



Jolijn van Engelenburg, Vitens
 Teun Spek, Provincie Gelderland
 Annemieke van Doorn, DHV

Is een stuwwal modelleerbaar?

De oostkant van de Veluwe is één van de gestuwde gebieden in Nederland. Het landijs stuwde horizontale zand- en kleilagen in een bijna verticale positie die nu de grondwaterstroming in gestuwde gebieden gebeurt doorgaans met een voor grote gebieden uniforme anisotropiefactor (dat wil zeggen dat de waterdoorlatendheid niet in alle richtingen gelijk is). Waar de kleischotten namelijk precies voorkomen en hoe ze liggen, is niet eenvoudig in het veld waar te nemen. Voor het grondwatermodel infiltratieproject Epe zijn diverse brondata, veldwaarnemingen en gebiedskennis bij elkaar gebracht voor een beste schatting van de mogelijke ligging van de kleischotten. Dit artikel gaat in op de bruikbaarheid van diverse databronnen en op de vraag of een stuwwal inderdaad in de vingers te krijgen is.

Vitens spant zich in om haar drinkwaterwinningen te verduurzamen, onder andere door de invloed op de natuur en de leefomgeving te verminderen. Eén van de maatregelen op de Veluwe is het infiltratieproject Epe. In december 1998 begon het voormalige Waterbedrijf Gelderland (thans Vitens) met

dit project (zie afbeelding 1). Het waterbedrijf onttrekt op de drinkwaterproductielocatie Epe jaarlijks vier miljoen kubieke meter grondwater. Het bedrijf neemt bij het innamepunt Zuuk jaarlijks maximaal 2,2 miljoen kubieke meter water in uit de Klaarbeek en Verloren Beek om te infiltreren nabij de grondwaterwinning Epe. Het doel

van de infiltratie is het effect van de winning op het omliggende gebied te verminderen, zoals op de afvoer van de beken en op de grondwaterstanden en de kwelstromen in het Wisselse en Tongerense Veen.

Het effect van de huidige infiltratie is tweeledig: verhoogde kweldruk en verhoogde afvoer. Om het effect op perceelniveau te versterken, zijn ook maatregelen in het oppervlaktewaterstelsel nodig. Deze maatregelen zijn verkend in het GGOR-proces van Waterschap Veluwe.

Vitens wil de infiltratie uitbreiden en in 2015 de winning geheel compenseren door infiltratie van oppervlaktewater. Dit vergroot de mogelijkheden voor herstel van de waterhuishouding in het TOP-lijstgebied. Het water zal vanuit de Klaarbeek en/of de Grift ingenomen worden bij een nieuw innamepunt (nabij Vossenbroek). Het ingenomen water verblijft kort in een innameplas, waar ook voorbezinking van zwevend stof plaatsvindt. Vervolgens wordt het vanuit een nieuw pompgebouw aan de Vossenbroekweg verpompt naar de infiltratievennen. Vitens zal deze uitbreiden en opnieuw inrichten. De winputten pompen het geïnfiltreerde water op na een bodempassage (na menging met het aanwezige grondwater), waarna er via een marmerfiltratie drinkwater van wordt gemaakt (zie afbeelding 2).

Afb. 1: De locatie van het infiltratieproject.



Effectbepaling van infiltratie

Om te kunnen besluiten over het vergunnen van de uitbreiding van de infiltratie dient



Infiltratievijver in Epe.

een M.E.R.-procedure doorlopen te worden. Hiervoor is het nodig de hydrologische effecten van de voorgenomen activiteit te kwantificeren. Er was reeds een tijdsafhankelijk regionaal Modflowmodel beschikbaar, het zogenaamde Veluwemodel¹⁾. Dit is een grofschalig model (celgrootte 250 bij 250 meter). De winning Epe ligt in de gestuwde zone van de Oost-Veluwe enkele kilometers ten westen van Epe. In deze zone is sprake van een sterke anisotropie. De doorlatendheid van de ondergrond in noord- en zuidrichting is veel hoger dan in oost- en westrichting. Het bestaande model laat in deze zone nog verschillen zien van meters tussen gemeten en berekende stijghoogten. Voor de beoordeling van de effecten van de voorgenomen activiteit is dit te groot. Voor deze studie is daarom veel energie gestoken om de gestuwde zone modelmatig beter in de vingers te krijgen, zodat de voorspelkracht van het model sterk zou verbeteren. Daarnaast zijn de peilen en de bodemhoogten van het watersysteem in detail (celgrootte 25 bij 25 meter) opgenomen in het model. De verfijning van 250 naar 25 meter is in hellende gebieden van groot belang.

