

# Langsconstructies

[Terug naar hoofdpagina Macrostabiteit](#)

- [Hoofdpublicaties](#)
  - [POVM Publicatie Langsconstructies \(PPL\), 2020](#)
- [Errata](#)
  - [PPL](#)
- [Aanvullende kennisdocumenten](#)
  - [Verticaal evenwicht bij verankerde stabiliteitsverhogende langsconstructies \(maart 2020\)](#)
  - [Controle op knik en 2e orde effecten in stabiliteitsverhogende langsconstructies \(april 2020\)](#)
  - [Modellering Restprofiel \(update, december 2020\)](#)
  - [Restprofiel bij grote overslag \(update, februari 2021\)](#)
  - [Invloed van Zakkende Grond op Ankerkracht \(februari 2021\)](#)
  - [Onderzoek gordingen \(oktober 2023\)](#)
  - [Casus kistdam Dijkversterking Tiel-Waardenburg \(december 2023\)](#)
- [Vragen & Antwoorden m.b.t. PPL](#)
  - [Executieklassie](#)
  - [Knik en tweede-orde momenten](#)
  - [Kistdam](#)
  - [Fluidiseren](#)
  - [Ankerkracht](#)
  - [Gordingen](#)
  - [Wand-plasticiteit](#)
  - [Corrosie](#)
  - [Discontinue damwanden](#)
  - [Constructies op palen](#)
  - [BGT](#)
  - [Verticaal evenwicht](#)
  - [Buitenwaartse stabiliteit](#)
  - [Herverdelen faalkansruimte onverankerde langsconstructies](#)
- [Kennisleemtes m.b.t. PPL \(POVM Publicatie Langsconstructies\), hoofdstuk 20](#)
- [Kennisleemtes m.b.t. PPL \(POVM Publicatie Langsconstructies\), aanvullend](#)
- [Achtergronddocumenten](#)
  - [Praktijkproef effecten van fluïderen op conusweerstand Vianen Hazelaarplein](#)
  - [Onderzoek snijden van grond \(2022\)](#)
  - [Onderzoek snijden van grond - Beoordeling sterkte en stabiliteit langsconstructies dijktraject 14-1 \(Capelle en Moordrecht\)](#)

## Hoofdpublicaties

### **POVM Publicatie Langsconstructies (PPL), 2020**

Deze publicatie gaat in op verschillende typen stabiliteitverhogende langsconstructies. Onder langsconstructies worden relatief slanke verticale elementen verstaan, die vooral op buiging worden belast. De PPL geeft handvatten voor de ontwerp-, realisatie- en beheerfase. De PPL vervangt de eerder vigerende ontwerprichtlijn voor stabiliteitsschermen in primaire waterkeringen (de OSPW).

- Hoofdstuk 1 beschrijft onder ander de positionering van de PPL ten opzichte van kaderstellende documenten
- Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de behandelde constructietypen.
- In hoofdstuk 3 worden afwegings- en toepassingscriteria gegeven voor de verschillende typen langsconstructies.
- De veiligheidsbenadering komt aan bod in Hoofdstuk 4. De PPL geeft uitsluitend een uitwerking voor de functie 'waterkeren', met een doelbetrouwbaarheid volgens de Waterwet.
- Hoofdstuk 5 bevat aanwijzingen die van toepassing zijn op meer dan één constructietype, waaronder het schematiseren van de ondergrond.
- Hoofdstuk 6 geeft een samenvatting van de in de PPE opgenomen aanwijzingen, die gaan over het berekenen van stabiliteit, spanningen en vervormingen met eindige-elementen software.
- Hoofdstuk 7 behandelt de uitvoeringsaspecten.
- Hoofdstuk 8 gaat in op de kwaliteitsborging gedurende de levenscyclus.
- Hoofdstuk 9 behandelt aspecten van de gebruiks- en instandhoudingsfase tijdens de levensduur.
- Hoofdstuk 10 gaat in op procedures en besluitvorming rondom het toepassen van een langsconstructie.
- De hoofdstukken 11 tot en met 19 behandelen de verschillende constructietypen. Achtereenvolgens zijn dat: een damwand (zowel verankerd als onverankerd); een boorpalenwand; een diepwand of barettewand; een combiwand; een kistdam; een korte damwand; een korte boorpalenwand; dijkdeuvels; ongewapende soilmixblokken.

- Hoofdstuk 20 geeft een overzicht van resterende kennisleemtes bij het schrijven van voorliggende publicatie.

De bijlagen gaan nader in op:

- de toe te passen partiële factoren;
- de toe te passen rekenmodellen, anders dan eindige-elementen;
- de overgang tussen langsconstructie en gronddijk;
- Aanbevelingen voor de opdrachtgever bij aanbesteding via de contractvorm Design & Construct, omtrent de vast te leggen uitgangspunten en randvoorwaarden, de inhoud van de door de opdrachtnemer te leveren rapportages en de aan uitvoering te stellen eisen;
- De voorbeeldsgewijze dimensionering van een gording;
- De berekening van 2e orde momenten bij verankerde wanden.



Deze POVM publicatie gaat vergezeld van een positief ENW advies over de toepasbaarheid. jiji

publicatie\_PO...structies.pdf

[Terug naar begin Hoofdpublicaties](#)

[Terug naar boven](#)

## Errata

Hierna volgt een actuele lijst met de geconstateerde fouten en tekortkomingen in de verschillende publicaties, samen met verdere aanvullingen. Ziet u zelf fouten of tekortkomingen die nog niet in deze lijst staan of heeft u suggesties voor aanvulling, geef deze dan svp door aan [div@wsrl.nl](mailto:div@wsrl.nl).

## PPL

| Locatie                | Beschrijving                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Figuur 1.3 op blz 21   | <p>Deze in verschillende POVM Publicaties opgenomen figuur is op verschillende fronten voor verbetering vatbaar.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Er staat een verwijzing naar de TR EEM. Vermoedelijk bedoeld het RWS rapport 'Analyse Macrostabiliteit Dijken met de Eindige Elementen Methode'. Dit rapport is na het beschikbaar komen van de PPL echter niet meer van toepassing. De in de TR EEM gegeven aanwijzingen zijn verouderd.</li> <li>• Er staat een verwijzing naar 'OI2018'. De betekenis daarvan is onduidelijk.</li> <li>• Bij de POVM Publicaties staat 'Basisrapport EEM' in plaats van de PPE. Het basisrapport dient slechts als achtergrondrapport. Ook ontbreekt de POVM Publicatie 'Actuele Sterkte'.</li> <li>• Het overzicht van POVM rapporten lijkt eerder een opsomming van wat ooit was bedoeld, in plaats van wat momenteel beschikbaar is.</li> <li>• Riskeer staat er als 'Riskier'</li> <li>• Ringtoets staat er als 'Rintoets'</li> </ul> <p>Een actuele TR Macrostabiliteit bestaat niet.</p> <p>In § 1.2.1 van de PPL tekst wordt tenslotte aangegeven hoe de PPL aansluit op het WBI en op een hele lijst van verdere kaderstellende documenten. Figuur 1.3 correspondeert daar niet mee.</p> |
| Figuur 11.2 op blz 108 | <p>De steunpunten die de damwand aan de gording moeten verbinden bij de damwand met openingen, zweven in de lucht</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Blz 18                 | <p>De volgende regel:</p> <p><i>De PPL vervangt het document Ontwerp stabiliteitsschermen (type II) in primaire waterkeringen (Deltares, 2013a), hierna 'OSPW' genoemd. Sinds 2017 zijn in het OSPW wijzigingen doorgevoerd, waardoor het niet meer aansluit op het WBI.</i></p> <p>moet worden vervangen door:</p> <p><i>De PPL vervangt het document 'Ontwerp stabiliteitsschermen (type II) in primaire waterkeringen' (Deltares, 2013a). Laatstgenoemd document (hierna genoemd: 'OSPW') sluit sinds 2017 niet meer aan op het toen gewijzigde WBI.</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tabel 4.2, Voetnoot 9 en § 11.9.5 | In tabel 4.2, voetnoot 9 en § 11.9.5 staat nu dat voor de controle op ankeruitval alleen een factor 1,5 moet worden toegepast op de in fase 4b berekende ankerkracht, zonder toepassing van verdere belastingeffectfactoren. In overeenstemming met tabel 4.3 geldt echter dat naast de factor 1,5 ook de schematiseringsfactor op de ankerkracht in rekening moet worden gebracht. |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

[Terug naar begin Errata](#)

[Terug naar boven](#)

## Aanvullende kennisdocumenten

De op deze pagina beschikbare aanvullende kennisdocumenten ("White Papers") geven uitwerkingen en/of toelichtingen voor enkele onderwerpen:

- die in de [POVM publicaties](#) of in de [Schematiseringshandleiding Macrostabiliteit](#) nog onvoldoende worden behandeld en die in praktijk veel vragen oproepen;
- waarvoor sinds het verschijnen van de (concept) publicaties belangrijke nieuwe inzichten of rekenmogelijkheden beschikbaar zijn gekomen.

Gebruik van de kennisdocumenten is vrij, maar het is aan de gebruiker zelf om te beoordelen of de kennis de project-specifieke toepassing dekt, en hoe de in elk document beschreven kennis wordt toegepast. Elk kennisdocument is met zorg samengesteld en gecontroleerd, gevolgd door formele vaststelling door de redactieraad van het POVM-gebruikersplatform (tot 2021) of het DIV-team (vanaf 2021). Toch kan niet worden uitgesloten dat bij toepassing nog kennislacunes of onvolkomenheden worden ontdekt. Verder valt ook niet uit te sluiten dat de inhoud in de toekomst nog zal wijzigen wanneer meer kennis beschikbaar komt. De actuele kennisdocumenten zijn ten slotte veelal (nog) niet door ENW beoordeeld, terwijl de POVM publicaties dat wel zijn.

### Verticaal evenwicht bij verankerde stabiliteitsverhogende langsconstructies (maart 2020)

Dit POVM kennisdocument (versie 1.0, maart 2020, status: DEFINITIEF) gaat in op de controle van verticaal evenwicht bij verankerde stabiliteitsverhogende langsconstructies, zoals vereist volgens de [PO VM publicatie Eindige Elementen](#) (PPE, maart 2020). De in de definitieve PPE versie beschreven controle wordt in dit kennisdocument onderbouwd en voor vier praktijkgevallen vergeleken met alternatieven.

Aanleiding voor dit kennisdocument is de eerdere eis die was opgenomen in concept versie 1.1 van de PPE (juli 2019). Volgens die eis zou verticaal evenwicht moeten worden getoetst door te controleren of de verticale wandverplaatsing beperkt blijft tot maximaal 0,02m. Motivatie daarvoor was dat de schachtwrijving bij een dergelijke verplaatsing volledig gemobiliseerd zal zijn. Bij een aantal praktijktoepassingen bleek echter dat de numeriek berekende verplaatsingen soms toch groter werden, terwijl de schachtwrijving nog niet volledig gemobiliseerd was. De oorzaak daarvoor bleken de berekende elastische vervormingen in de 'interface' tussen grond en constructie, die fysisch echter onrealistisch zijn. Vanwege deze modelmatige beperkingen zou het vasthouden aan een vervormingseis voor verticaal evenwicht dus hebben geleid tot onnodig lange wanden, met extra kosten en praktische problemen bij het inbrengen als gevolg.

Gebaseerd op de onderbouwing in dit kennisdocument wordt de draagkracht in de definitieve PPE versie daarom gebaseerd op conusweerstand, volgens de NEN 9997-1. Dat was ook al het geval in de 'Ontwerprichtlijn stabiliteitsschermen in primaire waterkeringen' (OSPW). Vergeleken met de OSPW hoeft volgens de PPE bij de belasting echter geen rekening meer te worden gehouden met de invloed van negatieve kleef, omdat die in praktijk bij een zeer beperkte neerwaartse verplaatsing weer zal worden geneutraliseerd. Conform de NEN 9997-1 moet bij het bepalen van de rekenwaarde voor de conusweerstand wel rekening worden gehouden met de inbrengmethode.



