

Toepassing hydrologische modellen bij ontwerp vacuümextractie

1. Inleiding

Vacuümextractie of bodemlucht-onttrekking is een vrij nieuwe sanerings-techniek voor verontreinigde bodems, die geschikt is voor het verwijderen van vluchtige verbindingen uit de onverzadigde zone (boven de grondwater-spiegel).

Daarvoor worden onttrekkingsmiddelen, vacuümfilters of drains, in de grond aangebracht, waarmee bodemlucht wordt onttrokken.



IR. J. BOODE
TAUW Infra Consult BV



IR. C. G. J. M. PIJLS
TAUW Infra Consult BV



IR. E. A. HESLINGA
Provincie Limburg
Afdeling Bodem
Bureau Bodemsanering

De in de bodemlucht aanwezige verontreinigingen en de door desorptie vrijkomende verbindingen worden met de luchtstroom meegevoerd naar het onttrekkingsfilter, waarna een zuivering van de lucht kan plaatsvinden. De luchtstroom is de motor voor een aantal processen, die in de bodem een rol spelen bij de verwijdering van de verbindingen (desorptie, diffusie, verdamping). De sterkte van de luchtstroom, ofwel het onttrekkingsdebiet, is de variabele die eenvoudig is te beïnvloeden en die (mede) bepalend is voor het saneringsverloop. Voor een voorspelling van het saneringsverloop is een voorspelling van het debiet daarom onontbeerlijk.

Het onttrekkingsdebiet wordt bepaald door de onderdruk in de onttrekkingsmiddelen, de luchtdoorlatendheid van de bodem en door de geometrie van het probleem (afmeting en plaatsing van filters, dikte doorstroomde lagen, al dan niet voedende randen, enzovoort). In het onderstaande wordt een aantal vergelijkingen gegeven voor het verband tussen onderdruk en debiet. Daarvoor wordt aansluiting gezocht op de geohydrologische praktijk, omdat in dat veld een veelheid aan rekenprogramma's beschikbaar is. Als het debiet berekend is,

Samenvatting

Vacuümextractie of bodemluchtonttrekking is een saneringstechniek voor verontreinigde bodems, die geschikt is voor het verwijderen van vluchtige verbindingen uit de onverzadigde zone. De luchtstroom is de motor voor een aantal processen, die in de bodem een rol spelen bij de verwijdering van de verbindingen. De voorspelling van het luchtdebiet vormt daardoor de input voor een beschrijving van de uitwisselingsprocessen in de bodem. Het onttrekkingsdebiet wordt bepaald door de onderdruk in de onttrekkingsmiddelen, de luchtdoorlatendheid van de bodem en de geometrie van het probleem (afmeting en plaatsing van filters, dikte doorstroomde lagen, al dan niet voedende randen, enzovoort). In dit artikel wordt aangegeven dat de compressibiliteit van lucht geen beletsel vormt voor de toepassing van rekenprogramma's, die zijn ontwikkeld voor niet-compressibel water. Verder wordt een aantal praktijkgevallen behandeld, waarbij onderdrukken in de bodem zijn gemeten. Berekende en gemeten onderdrukken zijn met elkaar vergeleken. Ze blijken goed met elkaar overeen te stemmen, wat aangeeft dat het invoeren van de vereenvoudiging, dat lucht niet samendrukbaar is, acceptabel is.

kunnen daaropvolgend ook stroombanen en reistijden naar de onttrekkingsmiddelen worden berekend, waarmee het stromingsbeeld inzichtelijk wordt. Tenslotte wordt een tweetal praktijkgevallen beschreven, waarvoor de gemeten waarden voor debiet en onderdruk zijn vergeleken met berekende waarden.

2. Luchtstroming en druk

In het onderstaande zal een aantal stromingsvergelijkingen worden gegeven, waarbij wordt aangesloten op de publikatie van Kirkham [1946].