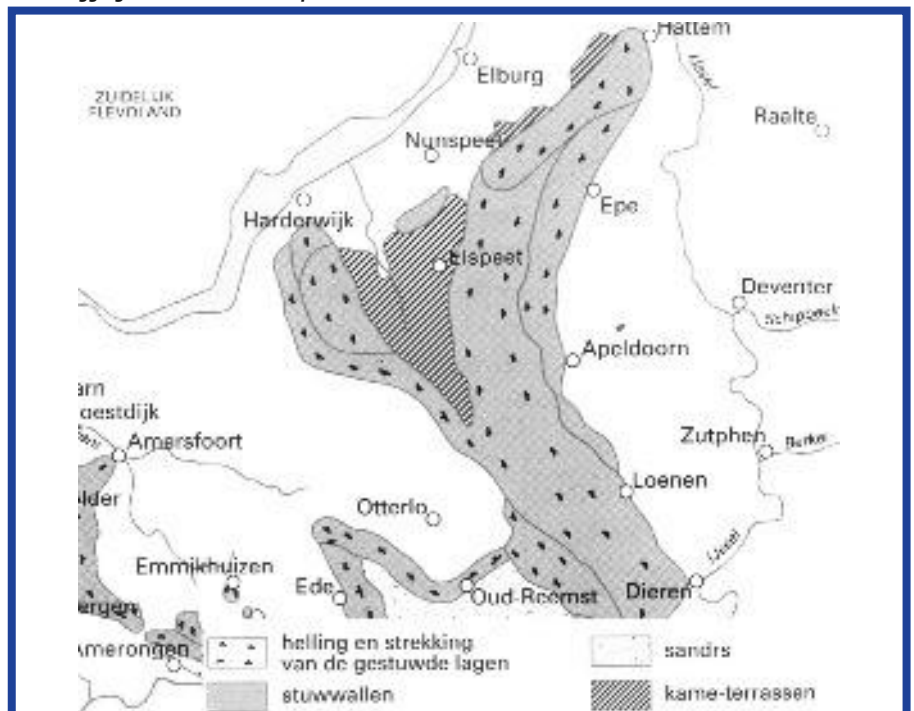
Kleischotten

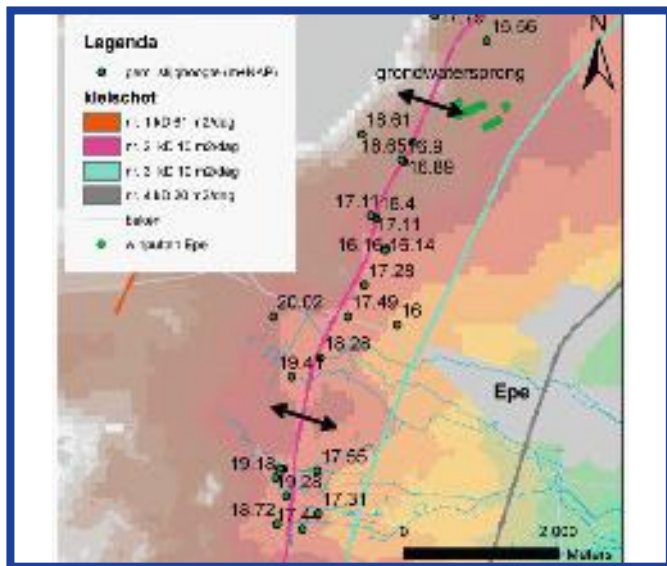
Kleischotten zijn kleilagen die door de kracht van de gletsjer uit de Saale ijstijd, die het IJsseldal kwam binnenschuiven, opzij geschoven zijn en bijna verticaal zijn neergezet (zie afbeelding 3). Ze hellen iets naar het westen. De kleischotten zorgen ervoor dat compartimenten ontstaan met een lichte gradiënt van de grondwaterstand. Over de kleischotten zelf is doorgaans een groot verschil in grondwaterstand meetbaar. In perioden met veel neerslag lopen de oostelijke compartimenten vol, waardoor de grondwaterstand hier dicht onder het maaiveld staat of er water uittreedt.



Afb. 2: Werking van de infiltratie bij Epe.

Afb. 3: Ligging stuwwallen rondom Epe²⁾.





Afb. 4: Grondwaterstandsmetingen rondom de winning.



Kwelwater in beek.

Waaruit blijkt de aanwezigheid van kleischotten?

De kennis bij Vitens, Waterschap Veluwe en Provincie Gelderland is bijeen gebracht en de volgende databronnen en gebiedskenmerken zijn aangedragen en gebruikt:

- grondwaterstandsmetingen in oost-westraaien, die duidelijke sprongen in grondwaterstanden laten zien (zie data in afbeelding 4 uit het DINO-loket);
- een pompproef bij een studie naar verspreiding van verontreiniging van de Achterste Molen;
- kennis vanuit bronbemalingen (verlagingspatronen), veldwaarnemingen en duidelijke kleurverschil in uittredend grondwater in sloten en sprengkoppen (zie foto);
- kennis vanuit grondwatersaneringen;
- locaties waar folie in vijvers soms opdrijft;
- informatie over grondwaterafhankelijke vegetatie;
- radarinformatie;
- kennis die voortkomt uit het uitgraven van beken en het aanbrengen van sprengkoppen.

