

Doorlatendheden van de ondergrond

Inleiding

Voor veel doeleinden wordt gebruik gemaakt van de hoeveelheid water die per tijdseenheid door een bodem kan stromen. Deze doorlaatfactor, weergegeven door een waarde k [m/dag], kan direct worden bepaald (metingen, pompproeven) of indirect (aan de hand van empirische formules en berekeningen). Pomper citeert in een artikel in *Stromingen* (1996) een aantal onderzoeken waarin dit soort schattingen is bepaald.

Aan de hand van de in het artikel van Pomper gegeven schattingsmogelijkheden is in Excel een schattingslineaal gemaakt. Met deze lineaal is aan de hand van boorbeschrijvingen en profielen een schatting gemaakt van de kD -waarde van een aquifer tussen twee kleilagen in. Kleilagen worden als niet doorlatend beschouwd. Dit is strikt genomen niet waar, maar het verschil in k -waarde kan een factor 3 of nog (veel) hoger zijn.

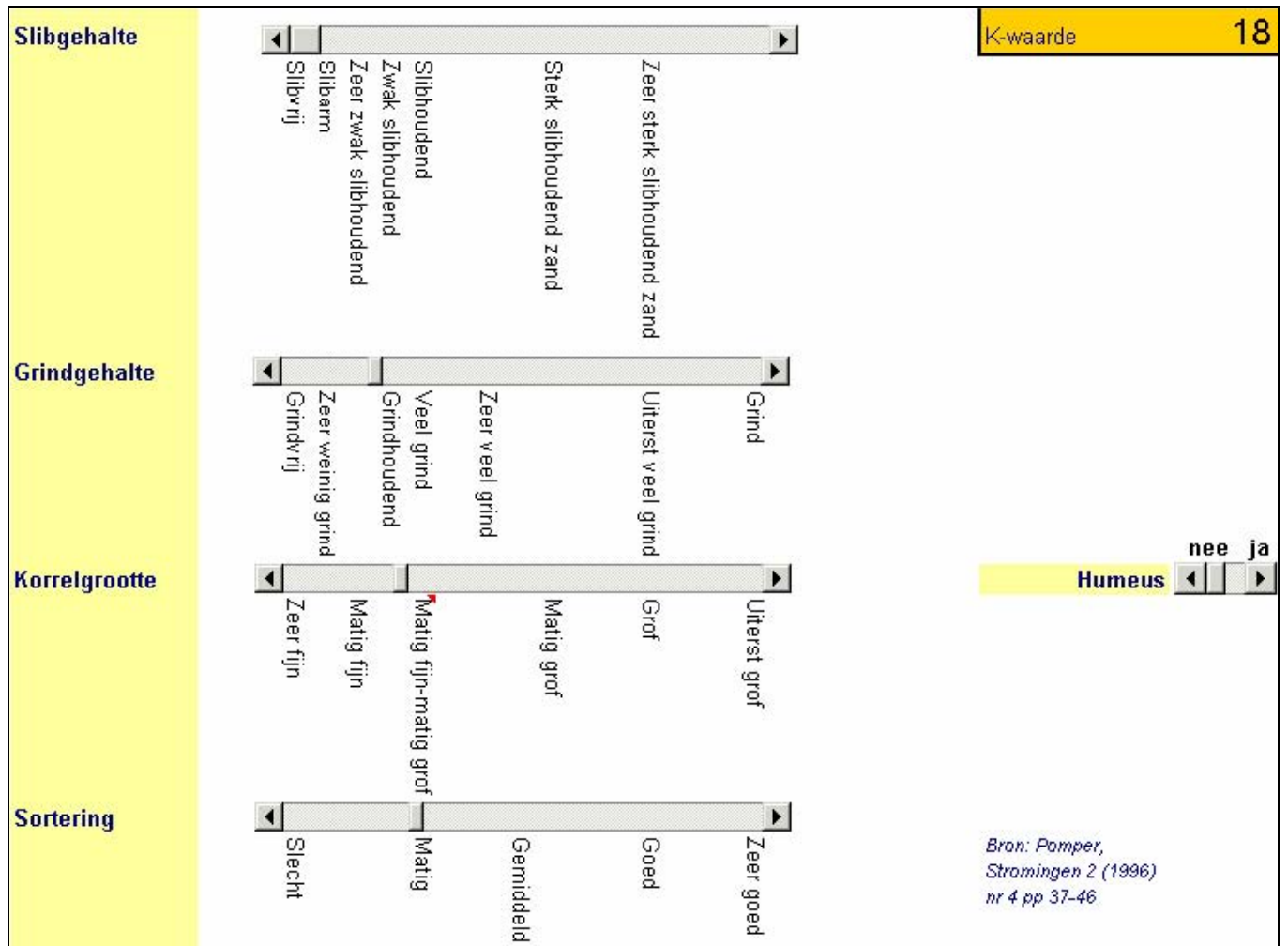
Hierna werden deze geschatte waarden vergeleken met door pompproeven bepaalde waarden.

