

B. BOUW- EN WATERBOUWKUNDE 11.

INHOUD: Eigenaardige ervaringen opgedaan bij het bepalen van grondwaterstanden door middel van peilbuizen, verklaard door P. A. M. HACKSTROH. — Korte technische berichten: Bijdrage tot de kennis van den invloed van de getijbeweging op de stijghoogte van het grondwater. — Een electrisch gelascht torenhuis. — De verbouwing van de Wearmouth-brug te Sunderland.

Eigenaardige ervaringen opgedaan bij het bepalen van grondwaterstanden door middel van peilbuizen,

verklaard door

P. A. M. HACKSTROH,

Luit. Kol. Genie b.d.

Ter zake van dergelijke ervaringen komen eenige mededeelingen en beschouwingen van Dr. Ir. J. A. HEYMANN, Scheikundige Bacterioloog der Gemeentewaterleidingen van Amsterdam, voor in het tijdschrift *Water en Gas*, N^o. 11 van 1929. Medegedeeld werd, dat het de aandacht van de heeren K. VOLKERSZ en W. F. A. GRIMM, resp. directeur en leeraar aan de Rijkstuinbouwschool te Lisse, had getrokken, dat de waterstanden in door hen aangebrachte peilbuizen onmiddellijk, nadat er regen gevallen was, begonnen te stijgen en dat dit verschijnsel reeds optrad vóórdat redelijkerwijze aangenomen kon worden, dat het regenwater het grondwater bereikt had; de stijging in de peilbuizen was veel grooter dan met den regenval overeenkwam, ook indien daarbij in aanmerking werd genomen, dat, afhankelijk van het poriënvolume van de betreffende grondsoort, het regenwater een aanmerkelijk grootere stijging van den grondwaterspiegel zou moeten teweegbrengen dan het aantal millimeters regenval; de waargenomen stijgingen toch waren vele malen, zelfs tot 70 maal zoo groot; hield de regen op, dan trad vrij spoedig ook weder daling van het water in de peilbuis in, en na verloop van enkele uren was de „normale” stand weer bereikt.

Overeenkomstige verschijnselen werden daarna door Dr. Ir. HEYMANN bij door hem gedane laboratoriumproeven geconstateerd.

Als verklaring in „qualitatieven” zin geeft de heer HEYMANN op, dat door het capillair indringen van het op het maaiveld gekomen water de lucht tusschen dit water en het reeds in den grond aanwezige grondwater niet kan ontsnappen en onder druk komt te staan en derhalve het water in de peilbuizen moet stijgen. Hiermede is echter niet verklaard, dat de stijging van het water in de peilbuis *aanzienlijk* hooger kan zijn, dan overeenkomt met de hoogte van het waterkolommetje, dat de regenval vertegenwoordigt. De heer HEYMANN deelt dan ook mede, het verschijnsel slechts in qualitatieven zin te hebben uiteengezet, niet echter in quantitatief opzicht.

In een door mij eenige jaren geleden aan een gemeentebestuur uitgebracht advies betreffende voorzieningen te treffen ten aanzien van de draineering van een terrein werd door mij medegedeeld, dat zich tijdens het indringen van water in den grond een zeer ingewikkeld proces afspeelt, o.m. door de omstandigheid, dat het indringende zakwater de uitwijking van lucht uit de poriën van den grond belemmert, wat samendrukking van de lucht en dientengevolge stijging van water in de peilbuizen ten gevolge heeft, vooral indien door het op het bovenvlak van het terrein gekomen water, *plassen daarop ontstaan*.

Er moeten mijns inziens twee in quantitatief opzicht zeer verschillende toestanden worden onderscheiden en wel:

Geval 1. Het terrein wordt niet, of is niet meer met een waterlaagje bedekt; het ingedrongen regenwater wordt dus, zoolang het de capillaire zône van het grondwater nog niet heeft bereikt, in den grond niet alleen aan de onderzijde, maar ook aan de *bovenzijde* begrensd door *holle waterspiegeltjes*.

Geval 2. Het terrein is met een waterlaagje bedekt; het gevallen en deels ingedrongen regenwater wordt dus, zoolang het de capillaire zône van het grondwater nog niet heeft bereikt, in den grond aan de onderzijde door holle waterspiegeltjes, doch aan de bovenzijde boven het terrein door een *horizontale* waterspiegel begrensd.

In *Geval 1* wordt de luchtlaag tusschen het grondwater en het ingedrongen regenwater samengedrukt, doch de meerdere druk, die op de ingesloten luchtlaag wordt uitgeoefend, kan — indien slechts één grondsoort aanwezig is — nooit grooter zijn dan de druk van een waterkolommetje met een hoogte, gelijk aan die van het ingedrongen water. Derhalve kan ook ten gevolge van deze indringing het water in de peilbuis *hoogstens* stijgen over een hoogte, overeenkomende met de dikte van de ingedrongen waterlaag. Zoolang, b.v. ten gevolge van geringen regenval of diepe ligging van het grondwater, geen evenwichtstoestand is ontstaan, zal de stijging van het water in de peilbuis geringer zijn dan de dikte van de ingedrongen waterlaag.

