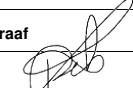


Werkwijzer schematisering regionale kwelstroom



Werkwijzer schematisering regionale kwelstroom

referentie	projectcode	status
AP539-7/15-006.501	AP539-7	concept 01
projectleider	projectdirecteur	datum
ir. P.E.M. Schoonen	ir. H.J.M.A. Mols	17 april 2015

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd	ir. P.E.M. Schoonen	

INHOUDSOPGAVE	blz.
1. INLEIDING	1
1.1. Aanleiding	1
1.2. Regionale kwelstroom	1
1.3. Doel en kader	2
1.4. Positionering werkwijzer	2
1.5. Leeswijzer	2
2. WERKWIJZER	3
2.1. Stap 1: Ordenen	3
2.1.1. Stap 1.2: Verzamelen van informatie en feiten	3
2.2. Stap 2: Begrijpen	4
2.2.1. Stap 2.1: Vaststellen regionale kwelstroom	4
2.3. Stap 3: Beslissen	4
2.3.1. Stap 3.1: Schematiseren situatie	5
2.3.2. Stap 3.2: Vaststellen opbarstlocatie	5
2.3.3. Stap 3.3: Analyse stroomrichting nabij de wel	7
2.4. Stap 4: Doen	7
3. REGIONALE GEOHYDROLOGIE	9
4. REGIONALE KWELSTROOM	11
5. REFERENTIES	13
laatste bladzijde	13
BIJLAGE	aantal blz.
I Checklist behorend bij stappenplan	1

1. INLEIDING

1.1. Aanleiding

In het kader van de POV-piping zijn diverse onderzoeken gaande. Het onderzoek naar de effecten van regionale kwelstroom op het faalmechanisme piping is één van deze onderzoeken.

De voorliggende werkwijzer schematiseren van regionale kwelstroom maakt deel uit van het onderzoek naar de effecten van regionale kwelstroom op het faalmechanisme piping. De werkwijzer schematiseren van regionale kwelstroom vormt, samen met het stappenplan beheerdersoordeel piping bij regionale kwelstroom [Ref. 2], een methodiek waarmee de effecten van de regionale kwelstroom op het faalmechanisme piping kan worden bepaald.

Het verschil tussen de werkwijzer schematiseren van regionale kwelstroom en het stappenplan beheerdersoordeel piping bij regionale kwelstroom is dat de werkwijzer is opgesteld op een hoog abstractieniveau en een beeld geeft van het te doorlopen proces waarmee de effecten van de regionale kwelstroom op piping in kaart worden gebracht. Het stappenplan heeft als doel het toelichten van de te doorlopen stappen voor het opstellen van een gefundeerd beheerdersoordeel voor het faalmechanisme piping voor dijken, waar sprake is van regionale kwelstroom.

Theoretische onderbouwing

De theoretische onderbouwing van de voorliggende werkwijzer zal in een latere stadium worden gepubliceerd in de rapportage 'Theoretische onderbouwing zandmeevoerende wellen bij regionale kwelstroom'. Op basis van deze onderbouwing is een aanpassing in voorliggende werkwijzer mogelijk. De achtergrondinformatie en opzet van dit onderzoek is weergegeven in het 'Plan Van Aanpak' [Ref. 3].