De k -waarde van een sediment wordt bepaald door de volgende factoren:

- Korrelgrootte
- Sortering van het monster
- Slibgehalte van het monster
- Grindgehalte van het monster
- Aanwezigheid van humus, schelpmateriaal of glauconiet

De k -lineaal gebruikt waarden die in boorbeschrijvingen algemeen gebruikt worden. Schuifelementen zijn los van elkaar mogelijk voor wat betreft slib/silt gehalte, grindgehalte, de beschreven korrelgrootte, de mate van sortering en het voorkomen van humus.

Veen, klei en bruinkool worden als ondoorlatend beschouwd.



Voorbeeld van een berekening met behulp van de schuiflineaal

Toepassing van de schuiflineaal bij Tilburg

In Tilburg zijn in het verleden bij putten geslagen ten behoeve van brandblussing (zogenaamde Nortonputten) pompproeven uitgevoerd. Deze proeven, op een 80-tal verspreid in de stad gelegen lokaties, dienden als basis van de bepaling van de kD waarde in de nabijheid van de Nortonput. Bij de pompproeven werden de volgende zaken bepaald

- Capaciteit van de pomp (Q) bij de onttrekking [m^3 /uur]
- Grondwaterstand in de put voor pompen [m-mv]
- Grondwaterstand in de put tijdens pompen [m-mv]
- Gebaseerd op de laatste twee de verlaging (s) ten gevolgen van het pompen [m]
- De dikte van het watervoerende deel van de aquifer (b) boven de onderliggende kleilaag [m]

Met behulp van de formule van Logan voor ongeconsolideerde pakketten:

$$T = kD = 2.43 Qb/(s(2b-s))$$

Is vervolgens de kD berekend.

Aan de hand van de boorbeschrijvingen werd met behulp van de k-lineaal de kD berekend door per meter de k-waarde te schatten en al deze k-waarden bij elkaar op te tellen. De gemeten waarden werden voor 40 putten vergeleken met de geschatte waarden. Uit dit vergelijk kwamen drie klassen van verschillen:

- Geschatte waarden die binnen 20% van de gemeten waarden lagen en daarmee een representatieve weergave van de kD vormden (NB: meetfouten bij de pompproefbepaling van de kD waarden schat ik ook op zo'n 20% van de werkelijke waarde)
- Geschatte waarden die structureel te hoog waren. Dit was waarschijnlijk te wijten aan een te grove boormethode en/of beschrijving.
- Geschatte waarden die (veel) lager waren dan de gemeten waarden. Dit laatste fenomeen lijkt zich te beperken tot de nabijheid van breuken. Dit zou erop kunnen wijzen dat breuken van wezenlijke (waterleverende) invloed zijn op de pompproef waardoor de verlaging (s) kleiner was dan zonder extra waterlevering. Hierdoor wordt in de berekening de kD groter.

IJkpunten

De ondergrond van Tilburg is hiermee een ijkpunt voor de k-lineaal. Een tweede ijkpunt ligt in de pompproeven die de afgelopen 50 jaar zijn gedaan in putten ten behoeve van de waterwinning. In Regis (TNO-database) is hier een lijst van circa 400 kD-waarden opgenomen. Deze waarden staan (deels) tevens aangegeven op de Geohydrologische kaarten van Nederland.

Deze waarden zijn gebruikt om een vergelijk te maken met de geschatte waarden.

