

Advies

Praktijkonderzoek Opbarsten bij dijken

Advies nummer 25-07 van 15 juli 2025

Aan de directie van het Waterschap Drents Overijsselse Delta
Postbus 60
8000 AB Zwolle

Geachte heer Boersen,

In uw brief van 27 maart 2025 met kenmerk Z/22/050865-288687 vraagt u het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) advies uit te brengen over het toepassen van de onderzoeksresultaten uit het HWBP-innovatieproject Opbarsten bij Dijken, voor wat betreft het onderdeel Macrostabiliteit. Onderstaand vindt u de antwoorden op de aan het ENW gestelde vragen.

Beantwoording van de hoofdvraag

De aan het ENW gestelde hoofdvraag is: *“Is in het HWBP-innovatieproject de nieuwe werkwijze voor omgaan met opbarsten en macrostabiliteit voldoende onderbouwd om deze als nieuwe richtlijn toe te passen in het beoordelings- en ontwerpinstrumentarium?”*

Voor wat betreft deze werkwijze stelt het onderzoeksrapport (Deltaresrapport 11207357-081-GEO-0003): *“In de huidige werkwijze van de beoordeling van de stabiliteit van dijken wordt bij de toets op macrostabiliteit binnenwaarts een onderscheid gemaakt in dunne deklagen, met een dikte minder dan 4 m, en dikke deklagen, met een dikte groter dan 4 m. Voor de situatie met dunne deklagen wordt aangenomen dat bij opdrijven deze lagen opbarsten en hun sterkte volledig verliezen.*

Om een optimalisatie van de rekenregels te kunnen realiseren, is een onderzoek gestart om inzicht te krijgen in het opdrijven en eventueel opbarsten van relatief dunne deklagen (in de orde van 2 m tot 6 m) en de invloed daarvan op de stabiliteit van dijken. Dit onderzoek omvatte numerieke analyses, modelonderzoek, een grootschalige veldproef en een vertaling van de resultaten naar de ontwerp- en beoordelingspraktijk.

De belangrijkste aanbeveling van het onderzoek is het laten vervallen van het onderscheid tussen deklagen met een dikte van minder dan 4 m en een dikte van meer dan 4 m. In de proeven zijn geen aanwijzingen gevonden dat dunne deklagen hun sterkte verliezen bij opdrijven. Voorgesteld wordt om voor beide categorieën dezelfde werkwijze te volgen als thans voor situaties met een deklaagdikte groter dan 4 m wordt toegepast. Dit houdt in dat ook aan dunne deklagen in de stabiliteitsanalyse de volledige sterkte wordt toegekend. Het laten vervallen van het onderscheid in dunne en dikke deklagen leidt tot een vereenvoudiging in de beoordelingsmethodiek. Tevens voorkomt het grenssituaties, de situaties waarin de deklaagdikte varieert rond de 4 m met



verschillende berekeningsresultaten voor de situatie waarbij de deklaag net kleiner is dan 4 m en de situatie waarin de deklaag net groter is dan 4 m.”

Het stemt het ENW tevreden dat aandacht wordt geschonken aan dit slecht begrepen - en voor macrostabiliteit van dijken relevante – fenomeen. In de studie ligt de nadruk op de sterktereductie van de deklaag door opbarsten. De conclusie is dat deze er niet is, waardoor de “4 m-grens” kan vervallen. Het ENW acht dit eveneens plausibel, aangezien uit paragraaf 2.1 van het onderzoeksrapport blijkt dat het verschil tussen deklagen dunner en dikker dan 4 m gering is. De winst is dat hiermee een eenduidiger werkwijze ontstaat en dat geen sprongen meer optreden bij deklaagdikten van 4 m.

Het rapport bevat echter geen verwijzing naar de bestaande aanpak, bijvoorbeeld de schematiseringshandleiding, en dat zou helpen om het rapport begrijpelijker te maken. Tegelijkertijd is het belangrijk om te benadrukken dat de huidige richtlijnen ruimte laten voor interpretatie, waardoor macrostabiliteit bij opbarsten op verschillende manieren wordt geschematiseerd, afhankelijk van de adviseur. De nieuwe werkwijze zou kunnen bijdragen aan meer eenduidigheid in de ontwerp- en adviespraktijk. Om dit te bereiken zou de voorgestelde werkwijze naar mening van het ENW duidelijker beschreven kunnen worden in het rapport.

