

De berekening van de behoefte aan doorspoeling van een ~~6700~~ Wageningen
en het daartoe uit te voeren kwelonderzoek

Wanneer de zoute kwel in een polder bekend zou zijn, zal men als volgende stap in het onderzoek zich moeten beraden op de hoeveelheid zoet water, die nodig zal zijn om dit zout te verdrijven. Deze hoeveelheid zoet water zal afhangen van het zoutgehalte van dit zoete water en van het zoutgehalte van het kwelwater. Vooral de variaties in de kwel zullen van belang zijn, wanneer men de behoefte aan zoet water zou uitdrukken als verhouding tot de kwel. Wellicht zullen er meer omstandigheden van belang blijken te zijn, voor een deel afhankelijk van het punt van uitgang, dat een constante kwel kan zijn, waarnaast regen en verdamping van belang zijn, of dat men uitgaat van geconstateerde zoutgehalten in het polderwater, waarbij het belang van deze omstandigheden veel minder groot zal zijn. Het is misschien voor een eerste aanloop het eenvoudigste een hypothetisch geval onder ogen te zien, waarin regen en verdamping aan elkander gelijk zijn, de kwel over de gehele polder gelijk en gelijk van zoutgehalte is en het doorspoelwater volkomen zoet mag worden verondersteld.

Er zullen drie principes van verdrijven van zout bestaan:

1. De methode van de direct opgevangen kwel

In een leiding, waardoor men een waterstroming in stand kan houden, zal het zoute kwelwater dadelijk na uittreding uit de slootbodem en wanden in de waterstroom worden opgenomen en daarin worden vermengd. De kwel sommeert van meter tot meter en het zoutgehalte neemt naar de plek, waar wordt uitgeslagen, toe.

Stel de kwel k mm/etm, de zoetwateraanvoer z mm/etm, de breedte van de strook vanwaar de leiding de kwel opneemt b , het zoutgehalte c en de lengte langs de leiding vanaf het inlaatpunt tot een willekeurige plek l , dan is de hoeveelheid water, die op een willekeurig punt door de leiding stroomt gelijk:

$$z + kbl$$

De hoeveelheid zout in dit volume water zal zijn:

$$kblc$$

Het zoutgehalte \bar{c} zal dus bedragen:

$$\bar{c} = \frac{kblc}{z + kbl}$$

De hoeveelheid zoet water z , nodig om het zoutgehalte c tot een waarde \bar{c} te drukken is nu

$$z = kbl \left(\frac{c}{\bar{c}} - 1 \right)$$

2. De methode van het stootsgewijze verdrijven van het zout

In de leidingen, waar men een stroom water doorstuwen kan, kan men het zoutgehalte als gevolg van de kwel tot een bepaalde hoogte laten oplopen en dan in zeer korte tijd er een stroom zoet water doorstuwen.



Zou dit met grote snelheid geschieden, zodat geen uitwisseling van zoet en zout water zou optreden als gevolg van soortelijk gewichtsverschil, zodat het zoete water het zoute als een onverdund blok voor zich uitschuift, dan zou de hoeveelheid benodigd water overeenkomen met de inhoud van de leiding.

Stelt men de open waterberging w en de oppervlakte van het door de leiding ontwaterde deel van de polder op bl , terwijl de diepte van de leiding gemiddeld d is, dan is de doorspoelingsbehoefte z gelijk:

$$z = blwd$$

3. De methode van het verdunnen van het zoute water

Wanneer men de polder van een flinke hoeveelheid water voorziet, dan zullen een aantal sloten geheel zoet worden en het zout water in de doodlopende uiteinden worden samengedrongen. Daar het zoute water echter zwaarder is dan het zoete, zal langs de bodem van de sloot het zoute water onder het zoete dringen en het zoete zal over het zoute naar de uiteinden van de leidingen bewegen, waar het zout werd samengedrongen. Het vereffenen van deze verschillen in zoutgehalte, met als drijfkracht enkele mm overdruk, zal een aanmerkelijke tijd duren. Zou men, na een zekere tijd voor het vermengen te hebben laten verlopen, het ingelaten water weer uitslaan, dan zal een zekere hoeveelheid zout worden afgevoerd.