C-waarden

De weerstand van minder tot niet-doorlatende lagen is lastig te bepalen. Er zijn feitelijk geen schattingsmethoden. Klassiek worden c-waarden bepaald aan de hand van pompproeven. Regel is wel dat hogere lutum gehalten voor hogere weerstanden zorg zouden dragen. Ik acht het meer waarschijnlijk dat de c-waarde slechts een duiding geeft van het aantal "gaten" in een kleilaag, een maat voor de anisotropie en de laterale en horizontale heterogeneiteit van die laag. Deze laatste staat in relatie met het afzettingsmilieu. Bierkens heeft in 1994 in zijn proefschrift een beschouwing gemaakt van de invloed van heterogeniteiten van de deklaag in het rivierengebied en mogelijkheden gegeven om in dit gebied een en ander op te schalen van puntschaal (boringen) naar regionale schaal.

Voor de stroming in en aquifer kan een kleilaag als ondoorlatend worden beschouwd als het verschil in stijghoogte over een kleilaag heen beperkt is. In praktijk is dit verschil (buiten de invloed van pompstations) (veel) minder dan 1 meter. Stroming door kleilagen heen zal in de praktijk dan ook vrijwel niet hebben plaatsgevonden.

Pompproeven

NITG-TNO hebben hun Regis-II (TNO, 2005) model gebaseerd op een 534 pompproeven over heel Nederland.

Veel van deze (vrijwel alle?) zijn gelieerd aan waterwingebieden. De volgende opmerkingen moeten daarbij geplaatst worden:

- Veel filters doorsnijden meerdere pakketten. De gevonden kD en C-waarden zijn dan ook vaak niet relevant voor een specifieke, enkele aquifer.
- Vaak worden kleilagen als lateraal sterk verbreid beschouwd. In werkelijkheid zijn ze dat zelden. De meest uitgestrekte kleilagen in Nederland zijn de Holocene deklaag en de T3-kleien, de topkleien van Tegelen..
- Voor de berekening van de waarden worden metingen vaak kort (tijdsdruk) en onvolledig (te weinig meetpunten) gedaan. Hiernaast is bij hogere c-waarden de gemeten daling boven de onderhavige kleilaag in orde van grootte van atmosferische invloeden (luchtdruk, neerslag). corecties voor deze waarden devalueren de waarde van de metingen.

Een goed voorbeeld van dit laatste is gelegen in pompproeven in het waterwingebied Mondaf nabij Bergen op Zoom waar volgens het waterleidingbedrijf een hoge waarde voor de kleilaag (c-waarde van 6000 dagen) is gekoppeld aan een hoge kD-waarde van de onderliggende aquifer. TNO geeft voor beide veel minder hoge waarden.

Hoge c-waarden zijn vaak in het belang van waterwinners. De beschermingszones vallen dan kleiner uit (het water reist langer door de kleilaag heen) en zijn daarmee goedkoper.

Invloed van breuken

Recentelijk is gebleken dat de invloed van breuken op de grondwaterstroming groot kan zijn (Bense, 2004). Voorts is vaak onbekend waar veel breuken exact liggen. NITG-TNO baseren zich op seismische onderzoeken. Seismiek is evenwel niet echt geschikt voor structuren onder de 25 meter (=oplossend minimum vermogen van de seismiek). Veel van de Neogene breuken zijn evenwel op 5-25 meter schaal. Deze kleine breuken zijn toch vaak hydrologisch van belang. Om de invloed van deze breuken te visualiseren is het volgende voorbeeld te geven.

Op de lokatie Gilzerbaan is met behulp van een dicht netwerk van boringen een lithologisch model van de ondergrond gemaakt. Dit model gaf aan dat op een tweetal lokaties de blokken ten opzichte van elkaar verschoven zijn. De eerste lokatie ligt onder het Bels Lijntje en staat lokaal bekend als de Gilzerbaan breuk, de tweede lokatie ligt net ten zuiden van de A-58. Deze laatste breuk verzet de neogene lagen ongeveer 25 meter waarbij het noordlijke blok gedaald is. Deze breuk is van belang daar ze loodrecht op het aanstromende grondwater ligt. De regionale grondwaterstroming is zuid-noord gericht. Binnen 500 afstand van deze breuk liggen een 14-tal putten. Deze zijn gebruikt om de invloed van breuken op de grondwaterstroming verder te visualiseren. De putten zijn gebruikt om een lengteprofiel te construeren wat parallel aan het breukvlak ligt. Dit profiel is vervolgens geprojecteerd op het breukvlak. Hiermee wordt verondersteld dat ze een overzicht geeft van het voorkomen van klei- en zandlagen ter plekke van de breuk.

