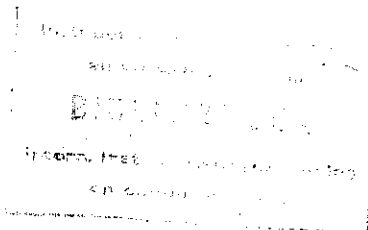


NN31545.0118



BIBLIOTHEEK
STARINGSGEBOUW
VERTROUWELIJK

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING
Nota no. 118 (dd november 1961)

De stroming van het grondwater in de omgeving van
de voegen van gebakken drainbuizen*)

drs. L.F. Ernst

De stroming van het grondwater naar evenwijdige reeksen gebakken drainbuizen mag in een verticale doorsnede twee-dimensionaal beschouwd worden, behalve in de omgeving van de voegen. De bedoelde gebakken buizen zijn niet poreus en laten slechts bij de voegen water door. Daarom heeft de stroming niet alleen een richting loodrecht op de as van de buizen, maar om de voeg te bereiken heeft de stromingsrichting ook een component evenwijdig aan de as van de buizen.

Hierdoor moet in het algemeen met een grotere weerstand worden rekening gehouden, dan uit een twee-dimensionale beschouwing volgt. Deze extra weerstand hangt af van de doorlatendheid van de grond rondom de voegen, van de aansluiting van de grond aan de buizen, van het binnendringen van gronddeeltjes in de voegen, van de breedte van de voegen en van de afmetingen van de drainbuizen.

De totale radiale weerstand w kan gedacht worden te zijn opgebouwd uit twee delen, respectievelijk voor de weerstand in de grond en voor de weerstand in de spleet:

$$w = w_g + w_s$$

De weerstand in de grond, zoals volgend uit een twee-dimensionale beschouwing, moet met een bedrag Ω vermeerderd worden om w_g te krijgen. Bij een radiaal symmetrische toestroming vanuit een cilindrooppervlak met straal r_3 naar een reeks gebakken drainbuizen met straal r_2 kan in geval $r_3 \gg r_2$ hiervoor geschreven worden:

$$w_g = \frac{1}{2\pi k_g} \ln \frac{r_3}{r_2} + \Omega$$

*) Dit verslag is voor een groot deel een uittreksel van een hoofdstuk uit het proefschrift van drs. L.F. Ernst. Wij verzoeken U daarom de inhoud van dit verslag niet te publiceren of in welke vorm ook verder door te geven.



1 9 JAN 1962

ISN: 243205*

Wordt verondersteld, dat de voegen vrij van gronddeeltjes zijn, dan kan men met een afleiding analoog aan die van de wet van Poiseuille de volgende formule voor de weerstand w_s in de spleet vinden:

$$w_s = \frac{6\eta(r_2 - r_0)L_d}{\pi q g r_1 a^3}$$

L_d = lengte van de drainbuis

r_2 = straal van de buitenwand van de buis

r_0 = straal van de binnenwand van de buis

$r_1 = 0,5 (r_0 + r_2)$

a = wijidte van de spleet

η = viscositeit (bij 10° Celsius 0,013 Poise)

q = dichtheid

g = gravitatie-constante

Voorbeeld:

$L_d = 30$ cm; $r_2 = 3,5$ cm; $r_0 = 2,5$ cm; $r_1 = 3$ cm; $a = 0,3$ mm.

$$w_s = \frac{6 \times 0,013 \times 1 \times 30}{\pi \times 1 \times 980 \times 3 \times 0,03^3} = 9,36 \text{ sec/cm} = 0,011 \text{ dagen/meter}$$

Hiermee is aangetoond, dat de weerstand in de voegen praktisch niet van belang is, behalve indien $a \lesssim 0,1$ mm. Uit de praktijk zijn echter geen gegevens bekend, waaruit afgeleid zou kunnen worden, dat de drainbuis-industrie een zo regelmatig produkt zou afleveren, dat met dergelijke kleine waarden van a zou moeten worden rekening gehouden.

Bij de afleiding van een formule voor de extra weerstand Ω in de grond rondom de stootvoegen werd aangenomen, dat de grond volkomen aansluit tegen het buiten-oppervlak van de buizen. De gegeven formule is een benadering, welke een voldoende nauwkeurigheid geeft mits $r_2/L_d \lesssim 0,3$ en $a/r_2 \lesssim 0,3$. Hetzelfde probleem is door Kozeny in 1933 behandeld en in 1950 door Kirkham, welke onderzoekers echter tot minder praktische eindformules zijn gekomen.

$$\Omega = \frac{1}{2\pi k_g} \left\{ \frac{1}{90} \left(\frac{L_d}{r_2}\right)^2 + \frac{1}{3} \frac{L_d}{r_2} + \frac{1}{3,3} \frac{L_d}{r_2} \ln \frac{r_2}{a} \right\}$$

k_g = doorlatendheid van de grond rondom de voegen

Voorbeeld:

$$k_g = 1 \text{ m/dag}; L_d = 30 \text{ cm}; r_2 = 3,5 \text{ cm}; a = 0,3 \text{ mm}.$$

$$\Omega = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{8,6^2}{90} + \frac{8,6}{3} + \frac{8,6}{3,3} \ln 117 \right) = \frac{0,82 + 2,87 + 12,40}{2\pi} = 2,57 \text{ dg/m}$$