In *Geval 2* speelt de *horizontale* waterspiegel bij de waargenomen verschijnselen een *zeer belangrijke* rol. Ten einde dit te verklaren zullen wij eenvoudigheidshalve aannemen, dat wij slechts met één grondsoort te doen hebben en dat een evenwichtstoestand is ontstaan tusschen den druk in de, in den grond aanwezige, samengeperste luchtlaag en den druk, welken het zich boven die laag bevindende water op die luchtlaag uitoefent. Die druk is nu echter belangrijk grooter dan die, overeenkomende met de hoogte van het boven de luchtlaag aanwezige water. Door mij wordt in zoo eenvoudig mogelijken vorm in beginsel de volgende qualitatieve en quantitatieve toelichting van dit verschijnsel gegeven. Stel, dat de horizontale waterspiegel in de peilbuis — dus het phreatisch oppervlak van het grondwater rondom de peilbuis — voordat de regenval optrad, lag op D cm beneden het terreinoppervlak (maaiveld), en dat toen ten gevolge van de capillaire werkingen het grondwater gemiddeld C cm boven laatstgenoemden waterspiegel — d.i. het phreatisch oppervlak ter plaatse — naar boven gezogen was en dus de luchtlaag in den grond ter plaatse aanvankelijk gemiddeld $(D - C)$ cm dik was. Stel voorts, dat de horizontale waterspiegel van het op het maaiveld staande regenwater gelegen is op r cm boven het maaiveld, en dat het regenwater gemiddeld tot een diepte van i cm beneden het maaiveld is ingedrongen. Ter hoogte van het horizontale vlak, overeenkomende met den *aanvankelijken* waterspiegel in de peilbuis,

wordt dan op het water in den grond een druk uitgeoefend, gelijk aan het gewicht van een waterkolom van $(r + i + C)$ cm, vermeerderd met het gewicht van de samengeperste luchtkolom, thans dik $(D - C - i)$ cm; dit laatste gewicht kan echter gerust verwaarloosd worden, omdat het zeer gering is. De ten gevolge van het aanwezig zijn van den boven het maaiveld gelegen *horizontale* waterspiegel uitgeoefende druk op een horizontaal vlak, gelegen rondom de peilbuis ter hoogte van den aanvankelijken waterspiegel in de peilbuis, komt dus overeen met een waterdruk van $(r + i + C)$ cm en het water in de peilbuis moet dus $(r + i + C)$ cm zijn gestegen om een toestand van evenwicht te kunnen doen ontstaan. Hieruit volgt, dat die stijging, hoe klein r en i ook zijn, toch minstens gelijk is aan C cm, d.i. minstens gelijk aan de gemiddelde hoogte waarover de betreffende grondsoort het water ten gevolge van capillaire werkingen naar boven zuigt. Deze waarde C zal hierna eenvoudigheidshalve genoemd worden de capillaire stijghoogte van water in de betreffende grondsoort.

Voorbeeld. Stel dat in een bepaald geval $(r + i)$ cm was 3 cm (dus het regenwater gemiddeld tot 3 cm beneden het oppervlak van het op het maaiveld staande water was ingedrongen) en dat de capillaire stijghoogte van water in de betreffende grondsoort 80 cm is (dus $C = 80$), dan zou bij den evenwichtstoestand het water in de peilbuis dus ten gevolge van den regenval 83 cm zijn gestegen.

Bij vorenstaande beschouwingen zijn wij ervan uitgegaan, dat een evenwichtstoestand is ontstaan en dus ook de indringing van het regenwater in den grond tot stilstand is gekomen. Daarvoor wordt echter vereischt, dat tegen den onderkant van het ingedrongen water een druk wordt uitgeoefend grooter dan de atmosferische druk, en wel zoo veel grooter, dat die meerdere druk gelijk is aan dien van een waterkolom van $(r + i + C)$ cm hoogte, zijnde dit de meerdere druk, welke het ondervlak van het ingedrongen water, mede tengevolge van de *oppervlaktespanning* van de *holle* waterspiegeltjes van dat ondervlak, op de luchtlaag uitoefent. Deze luchtlaag was aanvankelijk dik $(D - C)$ cm en verkeerde toen onder den atmosferischen druk, welke b.v. overeenkomt met dien van een 1033 cm hooge waterkolom. Om den rusttoestand te kunnen doen ontstaan moet de luchtlaag dus door het ingedrongen water zijn samengeperst tot een druk, overeenkomende met dien van een waterkolom hoog $(1033 + r + i + C)$ cm. Bij een zelfde waarde van C heeft natuurlijk de voor het intreden van den evenwichtstoestand vereischte samendrukking eerder plaats bij een *geringere diepteligging van het grondwater beneden het maaiveld*. De mogelijkheid bestaat, dat bij geringen regenval en groote diepteligging van het grondwater beneden het maaiveld geen evenwichtstoestand kan bereikt worden waarbij nog een *horizontale* waterspiegel boven het maaiveld aanwezig is; alsdan zal de grootste stijging van het water in de peilbuis geringer zijn dan $(r + i + C)$ cm. Van af het oogenblik, dat minder regenwater op het maaiveld valt dan in den grond indringt, daalt de horizontale waterspiegel. Deze waterspiegel zou daarna dan spoedig gaan verdwijnen en door holle waterspiegeltjes vervangen worden, waarna de indringing zou voortgaan, tenzij tengevolge van het ontstaan der holle waterspiegeltjes de waterdruk op de luchtlaag zoo sterk vermindert, dat de samengeperste luchtlaag de verdere indringing belet. Een eventuele luchtontsnapping — waaraan bij het ontstaan van holle waterspiegeltjes geringer weerstand wordt geboden — kan veroorzaken, dat de druk in de luchtlaag spoedig vermindert, waardoor de *overgang* tot de holle waterspiegeltjes spoedig kan plaats hebben en de verdere indringing van het water in den grond mogelijk wordt. In deze periode zal dan ook de waterspiegel in de peilbuis belangrijk *dalen*. Geval 2 gaat dan over in geval 1.