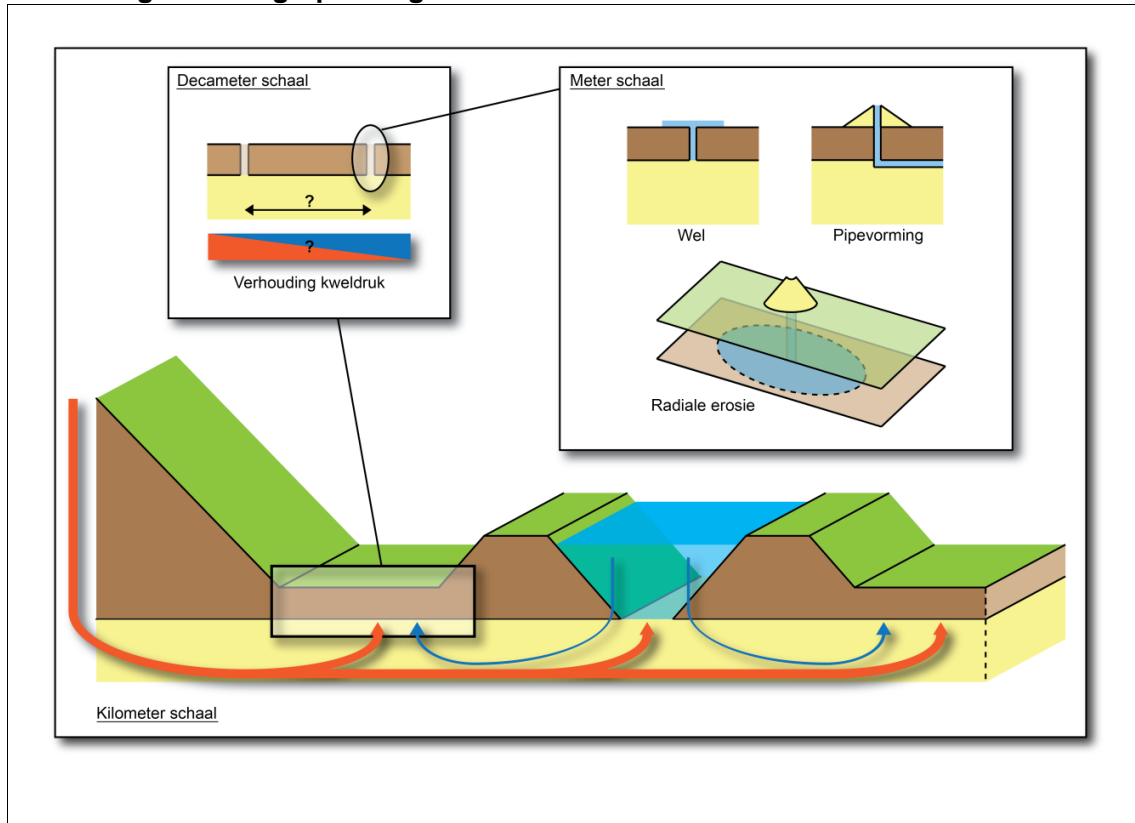
1.2. Regionale kwelstroom

Regionale kwelstroom is gedefinieerd als grondwaterstroming vanaf hooggelegen gronden, zoals de Grebbeberg en het Veluwemassief, in de richting van het buitenwater. Deze is tegengesteld aan de richting van de kwelstroom die kan leiden tot optreden van het faalmechanisme piping. Deze is namelijk tijdens hoogwater gericht vanuit de rivier in de richting van het achterland.

Door regionale kwelstroom kan opbarsten plaatsvinden en een zandmeevoerende wel ontstaan. De invloed hiervan op de beoordeling van de waterkering op piping is afhankelijk van de locatie van deze wellen en de verhouding tussen de regionale kwelstroom en de kwelstroom vanaf het buitenwater. Een sterke regionale kwelstroom verhindert het ontstaan van 'klassieke' piping en kan leiden tot een goedkeuring op het faalmechanisme piping waar dit zonder regionale kwelstroom niet mogelijk is.

Door rekening te houden met regionale kwelstroom kan de grondwaterpotentiaal hoger komen te liggen en sneller optreden. Hierdoor kan de deklaag opbarsten, mogelijk ook op locaties waar dat zonder regionale kwelstroom kan worden uitgesloten. Sommige dijksecties zijn goedgekeurd doordat geen opbarsten kan plaats vinden volgens 'klassieke' piping. Om deze reden is deze Werkwijzer van toepassing op zowel afgekeurde dijktrajecten als de goedgekeurde dijktrajecten. het ontstaan van wellen ten gevolg hiervan is te zien in Afbeelding 1.1. De theoretische onderbouwing hiervoor is opgenomen in [Ref. 5].

Afbeelding 1.1. Infographic regionale kwelstroom



1.3. Doel en kader

Doel van de Werkwijzer schematiseren regionale kwelstroom is om toetsers van dijken een werkwijze te geven om te komen tot een verantwoorde geohydrologische schematisatie van regionale kwelstroom. Na het doorlopen van de stappen in de werkwijzer is duidelijk welke stappen moeten worden uitgevoerd om de effecten van de regionale kwelstroom op piping te bepalen. Daarna kan worden besloten of het stappenplan beheerdersoordeel piping bij regionale kwelstroom [Ref. 2] wordt toegepast.

De Werkwijzer schematiseren regionale kwelstroom geeft een methodische aanpak vergelijkbaar met de gehanteerde volgorde in de Werkwijzer Piping bij dijken [Ref. 1].