De hoeveelheid water, die nodig is, hangt af van de snelheid van de vermenging en dus op de slootlengte, waarin de stroming optreedt. Men zal voor een aan de praktijk aangepaste oplossing wel een turbulentieterm moeten invoeren, die de mate van de stroming mede beheerst. De formule, die hier geldt, staat niet direct ter beschikking en zou moeten worden opgesteld. Het is mogelijk, dat voor de zouttong in de Waterweg deze relatie reeds is bestudeerd en in een op poldersloten overdraagbare vorm is vastgelegd. Dit zal moeten worden nagezocht.

Schatting van de doorspoelingsbehoefte van een polder

Wanneer men op een bepaald punt in een bestaande polder zoet water inlaat, zal het zij het met vrij wat moeite mogelijk zijn te berekenen hoe het zoute water teruggedrongen zal worden en hoeveel zout men op grond van de ingelaten hoeveelheid zal kunnen uitslaan. Het zal echter voor de hand liggen de polder van een indeling te voorzien, die de doorspoeling bevordert. Men kan wel reeds voorspellen, dat men het water in de zoetste delen van de polder zal moeten inlaten en de afvoer door de zoutste delen zal moeten leggen. Voor dit doel moet het kwelpatroon van de polder bekend zijn. Ervaring met het hanteren van de formules zal moeten worden opgedaan, zodat men de ontziltting onderwerp van een exacte berekening zal kunnen maken. Op grond van de theorie van het verdrijven van het zout alsmede op grond van het kwelpatroon zal het ontwerpen van een doorspoelingsstelsel een afwegen worden van de kosten van nieuwe leidingen en kunstwerken tegenover de mate van verdrijven van het zout en de gebruikte hoeveelheden water, beide laatste factoren eveneens gewaardeerd op hun economische betekenis.

Onderzoek naar het kwelpatroon

Het kwelpatroon zou men willen kennen zowel om een inzicht te verkrijgen in de hoeveelheid water, die op de polder komt als om de hoeveelheid zout te leren kennen. Aangezien de kwel bovendien afhankelijk is van de peilen in en buiten de polder, zal men tevens willen weten, hoe deze veranderingen in de drukken de stroming beïnvloeden.

Nu is kwel een moeilijk meetbare grootte. Kan men de hoeveelheid water al meten, dan weet men zelden met zekerheid, welk oppervlak deze kwel leverde en in welke mate de kwel gelijkmatig is. Verder wordt de hoeveelheid water door regen en verdamping beïnvloed. De waarden voor de inkwellende hoeveelheid water zal men, door de andere termen van de waterbalans eveneens vast te stellen, zo goed mogelijk van de aanklevende fouten moeten trachten te ontdoen.

De inkwellende zouthoeveelheid is een waardevol gegeven, omdat regen en verdamping de hoeveelheid zout niet beïnvloeden. Wel zijn hier de vragen omtrent de omgrenzing van het zoutleverend gebied evenzeer moeilijk. Men zal zout van andere herkomst, onregelmatigheden in de zoutaanvoer van plek tot plek, zouttransport van elders enz. moeten trachten te elimineren. De omrekening van de inkwellende hoeveelheid zout op de inkwellende hoeveelheid water vergt nog een overzicht van het zoutgehalte van de doorstroomde ondergrond. Is dat zoutgehalte van laag tot laag verschillend, dan zitten hier ook nog de nodige moeilijkheden, die wederom via de waterbalans het beste getoetst kunnen worden.

De directe bepaling van de kwel

Wanneer men het te onderzoeken gebied in eenheden zou opdelen van voldoende kleine omvang en van deze eenheden de afgevoerde hoeveelheid water en zout zou bepalen, dan zou dit een goede benadering van de bepaling van de kwel kunnen opleveren, aangenomen, dat men de waterhoeveelheid zou weten te corrigeren op regenval en verdamping. Een dergelijke techniek lijkt echter nauwelijks uitvoerbaar en men dient andere wegen te bewandelen. Er zijn twee mogelijkheden om de kwel te bepalen op een wijze, die niet het karakter van een restwaarde-bepaling heeft.

Bepaling uit doorlatendheid en drukverval

Uit drukverval en doorlatendheid kan men de kwel direct berekenen. Bij het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding berust deze bewerking op de gegevens omtrent de doorlatendheid, die uit het onderzoek van Dr. de Ridder naar de diepe profielen volgt en op de metingen van het potentiaal verschil, dat men direct zou kunnen uitvoeren met buizen met diepe en ondiepe filters, maar waaraan de stromingsformules van Drs. Ernst een grote aanvulling kunnen geven. Deze formules toch geven eveneens een inzicht in het "waarom" van de waterstand in de diepe filters op grond van de peilen op het Deltameer.

