemt de langjarig gemiddelde maaiveldddaling niet verder toe.

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2E Maatregelen tijdens droogte

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2E.1 Gedrag van verdroogde kades fase C en D. Effect van scheurvorming door droogte op de standzekerheid van de kades.

Oprachtgever: Hoogheemraadschap van Delfland (programma "Gedrag van verdroogde kades")

Titel: Gedrag van verdroogde kades fase C en D. Effect van scheurvorming door droogte op de standzekerheid van de kades. Preventieve maatregelen en reparatie kades bij droogte.
Uitvoering: de Bruin, H.T.J., A.P.C. Rozing, dec. 2014. Effect van scheurvorming door droogte op de standzekerheid van de kades. Preventieve maatregelen en reparatie kades bij droogte. Deltares 1207584-000-GEO-0018-gbh.

De risico's en effecten die ontstaan door verdroging zijn:

- Vermindering van schuifsterkte van de gescheurde zone (bij een kleikade is dit effect gering en bij een veenkade is dit effect groot);
- Vermindering van massa van de dijk (bij een kleikade is het effect gering een laag risico);
- Ontstaan van volumekrimpscheuren (verandering van volume van het dijksmateriaal / de ondergrond door droogte. (Dit is bij een kleikade een laag risico).
- Toename van de doorlatendheid van de kade door structuurvorming en dwarsscheuren (matig tot groot risico);
- Langscheuren in de kruin of hoog in het talud kunnen bij snelle stijging van de boezem vollopen via dwarsscheuren. Ook kunnen ze bij zware bui-oscillaties vol regenen met water, waardoor er een waterdruk in de scheur ontstaat die nadelig werkt op de stabiliteit van de kade (Dit is bij een kleikade een groot risico).

Er zijn een aantal mogelijke preventieve maatregelen die kunnen worden genomen om de standzekerheid van een droogtegevoelige kade te verhogen:

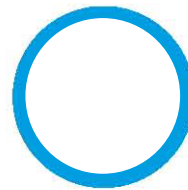
- Het verwijderen van hoger opgaande struiken en bomen in de kruin en op het binnentalud van de kade;
- Preventief beregenen;
- Het verwijderen van obstakels in de grondwaterhuishouding (Gedacht wordt daarbij aan damwandschermen bij leidingkruisingen en waterdichte beschoeiingen);
- Het handhaven van het streefpeil op de boezem;
- Bij veenkades: het afdekken van de veenkade met een kleilaag.

Daarnaast kan er bij kade reconstructies voor worden gezorgd dat de volumekrimp van de klei zo goed als mogelijk wordt beperkt. Dit kan door:

- Afdekklei te verwerken en goed verdichten bij een consistentie index van 0,75;
- Vegetatie te beperken tot grassen;
- Obstakels in de oever te voorkomen i.v.m. de grondwaterstroming;
- Een juiste afweging te maken tussen de toepassing van lichte klei (deze krimpt minder) of zware klei;
- Kwelsloten handhaven lijkt vanuit droogtegevoeligheid een goede maatregel en zeker bij sterk droogte gevoelige keringen zoals veenkaden een overweging;
- Zettingsverschillen te voorkomen als gevolg van voormalige verbredingen van kades;
- Grote stijfheidsverschillen te voorkomen.

Tijdens en na droogte kunnen maatregelen genomen worden om de kade weer te repareren en herstellen (bijvoorbeeld n.a.v. inspectie). Dit betreft het dichten van lange parallelle scheuren in de kruin en binnentalud van de kade met cohesieve grond.

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2E.2 Gedrag van verdroogde kades Fase B Ontstaan van scheurvorming

Opdrachtgever: Hoogheemraadschap van Delfland (programma "Gedrag van verdroogde kades")
Titel: Gedrag van verdroogde kades Fase B Ontstaan van scheurvorming
Uitvoering: Eernink, N.M.L., de Bruin, H.T.J., dec. 2013. Gedrag van verdroogde kades. Deltares 1207584-000-GEO-0017-gbh.