1.4. Positionering werkwijzer

De werkwijzer schematiseren regionale kwelstroom vormt, samen met het stappenplan beheerdersoordeel piping bij regionale kwelstroom, een methode om de invloed(en) van de regionale kwelstroom op het faalmechanisme piping in kaart te brengen. Deze werkwijzer kan worden gezien als een aanvulling op Werkwijzer piping bij dijken [Ref.1].

1.5. Leeswijzer

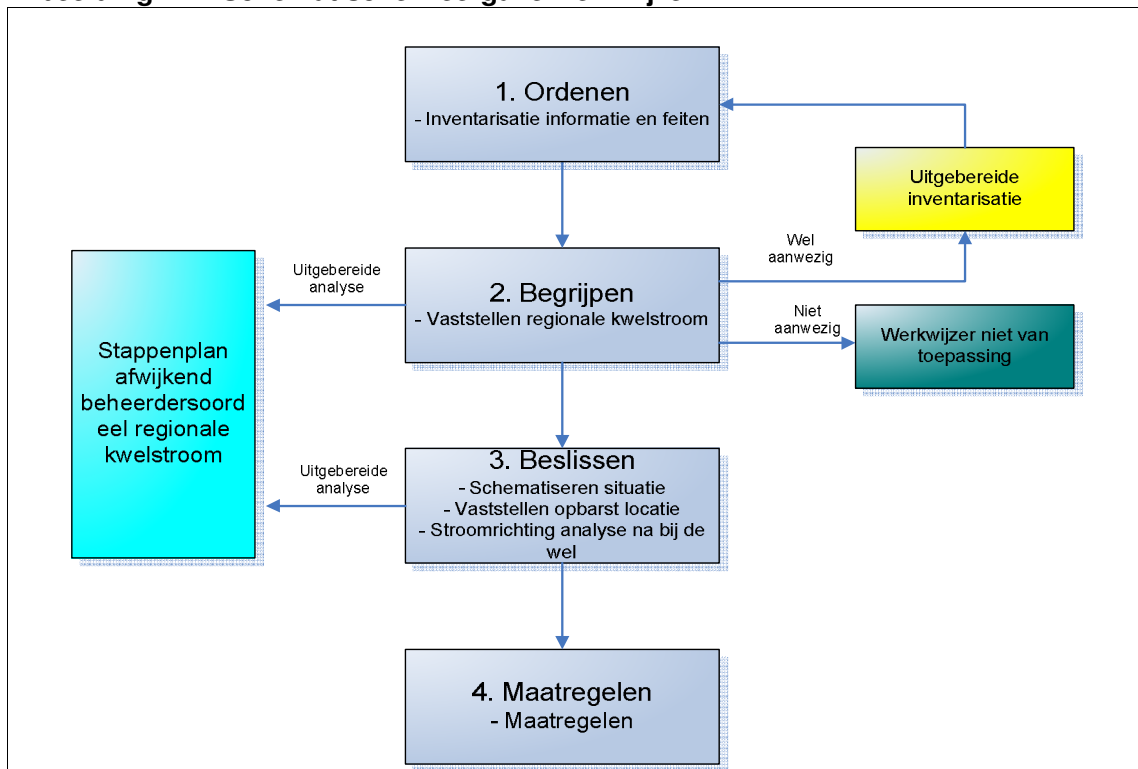
In hoofdstuk 2 is het te doorlopen stappenplan geohydrologisch schematiseren van regionale kwelstroom opgenomen. Algemene uitleg over de regionale geohydrologie is beschreven in hoofdstuk 3 en in hoofdstuk 4 is aandacht besteed aan regionale kwelstroom.

2. WERKWIJZER

In dit hoofdstuk zijn de te doorlopen stappen voor het bepalen van de effecten van regionale kwelstroom op piping in kaart gebracht. Deze stappen zijn schematisch weergegeven in Afbeelding 2.1. Het doel en de wijze van uitvoering van elke stap is in de komende paragrafen toegelicht.

Het vertrekpunt bij het doorlopen van de stappen uit schema is dat de dijk in een eerder stadium is getoetst op het faalmechanisme piping. Echter, de uitkomst van deze toetsing is niet relevant. Enerzijds is het mogelijk dat een afgekeurde dijk kan worden goedgekeurd door rekening te houden met regionale kwelstroom, indien uit de analyse blijkt dat de wel (grotendeels) wordt gevoed door regionale kwel en het ontstaan van een 'pipe' in de richting van dijk kan worden uitgesloten.