Deze bepalingen van doorlatendheid en potentiaal verval zijn van beperkte nauwkeurigheid, maar vooral van beperkte dichtheid van het waarnemingsnet.

Het zal daarom gewenst zijn deze kwelcijfers te controleren via het zoutgehalte van het opkwellende water en het polderwater. Maar hiertoe moet men de zoutgehalten van het polderwater weer corrigeren voor regen, verdamping en afvoer, zodat deze directe meting in een meting van een waterbalans over zal gaan.

Bepaling van de doorlatendheid uit de ligging van het zoutfront

Waar zoute kwel en regenwater naar de drainbuizen of sloten afstroomt, zal een grens optreden, waaraan de ene kant zoet en de andere kant zout water door de grondlagen stroomt. Door vermenging zal deze grens wel wat vervagen, maar daar waar een dergelijke grens kan worden vastgesteld, moet uit deze grens zijn af te leiden hoeveel zout en hoeveel zoet water op de sloot komt. Uit het algemene stromingsbeeld dient daartoe te worden afgeleid hoe de stroombanen lopen en welk deel zout, welk deel zoet water voeren. Uit de bepaling van het zoutgehalte in sloten zonder transportzout kan men dit - overigens met diverse moeilijkheden - zelfs direct meten. In deze stromingsverhoudingen mag men een sterke demping van de fluctuaties in de neerslag verwachten. De ligging van de zoutgrens is vermoedelijk vrij constant en het voordeel van deze techniek zou dus zijn, dat men op grond van gemiddelde cijfers voor het regenoverschot een benadering moet kunnen krijgen voor het gemiddelde voor de kwel.

Nadelen van deze methode zijn er vermoedelijk ook en wel zowel een moeilijkheid van verdichting van het waarnemingennet als het verantwoorden van wisselingen in hydrologische eigenschappen in horizontale en verticale richting. Ook hier maakt de juiste beoordeling van het zoutgehalte van het slootwater een correctie op regen, verdamping en afvoer gewenst, zodat ook dit onderzoek in een waterbalans zal moeten worden ingepast.

De indirecte bepaling van de kwel

Indirect zouden wij een kwelbepaling willen noemen, wanneer men een totaal bedrag voor water en zoutbezwaar zou bepalen en dit bedrag zou uitsplitsen over alle factoren, die de waterbalans voor een deel bepalen. In deze bepaling van een aantal onbekenden uit even zoveel vergelijkingen is dan een van de onbekenden de kwel een van de op te lossen constanten. Het toedelen van een percentage van de waterbalans aan elke invloed uitoefenende factor is op zichzelf minder nauwkeurig dan een directe meting. Waar echter de directe meting toch aan een waterbalans wordt getoetst om fouten tegen elkaar weg te laten vallen of met elkaar te corrigeren, is het verschil in nauwkeurigheid wellicht minder groot dan op het eerste gezicht te verwachten lijkt te zijn.

De indirecte bepaling uit de balans voor de polder

Voor de gehele polder kan men de kwel bepalen uit de uitslagcijfers van het gemaal, regen, verdamping en inhoud van open watergangen. Door zoutcijfers te bepalen kan men de kwel zelfs redelijk nauwkeurig vaststellen. Wat ontbreekt, is echter de gebiedsgewijze variërende kwel binnen de polder, waarvan men slechts de som weet. Het is echter denkbaar, dat men uit de zoutcijfers voor de polder gewichtsgedaten afleidt, die mogelijk maken de totale kwel uit te delen over de te onderscheiden onderafdelingen van de polder.

Hierbij is het mogelijk de oplossing te geven voor verschillende seizoenen - dus discontinu naar de tijd. Het zal dan mogelijk zijn de gebieden in de polder te karakteriseren met het zoutgehalte en dus het gebied als een continu weergegeven variabele te hanteren. Men zou dan lijnen vinden voor gelijke zoute kwel. Het lijkt ook mogelijk de polder in afvoergebieden op te splitsen, waarvoor men uit de zout- en afvoercijfers subbalansen maakt en met de zoutgehaltecurve voor het gehele jaar te werken. Dus wordt dan het oppervlak discontinu en de zoutgehaltevariatie naar de tijd als continu veranderende factor in de bewerking opgenomen. Ook langs deze weg moet een toedelen van het totale kwelbezwaar aan kleinere gebieden mogelijk zijn. De balans wordt dan alleen voor de polder in totaal opgemaakt.