Het onderzoek heeft zich gericht op deklagen tussen de 2 m en 6 m. Het is nog niet duidelijk in hoeverre de getrokken conclusies ook geldig zijn buiten het onderzochte gebied. Voor deklagen dunner dan 2 m is nog verder onderzoek nodig.

Voorgesteld wordt om bij dit onderzoek eveneens kennis te betrekken over het opbarsten van watergangen (niet bij dijken). Dit is een actueel vraagstuk, omdat veel watergangen moeten worden verbreed om aan waterbergingseisen te voldoen. Bij het verbreden wordt de kans op opbarsten vergroot, omdat de kantopsluiting minder sterk wordt. Bij het opbarsten van watergangen gaat het veelal niet om macrostabiliteit, maar is de verhoogde kwel van belang voor waterbeheerders die polders moeten droogmalen. Het gedrag van een watergang zonder naastgelegen dijk is weliswaar anders dan met dijk door het ontbreken van de normaalkracht die de dijk levert op de deklaag, echter zijn er inzichten over liggerwerking, wandwrijving en kwelstroming in opgebarste grond die generiek kunnen worden toegepast en relevant zijn voor sloten en deklagen dunner dan 2 m.

Daarnaast blijkt uit het rapport dat de schematisering gevoelig is voor een aantal aannames en keuzes:

- Wel of geen minimale effectieve spanning van $0,1 \text{ kN/m}^2$ in combinatie met SHANSEP
- De bepaling van de indringingslengte
- De keuze van het intredepunt
- De dikte, het gewicht, de doorlatendheid en de OCR van de deklaag
- De dikte en de doorlatendheid van de zandlaag of het eerste watervoerend pakket
- Het wel of niet aanwezig zijn van een overgangslaag tussen deklaag en watervoerende zandlaag

Aanbevolen wordt om ontwerpers voldoende handvatten te bieden om hierin de juiste keuzes te maken. Het ENW zou daarom graag zien dat een handelingsperspectief wordt opgenomen met betrekking tot bovenstaande aannames en keuzes, waarin onder andere wordt beschreven wat



het effect is van deze aannames en keuzes. Hetzelfde geldt voor een werkwijze in geval van een teensloot of bermsloot. Ook zou het goed zijn om de winst in ventielwerking bij de modellering van opdrijven beter te omschrijven. Dit zou bijvoorbeeld kunnen worden uitgewerkt in een handreiking met voorbeeldsommen met verschillende deklaagdiktes in het bereik van 0,5 m – 6 m (bijvoorbeeld 0,5 m; 1,0 m; 2,0 m; 4,0 m en 6,0 m), met en zonder sloot. Voor de gevallen met een sloot kan worden gevarieerd met de slootbreedte (smalle watergang en brede watergang). Dit voorkomt onduidelijkheden over het toepassingsgebied, omdat het onderzoek zich specifiek gericht heeft op deklagen tussen de 2 m en 6 m.

Op dit moment mist in de door Deltares opgestelde werkwijze een duidelijke vergelijking tussen opbarsten en opdrijven. Het lijkt aannemelijk dat dunne deklagen door opbarsten kunnen scheuren, waardoor er andere mechanismen plaatsvinden dan bij opdrijven, bijvoorbeeld hogere doorlatendheid, ventielwerking en vernatting van grond. Dit aspect zou nog verder uitgewerkt kunnen worden en tot die tijd lijkt het zinvol om in de schematisering onderscheid te blijven maken tussen opbarsten en opdrijven.

Het fenomeen opbarsten kan in de praktijk een chaotisch proces zijn, waarbij deklagen in brokken uiteenvallen, grote verplaatsingen ondergaan en er een grote invloed is van bodemstructuur en inhomogeniteiten. Dit soort waarnemingen lijken niet te zijn gedaan in de veld- en schaalproeven, waardoor wordt geconcludeerd dat volledig sterkteverlies van de dunne deklaag niet optreedt. Het ENW stelt voor om in het handelingsperspectief toe te lichten welke praktijksituaties te afwijkend zijn om van de resultaten uit de proeven uit te mogen gaan. Indien tevens wordt gekwantificeerd in welke mate de stabiliteit wordt gedomineerd door het actieve deel van het glijvlak, wordt het relatieve effect van de sterkte van de deklaag duidelijk.