Afbeelding 2.1. Schematische weergave werkwijzer



2.1. Stap 1: Ordenen

Het doel van deze stap is het inventariseren van de aanwezige informatie uit de toetsing en het verzamelen van de ontbrekende benodigde informatie. Deze stap vormt dan ook de basis voor de vervolgstappen. Ten aanzien van modellering van de regionale kwelstroom is niet alleen informatie nodig over de nabije omgeving van de waterkering, zoals bij 'klassieke' piping-analyse het geval is, maar ook over het gebied verder in het achterland.

2.1.1. Stap 1.2: Verzamelen van informatie en feiten

Naast de gegevens uit het toetsrapport, wordt eveneens aanvullende informatie geïnventariseerd. Hierbij kan het gaan om de hoogtekarten, eerder uitgevoerde grondonderzoeken en informatie uit online databases. Daarnaast is het van groot belang om eveneens op

zoek te gaan naar kwalitatieve informatie. Hierbij kan worden gedacht aan ervaring van de beheerder(s) en de beeldmaterialen van eerdere waargenomen wellen.

Bij het modelleren van regionale kwelstroom is er sprake van een groter invloedsgebied dan bij een 'klassieke' piping situatie. Daarom is het noodzakelijk dat de verzamelde informatie niet alleen de waterkering en de directe omgeving betreft, maar ook de situatie in het verdere achterlandgebied in kaart brengt. Het gaat hierbij om informatie zoals: bodemkaarten, online databases (bijvoorbeeld: Dino-archief), grondwaterkaarten en meetgegevens waterstanden (zie checklist bijlage I).

2.2. Stap 2: Begrijpen

Het doel van deze stap is het vaststellen of sprake is van regionale kwelstroom. Hierbij dient opgemerkt te worden dat in de voorliggende werkwijzer de substappen uit deze stap, zoals beschreven in Werkwijzer Piping bij dijken [Ref. 1], niet zijn behandeld. In het geval van 'klassieke' piping blijft het onderzoeksgebied hetzelfde als bij de laatste toetsing. Wanneer sprake is van regionale kwelstroom wordt een veel groter gebied beschouwd en zijn nieuwe aanvullende geohydrologische berekeningen noodzakelijk. Van deze situatie zijn geen gegevens en berekeningen beschikbaar vanuit het verleden. Om deze reden zijn de substappen uit de Werkwijzer Piping: aanscherpingsmogelijkheden, gevoeligheidsanalyse en opstellen van aanvullend onderzoek niet van toepassing.

2.2.1. Stap 2.1: Vaststellen regionale kwelstroom

Op basis van de verzamelde informatie uit stap 1 wordt vastgesteld of sprake is van regionale kwelstroom. Met regionale kwelstroom wordt hier bedoeld grondwaterstroming vanuit het achterland richting het buitenwater tijdens hoogwater. Voor de wijze van bepaling van regionale kwelstroom, wordt verwezen naar het stappenplan regionale kwelstroom [Ref. 2]. Indien wordt vastgesteld dat geen sprake is van regionale kwelstroom, is deze werkwijzer verder niet van toepassing.

2.3. Stap 3: Beslissen

Doelen van deze stap zijn vaststelling of opbarsten plaats vindt, wat de locatie van opbarsten is en een analyse van de stroomrichting nabij de opbarstlocatie. Hieruit kunnen de volgende resultaten volgen:

- het op het faalmechanisme piping afgekeurde dijkvak kan worden goedgekeurd door het effect van de regionale kwelstroom in rekening te brengen;
- het goedgekeurde dijkvak, waarbij opbarsten kon worden uitgesloten volgens 'klassieke' pipingsituatie, kan worden afgekeurd op basis van negatieve effecten van regionale kwelstroom (sommige dijksecties zijn goedgekeurd doordat opbarsten kon worden uitgesloten bij 'klassiek' piping. Door de regionale kwelstroom zal de grondwaterpotentiaal hoger zijn en sneller optreden, wat kan leiden tot opbarsten);
- het effect van de regionale kwelstroom is zodanig, dat deze geen invloed heeft op de beoordeling van het faalmechanisme piping.

Op basis van het verkregen resultaat kunnen aanbevelingen worden gedaan over de eventuele te nemen maatregelen.