POVM Kennisdo...structie

[Terug naar boven](#)

### Controle op knik en 2e orde effecten in stabiliteitsverhogende langsconstructies (april 2020)

Dit POVM kennisdocument (versie 1.0, april 2020, status: DEFINITIEF) gaat in op de controle op knik en tweedeorde-effecten bij verankerde stalen damwanden, zoals vereist volgens de [POVM publicatie langsconstructies](#) (PPL, maart 2020). Aanleiding daarvoor is dat in de conceptversie 1.1 van de PPL (oktober 2019) alleen een controle werd voorgeschreven conform NEN-EN 1993-5. Voor stabiliteitswanden is deze controle naar verwachting echter te conservatief, met een mogelijk te zware dimensionering als resultaat. In de definitieve PPL versie wordt daarom ook een alternatieve controlemogelijkheid beschreven, die minder conservatief uitpakt. Deze mogelijkheid is gebaseerd op het uitvoeren van een geometrisch niet-lineaire berekening (*Updated Mesh*), waarin de tweedeorde-effecten direct worden meegenomen. Aan toepassing daarvan zijn enkele pragmatische randvoorwaarden verbonden. Het kennisdocument bevat de afleiding en onderbouwing voor zowel deze alternatieve controlemogelijkheid als voor de daarbij te hanteren randvoorwaarden. Verder bevat het kennisdocument ook enkele illustratieve rekenvoorbeelden.



POVM Kennisdo...structies.pdf

[Terug naar boven](#)

## Modellering Restprofiel (update, december 2020)



POVM Kennisdo...stprofiel.pdf

Dit POVM kennisdocument (versie 0.5, december 2020, status: DEFINITIEF CONCEPT) bevat een eerste voorstel voor het modelleren van het effect van een niet-kritische instabiliteit van het binnentalud achter een langsconstructie. Volgens de [POVM publicatie Eindige Elementen](#) (PPE, maart 2020) moet de berekening dan worden doorgezet met een geschematiseerd restprofiel, waarbij ook rekening moet worden gehouden met de afname van de schuifsterkte in de verstoorde zone. De aanpak die daarvoor in de 'Ontwerprichtlijn stabiliteitsschermen in primaire waterkeringen' (OSPW) wordt gegeven (de hoogte van het geschematiseerde restprofiel is 1/3 van de oorspronkelijk taludhoogte, zonder verdere aanpassing van de schuifsterkte) is bedoeld voor een gedraineerde schuifsterktemodellering. Deze aanpak is voor ongedraineerde sterkte mogelijk onvoldoende conservatief. Vanwege ontbrekend inzicht in de werkelijke ongedraineerde reststerkte wordt in de PPE nog geen definitieve aanpak voorgeschreven.

In dit kennisdocument wordt voor twee gevallen (beide verankerde damwanden) het effect geanalyseerd van een aannemelijk veronderstelde verlaging van de critical state schuifsterkte in de verstoorde zone tot 70 % van de critical state waarde. De hoogte van het in rekening te brengen restprofiel wordt daarbij vrijgelaten. Enige eis aan de combinatie van het restprofiel met de tot 70 % verlaagde schuifsterkte is dat de stabiliteit tijdens de stabiliteitscontrole bewaard blijft. De effecten van alleen de schuifsterkteverlaging op de wandmomenten blijken voor deze twee verankerde wanden beperkt.

De voorgestelde aanpak is gebaseerd op de actuele kennis en modellen, die anno 2020 echter niet volledig toereikend zijn. Het is niet zeker of de verlaging tot 70 % van de critical state waarde onder alle omstandigheden voldoende conservatief is. Mogelijk is het effect bij een onverankerde wand groter dan bij verankerde wanden. Voor voldoende onderbouwde richtlijnen is daarom meer ervaring en verder onderzoek nodig.

[Terug naar boven](#)

## Restprofiel bij grote overslag (update, februari 2021)

Dit POVM kennisdocument (versie 1.1, februari 2021, status: DEFINITIEF CONCEPT) bevat een eerste voorstel voor het modelleren van een restprofiel wanneer daarbij een significant overslagdebiet zou worden toegelaten. In de [POVM publicatie langsconstructies](#) (PPL, maart 2020) wordt aanbevolen om, naast het in rekening brengen van een restprofiel en reststerkte, een kritiek overslagdebiet van 0,1 l/s/m (zanddijk) of 1 l/s/m (kleidijk) te hanteren voor het faalmechanisme GEKB (Gras Erosie Kruin en Binnentalud). Reden daarvoor is dat de sterkte van de bekleding bij een afgeschoven profiel (restprofiel) lager is dan bij een niet-afgeschoven binnentalud. De waarden van 0,1 l/s/m en 1 l/s/m zijn pragmatische waarden om deze gereduceerde reststerkte van de bekleding in rekening te brengen.

In praktijk bestaat echter de wens om bij het optreden van een restprofiel toch hogere kritieke overslagdebieten toe te staan. In het kennisdocument wordt een voorstel gedaan voor de ontgronding die bij verschillende kritieke overslagdebieten in rekening zou kunnen worden gebracht, met onderscheid tussen een klei- en een zanddijk. Daarbij wordt aangesloten op het voorstel in het [POVM kennisdocument 'Modellering Restprofiel'](#) voor het modelleren van de geometrie en reststerkte zonder significante golfoverslag.

De voorgestelde aanpak is gebaseerd op de actuele kennis en modellen, die anno 2020 echter niet volledig toereikend zijn. De voorgestelde aanpak dient vanwege deze beperkingen met zorg toegepast te worden. Nader onderzoek naar geschikte erosiemodellen is wenselijk.



POVM Kennisdo... overslag.pdf

[Terug naar boven](#)

## Invloed van Zakkende Grond op Ankerkracht (februari 2021)

Dit POVM kennisdocument (versie 1.5, februari 2021, status: CONCEPT) bevat een voorstel en rekenvoorbeeld voor de bepaling van de toename van de ankerkracht door zakkende grond. Vergeleken met de CUR166 geeft het document aanvulling, verduidelijking en context. Vergeleken met de PPL wordt een aangepast model voorgesteld, dat alleen voor schuine ankers in dijken is bedoeld.

Het document geeft alternatieve formules voor CUR166 'geval 1' en 'geval 2'. Deze zijn afgeleid op basis van de kabelvergelijking. De omrekening naar een equivalente sinusvormige belasting is daarom niet meer nodig. De uitkomsten van de alternatieve formules komen overeen met de uitkomsten van de bestaande CUR166 formules. De alternatieve formule voor 'geval 2' is vervolgens aangepast, om rekening te kunnen houden met een zetting die aan boven- en onderzijde verschilt. Voor het zettingsprofiel is daarbij een vorm aangenomen die typisch is voor een dijklichaam op slappe grond.

Het rapport beschrijft verder ook een geschikte methode om de gecombineerde veerstijfheid van damwand en ondersteunende grond (de  $k'$ ) te bepalen met een eindige-elementenmodel. Uit die bepaling resulteert doorgaans een minder conservatieve waarde dan bij toepassing van de analytische waarde die de CUR166 geeft (en die zonder correctie alleen geldt voor horizontale ankers).

De voorgestelde aanpak is gebaseerd op de actuele kennis en modellen, die anno 2020 echter niet volledig toereikend zijn. Het document geeft daarom een aantal concrete aanbevelingen voor op korte termijn nog verder te concretiseren aspecten en voor het daarbij ook nog benodigde onderzoek.



POVM Kennisdo... op Ankers.pdf

## Onderzoek gordingen (oktober 2023)

Het rapport gaat in op de nut en noodzaak van toepassing van een gording bij onverankerde damwanden. Op basis van het rapport wordt aanbevolen om de eis voor het standaard toepassen van een gording bij een onverankerde damwand te laten vervallen onder de volgende voorwaarden:

er worden warmgewalste damwandprofielen toegepast;  
bij een discontinue damwand worden damwandpanelen van minimaal 2-dubbele damwandprofielen toegepast (in lijn met de PPL [[publicatie\\_POVM-Langsconstructies.pdf](#)]);  
de damwand wordt ontworpen op basis van de elastische momentcapaciteit.

Zolang er enkel op de elastische momentcapaciteit getoetst wordt en geen mogelijkheid is om kansen toe te kennen aan vervolgebeurtenissen na het (elastisch) bezwijken van damwanden, heeft de gording geen toegevoegde waarde.

Daarnaast zijn er enkele specifieke uitzonderingssituaties denkbaar waar het toepassen van een gording wenselijk is. De gording kan met name gebruikt worden voor het spreiden van een lokale externe belasting die direct aangrijpt op de constructie. Bijvoorbeeld bij een puntbelasting vlak achter de damwand, aanrij- of aanvaarbelasting. Een bovenbelasting van een weg valt hier niet onder.

Indien niet aan de eerder genoemde voorwaarden wordt voldaan en er toch een gording ontworpen moet worden, wordt verwezen naar de 2D en 3D modellen in het rapport.



136390\_23-015...gordingen.pdf

## Casus kistdam Dijkversterking Tiel- Waardenburg (december 2023)

Met betrekking tot het ontwerp van kistdammen is een aantal kennisleemtes geïdentificeerd. Inmiddels zijn er echter in de ontwerppraktijk kistdammen ontworpen. In het kader van kennisdeling en het ontsluiten van praktijkkennis en ervaring is de ervaring vastgelegd van een casus omtrent het ontwerp van een kistdam vanuit het dijkversterkingsproject Tiel-Waardenburg (TiWa), zodat andere projecten hier hun voordeel mee kunnen doen. In deze Casus wordt in hoofdstuk 2 het project beschreven en in hoofdstuk 3 de geometrie en bodemopbouw. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op hoe is omgegaan met de aanwezige kennisleemtes in de ontwerpaanpak. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op enkele andere bevindingen uit het ontwerp die relevant kunnen zijn voor andere projecten. Benadrukt wordt dat bij TiWa projectspecifieke invulling is gegeven aan de aanwezige kennisleemtes, maar dat hier in andere projecten op een andere manier invulling aan kan worden gegeven.



Casus kistdam...burg\_v1.0.pdf

[Terug naar begin Aanvullende kennisdocumenten](#)

[Terug naar boven](#)

## Vragen & Antwoorden m.b.t. PPL

Zit je vraag er nog niet bij? Stel deze dan aan [div@wsrl.nl](mailto:div@wsrl.nl).

Antwoorden met de status 'VOORLOPIG' zijn nog niet beoordeeld en vastgesteld door de redactieraad en waar nodig ook door de omringende expertgroep.

Gebruik de zoekfunctie in je browser om specifieke termen op deze pagina te vinden.

## Executieklasse

Aangaande executieklassen (<https://www.technischwerken.nl/kennisbank/techniek-kennis/wat-zijn-de-executieklassen-conform-en1090>) in primaire waterkeringen wordt niets gezegd in de PPL / PPE. Wanneer een primaire waterkering wordt versterkt door middel van een verankerde stalen damwand, welke executieklasse is dan van toepassing ?

De PPL schrijft de vereiste executieklasse niet voor. De opdrachtgever moet daar zelf een eis aan stellen (bijvoorbeeld door zich hierbij te laten adviseren door een niet aan de aannemer verbonden staalconstructeur).

Onder welke condities kan executieklasse 2 worden toegepast voor laswerk in dijkversterkingsprojecten? Biedt het dimensioneren op ankeruitval mogelijkheden om executieklasse 2 te hanteren? Is er in zijn algemeenheid iets te zeggen over de executieklasse (2 of 3) van laswerk voor primaire waterkeringen?

Aan de PPL valt dus geen voorschrift voor de executieklasse te ontlelen. Volgens de NEN-EN-1993-1-1 zou de executieklasse gelijk aan de consequentieklassen moeten worden gekozen (zie tabel).