Kleischotten in model

Rekening houden met anisotropie in een grondwatermodel kan op twee manieren. Allereerst met een uniforme anisotropiefactor in een bepaalde zone. In het bestaande Modflowmodel was dit zo gedaan. Op deze manier komen de geconstateerde sprongen in grondwaterstand echter niet tot uiting. Een andere mogelijkheid is het in detail modelleren van de kleischotten. Op basis van metingen zijn de locaties vastgesteld waar een grondwatersprong optreedt. Samen met de overige brondata zijn vier kleischotten in noord-zuidrichting vastgesteld waar lokaal het water sterk opgestuwd wordt. Op basis van het verschil in grondwaterstand aan beide zijde van een kleischot is de doorlatendheid van het kleischot bepaald. Zo zijn kD-waarden vastgesteld van 10 tot 60 m² per dag voor een kleischot dat zich uitstrekt tot circa 100 meter diepte.

Met deze aanpassing aan het model berekende het model de sprongen over de kleischotten wel. De totale opbolling van de grondwaterstand op de Veluwe (in het

compartiment) was echter niet voldoende. Een extra regionale (uniforme) anisotropie bleek noodzakelijk om de juiste opbolling in het Veluwesysteem te berekenen. Dit duidt er op dat - naast enkele duidelijk aanwezige en meetbare kleischotten - (vele) kleine kleischotten aanwezig moeten zijn.

Toetsing model

Tijdens het vaststellen van de locaties van de kleischotten en de analyse van de brongegevens zijn de eigenschappen van het grondwatersysteem besproken. Enkele kenmerken zijn erg karakteristiek voor het grondwatersysteem en daarom vervolgens ook voor de toetsing van het modelresultaat gebruikt. Zo is het modelresultaat voor de volgende criteria getest:

- Allereerst is gekeken naar de afwijking tussen model en metingen ('geijkte analyse'). Hoewel plaatselijk nog steeds grote verschillen optreden, neemt het aantal peilbuizen met minder dan 50 cm afwijking tussen het model en de meting, toe van 57 naar 77 procent;
- De berekende stijghoogte bij het Wisselse en Tongerense Veen neemt door het modelleren van de kleischotten flink toe. Door het invoeren van de juiste ontwateringsniveaus komt het functioneren van de beken en de maaiveld drainage in het model beter met de werkelijkheid overeen. De beken ontwateren nu gedurende het hele jaar zoals dat ook in de praktijk blijkt;
- Het verval van de grondwaterstand over het kleischot is gebruikt om de weerstand van het kleischot te bepalen. Het modelresultaat is vergeleken met de metingen en kwam redelijk overeen.
- Stijghoogte in bebouwde kom Epe: met alle aanpassingen is het gelukt om de voorspelkracht voor de bebouwde kom van Epe te verbeteren, de afwijkingen zijn echter lokaal nog steeds groot;
- Voorts is met tijdreeksanalyse het effectgebied van de winning berekend en vergeleken met het berekende effectgebied. De gebieden komen goed overeen. Ook de tijdreeksanalyse wijst op duidelijke verschillen in doorlaatvermogen tussen de richtingen noord-zuid en oost-west.

Conclusie

Het modelleren van kleischotten blijkt mogelijk. Wel is hiervoor gebiedskennis noodzakelijk. De analyse van de brondata leidt er in ieder geval toe dat het grondwatersysteem gedetailleerder geanalyseerd kan worden en daardoor op meerdere fronten getoetst kan worden. Dit geeft meer inzicht in het grondwatersysteem.

Om kleischotten op de Veluwe nog beter te kunnen modelleren, is zeer intensief onderzoek nodig naar ligging, verbreiding en modelaanpak. Er zijn inmiddels wel technieken die dit mogelijk maken, maar die zijn voor een grootschalige toepassing nog te kostbaar. De vraag is ook of de verdere verbetering van het modelresultaat die daarmee bereikt zou kunnen worden de forse inspanning om deze informatie te verkrijgen waard is.

De stuwing ten westen van Epe bleek niet te modelleren met 'slechts' vier kleischotten. Een extra uniforme anisotropiefactor blijkt ook nodig in het model om de gemeten opbolling van het Veluwesysteem te modelleren. Met het gemeten verval over een kleischot kan het model goed worden gekalibreerd. Het juist invoeren van de detailontwateringsniveaus blijkt minstens zo belangrijk om het modelresultaat te verbeteren als het aanpassen van de kleischotten. Voor kleine beekdalen is de modelschaal, celgrootte van 25 bij 25 meter, en het verifiëren van de beschikbare inmetingen van beekbodems daarbij van belang.

Onzekerheid over doelen en beleidsuitgangspunten (in dit geval de GGOR-discussie en politieke ontwikkelingen rond EHS en TOP-lijstgebieden) bemoeilijkt het vaststellen van de referentiesituatie voor de modelberekeningen. Afstemming met gebiedspartijen is nodig om uitgangspunten gedragen te krijgen.

LITERATUUR

- 1) Minnema B. (2002). Modelleeromgeving Veluwe. TNO NITG 02-073-B.
- 2) Berendsen H. (1998). De vorming van het land, pag. 92 (naar Maarleveld 1953, 1981).