2.3.1. Stap 3.1: Schematiseren situatie

Om een beeld te krijgen van het effect van de schematisatie op opbarsten wordt in deze stap een aantal maatgevende schematisaties van de ondergrond en de belastingsscenario's opgesteld. Deze schematisaties zijn gebaseerd op de verzamelde informatie en feiten (stap 1.2).

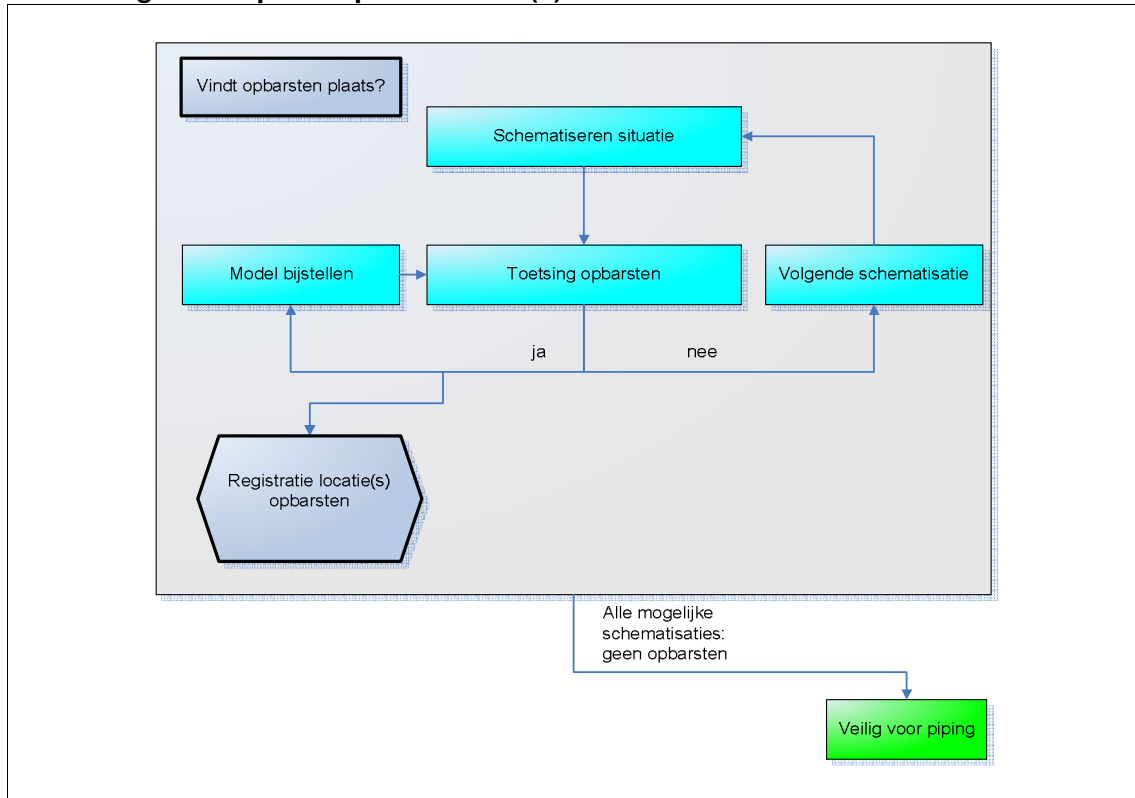
2.3.2. Stap 3.2: Vaststellen opbarstlocatie

Doel van deze stap is het bepalen van de opbarst locatie(s) met het in rekening brengen regionale kwelstroom. Het vaststellen van opbarstlocatie(s) wordt bepaald door de schematisaties uit de vorige stap te toetsen op opbarsten. De aanpak waarmee deze toetsing wordt uitgevoerd is te zien in Afbeelding 2.2 en kan als volgt worden beschreven (voor de uitgebreide analyse van deze stap wordt verwezen naar Stappenplan afwijkend beheerder-soordeel regionale kwelstroom [Ref. 2]):

- toetsen schematisatie op opbarsten;
- indien opbarsten plaatsvindt, wordt de opbarstlocatie geregistreerd. Vervolgens wordt het model bijgesteld met opbarstkanaal en de toetsing voortgezet. Na het opbarsten is een wijziging van belasting situatie nog altijd mogelijk. Bijvoorbeeld: de waterstand in het buitenwater kan nog altijd stijgen en hiermee is het optreden van opbarsten op een tweede locatie mogelijk;
- in het geval dat bij een schematisatie geen opbarsten plaatsvindt, wordt de volgende schematisatie getoetst.