Choice of execution class (EXC) (from Annex C of BS EN 1993-1-1: 2005 A1: 2014)

| Reliability Class (RC)<br><br>or<br><br>Consequences Class (CC)                                      | Type of loading                                  |                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|                                                                                                      | Static, quasi-static or seismic DCL <sup>a</sup> | Fatigue <sup>b</sup> or seismic DCM or DCH <sup>b</sup> |
| RC3 or CC3                                                                                           | EXC3 <sup>c</sup>                                | EXC3 <sup>c</sup>                                       |
| RC2 or CC2                                                                                           | EXC2                                             | EXC3                                                    |
| RC1 or CC1                                                                                           | EXC1                                             | EXC2                                                    |
| <sup>a</sup> Seismic ductility classes are defined in EN 1998-1, Low = DCL; Medium = DCM; High = DCH |                                                  |                                                         |
| <sup>b</sup> See EN 1993-1-9                                                                         |                                                  |                                                         |
| <sup>c</sup> EXC4 may be specified for structures with extreme consequences of structural failure    |                                                  |                                                         |

Er bestaat echter geen eenduidig verband tussen de consequentieklassen en norm volgens de waterwet. Volgens paragraaf 8.4 van OI2014v4 bestaat de *verwachting* dat de gevolgklasse 3 een voldoende zwaar ontwerp oplevert, ongeacht de waterveiligheidsnorm. Er wordt gesteld "Voor constructief falen worden in het OI2014 géén specifieke ontwerpregels voorgesteld. Verwacht wordt dat een constructief ontwerp op basis van Gevolgklasse 3 uit de Eurocode NEN-EN1990 bij een levensduur van 50 of 100 jaar in de praktijk een voldoende zwaar ontwerp oplevert, ongeacht de normklasse."

Het feit dat met ankeruitval als belastingsituatie wordt gerekend geeft geen aanleiding om een lagere consequentieklassen (en daaraan gekoppelde executieklasse) te hanteren. Immers, de twee naastgelegen ankers moeten een verhoogde hogere belasting ook veilig kunnen keren op hetzelfde veiligheidsniveau.

Samenvattend: het advies is om in het algemeen voor primaire waterkeringen altijd executieklasse 3 te eisen. Het is voor bijzondere situaties en mits goed onderbouwd, mogelijk om van de PPL en dit advies af te wijken.

[Terug naar boven](#)

## Knik en tweede-orde momenten

Wat moet ik doen wanneer de kniktoets volgens NEN-EN1993-5 ontwerpbepalend wordt?

Voor het geval dat de kniktoets volgens NEN-EN1993-5 ontwerpbepalend wordt, is in § 11.8.5 en bijlage F van de PPL aangegeven hoe de tweede-orde effecten ook op een doorgaans minder conservatieve wijze in rekening kunnen worden gebracht met hulp van een geometrisch niet lineaire EEM berekening (updated mesh). Zie voor achtergronden ook: [POVM Kennisdocument - Controle op knik en 2e orde effecten in stabiliteitsverhogende langconstructies](#).

In Bijlage F (Berekening tweede orde momenten) wordt gerefereerd aan de elastische weerstand. Waarom is dit niet de plastische weerstand? Verder wordt de kniklengte beschreven als de afstand tussen ankerbevestiging en damwandteen. Waarom is dit niet de afstand tussen de momentnulpunten?

Zoals in het vorige antwoord al aangeduid, beschrijft Bijlage F de mogelijkheid voor directe bepaling van tweede-orde momenten, als alternatief voor een knikcontrole volgens NEN-EN1993-5. In deze beschrijving wordt gerefereerd aan het elastische weerstandsmoment, omdat dit in lijn is met de PPL eis dat de vloeispanning in de uiterste vezel niet mag worden overschreden. Zie ook § 5.7 van de PPL.

In bijlage F wordt de 'kniklengte' gebruikt in de formule voor het additionele moment door initiële imperfectie. Daarbij is de impliciete veronderstelling dat de stabiliteitswand altijd in dezelfde knikvorm wordt gedwongen, onafhankelijk van de (in praktijk wel aanwezige) zijwaartse ondersteuning vanuit de slappe grond. Voor deze vaste knikvorm geldt de afstand tussen de momentnulpunten inderdaad als de theoretische definitie voor de kniklengte. Zie verder ook [Hartsuijker en Welleman](#) (2016).

[Terug naar boven](#)

## Kistdam

In de PPE/PPL is het onduidelijk of de kistdam vulling getoetst moet worden conform CUR. In PPL par 15.1 staat hier wat over maar dit blijft onduidelijk. Zijn hierover nieuwe inzichten beschikbaar?

Het toetsen van de kistdamvulling staat in H20 van de PPL benoemd als kennisleemte. Sindsdien is daarin nog niets veranderd. In H20 staat verder: *Voor de onderwerpen waar de huidige PPL versie nog onvoldoende handvatten geeft moeten de opdrachtgever en/of de opdrachtnemer binnen elk dijkversterkingsproject intussen zelf nadere keuzes maken. Een goed vastgelegde en gevalideerde onderbouwing is daarbij vereist, waar mogelijk ondersteund door specifieke kwaliteitscontroles tijdens en na uitvoering. Aan de opdrachtgever wordt aanbevolen om de benodigde onderbouwing en de uit te voeren kwaliteitscontroles te laten opstellen of valideren door deskundige partijen, die daartoe door de opdrachtgever zelf moeten worden aangewezen (zie ook bijlage D).* Het is dus vooralsnog aan opdrachtnemer en opdrachtgever zelf om hierin keuzes te maken en om deze keuzes voldoende te onderbouwen en te laten controleren.

Toepassing van kistdammen is anno 2020 voorzien binnen verschillende versterkingsprojecten. Voor het toetsen van kistdamvulling zijn daarbij binnen de projecten al 'best practices' ontwikkeld. Het in dit gebruikersplatform projectoverstijgend delen van deze 'best practices' wordt daarom aangemoedigd.

Hoe moet ik controleren op verticaal evenwicht wanneer de onderling verbonden wanden van de kistdam zo dicht bij elkaar staan dat de kistdam als samengestelde ligger gaat werken, waarbij door buiging een trekkracht in een van de wanden ontstaat?

De PPL voorziet niet direct in een dergelijke situatie. Maar wanneer de zandlaag ook een trekkracht moet kunnen leveren, dan moet daarop uiteraard wel passend worden gecontroleerd.

Waar moet ik bij een kistdamontwerp extra op letten?

Met een ontwerp of beoordeling van een kistdam volgens PPL en PPE is nog weinig ervaring opgedaan. Maar ten opzichte van een enkelvoudige wand moet er bij een kistdamontwerp in ieder geval extra aandacht worden gegeven aan de volgende zaken:

- De interactie tussen de wanden via ankers en tussenliggende grond;
- De modellering van de kistdamvulling en de impact van zettingen daarop;
- De invloed van de initiële spanningstoestand;
- De te beschouwen belastingcombinaties om tot maatgevende krachten te komen;
- De invloed op de geohydrologie.

Zie verder ook het '[Technisch rapport kistdammen en diepwanden in waterkeringen](#)', uit 2004. De daarin beschreven veiligheidsbenadering en de aanwijzingen voor het modelleren van grondsterkte en voor eindige-elemententoepassing sluiten echter niet meer voldoende aan op wat anno 2020 wordt voorgeschreven in het WBI en in de PPL en de PPE (kennisleemte).

Toepassing van kistdammen is anno 2020 voorzien binnen verschillende versterkingsprojecten. Voor het tijdens het ontwerp toepassen van de PPL en PPE zijn daarbij al 'best practices' ontwikkeld. Het in dit gebruikersplatform projectoverstijgend delen van deze 'best practices' wordt daarom aangemoedigd.

Omtrent het ontwerp van kistdammen zijn nog een aantal kennisleemtes. Is er vanuit projecten al ervaring opgedaan hoe met deze kennisleemtes om kan worden gegaan?

Bij het dijkversterkingsproject Tiel-Waardenburg is ervaring opgedaan met het ontwerp van kistdammen. Een beschrijving van de ontwerpaanpak die bij dat project is toegepast is [HIER](#) te vinden.

[Terug naar boven](#)

## Fluidiseren

Conform de PPL (Tabel 11.1) dient bij fluïderen bij het aanbrengen van damwanden in de Plaxis-analyse gerekend te worden met 50% reductie van de zandstijfheid en interfacesterkte ( $R_{inter}$ ). In de reference manual van Plaxis 2D (par 6.1.7) staat echter het volgende:

**Standard:** By default, stiffness is set to *standard*. The shear and compression moduli are related by the expressions:

$$E_{oed,i} = 2G_i \frac{1 - \nu_i}{1 - 2\nu_i}$$
$$G_i = R_{inter}^2 G_{soil} \leq G_{soil} \quad Eq. [25]$$
$$\nu_i = 0.45$$

In de stijfheid ( $G_i$ ) zit de factor  $R_{inter}$  dus als default kwadratisch, wat bij een standaardwaarde van  $R_{inter} = 0,67$  neerkomt op een reductiefactor van stijfheid in de interface van  $(0,67)^2 = 0,44$ . Bij een reductie van de stijfheid met 50% voor fluïderen werkt dit verder door en leidt dit tot een stijfheidsreductie in de interface van  $(0,5 \cdot 0,67)^2 = 0,11$ . Omdat de stijfheid van de omliggende grond ook al met 50% gereduceerd is, leidt dit tot een totale reductie van de stijfheid in de interface van circa  $0,5 \cdot 0,11 = 0,06$ . Deze opeenstapeling van reducties lijkt mij niet wenselijk en veel te conservatief. Is dit effect beschouwd in de reductiefactoren voor fluïderen in de PPL en mag van deze factoren worden afgeweken, zodat de totale reductiefactor van de stijfheid in de interface 0,5 bedraagt en niet 0,06?

*Bij het via  $R_{inter}$  reduceren van de schuifsterkte op het grensvlak tussen damwand en grond, reduceert PLAXIS ook de interface-stijfheid. De schuifsterktereductie is terecht, maar de stijfheidsreductie die daardoor binnen PLAXIS ook automatisch optreedt is ongewenst en kan weer ongedaan worden gemaakt door het handmatig verkleinen van de virtuele interface-dikte.*

#### Nadere uitleg bij antwoord:

De vraag betreft de reductie van de stijfheid in de Plaxis berekening, uitgaande van damwanden die fluïderend zullen worden ingebracht. Zoals in de vraag is aangegeven, dient er conform Tabel 11.1 in de PPL in de Plaxis-analyse gerekend te worden met 50% reductie van de zandstijfheid en interfacesterkte ( $R_{inter}$ ). Zie de volgende tekst uit de PPL.

Tabel 11.1 bevat aanbevelingen voor de manier waarop de mogelijke invloed van de maatregel in de ontwerpfase kan worden meegenomen. De critical state-wrijvingshoek  $\phi_{cs}$  (rekenwaarde) in het zand wordt niet aangepast, omdat de pakking van het zand geen of nauwelijks invloed heeft in deze fase. Wel dient in een zone rondom de damwand de invloed op een reductie van de stijfheid in het zand te worden beschouwd. Ook dient de invloed van een verlaging van de wandwrijving langs de damwand ( $R_{inter}$ ) in het zand te worden beschouwd.

Tabel 11.1 Te reduceren ontwerpwaarden voor zandstijfheid en wandwrijving bij toepassing van trillingreducerende maatregelen

| Maatregel                                     | Invloedsbreedte uit damwand (beide zijden) [m] | Reductie zandstijfheid | Reductie wand-wrijvingsfactor $R_{inter}$ |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------|
| Voorboren met avegaar                         | 3 x diameter avegaar (in zand)                 | 50%                    | 50%                                       |
| Trillend /drukkend inbrengen m.b.v. fluïdatie | De inbeddingsdiepte van de wand in het zand    | 50%                    | 50%                                       |

De reductie van  $R_{inter}$  die in de PPL staat, is bedoeld om de schuifsterkte op de interface te reduceren. Zoals in de vraag is aangegeven werkt de invoer van de  $R_{inter}$  in PLAXIS echter ook kwadratisch door op de default waarde voor de interface-stijfheid. Dit staat ook in § 3.2.3 van de PPE, zie ook de volgende tekst uit de PPE. De reden dat PLAXIS ook de interface-stijfheid aanpast is overigens onduidelijk: volgens de huidige inzichten is dit onnodig/onwenselijk.