Concluderend is het ENW van mening dat er goed en waardevol onderzoek is gedaan. Het ENW waardeert het dat het op meerdere momenten bij het onderzoek is betrokken. De huidige en voorgestelde aanpak zouden echter nog beter beschreven en toegelicht kunnen worden. Wat is de huidige werkwijze rondom macrostabiliteit bij opbarsten, wat verandert er naar aanleiding van dit onderzoek en wat levert het op? Voordat de nieuwe werkwijze breed toegepast wordt in de praktijk, is het van belang een handreiking op te stellen over het omgaan met onzekerheden en met een aantal uitgewerkte voorbeeldsommen voor dunne deklagen met en zonder sloot. Voor de gebruiker zijn namelijk op dit moment nog niet alle vragen beantwoord, maar hij of zij moet wel weten hoe met bepaalde zaken om te gaan. Welke kennis is uitgekristalliseerd, welke aannames zijn voldoende onderbouwd voor toepassing in de praktijk en waarvoor is nog verder onderzoek nodig? Het wordt daarnaast aanbevolen het toepassingsgebied duidelijker vast te stellen in deze handreiking. Ten slotte wordt aangeraden de aanbevelingen voor verder onderzoek te beschrijven, inclusief de potentiële impact daarvan. Het ENW blijft graag bij dit proces betrokken en adviseert graag over de handreiking wanneer deze gereed is.



Beantwoording van de subvragen

De aan het ENW gestelde subvragen zijn:

Kan het ENW de methodiek, met een minimaal aanwezige ongedraineerde schuifsterkte, zoals toegelicht in het rapport, onderschrijven?

Het is aannemelijk dat er enige sterkte aanwezig blijft na opbarsten, Hiervoor is nu uitgegaan van de sterkte bij een effectieve spanning van $0,1 \text{ kN/m}^2$ in combinatie met SHANSEP. Dit is een pragmatische keuze. Deze keuze zou in de toekomst echter nog beter onderbouwd kunnen worden, aangezien ook gesteld wordt dat deze keuze gevoelig is voor kleine variaties in de schematisering. Dit voorkomt vervanging van een arbitraire 4 m-deklaagdiktegrens door een andere arbitraire aanname. Adviezen die hiermee samenhangen zijn hierboven opgenomen. Tegelijkertijd is het ENW van mening dat deze aanname op dit moment wel voldoende is voor de ontwerp- en adviespraktijk.

Kan het ENW-T het gebruik van de huidige methode, van het beoordelen van de stabiliteit van dijken gebaseerd op de critical state-sterkte voor alle deklaagdikten, onderschrijven?

Het ENW kan deze methode onderschrijven, aangezien het resultaat van de stabiliteitsanalyse redelijk ongevoelig blijkt te zijn voor deze keuze.

In het Deltaresrapport is een vergelijking gemaakt tussen rekenen met de critical state-sterkte en de pieksterkte. Dit staat los van de vraag of er wel of niet moet worden gerekend met een minimale ongedraineerde sterkte bij opbarsten. Het feit dat deze beide onderwerpen in één rapport door elkaar worden behandeld, maakt het complexer om de methode te begrijpen. Het ENW beveelt dan ook aan om dit in een nog te schrijven handelingsperspectief uit elkaar te trekken.

Het wordt tevens aanbevolen om in de toekomst nog eens fundamenteel te kijken naar het gehele proces, om na te gaan welke van de twee methoden beter past. Hierbij zullen ook verschillende proefmethoden met elkaar moeten worden vergeleken. De voorgestelde methode is een pragmatische invulling van het fysische proces. Om de pieksterkte, softening en vervormingen uit te kunnen werken en om te kunnen zetten tot een pragmatische methode is nog verdere inspanning nodig.

Algemene bevindingen

Het huidige rapport is lastig zelfstandig leesbaar, omdat het voortborduurde op de kennis uit eerdere (niet meegeleverde) onderzoeksrapporten. Het zou fijn zijn als bepaalde zaken, zoals de huidige schematisering van opbarsten en opdrijven (inclusief een verwijzing naar de documenten waarin dit is opgenomen) en de opzet en conclusies van de centrifugeproeven, wat duidelijker werden toegelicht. Bijvoorbeeld Tabel 2.1 is zonder voorkennis lastig te begrijpen. Als verbeteringen kan gedacht worden aan:



- Toelichten waarom proeven 1 t/m 4 niet in de tabel staan.
- Toelichten dat de wateroverspanningen een effect zijn van de verhoogde zwaartekracht in de centrifugeproef en niets te maken hebben met de verhoogde stijghoogte in de zandlaag.
- Toelichten dat een waterlaagje is aangebracht, zodat het rekenen met onverzadigde grond is vermeden.
- Vermelden dat is gerekend met verwachtingswaarden voor de sterkte.