De hiervoor genoemde aanpak wordt voor alle schematisaties uitgevoerd. Indien bij de toetsing van alle schematisaties geen opbarsten plaats vindt, wordt de dijksectie goedgekeurd op het mechanisme piping.

Afbeelding 2.2. Bepalen opbarstlocatie(s) voor meerdere schematisaties



De berekeningsresultaten kunnen leiden tot een opbarstlocatie buiten de kritieke kwelweglengte, waarbij met zekerheid vastgesteld kan worden dat geen opbarstlocatie dicht bij de waterkering kan optreden. In dat geval kan de dijksectie worden goedgekeurd.

Een ander mogelijkheid is dat opbarsten binnen de kritieke kwelweglengte optreedt, of dat niet met zekerheid vastgesteld kan worden dat geen opbarsten plaatsvindt binnen deze kritieke kwelweglengte. Indien geen zekerheid is, ten aanzien van veiligheid tegen piping, zijn drie mogelijkheden:

1. verfijning van (grond-)onderzoek;
2. acceptatie opbarstlocatie en analyseren van stroomrichting nabij de wel (vervolgen van volgende stap); en
3. acceptatie opbarsten en overgaan tot het nemen van maatregelen.

De keuze van de drie genoemde mogelijkheden is mede afhankelijk van de verhouding tussen de afstand van de opbarstlocatie en de kritieke kwelweglengte tot de dijk van de waterkering. Stel: de kritieke kwelweglengte bedraagt 50 m en de afstand tussen opbarstlocatie tot dijk is maar paar meter korter. In zo een geval is de keuze voor mogelijkheid 1, verfijning van onderzoek, meest voor de hand liggend.

Daarnaast speelt de omgeving van de waterkering een rol bij het bepalen van de keuze. Bijvoorbeeld: bij een waterkering in ruraal gebied, is het nemen van maatregelen mogelijk minder kostenintensief dan grondonderzoek met modelonderzoek.

Bij hoogwater dient de sterkte van de waterkering bekend te zijn. Een actieve zandvoerende wel is een teken van ondergrondse erosie. Als vanuit beheer en onderhoud opbarsten binnen de kritieke kwelweglengte onacceptabel om die reden wordt geacht, hoeft de volgende substap niet te worden uitgevoerd. In dat geval kan worden overgaan tot het nemen van maatregelen of uitvoeren van onderzoek ten behoeve van verfijnen van invoerparameters en daarmee het verkleinen van onzekerheden.

2.3.3. Stap 3.3: Analyse stroomrichting nabij de wel

Indien uit de vorige stap blijkt dat opbarsten binnen de kritieke kwelweglengte plaats vindt, is een analyse naar de stroomrichting nabij de wel mogelijk. In deze analyse wordt de grondwaterstroming rondom de (zandmeevoerende) wel, drie dimensionaal geanalyseerd. Zo wordt onderzocht vanuit welke richting de wel wordt gevoed, vanuit het achterland door regionale kwelstroom, uit het buitenwater of is er sprake van alzijdige aanvoer. Op basis hiervan wordt vastgesteld in welke richting zich de pipe ontwikkelt. Indien de aanvoer door de regionale kwelstroom zodanig sterk is dat het ontstaan van een pipe in de richting van waterkering kan worden uitgesloten, wordt de waterkering goedgekeurd op piping. In het geval dat erosie in de richting van waterkering niet kan worden uitgesloten, kan de dijk niet worden goedgekeurd op piping.

Onderzoek naar toestroming rond wellen

Eén van de onderzoeken vanuit de POV piping richt zich op de toestroming rond wellen. Voor resultaat van dit onderzoek wordt verwezen naar het onderzoek van Waterschap Rivierenland naar toestroming rond wellen.

Parallel aan het opstellen van deze werkwijzer voeren studenten van de Hogeschool Arnhem Nijmegen (HAN) modeltesten uit om de erosiepatronen bij welvorming te analyseren.

De resultaten van beide onderzoeken zullen verwerkt worden in een latere versie van dit stappenplan.