### 3.2.3 Interactie tussen grond en constructie

PLAXIS modelleert de interactie tussen grond en constructie met interface-elementen. Deze elementen modelleren verende verbindingen tussen grond en constructie in zowel schuifrichting als normaalrichting. De schuifsterkte wordt daarbij gemodelleerd via het Mohr-Coulomb-model. In het geval van het HS- en SSC-model bepaalt PLAXIS uit de waarde van het naastliggende grondelement de waarde van de (gemobiliseerde) wrijvingshoek of van de ongedraineerde schuifsterkte. In het geval van het SHANSEP NGI-ADP-model moet de schuifsterkte handmatig worden ingevoerd. Deze waarde wordt vervolgens gereduceerd met een op te geven reductiefactor  $R_{inter}$ . Laatstgenoemde factor is in principe afhankelijk van de ruwheid van de constructiewand in verhouding tot de korrelgrootte van de grond. De  $R_{inter}$  reduceert ook de verdeelde veerstijfheid in het interface-element, voor zowel schuifvervorming als normaalvervorming. De verdeelde veerstijfheid is gerelateerd aan verschilverplaatsing. Ze worden door PLAXIS standaard bepaald uit de schuifstijfheid  $G$  en normaalstijfheid  $E_{oed}$  in de grond (beide vermenigvuldigd met  $R_{inter}^2$ ), in combinatie met een virtuele interfacedikte. Als standaard waarde voor de virtuele interfacedikte gebruikt PLAXIS een waarde die gelijk is aan 0,1 keer de globale doelwaarde voor de gemiddelde elementafmeting ( $l_e$ ). PLAXIS berekent laatstgenoemde doelwaarde uit de opgegeven afmetingen van de geometrie en de opgegeven netfijnheid. De aldus berekende virtuele interfacedikte kan in PLAXIS worden opgevraagd onder het 'Project'-menu. Men moet erop bedacht zijn dat een grote waarde van de virtuele interfacedikte zal leiden tot significante elastische verschilverplaatsingen tussen grond en constructie, die fysisch niet realistisch zijn.

Bijlage C.12 van de PPE noemt de reductie van  $R_{inter}$  bij fluïderen ook, zie het volgende kader.

### C.12 Grond-constructie-interactie

PLAXIS bepaalt de schuifsterkte tussen grond en constructie door de schuifsterkte van de grond te vermenigvuldigen met een op te geven waarde voor  $R_{inter}$ . De grootte van  $R_{inter}$  heeft invloed op de stabiliteit zowel als op de krachten en momenten, maar de waarde kan niet heel precies worden bepaald. Tabel 3.2 in deel 1 van de CUR166, (CUR, 2012) geeft een indruk van mogelijke waarden voor een gekromd glijvlak. Resultaten uit een consequentie-analyse (POV Macrostabiliteit, 2018a) suggereren dat, in het geval van stabiliteitswanden, een lagere interface-sterkte voor klei en veen in de meeste gevallen leidt tot een lichte afname van de stabiliteitsfactor en tot een kleine toename van de berekende krachten en vervormingen. Voor stalen damwanden is een factor 2/3 voldoende conservatief. Zeker omdat het werkelijke oppervlak (het 'verfoppervlak') groter is dan het door een vlakke plaat geschematiseerde oppervlak. Voor gefluidiseerd zand moet bij stalen damwanden veiligheidshalve met een lagere factor van 0,5 worden gerekend. Voor soilmix-blokken/wanden en in de grond gevormde diepwanden mag  $R_{inter}=1$  worden aangehouden. Bij diepwanden moet de wrijvingshoek langs de wand echter wel worden gemaximaliseerd op 20 graden, vanwege de beïnvloeding van de achterblijvende betonietcake.

De verdeelde veerstijfheid van het interface-element heeft geen directe fysische betekenis, maar is bedoeld om af te dwingen dat de knopen aan weerszijden van de interface vrijwel niet ten opzichte van elkaar kunnen bewegen, zolang de schuif- of treksterkte niet wordt overschreden. Voor het beoogde doel moet de verdeelde veerstijfheid daarom enerzijds altijd voldoende groter zijn dan de stijfheid van een moot naastliggende grond met beperkte dikte. Anderzijds kunnen te grote stijfheidsverschillen numerieke problemen geven.

PLAXIS bepaalt de verdeelde veerstijfheid van interface-elementen 'by default' daarom uit de stijfheid van de naastliggende grond, in combinatie met een virtuele dikte van het interface-element. Omdat die dikte wordt afgeleid uit de gemiddelde elementafmeting in het elementennet ( $l_e$ ) kan deze virtuele dikte best groot worden. De verdeelde veerstijfheid wordt dan relatief laag, waardoor er in de interface significante niet-fysische elastische verschilverplaatsingen kunnen ontstaan (zowel in normaal- als schuifrichting). Wanneer de  $R_{inter}$  ook nog eens kleiner dan 1 wordt gekozen, neemt dit ongewenste effect verder toe.

Het effect van deze verschilverplaatsing op de stabiliteit is vermoedelijk niet heel groot, tenzij de elastische verschilverplaatsing tot significante ontspanning van de naastliggende grond zou leiden. Maar in voorkomende gevallen kan er, zeker in combinatie met een  $R_{inter}$  kleiner dan 1, voor worden gekozen om de virtuele interface-dikte handmatig aan te passen. Daarmee kan men de interface-stijfheid weer minstens gelijk maken aan de waarde die zou zijn gevonden met  $R_{inter} = 1$ .

Conform het POV-M Kennisdocument Verticaal evenwicht bij verankerde stabiliteitsverhogende langsconstructies v.1.0 Definitief, maart 2020 kan het aanpassen van de virtuele interface-dikte een significante impact hebben op de berekende vervorming van de damwand maar heeft dit verder géén impact op de berekende krachten in de constructie en de berekende stabiliteitsfactor.

[Terug naar boven](#)

## Ankerkracht

De PPL stelt in Bijlage B.1 (berekening extra ankerkracht door zakkende grond) dat de waarde van de invloedsfactor altijd gelijk is aan 9 bij het bepalen van de belasting door zakkende grond op ankerstangen. Deel 2 van de CUR166 (paragraaf 4.9.13) stelt echter dat de factor bij horizontale ankerconstructies (kistdammen en ankerschotten) gelijk is aan 5.

De invloedsfactor  $\gamma_{grond}$  bepaalt de maximale belasting van de grond op het anker, gegeven een ongedraineerde schuifsterkte. Uit experimenteel onderzoek is gebleken dat een invloedsfactor  $\gamma_{grond}$  gelijk aan 9 zowel van toepassing is voor schuine als voor horizontale ankerconstructies. Zie het [POVM Kennisdocument - Zakkend Grond op Ankers](#).

Bij de berekening van de extra ankerkracht door zakkende grond moet volgens de CUR166 rekening worden gehouden met een stijfheid  $k'$  van de door de grond ondersteunde wand. De CUR166 geeft voor de  $k'$  een formule die is gebaseerd op een elastisch ondersteunde ligger. Deze formule is echter afgeleid voor een horizontale ankerligging en voldoende gronddekking op het anker. Daaraan wordt doorgaans niet voldaan. Mag deze  $k'$  daarom wellicht direct worden bepaald uit de eindige-elementenberekening, als de verhouding tussen de ankerkrachttoename in fase 3b en de daarbij optredende verkorting van het anker?

Zie het [POVM Kennisdocument - Zakkend Grond op Ankers](#), dat mede naar aanleiding van deze vraag is opgesteld. Daarin wordt beschreven hoe een bepaling van  $k'$  op basis van een eindige-elementenberekening kan worden uitgevoerd, rekening houdend met de ankerhoek.

Moet bij de berekening van de ankerkracht na ankeruitval wel of niet een schematiseringsfactor worden meegenomen? De PPL tekst geeft daarover tegenstrijdige informatie in tabel 4.2 (niet), voetnoot 9 op bladzijde 52 (niet) en in tabel 4.3 (wel).

In de PPL worden verschillende schematiseringsfactoren onderscheiden, waaronder een geotechnische schematiseringsfactor op de grondsterkte ( $\gamma_{GEO}$ ) en een voor het constructief ontwerp benodigde schematiseringsfactor op de ankerkracht ( $\gamma_{STR}$ ). De ankerkracht tbv ankeruitval moet conform § 11.9.5 worden bepaald in rekenstap 4b, dus zonder toepassing van de geotechnische schematiseringsfactor. In § 11.9.5 staat verder: *bij deze toets zijn de belastingeffect-factoren op de snedekrachten gelijk aan 1,0*. Dit correspondeert met voetnoot 9 en tabel 4.2, maar is inderdaad niet eenduidig met de tekst in tabel 4.3. De juiste tekst in tabel 4.2, voetnoot 9 en § 11.9.5 zou daarom moeten zijn dat alle belasting-effectfactoren gelijk aan 1 zijn, uitgezonderd de schematiseringsfactor op de ankerkracht ( $\gamma_{STR}$ ). De schematiseringsfactor op de ankerkracht moet dus wel worden toegepast.

In bijlage B.1.3. van de PPL wordt de modelfactor voor geval 1 in afwijking van CUR166 op  $\gamma=24$  gesteld in plaats van op  $\gamma=42$ . Voor geval 2 wordt niet beschreven en wordt verwezen naar de methode conform CUR166. Moet ik bij geval 2 nu de factor 42 aanhouden en op basis van deze factor de  $y_0$  bepalen t.b.v. daarop volgende bepaling van  $\gamma$ ? Of moet ik bij geval 2 de factor 24 aanhouden, zodat  $y_0$  overeenkomt met de  $y_0$  uit geval 1?

Zie het [POVM Kennisdocument - Zakkend Grond op Ankers](#), dat mede naar aanleiding van deze vraag is opgesteld. Vergeleken met de CUR166 geeft het document aanvulling, verduidelijking en context. Vergeleken met de PPL wordt een aangepast model voorgesteld, dat alleen voor schuine ankers in dijken is bedoeld.

Is het nodig is om binnen het ankerontwerp de extra ankerkracht door zakkende grond mee te nemen in de wegvallende ankerkracht door ankeruitval?

Ja, dat is nodig. Er bestaat geen theoretische onderbouwing om in de wegvallende ankerkracht de bijdrage door zakkende grond te mogen verwaarlozen.

De PPL schrijft in paragraaf 11.9.5 overigens voor dat de wegvallende kracht moet worden herverdeeld naar uitsluitend de twee naastliggende ankers, die elk 50 % van de wegvallende kracht opnemen. Dat is een gebruikelijke interpretatie van paragraaf 9.7 NEN-EN-1997, waarin staat dat moet worden gecontroleerd op de herverdelingscapaciteit bij het uitvallen van een enkel anker. Volgens de NEN-EN-1997 moet daarbij worden aangetoond dat de naburige ankers de ondersteuning kunnen overnemen. De PPL interpretatie houdt dus geen rekening met het mogelijk opnemen van een deel van wegvallende ankerkracht door aangepaste reactie vanuit de aan de gording verbonden (en door grond ondersteunde) damwand en door de aan de gording verbonden verdergelegen ankers.

In § 11.9.5 van de PPL staat dat de belasting op het uitgevallen anker gelijk moet worden verdeeld over de twee ankers aan weerszijden van het uitgevallen anker. Bij dicht op elkaar geplaatste ankers lijkt dit een conservatief uitgangspunt. Is afwijking hiervan mogelijk?

In deze paragraaf staat nu, dat de belasting op het uitgevallen anker gelijk moet worden verdeeld over de twee ankers aan weerszijden van het uitgevallen anker. De invulling van de herverdeling bij ankeruitval zoals aangegeven in § 11.9.5 van de PPL is een in de praktijk gebruikelijke interpretatie van paragraaf 9.7 in NEN-EN-9997, waarin staat dat moet worden gecontroleerd op de herverdelingscapaciteit bij het uitvallen van een enkel anker zodat niet de gehele damwandconstructie progressief gaat bezwijken. Volgens de NEN-EN-9997 moet daarbij worden aangetoond dat de naburige ankers de ondersteuning kunnen overnemen. De PPL interpretatie houdt dus geen rekening met het mogelijk opnemen van een deel van de wegvallende ankerkracht door aangepaste reactie vanuit de aan de gording verbonden (en door grond ondersteunde) damwand en door de aan de gording verbonden verder gelegen ankers.