Vervolgens is met behulp van de door Bense (Bense 2004) aangeduide methode op het breukvlak de Shale Gouge Ratio (SGR, Freeman 1998) bepaald. Dit is een combinatie tussen de spronghoogte op het breukvlak met de hoeveelheid klei in de lithologie. Veel klei zal leiden tot veel versmering op het breukvlak en subsequent tot een (sterke) vermindering van de doorstroming met water. Een lage SGR (de grens ligt empirisch bij 20) wijst op een mogelijke lokatie waar water wel langs het breukvlak naar beneden kan stromen. In de olie-industrie werkt de methode goed. Op het profiel zijn de ondoordringbare zones (groene vlekken) aangegeven op het breukvlak van de Snelwegbreuk. Ter hoogte van de Heidebaan (pompput D49, waarnemingsput 1) is er een opvallend dunne plek in de hoogste kleilaag (=de klei van Tegelen). Ook tussen de diepere lagen zijn er contacten met een afwezige tot lage SGR. Deze contacten worden bevestigd door de overeenkomsten tussen de drukhoogten in de diverse pakketten.

Over deze SGR-figuur zijn de temperaturen geplot (dunne rode lijnen) die gemeten zijn in de putten zelf. Vooral bij het centrale gat in de SGR is er sprake van een duidelijke afkoeling naar de diepte toe. Dit wijst op de instroom van ondiep, kouder water op het breukvlak naar de diepte toe.

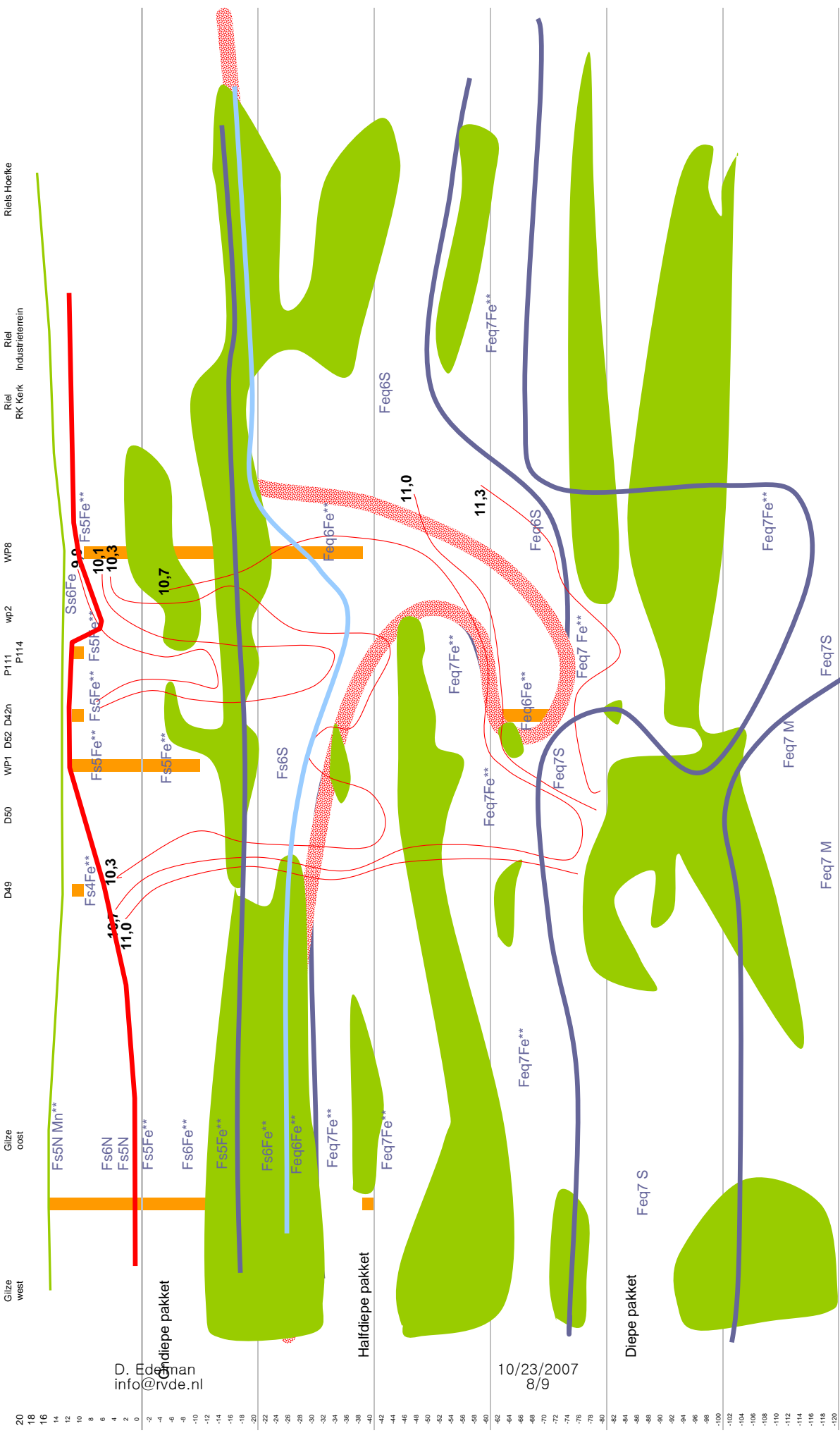
Ten slotte is aan de hand van chemische analyses de redoxtoestand bepaald van het water in de putten (dus niet op het breukvlak zelf!) volgens een door Broers beschreven methode (Broers, 2000). Deze watertypen zijn met een letter-cijfer combinatie in het profiel geplot. Hieruit blijkt dat nabij het SGR-gat en de lagere temperatuur ook het grondwater een verandering kent van gereduceerd water (Feq7M, Feq7S)