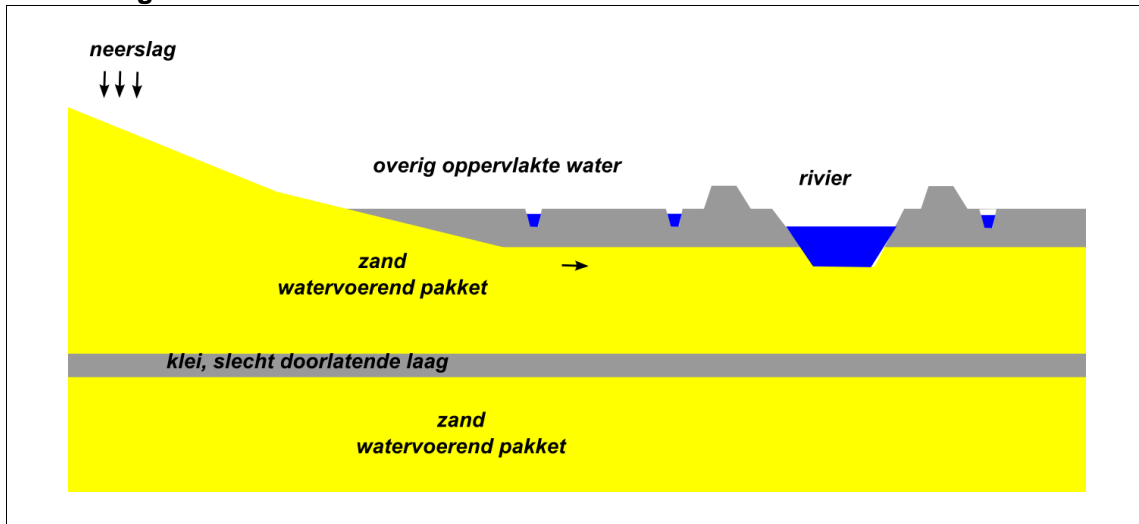
2.4. Stap 4: Doen

Het doel van deze stap is vaststellen van maatregelen, waarmee waterkering versterkt kan worden. Er zijn geen verschillen tussen maatregelen ten aanzien van regionale kwelstroom en 'klassiek' piping. Deze stap is daarom niet in deze werkwijzer verder behandeld.

3. REGIONALE GEOHYDROLOGIE

Neerslag infiltreert deels naar het grondwater. Een ander deel verdampt of komt tot afstroming in de riolering. De ondergrond bestaat in Nederland veelal uit een of meerdere watervoerende pakketten. Deze zijn dan gescheiden door slecht doorlatende kleilagen. In laag Nederland en langs de rivieren is een afdekkende kleilaag aanwezig. Dit wordt de deklaag genoemd.

Afbeelding 3.1. Schematische doorsnede



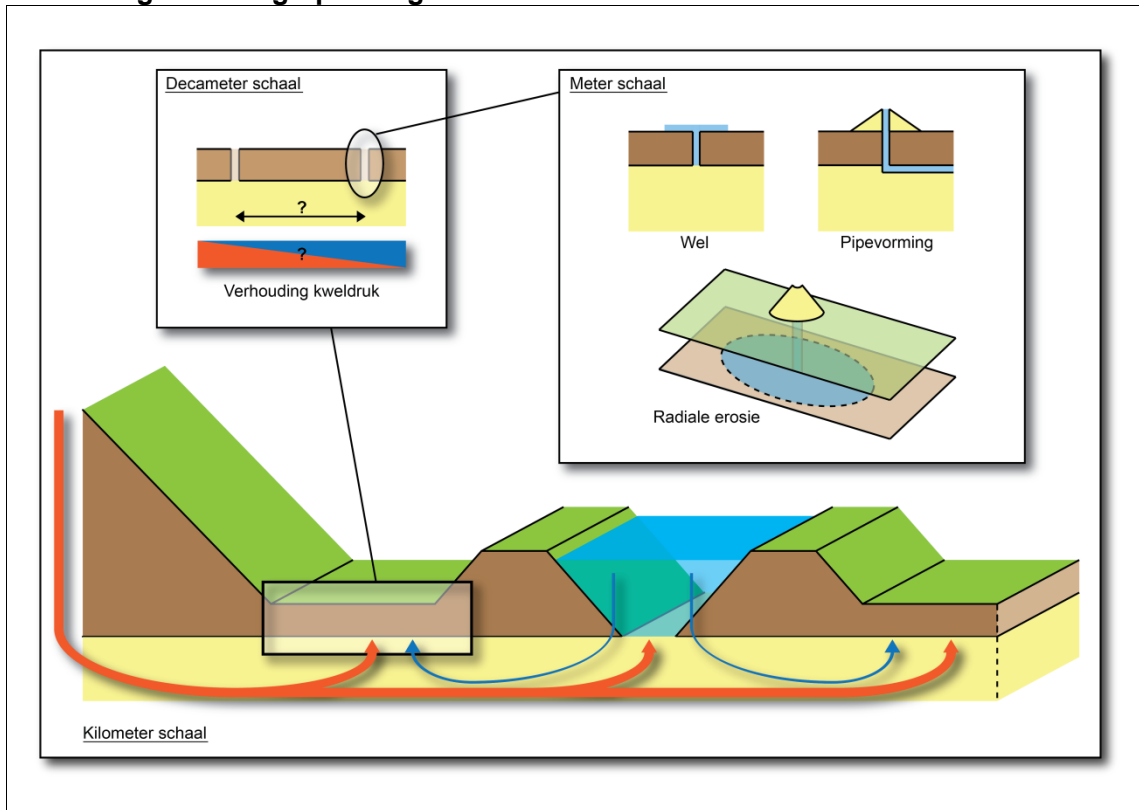
Het grondwater stroomt in horizontale richting door watervoerende pakketten (in Nederland zandlagen) naar het laagste punt. Dat is in Nederland veelal het oppervlaktewater. Oppervlaktewater kan een rivier zijn, maar ook de zee of watergangen in een polder. Ook kan grondwater naar een grondwateronttrekking stromen. Voor deze studie is het relevant om grondwaterstroming naar de rivieren in kaart te brengen. Daarbij moeten mogelijke stromingen naar ander oppervlaktewater of grondwateronttrekkingen (bijvoorbeeld drinkwater) ook worden beschouwd.