De interpretatie van de NEN-EN-1997 in de PPL moet worden gezien als een advies om aan de vereiste waterveiligheid te kunnen voldoen. Afwijkingen van het gestelde in de PPL in § 11.9.5 met betrekking tot ankeruitval zijn in principe toelaatbaar, mits er wordt aangetoond dat er op eenduidige wijze kan worden onderbouwd dat een andere aanpak géén nadelige invloed zal hebben op de vereiste waterveiligheid. Bij dicht op elkaar geplaatste ankers zou dit eventueel kunnen geschieden door een herverdeling voor het opnemen van de wegvallende ankerkracht via een aangepaste reactie vanuit de aan de gording verbonden (en door grond ondersteunde) damwand en door de aan de gording verbonden verder gelegen ankers.

Uit ervaringen blijkt inderdaad dat er met eindige elementen methoden enige zwel wordt berekend bij hoogwater. Is het toelaatbaar om het ankerontwerp te optimaliseren door rekening te houden met een ontlasting door het zwellen van de dijk bij hoog water?

Uit ervaringen blijkt dat er met eindige elementen methoden enige zwel wordt berekend bij hoogwater. Dit wordt enerzijds veroorzaakt door indringing van buitenwater, waardoor de korrelspanning afneemt, anderzijds door het numeriek uitschakelen van de grond van het restprofiel bij numerieke instabiliteit (numeriek gezien ook een afname van de korrelspanning). Omdat bij de meeste constitutieve modellen maar één ontlast – herbelast stijfheid wordt ingevoerd en daarnaast de hysteresis niet wordt gemodelleerd, zal deze zwelling van de grond in de EEM-analyse waarschijnlijk worden overschat. Bovendien zal in de meeste gevallen de zakking, veroorzaakt door autonome bodemdaling, veel groter zijn dan de (berekende) zwel tijdens extreme omstandigheden.

De huidige stand van techniek / kennis is nog niet zover dat het toelaatbaar wordt geacht om een ontlasting van de ankers door het zwellen van de dijk in een ontwerp mee te nemen. Er heerst nog te veel onzekerheid m.b.t. of de dwarskrachten op de ankers op de juiste manier worden geschematiseerd en berekend, laat staan de onzekerheid in het effect van een wisseling tussen het zakken en zwellen van de grond op de ankers. Een dergelijke spoor vereist daardoor nader onderzoek.

[Terug naar boven](#)

## Gordingen

Is het nodig is om binnen het gordingontwerp in de wegvallende ankerkracht door ankeruitval de extra ankerkracht door zakkende grond mee te nemen?

Ja, dat is nodig. Zie ook [de vraag over wegvallende ankerkracht](#), hierboven. De PPL beschrijft verder overigens niet hoe het effect van een wegvallende ankerkracht op de gording precies moet worden berekend, en hoe de interactie tussen ankers, gording, damwand en grond daarbij in rekening moet worden gebracht.

Moeten gordingen van doorlopende damwanden ook d.m.v. boutverbindingen worden vastgemaakt?

Een boutverbinding is alleen vereist bij discontinue wanden (zie ook hierna, onder '[Discontinue damwanden](#)'). Bij een doorlopende wand is een lasverbinding wel toegestaan.

In de OSPW waren gordingen voor onverankerde wanden nog niet verplicht. Hoe moet ik in de beoordeling omgaan met volgens de OSPW ontworpen onverankerde wanden met ontbrekende gording?

QA3 Naar aanleiding van het rapport [\[Onderzoek gordingen bij onverankerde damwanden\]](#) is het niet nodig een gording toe te passen bij onverankerde damwanden. Voor meer informatie wordt verwezen naar de leeswijzer van het rapport [\[hyperlink\]](#).

Voor het volgens de PPL beoordelen van bestaande wanden staan in H20 van de PPL een aantal kennisleemtes benoemd. In H20 staat verder: *Voer de onderwerpen waar de huidige PPL versie nog onvoldoende handvatten geeft moeten de opdrachtgever en/of de opdrachtnemer binnen elk dijkversterkingsproject intussen zelf nadere keuzes maken. Een goed vastgelegde en gevalideerde onderbouwing is daarbij vereist, waar mogelijk ondersteund door specifieke kwaliteitscontroles tijdens en na uitvoering. Aan de opdrachtgever wordt aanbevolen om de benodigde onderbouwing en de uit te voeren kwaliteitscontroles te laten opstellen of valideren door deskundige partijen, die daartoe door de opdrachtgever zelf moeten worden aangewezen (zie ook bijlage D).* Het is dus vooralsnog aan opdrachtnemer en opdrachtgever zelf om hierin keuzes te maken en om deze keuzes voldoende te onderbouwen en te laten controleren.

[Terug naar boven](#)

## Wand-plasticiteit

Waarom mag bij de beoordeling van toelaatbaar moment geen gebruik worden gemaakt van de plastische capaciteit van de doorsnede?

### VOORLOPIG

De PPL sluit in dit opzicht aan op wat eerder in de OSPW werd voorgeschreven. Onder welke voorwaarden de plastische capaciteit van de doorsnede eventueel zou mogen worden benut staat benoemd als kennisleemte in H 20 van de PPL.

Heeft het in de PPL voorgeschreven lineair-elastische materiaalgedrag van een damwand geen ongewenst gunstige invloed op de berekende stabiliteit?

De keuze voor lineair-elastisch materiaalgedrag in alle rekenfasen is gemaakt omwille van eenvoud en eenduidigheid. Deze vereenvoudiging heeft naar verwachting een verwaarloosbare invloed op de nauwkeurigheid van de geotechnische stabiliteitsbeoordeling. De stapsgewijze uitleg daarvoor volgt hierna.

- De PPL schrijft voor dat tijdens de constructieve toets geen damwandplasticiteit mag optreden. Tot en met deze toets levert het verwaarlozen van plastisch gedrag dus geen tekortkomingen op.
- Tijdens een eventuele laatste rekenstap moet worden gecontroleerd of de stabiliteitsfactor voor het 'basisscenario' groter of gelijk is aan een geotechnische schematiseringsfactor. Bij een uitgekiend ontwerp heeft de schematiseringsfactor van het 'basisscenario' een waarde tussen de 1,0 en 1,1. In het geval van een schematiseringsfactor gelijk aan 1 vervalt de laatste stap. De eventuele invloed van het verwaarlozen van damwandplasticiteit beperkt zich dus tot de laatste rekenstap, die alleen nodig is wanneer de geotechnische schematiseringsfactor groter is dan 1.
- Plasticiteit zal bij het gekozen profiel in de laatste rekenstap pas optreden zodra het effect van de geotechnische schematiseringsfactor op het buigende moment, via de grondsterktereductie, groter wordt dan het effect dat de constructieve schematiseringsfactor en verdere belastingeffectfactor eerder al rechtstreeks heeft gehad op het buigende moment. Verwacht wordt dat deze effecten in de praktijk dicht bij elkaar liggen, zodat de invloed van niet-lineair gedrag binnen de laatste rekenstap in praktijk verwaarloosbaar is.

[Terug naar boven](#)

## Corrosie

Volgens de PPL zijn klasse 4 profielen niet toegestaan omdat elastisch moet worden getoetst. Vanwege de verschillende corrosietoeslag kunnen bepaalde profielen boven de grondwaterstand echter in klasse 4 vallen en daaronder in klasse 3. Mag dit profiel worden toegepast wanneer het maximale moment onder de grondwaterstand optreedt?

Het lijkt aanvaardbaar om klasse 4 boven de grondwaterstand toe te staan wanneer de momenten in die zone ruimschoots niet maatgevend zijn. Er moet echter nog wel worden vastgesteld wat daarbij de definitie is van 'ruimschoots' en of het klasse 4 profiel eventueel mag worden getoetst als een klasse 3 profiel met een equivalente lagere vloeigrens (kennisleemte).

Waarom wordt in PPL § 5.9 voor ankerstangen een hogere corrosietoeslag voorgeschreven dan in het erratum op 'Handboek Kademuren' uit 2018? En waarom is de toeslag voor ankerstangen ook hoger dan voor damwanden?

In PPL § 5.9 staat: "Vanuit de NEN wordt een nieuwe Nederlandse Praktijkrichtlijn voor corrosie van ankersystemen verwacht, die anno 2020 echter nog niet beschikbaar was. De groene versie van deze praktijkrichtlijn is inmiddels beschikbaar. Dit betreft de nieuwe norm "NEN 6766 Corrosie stalen elementen in de ondergrond - Eisen voor ontwerp en toepassing". Deze praktijkrichtlijn is van toepassing voor alle stalen onderdelen in het ontwerp. Deze praktijkrichtlijn is derhalve leidend voor het ontwerpen of beoordelen van stalen onderdelen bij stabiliteitsverhogende langsconstructies.

De corrosiemaat voor ankerstangen is ook in de nieuwe praktijkrichtlijn hoger dan voor stalen damwanden. De reden waarom de corrosiemaat voor ankerstangen hoger is dan voor damwanden staat in PPL § 5.9 als volgt omschreven: "Bij ankers kan naast algemene corrosie namelijk ook sprake zijn van putcorrosie, spanningscorrosie en andere vormen van corrosie. In tegenstelling tot bij damwanden bestaat er bij gecorrodeerde ankers geen mogelijkheid tot herverdeling van spanningen om zwakke plekken heen". Bij ankers vindt de corrosie tevens rondom het anker plaats in tegenstelling tot de damwand, waar sprake is van een wanddiktevermindering.

Is de nieuwe Nederlandse Praktijkrichtlijn voor corrosie van stalen elementen in de ondergrond al beschikbaar?

De groene versie van deze praktijkrichtlijn is inmiddels beschikbaar. Dit betreft de nieuwe norm "NEN 6766 Corrosie stalen elementen in de ondergrond - Eisen voor ontwerp en toepassing". Deze praktijkrichtlijn is van toepassing voor alle stalen onderdelen in het ontwerp. Deze praktijkrichtlijn is derhalve leidend voor het ontwerpen of beoordelen van stalen onderdelen bij stabiliteitsverhogende langsconstructies.

[Terug naar boven](#)

## Discontinue damwanden

### Is het noodzakelijk om dubbele planken van discontinue wanden door ponsen schuifvast te verbinden?

Ja, de PPL vereist bij openingen in de damwanden inderdaad dat er minimaal twee dubbele profielen in het slot worden geplaatst, die in de fabriek zijn geponst. De reden daarvoor is dat de volgens de PPL toe te passen factor 0,9 op het weerstandsmoment is gebaseerd op de aanname van schuif- en buigvastheid. Wanneer niet wordt geponst zou een lagere factor gehanteerd moeten worden, omdat het profiel in het discontinue wanddeel dan minder vormvast is en dus makkelijker kan afplatten. Welke factor dan gehanteerd moet worden is zonder nader onderzoek echter niet bekend. Wanneer geen geschikt materieel aanwezig is voor het drukken van dubbele planken en wanneer drukken toch wenselijk of nodig wordt geacht kan daarvoor dus niet op de PPL worden teruggegrepen.

Ponsen van dubbele planken is overigens niet vereist bij een doorlopende wand (zonder openingen).

### Zijn de toets op snijden, correctiefactor ( $f_{open}$ ) = 0,9 en de gestelde eis aan openingen van maximaal 1,0m ook van toepassing op aan de onderzijde (in het zand) gestaffelde damwanden? De kortste planken zijn al 4 meter in het zand ingebed.

VOORLOPIG. De PPL behandelt niet het staffelen van de onderzijde van de damwanden.

- Wanneer het doorgaande deel van de wand al 4 meter in het zand is ingebed, dan lijkt het acceptabel om daaronder (in het gestaffelde deel) openingen toe te staan tot de breedte van maximaal één dubbel damwandprofiel (orde 1,4 m), gelet op de boogwerking die in het zand onder extreme omstandigheden aanwezig zal zijn. De equivalente (buig)stijfheid per strekkende meter van het gestaffelde deel moet dan worden aangepast met de openingsfactor  $f_{open}$ , zie ook PPL § 5.8.1. De controle op krachten en momenten van het gestaffelde deel moet dan uiteraard ook weer plaatsvinden met deze openingsfactor, conform PPL § 4.8. In de doorgaande wand boven het gestaffelde deel is de openingsfactor  $f_{open}$  gelijk aan 1.
- De toets op snijden voor het gestaffelde deel moet worden uitgevoerd conform bijlage B.2 van de PPL, waarbij de betreffende gronddrukken binnen fase 6b op de juiste diepte moeten worden afgelezen.
- Wanneer het doorgaande deel van de wand al 4 meter in het zand is ingebed, dan lijkt het ten slotte niet nodig om de correctiefactor op het weerstandsmoment ( $f_{open} = 0,9$ ) toe te passen bij het toetsen van de snedekrachten in het gestaffelde gedeelte van de wand. Deze factor kan daarom gelijk aan 1,0 worden gekozen.

