

Voorland meenemen

**De Innovatieversneller
Hoogwaterbescherming**

De Blomboogerd 1
4003 BX Tiel
Postbus 599
4001 AN Tiel

Contactpersoon
Han Knoeff

div@wsrl.nl

Datum
2022-02-22

Ons kenmerk
ons kenmerk

Uw kenmerk
Uw kenmerk

Bijlage(n)
bijlage

memo

Voorland meenemen

Samenvatting

Vraag:

In de huidige praktijk wordt vaak slechts een deel van de voorlandweerstand meegenomen omdat

- het, vanwege het risico op kortsluiting, onwenselijk is dat de pipe onder het voorland groeit
- de rekenregel niet is afgeleid voor situaties met stroming door het voorland naar de pipe.

D-Geo Flow kan worden gebruikt om pipelengtes te berekenen. Analyses met D-Geo Flow zijn echter arbeidsintensief.

In het project Meanderende Maas (MeMa) worden voorlandverbeteringen ontworpen. Om deze te dimensioneren is inzicht in de pipelengte nodig. Om inzicht in de te verwachte pipelengte te krijgen had het project al vier D-GeoFlow berekeningen uitgevoerd. De vraag was of deze voldoende de variatie in het traject dekken om de resultaten voor het hele traject toe kunnen te passen.

Antwoord:

Om in analyses rekening te kunnen houden met het aanwezige voorland en voor het dimensioneren van voorlandverbeteringen is inzicht in de pipelengte nodig. In Kennis voor Keringen zijn twee grafieken ontwikkeld om de pipelengte relatief eenvoudig in te schatten op basis van bekende parameters. Met deze aanpak is het in veel gevallen mogelijk de invloed van het hele voorland mee te nemen in de analyse. Deze grafieken zijn toepasbaar voor een 2D situatie met een homogeen isotroop watervoerend pakket. Verschillende effecten, kunnen leiden tot langere pipes dan ingeschat op basis van de grafieken. Sommige factoren, zoals 3D effecten, kunnen nog niet berekend worden. Hiervoor kan kwalitatief worden aangegeven in welke situaties deze relatief belangrijker of minder belangrijk zouden zijn. Voor andere factoren, zoals anisotropie, bieden D-Geo Flow berekeningen inzicht in het belang van die factoren voor een specifiek project. De onzekerheid rondom de berekende pipelengte wordt in de praktijk soms meegenomen door een factor op de pipelengte in een semi-probabilistische analyse. De veiligheidsbenadering rondom het omgaan met pipelengte is nog in ontwikkeling, ten tijde van het beantwoorden van de vraag werden verkennende probabilistische analyses uitgevoerd in KvK maar nadere uitwerking is nodig om tot een semi-probabilistische aanpak te komen.

Om de projectvraag te beantwoorden is een inschatting van de pipelengte langs het hele traject nodig, inclusief de locaties van de D-Geo Flow berekeningen. De grafieken kunnen worden gebruikt om op de locatie van de D-Geo Flow berekeningen de pipelengte in te schatten. Gevoeligheidsanalyse naar het effect van anisotropie, meerlaagsheid, en leklengte van het achterland, bieden inzicht in de relevantie van anisotropie en meer. Door parametrisering van de grafieken in de pipingtool kan vervolgens voor alle uittredepunten een inschatting van de pipelengte worden gemaakt. Daarmee is het mogelijk de variatie in pipelengte in te schatten en te bepalen in hoeverre de D-Geo Flow berekeningen de variatie afdekken.

Voor het MeMa project is door DIV een werksessie georganiseerd waarin de kennis uit Kennis voor Keringen is gebruikt om op basis van de uitgevoerde D-Geo Flow analyses een inschatting te maken van de pipelengte in de rest van het traject. Voor projecten die nog geen D-Geo Flow analyses hebben uitgevoerd kunnen de grafieken gebruikt worden om een eerste inschatting te maken van de pipelengte, om op basis daarvan in te schatten of en op welke locaties aanvullende D-Geo Flow analyses nodig zijn.

Uitwerking

Vraag

Vanuit dijkversterking Meanderende Maas (normtraject 36-3) staan we op het punt om te starten met D-Geo Flow berekeningen naar de verwachte pipegroei onder de dijk en/of voorland.

Omdat we slechts een beperkt aantal D-Geo Flow sommen kunnen maken zouden we voor de doorvertaling van de D-Geo Flow resultaten naar de rest van het traject graag gebruik willen maken van de meest recente kennis op dit vlak die is opgedaan binnen KVK en op dit moment nog niet in openbare handreikingen of voorschriften beschikbaar. Is dit mogelijk?