Met behulp van vorenstaande beschouwingen is het verschijnsel ook in quantitatief opzicht toegelicht, terwijl uit die beschouwingen volgt, dat in het geval 2 het ver-

schijnsel in kwalitatieven zin beheerscht wordt door de omstandigheid, dat het gevallen regenwater aan de bovenzijde *niet* door holle waterspiegeltjes, maar door een horizontale waterspiegel wordt begrensd.

Op den grooten invloed van dien horizontale waterspiegel op den waterdruk in den grond werd door mij reeds gewezen in *De Ingenieur* van 1919 op blz. 247, 2e kolom. Door verdere bestudeering van den invloed van capillaire werkingen is mij deze aangelegenheid daarna veel duidelijker geworden.

In mijn vorenstaande beschouwingen heb ik eenvoudigheidshalve o.m. buiten beschouwing gelaten:

a. de funiculare indringing van het water in den grond, welke indringing door de luchtlaag heen kan plaatsvinden;

b. het verschil tussehen drogen en vochtigen grond, voor wat betreft de mate van optreden van het behandelde verschijnsel.

Door mijn voorafgaande beschouwingen is ook te verklaren, waarom een brokje *droge keileem* in water aspirinevalt op de wijze als een in een glas water geworpen aspirinetablet. Brokjes *droge klei* vallen niet of zeer veel langzamer uiteen. Deze opmerking geeft een middel aan de hand om *leem* van *klei* te onderscheiden, hetgeen naar mijn meening zeer gewenscht is, ook omdat mijns inziens het gebruik van *leem* (ook *keileem*) voor rivier- en zeedijken boven de gewone waterstanden *zeer gevaarlijk* kan zijn. (Zie mijn beschouwingen in *Ons Polderland* van 15 April 1926, blz. 41 en volgende).

KORTE TECHNISCHE BERICHTEN.

Bijdrage tot de kennis van den invloed van de getijbeweging op de stijghoogte van het grondwater.

Onder dezen titel is van de hand van ir. J. H. STEGGEWENTZ een wetenschappelijke verhandeling verschenen als Mededeeling n^o. 9 van het Rijksbureau voor Drinkwatervoorziening, welke als overdruk is overgenomen uit de Verslagen en Mededeelingen betreffende de Volksgezondheid 1929, n^o. 5. Aanleiding tot deze publicatie was het geo-hydrologisch onderzoek, door bovengenoemd bureau verricht ten behoeve van den bouw van een keersluis te Vlissingen, die thans in uitvoering is. Daarvoor was het maken van een diepen bouwput noodzakelijk. Het grondwater ter plaatse verkeert in gespannen toestand. Tijdens de uitvoering moest de druk van dit water worden verlaagd, om het ontstaan van wellen, of oppersing van den bodem van den put te voorkomen. Nagegaan diende derhalve te worden, hoe hoog die druk kon oplopen bij stormvloed en welke waterhoeveelheden aan het grondwater moesten worden onttrokken, om de noodige drukverlaging te verkrijgen.

De eerste vraag is opgelost met behulp van de grootendeels nieuwe theoretische gezichtspunten, door schrijver in bovengenoemde mededeeling ontwikkeld. Door RIBBUS, PENNINK en VAN OLDENBORGH was reeds eerder gewezen op de voortplanting van den druk door getijbeweging in gespannen grondwater. Bekend was, dat de getijbeweging zich tamelijk ver landwaarts in zulk grondwater voortplant. Echter was nog niet nagegaan, welk verband er bestaat tussehen de stijghoogte van het buitenwater en die van het grondwater. Het is noodzakelijk, dit verband op te sporen, ten einde uit de waarnemingen, die bij normale tijstanden van het buitenwater worden verricht, de grondwaterstanden te berekenen, die bij stormvloed kunnen worden verwacht. Dit verband is uit den aard der zaak van plaatselijke omstandigheden afhankelijk. Voor elke situatie is daarom een geo-hydrologisch onderzoek noodzakelijk. Het doel van dit onderzoek, uitgevoerd in den geest van de door ir. STEGGEWENTZ ont-