### Moeten gordingen van discontinue damwanden d.m.v. boutverbindingen worden vastgemaakt?

Ja, volgens de PPL moeten de gordingen bij een discontinue wand door middel van boutverbindingen bevestigd worden. Een lasverbinding is bij een discontinue wand niet toegestaan, omdat de planken van discontinue wanden daarvoor in de praktijk niet altijd voldoende op één rechte lijn liggen.

### Kunnen de aanbevelingen uit het rapport 'Onderzoek snijden van grond (2022)' al in projecten worden toegepast?

Naar aanleiding van het rapport zijn de volgende wijzigingen ten opzichte van de PPL voor damwandconstructies van toepassing:

- De maximale openingsbreedte bij discontinue damwandschermen kan vergroot worden tot de breedte van 1 dubbele plank, mits wordt voldaan aan de eisen ten aanzien van het snijden van grond;
- De toets op het snijden van grond blijft vooralsnog ongewijzigd ten opzichte van de methode uit de PPL. Toelichting: Op dit moment loopt een onderzoek naar de relevantie van scheurvorming achter de constructieve elementen. Het aanvullend meenemen van het effect van overlappende grondwiggen wordt vooralsnog als het stapelen van veiligheidsgevoelens gezien, terwijl het niet meenemen van het effect van scheurvorming op dit moment ook nog niet te onderbouwen is. Als de resultaten van het onderzoek naar scheurvorming beschikbaar zijn, wordt het toepassen van de voorgestelde methode uit 'Onderzoek snijden van grond (2022)' heroverwogen;
- Omdat de krachtswerking van de randplanken niet goed bekend is, blijft de huidige aanbeveling uit de PPL om minimaal uit te gaan van 2 dubbele planken van toepassing.

[Terug naar boven](#)

## Constructies op palen

## Hoe moet ik een betonnen L-wand op palen beoordelen?

De PPL en PPE beperken zich tot beoordeling van macrostabiliteit onder invloed van in de grond ingebedde langconstructies en zijn dus niet direct toepasbaar voor de beoordeling van L-wanden. Dit staat ook benoemd als kennisleemte in H20 van de PPL. In H20 staat verder: *Voor de onderwerpen waar de huidige PPL versie nog onvoldoende handvatten geeft moeten de opdrachtgever en/of de opdrachtnemer binnen elk dijkversterkingsproject intussen zelf nadere keuzes maken. Een goed vastgelegde en gevalideerde onderbouwing is daarbij vereist, waar mogelijk ondersteund door specifieke kwaliteitscontroles tijdens en na uitvoering. Aan de opdrachtgever wordt aanbevolen om de benodigde onderbouwing en de uit te voeren kwaliteitscontroles te laten opstellen of valideren door deskundige partijen, die daartoe door de opdrachtgever zelf moeten worden aangewezen (zie ook bijlage D).* Het is dus vooralsnog aan opdrachtnemer en opdrachtgever zelf om hierin keuzes te maken en om deze keuzes voldoende te onderbouwen en te laten controleren.

De vraag naar handvatten voor het ontwerpen/beoordelen van constructies op palen komt vanuit verschillende praktijkprojecten. Anno 2020 zijn hiervoor binnen deze praktijkprojecten echter al wel 'best practices' ontwikkeld, ook voor de combinatie van Eurocode en de Waterwet. Het in dit gebruikersplatform projectoverstijgend delen van deze 'best practices' wordt daarom aangemoedigd.

[Terug naar boven](#)

## BGT

Conform NEN9997-1/EC7 dient een drempelwaarde gehanteerd te worden tussen BGT en UGT snedekrachten/ankerkrachten. Bij RC1/2 bedraagt deze drempelwaarde  $1,2 \cdot BGT$  en bij RC3  $1,35 \cdot BGT$  krachten. Indien deze drempelwaarde tijdens het toetsen van snedekrachten na het toepassen van de schematiseringsfactor niet wordt gehaald, dient dan de drempelwaarde van  $1,2/1,35 \cdot BGT$  gehanteerd te worden? In de PPE/PPL is hier geen duidelijk antwoord op terug te vinden.

De PPL beschrijft alleen een controle op basis van de Waterwet en niet op basis van het Bouwbesluit. Volgens de Waterwet is alleen een UGT controle vereist. De term BGT komt daarom in de PPL niet voor en de genoemde drempelwaarde tussen de BGT en UGT snedekrachten is daarom ook niet van toepassing.

De in de PPL voorgeschreven vervormingscontrole moet binnen dit kader ook niet als BGT controle worden gezien: het is uitsluitend een UGT controle op door vervorming geïnitieerd falen, door andere mechanismen dan macro-stabiliteit.

[Terug naar boven](#)

## Verticaal evenwicht

Paragraaf 4.8.2 van de PPL (versie maart 2020) gaat over het verticaal evenwicht van verankerde langsconstructies. In deze paragraaf wordt aangegeven dat in alle gevallen controlesonderingen na inbrengen zijn toegestaan om hogere waarden voor de sondeerweerstand te rechtvaardigen, mits op minstens 3 locaties en op minstens 3 afstanden vanaf 0,5 m vanaf de wand tot op 1,5 m vanaf de wand. Daarbij is de laagste waarde maatgevend. Bij toepassing van controlesonderingen moet het risico worden ingecalculeerd dat de werkelijke sondeerweerstand lager uitvalt dan de vooraf aangenomen waarde. Daarom wordt aanbevolen om op minstens 3 locaties vooraf de mate van reductie te controleren bij een aantal proefplanken (tenminste 2 dubbele planken). De vraag is hoe de laagste waarde moet worden vastgesteld wanneer op bijvoorbeeld 3 locaties langs de wand metingen worden uitgevoerd en men bij iedere locatie 3 metingen verkrijgt.

Voor het verticaal evenwicht zijn de controlesonderingen dicht bij de damwandconstructie de belangrijkste. De controlesonderingen verder weg van de damwand zijn relevant voor het beoordelen van de stijfheid.

De PPL geeft niet aan wat de onderlinge afstanden zijn van de 3 locaties waar de controlesonderingen worden uitgevoerd. Dit kan wel belangrijk zijn in een project, afhankelijk van de omvang van een project en de lengte van de langsconstructies. Bij een groter project kunnen er aanzienlijke verschillen tussen sonderingen zijn door verschillende geologische afzettingen. Maar ook lokaal bij sonderingen op enkele meters afstand kunnen er al substantiële lokale verschillen in de sondeerweerstand zijn. Het aantal proeflocaties (minimaal 3) en de afstanden tussen de proeflocaties moeten daarom worden afgestemd op de geologische variaties binnen het projectgebied.

Vanwege de lokale verschillen tussen sondeerweerstand kan het zinvol zijn om sonderingen in setjes van twee uit te voeren op één of enkele meters tussenafstand en op dezelfde afstand tot de damwand. Hiermee kan worden voorkomen dat de reductiefactor te veel wordt bepaald door de toevalligheid van een enkele sondering.

De controlesonderingen die betrekking hebben op verschillende geologische afzettingen worden in principe niet uitgemiddeld, maar worden toegepast voor het deel van het project waarvoor ze representatief zijn.

De reductiefactor kan voor controlesonderingen binnen dezelfde geologische afzetting en in een situatie met continue wanden worden bepaald op basis van het gemiddelde van de controlesonderingen die dicht langs de damwand zijn uitgevoerd. Voor discontinue wanden wordt aangeraden de reductiefactor te bepalen op basis van de laagste waarde van de dichtstbijzijnde controlesonderingen. Achterliggende gedachte hierbij is dat damwandplanken van continue wanden via de sloten dusdanig met elkaar samenwerken dat damwandplanken niet zullen zakken bij een lokale zwakkere zone. Voor discontinue wanden geldt dit niet. Merk hierbij op dat de partiele veiligheidsfactoren volgens NEN EN 9997 de onzekerheid van de natuurlijke variabiliteit van de sondeerweerstand al in rekening brengen. Dit effect hoeft dus niet in de reductiefactor te worden meegenomen.

De controlesonderingen die verder weg van de langsconstructie zijn uitgevoerd, kunnen indirect wel gebruikt worden bij het vaststellen van de reductiefactoren. Wanneer de afname van de sondeerweerstand in controlesonderingen, die verder van de damwandconstructie af zijn uitgevoerd, groter is dan de afname in de controlesonderingen, die het dichtst bij de langsconstructie zijn uitgevoerd, zou dit aanleiding moeten zijn om de gevolgde uitvoeringswijze of de analyse van de sonderingen nog eens grondig te heroverwegen.

[Terug naar boven](#)

**Zijn de in PPL paragraaf 4.8.2 opgenomen factoren voor reductie van de conusweerstand bij andere inbrengmethoden dan heien niet te conservatief?**

Gegeven het beperkte aantal bekende resultaten van controlesonderingen (bepaling van conusweerstand naast de damwand na het inbrengen) kan niet worden vastgesteld dat de in de PPL opgenomen standaardwaarden in het algemeen te conservatief zijn. Zoals in de PPL aangegeven, is het echter wel mogelijk om de conusweerstand in praktijk minder sterk te reduceren, indien binnen het project uit te voeren controlesonderingen dit rechtvaardigen. In § 4.8.2 staat daaromtrent de volgende tekst: *"In alle gevallen zijn controlesonderingen na inbrengen toegestaan om hogere waarden voor de sondeerweerstand te rechtvaardigen, mits op minstens 3 locaties en op minstens 3 afstanden vanaf 0,5 m vanaf de wand tot op 1,5 m vanaf de wand. Daarbij is de laagste waarde maatgevend. Bij toepassing van controlesonderingen moet het risico worden ingecalculeerd dat de werkelijke sondeerweerstand lager uitvalt dan de vooraf aangenomen waarde. Daarom wordt aanbevolen om op minstens 3 locaties vooraf de mate van reductie te controleren bij een aantal proefplanken (tenminste 2 dubbele planken)."*

Het opbouwen van bredere kennis over de conusweerstand die in praktijk resteert na het met verschillende methoden inbrengen van de damwand is overigens wel gewenst. Evenals het opbouwen van meer kennis over de vraag in hoeverre deze conusweerstand (die vooral wordt bepaald door de horizontale spanning onder dagelijkse omstandigheden) bepalend is voor de schachtwrijving in het zand onder extreme hoogwateromstandigheden. Dit zijn kennisleemtes.

Zie verder ook het [POVM Kennisdocument - Verticaal evenwicht bij verankerde stabiliteitsverhogende langsconstructies](#), waarin een aantal mogelijkheden voor het controleren op verticaal evenwicht nader op hun merites zijn beschouwd.

[Terug naar boven](#)

Volgens de PPL paragraaf 4.8.2 wordt het verticaal draagvermogen bepaald op basis van de sondeerweerstand. De gemeten conusweerstand worden gereduceerd met een factor  $q_c$  omdat tijdens extreme omstandigheden (hoogwater) de korrelspanningen in de ondergrond lager zijn dan tijdens het sonderen. De vraag heeft betrekking op de situatie dat de sonderingen niet zijn uitgevoerd ter plaatse van de damwand, bijvoorbeeld omdat de damwand in het talud staat en de sonderingen op de kruin of in het achterland zijn uitgevoerd. De korrelspanning ter plaatse van de sondering is dan anders dan ter plaatse van de damwand. De vraag is of en hoe moet worden gecorrigeerd voor de afwijkende spanningssituatie ter plaatse van de sondering ten opzichte van de locatie van de damwand, omdat de PPL hier geen uitsluitel over geeft.