Theorie:

In 2021 is voor het Kennis voor Keringen (KvK) Voorlanden project een conceptueel model ontwikkeld dat de basis vormt voor een stappenplan waarmee in veel gevallen het hele voorland kan worden meegenomen in een piping berekening met het model van Sellmeijer. Het conceptuele model is gevalideerd met experimentele data en onderbouwd met DgFlow¹ berekeningen. Ook is een groot aantal DgFlow berekeningen uitgevoerd voor representatieve scenario's in Nederland, met parameters gebaseerd op interviews met verschillende waterschappen. Met het model zijn 2 grafieken afgeleid waarmee de kritieke pipelengte en de pipelengte bij een gegeven verval kunnen worden afgeleid. Deze grafieken zijn toepasbaar voor schematisaties die zijn afgeleid voor het rekenmodel van Sellmeijer (2D, homogeen isotroop watervoerend pakket en dichte deklaag in het achterland), en gebruiken invoerparameters die ook voor de berekening van kritiek verval met de rekenregel nodig zijn (intredeweerstand voorland voor bepaling kwelweglengte, dikte en doorlatendheid van het watervoerend pakket, en fysieke voorlandlengte). De onzekerheid rondom de berekende pipelengte wordt in de praktijk vaak meegenomen door factor op de pipelengte in een semi-probabilistische analyse. De veiligheidsbenadering rondom het omgaan met pipelengte is nog in ontwikkeling, ten tijde van het beantwoorden van de vraag werden verkennende probabilistische analyses uitgevoerd in KvK maar nadere uitwerking is nodig om tot een semi-probabilistische aanpak te komen.

¹ DgFlow betreft het rekenhart van D-Geo Flow

Ten tijde van het stellen van de vraag was het KvK onderzoek nog niet in rapporten opgenomen, per 1 maart 2022 is deze kennis in het 'Kennis voor Keringen 2021 achtergrondrapport rapport voorlanden' beschikbaar.

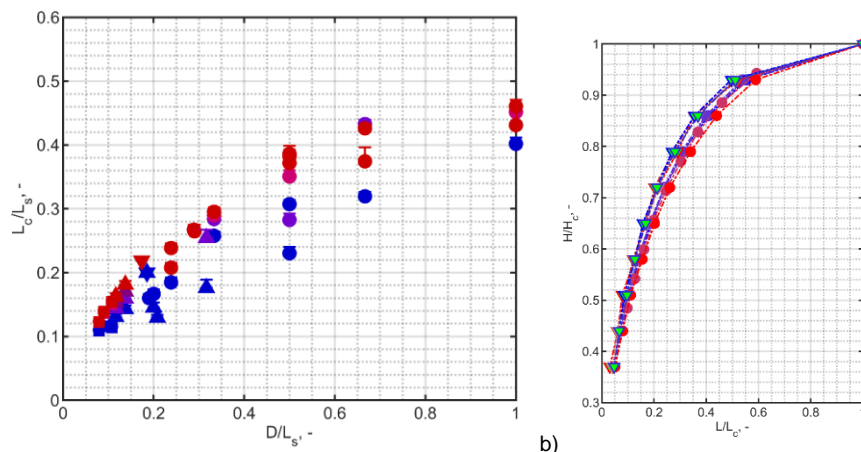
Toepassing in project Meanderende Maas

Tijdens een MeMa projectvergadering is door DIV een aanpak gepresenteerd waarmee op basis van bovenstaande theorie op relatief eenvoudige wijze langs het hele traject een inschatting kan worden gemaakt van de pipelengte uitgaande van een simpele ondergrondconfiguratie. Door het project zijn de resultaten (inclusief een gevoeligheidsanalyse) van D-Geo Flow analyses voor vier verschillende locaties toegelicht. Hiermee kan na gegaan worden of de uitgevoerde D-Geo Flow berekeningen de variatie in het gebied qua pipelengte afdekken.

In een daaropvolgende workshop is met geotechnischi/geohydrologen van het project de KvK kennis gebruikt om inschattingen te maken van de pipelengte op de locatie van de uitgevoerde D-Geo Flow analyses. Deze resultaten kwamen goed overeen met D-Geo Flow analyses voor de vergelijkbare schematisatie, de gevoeligheidsanalyse in D-Geo Flow voor effecten als anisotropie en lek lengte van het achterland bood inzicht in het effect van deze parameters die niet in de KvK grafieken zijn meegenomen. De gevolgde stappen om de pipelengte te bepalen zijn in onderstaand kader beschreven (figuren uit Kennis voor Keringen 2021: Achtergrondrapport Voorlanden).

Onderstaande stappen zijn een project specifieke aanpassing van de stappen voor bepaling van pipelengte, voor het in KvK ontwikkelde concept stappenplan.

1. Bepaling onbegrensde fictieve voorlandlengte en kwelweglengte L_s (conform Schematiseringshandleiding Piping), op basis van doorlatendheden en diktes voorland, achterland en watervoerend pakket.
2. Bepaling kritiek verval H_c met rekenregel van Sellmeijer op basis van L_s
3. Inschatting L_c pipelengte bij H_c : een eerste inschatting voor ondoorlatend achterland is gemaakt op basis van D/L_s middels figuur 1a.
4. Inschatting bepaling L_{eis} , de lengte van de pipe bij de waterstand waarmee aan de faalkanseis wordt voldaan (op basis van figuur S2b).
5. Sanity check: hoe stabiel is mijn uitkomst in het licht van onzekerheden en kennis in ontwikkeling?