naar meer geoxydeerd water met Fe^{**} ionen. De verschillende watertypen zijn van elkaar gescheiden met blauwe lijnen.

In een aantal putten is water aangetroffen met een verhoogde redox-potentiaal. Dit uit zich in een toename van nitraat en sulfaat in het grondwater. Deze zone met verhoogde redox-waarde is per put met een oranje kleur aangegeven. Het totaal van deze zones volgt de verlaagde temperatuur tong en is aangegeven met een brede rode stippellijn (een redoxfront).

Ten slotte is de zone met verhoogde waarden van nitraat aangegeven met een rode lijn.

Resumerend kan gesteld worden dat op deze lokatie ter hoogte van het breukvlak een instroom plaatsvindt van (verontreinigd) water uit het ondiepe (freatische) pakket. Met name het progressief naar beneden verplaatsen van het redoxfront en daarmee het verslechteren van de basiskwaliteit van het water in de aquifer is in strijd met de uitgangspunten van de Kaderrichtlijn Water.



D. Edelman
info@rvde.nl

10/23/2007
8/9

KD v 1.1

- Klei afslorping van het breukvlak zelf
- Redoxagressief water (veel sulfaat en nitraat)

Referenties

- | | | | |
|------------------|------|--|---|
| Bense, V. | 2004 | The hydraulic properties of faults in unconsolidated sediments and their impact on groundwater flow | Proefschrift, Falw VU |
| Bierkens, M.F.P. | 1994 | Complex confining layers | Thesis, UU |
| Broers, H.P. | 2000 | A new process-based hydro-chemical classification of Groundwater | TNO-report NITG 00-143-B NITG-TNO, Utrecht |
| Freeman, B et al | 1998 | Fault seal prediction: the gouge ratio method | in Structural geology in reservoir characterization pp. 19-25 Geological Society London |
| NITG-TNO | 2005 | Van gidslaag naar hydrogeologische eenheid | TNO rapport 05-038-B |
| Pomper A.B. | 1996 | Schatting van doorlaatfactoren (k-waarden) aan de hand van in boorarchieven aanwezige boorbeschrijvingen | Nederlandse Hydrologische vereniging, Stromingen 2 |