Het wordt aanbevolen om de sonderingen zo dicht mogelijk bij de locatie van de langsconstructie uit te voeren. Indien dit niet goed mogelijk is en de spanningssituatie ter plaatse van de damwand significant afwijkt ten opzichte van de sondering, wordt op basis van de PPL en de Nederlandse Norm NEN 9997-1+C2:2017 de volgende werkwijze aanbevolen:

De sonderingen zijn niet gemaakt op de locatie van de langsconstructie. De adviseur moet dan uit de interpretatie van het grondonderzoek een vertaling maken voor de grondgesteldheid en conusweerstand ter plaatse van de langsconstructie. Een andere korrelspanning leidt tot een andere conusweerstand. Om deze reden wordt geadviseerd om in de correctiefactor voor de conusweerstand zowel het effect van de hoogwaterbelasting, als het effect van de afwijkende spanningssituatie ten gevolge van het verschil in locatie van de langsconstructie ten opzichte van de sondering te verdisconteren. In de formule in de PPL betekent dit dat  $\sigma_d$  de effectieve spanning onder extreme omstandigheden *ter plaatse van de langsconstructie* betreft. Als de korrelspanning ter plaatse van de langsconstructie lager is dan ter plaatse van de sondering wordt de conusweerstand dus 'extra' gereduceerd en als de korrelspanning ter plaatse van de langsconstructie hoger is dan ter plaatse van de sondering wordt dus 'minder' gereduceerd ten opzichte van de situatie waarbij alleen voor het effect van hoogwater zou worden gecorrigeerd. Voor het berekenen van de reductiefactor ten behoeve van het bepalen van het verticaal draagvermogen kan de wortelformule uit par. 4.8.2 van de PPL worden gebruikt. Geadviseerd wordt om geen reductiefactor hoger dan 1,0 toe te passen.

## Buitenwaartse stabiliteit

Welke maximaal toelaatbare faalkans geldt voor de buitenwaartse stabiliteit bij het toepassen van een stabiliteitsverhogende langsconstructie? En hoe zit het dan met het eventueel beschadigen van de ankerconstructies?

Conform de PPL kan voor de controle op buitenwaartse stabiliteit dezelfde faalkanseis worden gebruikt als voor een dijk zonder langsconstructie, zolang de langsconstructie alleen bedoeld is voor verhoging van de binnenwaartse macro-stabiliteit en zolang de langsconstructie ligt tussen de binnenkruin en de binnentee van de dijk. In het geval van een verankerde wand wordt aanbevolen om tijdens de controle ook na te gaan of de ankerconstructie niet kan beschadigen bij de gevonden maatgevende ligging van het buitenwaartse glijvlak.

[Terug naar boven](#)

## Herverdelen faalkansruimte onverankerde langsconstructies

In de PPL 2020 is in par. 4.8.1 het vermeld dat de maximaal toelaatbare faalkans 33% per hoofdoorzaak is. De hoofdoorzaken betreffen geotechnisch falen (GEO), constructief falen (STR) en falen grond-constructie-interactie (SSI). Bij onverankerde langsconstructies wordt in par. 4.8.1 van de PPL vermeld: "De maximaal toelaatbare faalkans van 33% voor GEO en STR wordt omwille van de gewenste duidelijkheid en eenvoud ook toegepast bij onverankerde constructietypen. Dit ondanks het feit dat in dat geval geen rekening hoeft te worden gehouden met falen door het uittrekken van de verankering (SSI). Deze vereenvoudiging is mede aanvaardbaar omdat het effect van een keuze van 50% of 33% op de partiële schadefactor gering is, zie paragraaf 4.8.1." De vraag is of het is toegestaan om bij onverankerde damwanden de faalkansruimte van de verankering te herverdelen over de andere twee faalkansoorzaken.

Samenvattend: Het is voor ontwerpen van langsconstructies niet toegestaan om de faalkansverdeling voor GEO en STR anders te kiezen dan 33%.

Nadere duiding: Bij het opstellen van de PPL en PPE was het een wens om het ontwerp te versimpelen door o.a. de veelheid aan partiële factoren te reduceren t.o.v. de OSPW en de afleiding minder complex te maken. Deze versimpeling heeft nagenoeg geen impact op het ontwerp. Hierdoor wordt het ontwerp niet nodeloos ingewikkeld en blijft de aanpak uniform. Ook in de Eurocode wordt geen onderscheid gemaakt in de partiële factoren voor verankerde en onverankerde constructies. Daar worden partiële factoren zelfs afgerond op 5 (of bij uitzondering op 2,5) honderdste. Bij waterkeringen rekenen we met schadefactoren die we op 1 honderdste nauwkeurig bepalen.

Een 2e argument om nu geen andere faalkansverdeling toe te passen in ontwerpen, is dat er nog onvoldoende onderzoek beschikbaar is, die daadwerkelijke faalkansen van langsconstructies hebben bepaald. Hierdoor is er een kennisleemte op het gebied van de werkelijke faalkansen en invloedsfactoren van langsconstructies in de dijk.

In het kader van scherp toetsen en robuust ontwerpen is het echter wel denkbaar, dat voor bestaande langsconstructies onderzocht wordt of een herverdeling van de faalkansruimte een optimalisatie in oordeel oplevert.

[Terug naar begin Vragen & Antwoorden](#)

## Kennisleemtes m.b.t. PPL (POVM Publicatie Langsconstructies), hoofdstuk 20



Hierna volgt een ruw overzicht van bekende kennisleemtes, waarvoor in de desbetreffende POVM publicatie nog handvatten ontbreken, waar de gegeven aanwijzingen nog onvoldoende onderbouwd en/of waar de aanwijzingen nog onvoldoende geoptimaliseerd zijn. Indien de opdrachtgever en/of de opdrachtnemer binnen een dijkversterkingsproject met deze kennisleemtes te maken krijgen zullen zij zelf nadere keuzes moeten maken. Een goed vastgelegde en gevalideerde onderbouwing is daarbij vereist, waar mogelijk ondersteund door specifieke kwaliteitscontroles tijdens en na uitvoering. Aan de opdrachtgever wordt aanbevolen om de benodigde onderbouwing en de uit te voeren kwaliteitscontroles te laten opstellen of valideren door deskundige partijen, die daartoe door de opdrachtgever zelf moeten worden aangewezen. Het is dus vooralsnog aan opdrachtnemer en opdrachtgever zelf om hierin keuzes te maken en om deze keuzes voldoende te onderbouwen en te laten controleren.

Binnen de kaders van het HWBP, streeft het DIV team intussen na om op dit gebruikersplatform stapsgewijs meer handvatten te gaan bieden voor de kennisleemtes waarover veel vragen worden gesteld. Middelen daarvoor zijn het delen van 'best practices', het opstellen van actuele kennisdocumenten en het uitvoeren van verder onderzoek. Het DIV team moedigt daarom aan om uw eigen onderbouwde 'best practices' waar mogelijk in te brengen, zodat anderen daarop kunnen doorbouwen. Inbrengen kan schriftelijk ([div@wsrl.nl](mailto:div@wsrl.nl)) en via de gebruikersbijeenkomsten/K&I-café's.

In hoofdstuk 20 van de PPL is het hieronder vrijwel letterlijk geciteerde overzicht opgenomen. Dat overzicht is dus gebaseerd op de inzichten en ervaringen per eind 2019. Op onderwerpen waar inmiddels nieuwe kennisdocumenten beschikbaar zijn vanuit POVM of andere bron, is dat in schuinschrift aangegeven. Zie verder ook de hierna volgende [aanvullingen](#), op basis van de ervaringen vanaf begin 2020.

- Voor toepassing van de PPL op bestaande constructies is nog niet alle benodigde kennis beschikbaar:
  - Er ontbreken eenvoudige richtlijnen om te kunnen vaststellen wanneer bestaande constructies in primaire waterkeringen een stabiliteitverhogende functie hebben die noodzakelijk is voor de overeenkomstig de Waterwet vereiste veiligheid. Alleen bij deze noodzakelijkheid is vervolgens een verdere beoordeling volgens de PPL nodig.
  - Voor bestaande constructies waarvan een noodzakelijke bijdrage aan de waterkerende functie is vastgesteld, ontbreken in de PPL handvatten voor de gevallen waarin de bestaande constructie op voorhand al niet voldoet aan de eisen die de PPL stelt aan de toe te passen configuratie, bijvoorbeeld de eis voor een doorlopende gording.
  - Wanneer een beoordeling van bestaande constructies volgens de PPL niet voldoet aan de eis voor waterveiligheid, ontbreekt nog het benodigde inzicht in mogelijkheden voor opwaardering of (tijdelijke) beheersmaatregelen zoals lifecyclemonitoring, met behoud van de bestaande constructie.
- De PPL geeft nog geen aanwijzingen voor het op waterveiligheid ontwerpen van stabiliteitverhogende grondkerende gewichtsconstructies en van stabiliteitverhogende constructies op paalfunderingen.
- De PPL geeft nog geen aanwijzingen voor het op waterveiligheid ontwerpen van hybride combinaties van twee of meer typen stabiliteitverhogende constructies.
- De in de PPL en PPE beschreven analysemethoden gaan uit van een dwarsdoorsnede die in dijkas-richting niet varieert. Daarmee kan dus niet worden bepaald wat de invloed is van bekende variaties in dijkasrichting op de stabiliteit, vervorming en krachtwerving. Denk daarbij aan de overgang op de grondlijn aan de start en het einde van de langsconstructie, en aan de invloed van op- en afritten. Ook het gevolg van de openingen in discontinue constructies op spanningen in dijkasrichting wordt niet meegenomen. Het rekening houden met deze variaties wordt vooral belangrijk wanneer meer vervorming wordt toegestaan dan volgens de basiseis. De in Bijlage C van de PPL gegeven aanwijzingen voor overgangsconstructies zijn dan ook niet meer van toepassing.
- In § 5.8.2 van de PPL wordt aangegeven dat bij discontinue damwanden minimaal twee dubbele profielen moeten worden toegepast, die in de fabriek moeten zijn geponst. Vanwege het effect van de discontinuïteit op de vormvastheid geldt daarbij een reductiefactor op het weerstandsmoment van 0,9. Indien bij drukkend inbrengen echter wordt overwogen om de eis van ponsen vanwege materieelbeperkingen toch te laten vervallen, neemt de vormvastheid verder af, waarbij nog onbekend is welke extra reductie op het weerstandsmoment dan in rekening zou moeten worden gebracht.
- De in PPL en PPE gegeven aanwijzingen voor het schematiseren van een restprofiel na optreden van niet-kritische instabiliteit zijn nog onvoldoende onderbouwd. Bovendien ontbreekt een methodiek om (een bovengrens voor) de kans van optreden van de niet-kritische instabiliteit te bepalen, en om daarmee eventueel ook rekening te houden bij het bepalen van de toelaatbare faalkans na optreden van het restprofiel. *Zie ook het op dit onderwerp inmiddels beschikbare kennisdocument: [POVM Kennisdocument - Modelleren Restprofiel.pdf](#).*
- De PPL adviseert een beperking van het maximaal toelaatbaar overslagdebiet bij schematisering van een restprofiel (§ 4.8.7). In praktijk bestaat er een behoefte om bij het optreden van een restprofiel meer overslagdebiet toe te laten. Welke schematisering en controles dan moeten worden toegepast is echter nog niet onderzocht. *Zie ook het op dit onderwerp inmiddels beschikbare kennisdocument: [POVM Kennisdocument - Restprofiel bij grote overslag.pdf](#).*
- Voor wat betreft op buiging belaste stalen constructiedelen is het nog niet duidelijk onder welke voorwaarden in de toekomst wellicht toch gebruik mag worden gemaakt van de plastische capaciteit.
- Voor het ontwerpen en uitvoeren van soilmix-blokken ontbreekt nog noodzakelijke kennis over de volgende aspecten.
  - Het bepalen van de parameters van het soilmix-materiaal die nodig zijn binnen een eindige-elementenberekening bij toepassing van het Concrete-materiaalmodel in PLAXIS. Bij toepassing van dit constructietype zullen daarom op projectbasis keuzes moeten gemaakt die voldoende conservatief zijn, op basis van materiaalonderzoek en gevoeligheidsanalyses.