Figuur 1: grafieken ter inschatting pipelengte, hierin is onzekerheid in de pipelengte nog niet verwerkt. a) De rode symbolen geven een indicatie van pipelengte bij kritiek verval L_c gedeeld door kwelweglengte inclusief voorland L_s als functie van dikte watervoerend pakket D gedeeld L_s . Rode symbolen zijn voor een gesloten deklaag in het achterland en geven langste pipelengte; bij doorlatend achterland zijn pipes korter maar is geen generieke trend (paars en blauw).
b) Pipelengte L bij een gegeven verval gedeeld door kritieke pipelengte L/L_c tegen het gegeven verval H gedeeld door kritiek verval H/H_c .

Toepassing: a) Neem D/L_s voor de specifieke situatie en lees bijbehorende L_c/L_s af, waar L_c pipelengte bij kritiek verval is. b) Neem voor de situatie de relevante H/H_c en lees L/L_c af. De rode curve geeft hierbij de langere pipes.

Toepassingsgebied: een 2D situatie met homogeen isotroop watervoerend pakket met een dicht achterland.

De onzekerheid rondom de berekende pipelengte wordt in de praktijk vaak meegenomen door factor op de pipelengte in een semi-probabilistische analyse. De veiligheidsbenadering rondom het omgaan met pipelengte is nog in ontwikkeling, ten tijde van het beantwoorden van de vraag werden verkennende probabilistische analyses uitgevoerd in KvK maar nadere uitwerking is nodig om tot een semi-probabilistische aanpak te komen.

Stap 5 in bovenstaand kader, de sanity check is bedoeld om na te gaan hoe stabiel de uitkomst is in het licht van kennis of eigenschappen die nog niet in de huidige analyse zijn meegenomen. Specifiek voor voorlanden is in onderstaande tabel weergegeven wat relevante effecten kunnen zijn voor een sanity check. Daarnaast kunnen nog andere overwegingen spelen. Voor nadere toelichting rondom de effecten voor voorlanden wordt verwezen naar Kennis voor Keringen 2021: Achtergrondrapport Voorlanden.

Aspect	Effect op H_c	Effect op L_c	Effect op L bij H	Relevantie	Omgang
3D stroming	Lager	Langere L_c	Langere L	Altijd Meest bij 1 wel	Expertadvies
0,3 d regel	Lager of hoger	Weinig	Langer of korter	Bij dikke deklaag	gevoeligheidsanalyse
Meerlaagsheid	Hoger	Langer	Langer of korter	Al vanaf contrast 2	D-Geo Flow
Anisotropie	Hoger	Langer	Langer of korter	Nader onderzoek	D-Geo Flow
Fictieve voorlandlengte bepaling	Lager	Weinig	Langere L	Bij hoge D/L_s	D-Geo Flow
Heterogeniteit in baan van de pipe	<i>Onbekend</i>				

Deze effecten en de relevantie voor het project zijn tijdens de workshop besproken. De reeds uitgevoerde D-Geo Flow berekeningen gaven het verwachte effect van anisotropie op de kritieke pipelengte aan. Het effect van 3D stroming kan nog niet goed gemodelleerd worden, wel is bekend dat dit effect groter is bij situaties met een enkel uittredepunt en een relatief ondoorlatend achterland. In situaties met een meer doorlatend achterland, of een insnijdende sloot is het 3D effect naar verwachting kleiner, maar de mate waarin het belang dan speelt nog onzeker. Doordat de D/L_s voor dit project relatief klein waren is de verwachting dat de 'fictieve voorlandlengte bepaling' hier minder relevant is. Heterogeniteit in de baan van de pipe kan ook nog niet goed meegenomen worden in de analyse. De omgang met deze en andere onzekerheden hangt mede af van de project context en de mate waarin deze onzekerheden de opgaven kunnen beïnvloeden. Bij het inschatten van de gevoeligheid speelt ook de afstand tot de norm een rol.

In het project wordt de pipingtool gebruikt om voor een groot aantal uittredepunten de piping analyse te doen. Door de grafieken in figuur 1 te parametriseren kan met de pipingtool de pipelengte voor de verschillende uittredepunten berekend worden. Daarmee kan de vraag beantwoord worden of de pipelengtes op de locaties van de D-Geo Flow analyses de variatie in het gebied dekken. De benodigde formules zijn daarvoor aan het projectteam verstrekt.

Colofon:

Vraag: Meanderende Maas

Auteurs: Esther Rosenbrand, Ligaya Wopereis

Contactpersonen waterschap: Rick van Tilborg, Wing Hong Wong

Kwaliteitsborging: Han Knoeff, Maurits van Dijk,

Relevante achtergrondinformatie: Kennis voor Keringen 2021: Achtergrondrapport Voorlanden