Uit dit onderzoek volgt dat bij verdroging transpiratie van gras en andere begroeiing (bomen) bepalend is voor de afname van het watergehalte boven verdamping. Wanneer de grondwaterhuishouding wordt aangepast waardoor de onverzadigde zone wordt vergroot neemt de invloed van verdroging toe (scheuren worden dieper en daarmee ook breder). De grondwaterhuishouding wordt onder andere aangepast door:

- Oeverconstructie te veranderen bijvoorbeeld van open naar gesloten;
- De kade te verbreden of op te hogen;
- Teensloten te dempen of te verleggen.

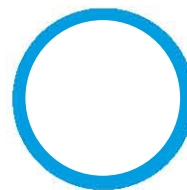
Conclusies aangaande volumekrimp door verdroging:

Krimp ontstaat doordat het korrelskelet dichter in elkaar wordt gedrukt (compactie) als gevolg van hogere zuigspanning in het korrelskelet. Voor goed verdichte afdekkingen van klei op waterkeringen is gevonden dat bij het afnemen van het watergehalte met 1 % (massa percentage) de volumekrimp 0,3 tot 0,8 bedraagt (volume %). Krimp als gevolg van rijping is voor een deel irreversibel, daarom is het belangrijk gerijpte klei te gebruiken bij dijkversterking en de klei. Hoe hoger het lutumgehalte hoe groter de volumekrimp zal zijn. Dit pleit ervoor om goed na te denken over de functionele eisen die worden gesteld aan afdekklei bij regionale keringen. De lichtere klei die minder krimpgevoelig is, is minder erosiebestendig terwijl de zware erosiebestendige klei meer zal krimpen. Hierin moet een optimum worden gekozen afhankelijk van de functionele eisen. Verder dient de klei aan de verwerkingseisen te voldoen uit de standaard RAW aangaande de consistentieindex en de verdichtingsgraad.

Conclusies aangaande scheurvorming

Scheurvorming ontstaat doordat de optredende trekspanning groter is dan de te mobiliseren trekspanning. Er zijn momenteel geen toepasbare modellen vanuit de geotechniek beschikbaar die het mogelijk maken om aan scheurvorming (breukmechanica) te rekenen. In de onverzadigde zone is altijd sprake van structuurvorming waardoor er tal van scheurtjes in de toplaag aanwezig zijn. Dit is een natuurlijk proces en noodzakelijk voor de ontwikkeling van een goede grasmatt. Scheurvorming door krimp ontstaat vanaf maaiveld (anders dan andere oorzaken van scheuren die veroorzaakt worden door processen in de dieper gelegen ondergrond).

Bijsluiter Veenbox



Bijlage 2 Actuele status rapporten Droogte onderzoek veenkaden

Onderstaande tabel presenteert de geactualiseerde status van de rapporten van het droogteonderzoek veenkaden.

Hoofdrapporten		Status
2005-02	Onderzoeksprogramma Droogteonderzoek veenkaden	Informatief
2005-03	Naar een draaiboek voor droogtegevoelige kaden	Actualisatie
Deelrapporten		
2004-06	Beslissingsondersteuning inspectie van verdroogde veenkaden	Vervallen
2004-07	De stabiliteit van veenkaden: stand van zaken	Vervallen
2004-08	Droogte onderzoek Veenkaden korte termijn in retrospectief	Informatief
2004-12	Bomen op verdroogde boezemkaden	Informatief
2004-15	Hoe droog is het?	Vervallen
2004-17	Kwetsbaarheid van veenkaden voor droogte	Informatief
2004-18	Veiligheid van veenkaden: denkbare (nood-) maatregelen	Informatief
Achtergrondrapporten		
2004-34	Grondonderzoek veenkaden	Informatief
2004-35	Inspectietechnieken voor droge veenkaden	Vervallen
2004-36	Aandachtsgebieden veenkaden	Vervallen
2004-37	Stabiliteit van veenkaden tijdens droogte: case studie	Vervallen
2004-38	Natuurlijke herbevochtiging van verdroogde veenkaden	Informatief
2004-39	Versnelde herbevochtiging verdroogde veenkaden	Informatief

HvH