In de praktijk worden vooral die kleigronden door buizen gedraïneerd, waar de doorlatendheid ligt tussen 0,3 en 3 m/dag. Uit de gegeven formule volgen waarden voor Ω variërend van 0,5 tot 10 dagen/meter, wat vooral afhangt van de ingevoerde waarden voor k_g en a . Voor praktische toepassing zijn vooral de hogere waarden ($\Omega \geq 3$ dagen/meter) niet aanvaardbaar. De grondwaterspiegel zou dan niet zelden een zodanige hoge ligging hebben, dat een vertikaal vlak door de reeks buizen gebracht ~~de grondwaterspiegel~~ ^{snijden} zou snijden op een hoogte h_3 , die enkele decimeters boven de as van de buizen ligt. Dit laatste kan onmiddellijk afgeleid worden uit de volgende formule voor het stijghoogteverschil, dat nodig is voor een radiaal-symmetrische stroming vanaf een cylinderoppervlak (straal r_3 en stijghoogte h_3) naar de buitenkant van de stootvoegen (straal r_2 en stijghoogte h_2):

$$h_3 - h_2 = NL \left(\Omega + \frac{1}{2\pi k_g} \ln \frac{r_3}{r_2} \right)$$

N = neerslag - verdamping

L = afstand tussen de reeksen

Uit de laatste term van deze formule blijkt, dat hier gemakshalve een radiale symmetrie is verondersteld, hoewel die in werkelijkheid niet kan bestaan. Deze term is echter in de praktijk altijd veel kleiner dan de voorgaande term en daarom werd een nauwkeurige benadering voor overbodig gehouden.

In eerste benadering moet gelden, dat de stijghoogte op het buitenste aequipotentiaaloppervlak gelijk is aan de hoogte van het hoogste punt, dat tot de grondwaterspiegel gerekend mag worden. Hieruit volgt: $h_3 \approx r_3$. Verder geldt bij een geheel met water gevulde reeks drainbuizen, waarin juist geen overdruk heerst, dat $h_2 = r_2$.

Voorbeeld:

$$N = 5 \text{ mm/dag}; L = 15 \text{ m}; k_g = 1 \text{ m/dag}; \Omega = 2,57 \text{ dagen/meter}$$

$$h_3 = r_3; h_2 = r_2 = 3,5 \text{ cm}$$

$$h_3 = 0,035 + 0,005 \times 15 \times \left(2,57 + \frac{1}{2\pi} \ln \frac{h_3}{3,5 \text{ cm}} \right) = 0,25 \text{ m}$$

Daar zulke hoge waarden voor h_3 in kleigrond slechts zelden zijn waargenomen, ook na hevige regenval, kan hieruit de conclusie worden getrokken, dat de omgegraven grond in de drainsleuven ^{meestal} een veel betere doorlatendheid heeft dan de ongeroerde grond. Slempige zavelgronden hebben in enkele gevallen na aanleg van drainbuizen een minder goede ontwatering gegeven, wat mogelijk zijn oorzaak vindt in een lage doorlatendheid van de grond in de drainsleuven. Een nader onderzoek hiervan is echter niet bekend. Met de ontwatering van zandgrond door gebakken drainbuizen is nog vrijwel geen ervaring verkregen.

Uit de gegeven formule blijkt, dat het niet aan te bevelen is de extra weerstand in de omgeving van de voegen te verwaarlozen, tenzij de grond daar ter plaatse een doorlatendheid heeft van 3 m/dag of hoger. Poreuze buizen en buizen met veel perforaties kunnen, indien de doorlatendheid kleiner is dan 3 m/dag, een belangrijk voordeel opleveren. Bij poreuze buizen moet daarvoor de doorlatendheid van de wand van de buis aan een zekere voorwaarde voldoen. Globaal kan als voorwaarde gesteld worden, dat $w_b < 0,3$ dagen/meter, daar voor de praktijk in het algemeen een waarde van 1 tot 3 dagen/meter voor de totale radiale weerstand nog aanvaardbaar is.

Dat dit laatste in grootte-orde juist is, blijkt onmiddellijk na substitutie van de gebruikelijke waarden voor N en L in de volgende formule:

$$h_3 - h_2 = NLw$$

Voorbeeld:

$$N = 7 \text{ mm/dag}; L = 10 \text{ tot } 30 \text{ m}; w = 1 \text{ tot } 3 \text{ dagen/meter.}$$

$$h_3 - h_2 = NLw = 0,007 \times (10 \text{ tot } 30 \text{ m}) \times (1 \text{ tot } 3 \text{ dg/m}) = 0,07 \text{ tot } 0,63 \text{ m.}$$

Wil men voor een poreuze buis zonder ^{doorlatende}voegen of andere openingen in de wand berekenen hoe groot de doorlatendheid van de wand van de buis minstens moet zijn om te voldoen aan de voorwaarde, dat $w_b \leq 0,3$ dagen/meter, dan ligt het voor de hand opnieuw een radiale symmetrie te veronderstellen en van de volgende formule gebruik te maken:

$$h_2 - h_0 = q_0 \frac{r_2 - r_0}{2\pi r_1 k_b} = q_0 w_b$$

q_0 = hoeveelheid water, welke per tijdseenheid en per strekkende meter door de buizen gedraineerd wordt.

w_b = radiale weerstand in de wand van de buis.

Enkele dunwandige plastic buizen, welke door de N.V. Shell-Pernis met oplosbare zoutkristallen waren geïmpregneerd en door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding in september 1961 werden onderzocht, bleken een zeer goede doorlatendheid te hebben en een waarde voor w_b ver beneden bovengenoemde grens*).

Het vermelden van een dergelijke grens is in de eerste plaats bedoeld om een voorwaarde te geven, welke geschikt is voor gebruik in de praktijk. Voor een zuivere vergelijking tussen buizen van verschillende soort zou men gebruik moeten maken van een basisformule voor de totale weerstand, waarin de invloed van alle begeleidende omstandigheden is opgenomen.

*) Zie rapport 227/1061 (Metingen van de intreeweerstand van plastic buizen, welke met in water oplosbare zouten zijn geïmpregneerd) van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, samengesteld door de technisch ambtenaar F. Homma.