In hoofdstuk 3 wordt de meerwaarde toegelicht. Deze wordt geraamd op 309 miljoen euro, maar hier staan veel kanttekeningen bij. Aanbevolen wordt om een bandbreedte te noemen en nader toe te lichten in hoeverre de besparing afhankelijk is van de deklaagdikte, aanwezigheid van een sloot en de aannames voor de indringingsdiepte.

De centrifuge- en veldproeven hebben niet alleen gedemonstreerd dat er geen grootschalige scheurvorming optreedt in de onderzochte gevallen, maar ook dat de stijghoogte bij opdrijven niet hoger oploopt dan de grenspotential. Dit laatste inzicht zou nog iets duidelijker naar voren gebracht mogen worden in het rapport.

In de tweede alinea van hoofdstuk 3 staat dat er in de voorgestelde werkwijze sterktereductie door opbarsten in rekening wordt gebracht. Klopt het dat het woord “geen” voor sterktereductie ontbreekt?

Bij de Markermeerdijken is meerdere malen het niet-lineaire waterspanningsverloop in de deklaag gemonitord met waterspanningsmeters. Dit zou kunnen worden toegevoegd aan de ervaringen in bijlage C.

Binnen de huidige beoordelingssystematiek (BOI) wordt verder gekeken dan het initieel mechanisme (STBI). Aanbevolen wordt om ook handvatten te geven voor hoe om te gaan met de sterkte in de deklaag na een initiële afschuiving, bijvoorbeeld in de voorgestelde handreiking met voorbeelden, ook als dit geen effect heeft.

Op de opmerkingen van de klankbordgroep wordt uitgebreid gereageerd in de Excelbestanden, maar deze reactie wordt maar beperkt opgenomen in het rapport zelf. Dat kan leiden tot meermaals dezelfde vragen. Daarom wordt aanbevolen deze reacties uitgebreider op te nemen in het rapport.

Het ENW wil haar dank uitspreken voor het goed en gedegen onderzoek en is van mening dat een goede slag is gemaakt in het beter begrijpen van het mechanisme opbarsten. Met een aanvullende handreiking wordt voorzien in een brede vraag om een eenduidige aanpak in Nederland.

Hoogachtend,

Ir. H.C. Klavers

Voorzitter van het Expertise Netwerk Waterveiligheid



Bijlage

Behandeling adviesvraag en totstandkoming advies

Het advies is getrokken door de ENW-werkgroep Techniek. Tussenresultaten van het onderzoeksproject zijn twee keer tijdens een vergadering van de ENW-werkgroep Techniek gepresenteerd. De adviesvraag over het onderdeel Macrostabiliteit is behandeld in de ENW-Techniekvergadering van 28 maart 2025. Mogelijk volgt in 2026 een adviesvraag over het onderdeel Piping.

Bij de behandeling waren de volgende stukken beschikbaar:

- ENW-adviesaanvraag Onderzoeksproject Opbarsten bij Dijken, dd. 27-03-2025.
- Werkwijze omgaan met opbarsten en macrostabiliteit. Praktijkonderzoek opbarsten bij dijken – doc 29. Deltaresrapport 11207357-081-GEO-0003, versie 1.0, 21-03-2025.
- Review van Document 33: Einddocument Praktijkonderzoek Opbarsten bij Dijken en onderliggende documenten 26 en 29. Memo Adviesteam Dijkontwerp, AD-advies 190-3-1, 25-02-2025.
- Review doc 29 RWS. Excelbestand met review RWS en reactie Deltares.
- Review doc 29 ADO. Excelbestand met review Adviesteam Dijkontwerp en reactie Deltares.
- Review doc 26 en 29 ADO: Excelbestand met review Adviesteam Dijkontwerp en reactie Deltares.
- Review doc 29 KBG. Excelbestand met review Klankbordgroep en reactie Deltares.

Op 20 mei 2025 hebben de eerste beoordelaars nogmaals met de opstellers van het rapport gesproken. Het conceptadvies is op 3 juni 2025 besproken in de ENW-Techniekvergadering. Tot slot is het conceptadvies op 11 juni 2025 besproken in de vergadering van de Kerngroep van het ENW, waarna opmerkingen door de adviesgroep zijn verwerkt. ENW-leden die vanuit hun functie buiten het ENW betrokken zijn geweest bij het onderwerp hebben zich afzijdig gehouden.