- Het is nog onvoldoende duidelijk wat er in werkelijkheid gebeurt als er scheuren in een soilmix-blok ontstaan en hoe dit werkelijke gedrag zich verhoudt tot wat binnen de eindige-elementenberekening wordt voorspeld bij toepassing van het *Concrete-materiaalmodel* in PLAXIS. Deze vraag wordt extra relevant bij toepassing van verticale kolommen, omdat daarin eerder trek zal ontstaan.
  - Er is nog onvoldoende bekend over de invloed van de wachttijd tussen de realisatie van elk van de overlappende kolommen. Het is niet bekend of de kwaliteit van het al gemixte materiaal van overlappende kolommen negatief wordt beïnvloed (scheurvorming) of dat het bestaande materiaal zo hard is, dat dit de vorming bij het mixen van nieuwe kolommen belemmert. In toekomstige ontwerpen dient hier aandacht aan te worden besteed, om tot een realistisch uitvoeringsplan te komen. Achteraf moet de kwaliteit van het gehele blok worden aangetoond. Op basis van de ervaringen die hiermee zullen worden opgedaan, kunnen op termijn nadere eisen aan de realisatie van soilmix-kolommen worden opgesteld, en toegevoegd in de PPL.
  - Ook ontbreken in deze PPL-versie nog kennis en aanwijzingen voor toepassing van soilmix in de vorm van panelen, eventueel voorzien van wapening (zoals al wel toegepast bij dijkversterking Vijg).
- Met betrekking tot de benodigde controle op de maximaal toelaatbare faalkans ontbreken nog kennis en/of geschikte methoden. Het gaat daarbij om de volgende deelonderwerpen.
  - De maximaal toelaatbare faalkans op macro-instabiliteit in een doorsnede van een dijk met een stabiliteitsverhogende constructie wordt in deze PPL gelijkgesteld aan 1/3 van de waarde die volgens het WBI geldt voor de maximaal toelaatbare faalkans op macro-instabiliteit in de doorsnede van een grond-dijk. Vanwege ontbrekende kennis wordt daarbij echter geen rekening gehouden met de aannemelijke invloed van de aanwezigheid van een langsconstructie op de lengte-effect-factor.
  - De in de PPL aangenomen relatie tussen de partiële schadefactor en de faalkans op doorsnedeniveau is gelijk aan de relatie die binnen het WBI wordt toegepast voor dijken zonder constructies. Deze relatie is echter alleen gekalibreerd op basis van probabilistische glijvlakberekeningen. De toepasbaarheid voor de stabiliteit van dijken met verschillende constructietypen is nog niet onderzocht. Zie daarvoor ook het laatste punt over probabilistische eindige-elementenanalyses van constructief versterkte dijken.
  - Ook is nog niet onderzocht in hoeverre de in de PPL voorgeschreven belastingeffect-factoren en materiaalfactoren samen leiden tot een constructief ontwerp dat voldoet aan de faalkans die volgens de Waterwet maximaal toelaatbaar is, en welke optimalisatie daarin misschien nog mogelijk is. In de faalkansverdeling in CUR166 zijn de mechanismen 'falen ankers constructief' en 'falen ankers geotechnisch' onder dezelfde faaltak gezet (onder 'steunpunt bezwijkt'). De faalkansverdeling conform deze PPL wijkt daardoor af van de aanpak in CUR166. De eventuele invloed van deze verschillen op de partiële factoren die in CUR166 zijn vermeld, is verder niet onderzocht. Het verdient daarom ook aanbeveling te onderzoeken wat de invloed is van deze afwijkende indeling in de faalkansruimte op de partiële factoren die in CUR166 zijn vermeld en conform deze PPL worden toegepast.
  - Naast de faaloorzaken die direct aan macrostabiliteit zijn gerelateerd (geotechnisch, constructief, grond-constructie-interactie) geldt ook voor erosie dat nog niet is onderzocht in hoeverre de in de PPL voorgeschreven belastingeffect-factoren, materiaalfactoren en verdere aanwijzingen in deze PPL, in het geval van erosie leiden tot een faalkans die kleiner is dan maximaal toelaatbaar volgens de Waterwet. Erosie kan onder andere worden ingeleid door (on)toelaatbaar grote vervormingen. Hierbij is de overgangsconstructie een belangrijk aandachtspunt, evenals de eventuele verschil- vorming die in lengterichting van de langsconstructie kan ontstaan.
  - Ten opzichte van de toepassing van partiële factoren leidt toepassing van probabilistische analyses doorgaans tot optimalisatie van beoordeling en ontwerp. Uit eerste exercities (POVM, 2019b) blijkt dat verbetering nodig is van de standaard probabilistische methoden wanneer deze moeten gecombineerd met niet-lineaire eindige-elementenanalyses voor constructief versterkte dijken. Ook ontbreekt nog kennis over de eisen die aan de toepassing van verbeterde methoden moeten worden gesteld.
- Volgens CUR166 moet een aparte toetsing plaatsvinden van de kistdinvulling. Dit aspect is in de huidige PPL-versie buiten beschouwing gebleven.
- Een betrouwbare schuifsterkteschematisering van ondergrond en dijkmateriaal is essentieel voor de mechanische analyse van zowel grond-dijken als constructief versterkte dijken. Voor de analyse van constructief versterkte dijken met EEM is bovendien een betrouwbare karakterisering nodig van het vervormingsgedrag en van de vervormingsafhankelijke sterkteontwikkeling. Bovendien is dan ook een betrouwbare karakterisering nodig van het gedrag op de grenslaag tussen grond en constructie.
  - Bij toepassing van een restprofiel is het onvoldoende duidelijk welke schuifsterkte moet worden aangenomen in de verstoorde zone. Zie ook het op dit onderwerp inmiddels beschikbare kennisdocument: : [POVM Kennisdocument - Modelleren Restprofiel.pdf](#).
  - In het POVM-rapport [Voorbeeld\\_Schuifsterkteschematisering](#) worden enkele relevante resterende kennisleemtes gespecificeerd die betrekking hebben op de bepaling van het verloop van de karakteristieke ongedraineerde schuifsterkte uit een verzameling van sonderingen en labproeven. Daaronder ook het karakteriseren van de ongedraineerde sterkte van niet altijd verzadigde grond.
  - Het is onduidelijk in hoeverre de theoretische winst in schuifsterkte door veroudering tijdens de levensduur zou mogen worden meegenomen en op welke wijze dat zou moeten gebeuren.
  - Met betrekking tot de eindige-elementenanalyse concentreren de kennisleemtes zich verder op een consistente bepaling van karakteristieke waarden van modelparameters voor zowel gedraineerd als ongedraineerd gedrag en op de voorspellende kwaliteit voor zowel kruipvervormingen als voor vervormingen door hoogwaterbelasting.

## Kennisleemtes m.b.t. PPL (POVM Publicatie Langsconstructies), aanvullend



Hierna volgt een ruw overzicht van bekende kennisleemtes, waarvoor in de desbetreffende POVM publicatie nog handvatten ontbreken, waar de gegeven aanwijzingen nog onvoldoende onderbouwd en/of waar de aanwijzingen nog onvoldoende geoptimaliseerd zijn. Indien de opdrachtgever en/of de opdrachtnemer binnen een dijkversterkingsproject met deze kennisleemtes te maken krijgen zullen zij zelf nadere keuzes moeten maken. Een goed vastgelegde en gevalideerde onderbouwing is daarbij vereist, waar mogelijk ondersteund door specifieke kwaliteitscontroles tijdens en na uitvoering. Aan de opdrachtgever wordt aanbevolen om de benodigde onderbouwing en de uit te voeren kwaliteitscontroles te laten opstellen of valideren door deskundige partijen, die daartoe door de opdrachtgever zelf moeten worden aangewezen. Het is dus vooralsnog aan opdrachtnemer en opdrachtgever zelf om hierin keuzes te maken en om deze keuzes voldoende te onderbouwen en te laten controleren.

Binnen de kaders van het HWBP, streeft het DIV team intussen na om op dit gebruikersplatform stapsgewijs meer handvatten te gaan bieden voor de kennisleemtes waarover veel vragen worden gesteld. Middelen daarvoor zijn het delen van 'best practices', het opstellen van actuele kennisdocumenten en het uitvoeren van verder onderzoek. Het DIV team moedigt daarom aan om uw eigen onderbouwde 'best practices' waar mogelijk in te brengen, zodat anderen daarop kunnen doorbouwen. Inbrengen kan schriftelijk ([div@wsrl.nl](mailto:div@wsrl.nl)) en via de gebruikersbijeenkomsten/K&I-café's.

- De extra ankerkracht door zakkende grond, met name de bepaling van de  $k'$  in de CUR166 formule en de benodigde validatie aan praktijkmetingen. *Hiervoor is inmiddels een kennisdocument beschikbaar ([POVM Kennisdocument - Zakkende Grond op Ankers.pdf](#)).*
- Het ontwerpen van een kistdam met betrekking tot:
  - De interactie tussen de wanden via ankers en tussenliggende grond;
  - De modellering van de kistdinvulling en de impact van zettingen daarop;
  - De invloed van de initiële spanningstoestand;
  - De te beschouwen belastingcombinaties om tot maatgevende krachten te komen;
  - De invloed op de geohydrologie;
  - De eventuele werking van dicht bij elkaar staande wanden die samen met de tussenliggende grond als samengestelde ligger werken.
- Het ontwerpen van discontinue wanden met een openingsbreedte van meer dan 1 meter

[Terug naar begin Kennisleemtes](#)

[Terug naar boven](#)

## Achtergronddocumenten



Praktijkproef...rplein\_01.pdf

### Praktijkproef effecten van fluïderen op conusweerstand Vianen Hazelaarplein

Binnen het deeltraject Hazelaarplein nabij Vianen is bij de meeste zuidelijke damwandplanken aan de westzijde een proef uitgevoerd om het effect van fluïderen op deze locatie te meten. Het doel van de proef waarbij damwandplanken middels fluïderen op diepte zijn gebracht en waarbij sonderingen voor en na het aanbrengen van de damwandplanken zijn uitgevoerd is dat inzicht wordt verkregen in de eventuele mate van achteruitgang van de conusweerstand op deze locatie alsmede de invloedzone als gevolg van de weerstandsverminderende maatregelen in relatie tot de "standaard" reductie waarden op basis van PPL. Het document bevat de beschrijving en resultaten van deze proef. Bijlage 7 bevat een Excel-sheet met een totaaloverzicht van sonderingen voor en na werkzaamheden.



Totaaloverzic...ukmeting.xlsx

### Onderzoek snijden van grond (2022)

In het onderzoek gaat in op het fenomeen snijden van grond bij discontinue damwandconstructies bedoeld als versterkingsmaatregel voor verhoging van macrostabiliteit binnenwaarts. Hierbij is het constructieve gedrag buiten beschouwing gelaten. Op basis van het onderzoek worden een aantal voorstellen voor aanpassing van de PPL gedaan. In de 'vragen en antwoorden' sectie wordt ingegaan hoe met deze voorstellen kan worden omgegaan.



126877-22-000... analyses.pdf



130741-22-016...structies.pdf

### **Onderzoek snijden van grond - Beoordeling sterkte en stabiliteit langsconstructies dijktraject 14-1 (Capelle en Moordrecht)**

In dit rapport zijn de langsconstructies met openingen voor dijktraject 14-1 beoordeeld en daarbij gaat het specifiek om de constructies ter plaatse van Capelle en Moordrecht. Bij een eenvoudige toets uitgevoerd in 2020 werd vastgesteld dat deze oplossing niet voldeed aan de eisen die binnen de ontwerprichtlijn POVM langsconstructies (PPL) aan langsconstructies zijn gesteld met betrekking tot de toegepaste openingen in constructies. Er is echter nader onderzoek vanuit DIV gedaan [W+B, Onderzoek snijden van grond literatuurstudie, plaxis 2D en plaxis 3D analyses, d.d. januari 2022; dit document staat ook op de wiki] naar het mechanisme van snijden van grond, omdat de verwachting was dat grotere openingen mogelijk wel toegestaan zouden kunnen worden (eventueel onder bepaalde voorwaarden). De resultaten van dit nadere DIVonderzoek zijn toegepast bij de beoordeling van de constructies. Deze beoordeling is gerapporteerd in bijgaand document. Dit document is als informatie toegevoegd in deze WIKI, maar opgemerkt wordt dat de PPL minder ver gaat in het toestaan van openingen bij het ontwerpen van damwanden dan in deze beoordeling is gedaan. De PPL en de bijbehorende wiki-vragen-en-antwoorden blijven leidend voor het ontwerpen.

[Terug naar begin Achtergronddocumenten](#)

[Terug naar boven](#)