De indirecte bepaling uit de zoutgehalten van het slootwater

Wanneer men voor een groot aantal punten in een polder over zoutgehalten van het slootwater, regen en verdamping en inhoud van de open leidingen beschikt, dan kan men voor elk punt een waterbalans van winst uit kwel en regen en verlies uit verdamping en afvoer opstellen. Ook een zoutbalans kan worden opgesteld. Aangezien deze balansen steeds gelden voor wat er in het via het waarnemingspunt lozende gebied gebeurt, dient men de plaats van de waarnemingspunten op de grootte van het bijbehorende afstromingsgebied te beoordelen. Een klein gebied zal gemakkelijk zijn en vele punten zal men in doodlopende sloten moeten kiezen.

Het opnemen van een aantal waarnemingspunten met een groter achterland zal echter geen kwaad kunnen, omdat daarvoor een controle-mogelijkheid steekt. Deze ontwikkeling sluit dan aan aan de balans voor de polder als geheel uit het vorige punt. De geheel andere bepalingswijze via de verpompte debieten kan aan de uitkomst van de in dit punt besproken methode een aanzienlijke versterking van de nauwkeurigheid bieden.

De indirecte bepaling uit de grondwaterstanden

In de samenhang tussen regen, verdamping, drukhoogte, afvoer en berging van water boven en onder het phreatisch vlak levert een mogelijkheid van het bepalen van de kwel in de grond zelf. In welke mate een dergelijk getal voor de kwel ook maatgevend kan zijn voor de kwel in de sloten valt moeilijk te voorspellen. Daar deze bewerking thans nog veel tijd vergt en de betekenis niet zeker lijkt, kan deze wijze van benaderen van de kwel misschien beter worden beperkt tot enkele waarnemingspunten, waarvan reeds een lange reeks waarnemingen met vrij hoge frequentie beschikbaar is. Deze bewerking heeft de aantrekkelijke kant, dat er een getal voor de reductiefactor van Penman uitrolt. Het zou hiermede mogelijk zijn de verdamping beter te benaderen en daarmee de overige berekeningen te versterken.

De ontwikkelingsrichting van het onderzoek

Het zal bij de kwelbepaling wel blijken, dat alle methoden een zwakke kant hebben. Men moet er naar streven de lamme de blinde te doen steunen, met andere woorden, de sterke kanten van de verschillende methoden te leren kennen en te combineren tot het sterkste geheel.

Dit zal wel neerkomen op het zoeken van een formulering van het probleem, waarin alle onafhankelijke bepalingen een plaats kunnen krijgen. Het ideaal, dat men wel voor ogen zou moeten houden, maar niet zal behoeven te trachten het te verwirkelijken, is het opstellen van een formule voor de waterbalans, waarin de gebruikelijke termen zijn vervangen door de formules, die een term als de afvoer in verband brengt met drukhoogten, KD enz.-waarden, verdamping met de Penman verdamping, capillaire waternalevering, vochtvoorraad enz.

Een dergelijke formule kan men met kleinste kwadraten vereffenen en van elke groep waarnemingen kan dan een gewicht worden berekend. De waarnemingsgroepen met het laagste gewicht zijn het minste waard en kan men dus het beste weglaten. Zouden zoutgehalten in tochtsloten blijken een laag gewichtsgetal te hebben - zoals wij wel verondersteld hebben, maar lang niet zeker weten - dan zou men die waarnemingspunten beter kunnen weglaten.

Het is de vraag of deze toetsing door onze rekenafdeling reeds kan worden opgezet en uitgevoerd, terwijl dit in elk geval een moeilijke zaak zal zijn. Zonder hier de opzet te volgen, die aan de hoogste eisen van bewijstechniek voldoet, kan men echter omtrent de waarde van de verschillende waarnemingsgroepen nog wel een indruk krijgen tijdens de bewerking van de waarnemingen. Wanneer bij de bewerking van de gegevens vooral op dit gewicht wordt gelet, zal men op gevoel wel tot een conclusie kunnen komen, die er niet zo erg naast is. Uit het geheel van de combinatie van alle methoden zal op die wijze de methode moeten volgen, die tot het nauwkeurigste geheel voor de op te stellen routinetechniek voert.

ir. J.C. Visser