Wanneer de rivier een dominante factor is in de grondwaterstroming in het watervoerende pakket, dan ontstaat een regionale kwelstroom. Dit is in het volgende hoofdstuk beschreven.

4. REGIONALE KWELSTROOM

Een regionale kwelstroom is gedefinieerd als een grondwaterstroming vanaf hooggelegen gronden, zoals de Grebbeberg en het Veluwemassief, in de richting van de rivier. De stroomrichting tijdens dagelijkse omstandigheden is door de regionale kwelstroom gericht naar de rivier. Dit is tegengesteld aan de richting van de kwelstroom in het geval van 'klassieke' piping, deze is namelijk tijdens hoogwater gericht van de rivier in de richting van het achterland.

Afbeelding 4.1. Infographic regionale kwelstroom



Door de regionale kwelstroom kunnen zandmeevoerende wellen ontstaan die niet noodzakelijkerwijs tot een instabiliteit van de waterkering leiden. Dit is afhankelijk van de locatie van de wellen en de verhouding tussen de regionale kwelstroom en de kwelstroom vanaf de rivier. De onderbouwing hiervoor is opgenomen in [Ref 2].

5. REFERENTIES

1. Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2014). Werkwijzer Piping bij Dijken. versie: 1.2., groeidocument.
2. Witteveen+Bos (2015). Stappenplan beheerdersoordeel regionale kwelstroom, concept
3. Witteveen+Bos (2014). Plan Van Aanpak: Regionale kwelstroom, concept
4. Deltares (2012). Onderzoeksrapport Zandmeevoerende wellen. Kenmerk: 1202123-003-GEO-0002
5. Witteveen+Bos (2015). POV Piping regionale kwelstroom - theoretische onderbouwing. nog op te leveren.

Deze tekst laten staan i.v.m. laatste pagina berekening; wordt niet geprint

BIJLAGE I CHECKLIST BEHOREND BIJ WERKWIJZER

Als ondersteuning bij de stappenplan regionale kwelstroom bij piping is een checklist opgesteld. Deze checklist helpt ontwerper/toetsers van de dijk om de aanwezige informatie en gegevens beter in kaart te brengen en hieruit een vertrekpunt plaatsen naar aanvullende onderzoek.

STAP 1: ORDENEN

Stap 1.1/ 1.2 Inventarisatie informatie en gegevens

informatie / gegevens	verwerkt	n.v.t.
toetsing		
zandbanenkaarten (zowel van nabij de waterkering als verder van achterland)		
(Historisch) kaarten / satellietbeelden		
hoogtekaarten		
geologische kaarten		
bodemkaarten		
grondwaterkaarten		
DINO-archief		
geodatabank		
peilenkaarten		
meetgegevens waterstanden		
waarnemen beheerders (rapportages, interviews en foto materialen)		