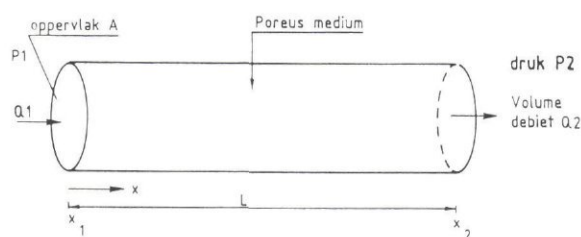
De redenering mondt uit in de stelling, dat bij drukken die weinig verschillen van atmosferische druk, de samendrukbaarheid van lucht mag worden verwaarloosd. De stromingsvergelijkingen voor lucht zijn

dan analoog aan die voor water. Laminaire stroming van lucht door een poreus medium kan worden beschreven met een Darcy-vergelijking en een continuïteitsvergelijking. Voor vacuümextractie is vooral de stationaire stromingssituatie van belang. Voor stationaire stroming zijn er geen bergingstermen in de continuïteitsvergelijking. Anders dan water is lucht samendrukbaar, wat in de stromingsvergelijking moet worden verwerkt. Twee stromingssituaties die worden beschreven zijn weergegeven in afb. 1.

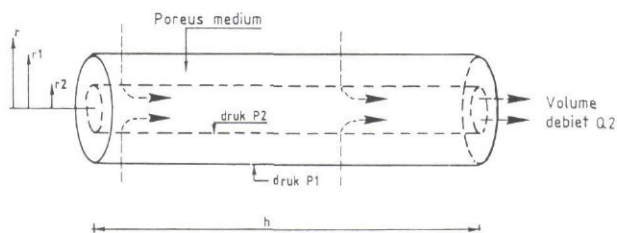
Voor de parallelle stroming in een kolom ontstaan de volgende vergelijkingen (zie afb. 1a):

– stromingsvergelijking volgens Darcy:
volumestroom:

a. parallelle stroming in kolom



b. radiale stroming in cilinder



Afb. 1 - Schema
luchtstroming
a. parallelle stroming in
kolom
b. radiale stroming in
cilinder.

$Q/A = - (k/\mu) (dp/dx)$
massastroom:
 $Q/A = - \varrho (k/\mu) (dp/dx)$ (1)
– continuïteitsvergelijking:
 $d(Q)/dx = 0$,
ofwel $Q = \text{constant} = (Q)^\star$ (2)
– voor een ideaal gas geldt:
 $\varrho/p = M/RT = \text{constant}$,
ofwel $\varrho = p (\varrho/p)^\star$ (3)

Uit (1), (2) en (3) volgt:
 $(Q)^\star \cdot (p/\varrho)^\star (1/A) dx =$
 $(Qp)^\star (1/A) dx = - (k/\mu) p (dp)$ (4a)

Voor de situatie in afb. 1a heeft dit als oplossing:
 $Q2 = (k/\mu) \cdot A \cdot (P1^2 - P2^2)/(2 \cdot P2 \cdot L)$ (5)

Een vergelijking in deze vorm is door Kirkham [1946] gepresenteerd. In vergelijking (5) zijn Q2 en P2 debiet en druk bij de uitgang, P1 is de ingangsdruk, A en L zijn oppervlakte en lengte van de kolom.

Andere symbolen die zijn toegepast:

Q	= volume per tijdseenheid	m ³ · s ⁻¹
Q/A	= volume per tijdseenheid per eenheid oppervlakte loodrecht op de stroming	m ³ · m ⁻² · s ⁻¹
ϱ	= soortelijke massa van de lucht	kg · m ⁻³
p	= luchtdruk	Pa
(Qϱ)⋆	= massadebiet met constante waarde	kg · s ⁻¹
k	= intrinsieke permeabiliteit van het medium	m ²
μ	= dynamische viscositeit van de lucht	Pa · s
g	= zwaartekrachtversnelling	m · s ⁻²
dp/dx	= verandering druk in de stromingsrichting	Pa · m ⁻¹
M	= massa gas per mol	kg · mol ⁻¹
R	= universele gasconstante	J · mol ⁻¹ · K ⁻¹
T	= absolute temperatuur	°K

Voor een radiale stroming in een cilinder (zie afb. 1b) is de vergelijking analoog aan (4a):
 $(Qp)^\star (1/A) dr = - (k/\mu) p (dp)$ (4b)
 $(Qp)^\star (1/(2 \cdot \pi \cdot h)) (1/r) dr = - (k/\mu) p (dp)$
met oplossing:
 $Q2 = ((k/\mu) \cdot 2 \cdot \pi \cdot h \cdot (P1^2 - P2^2))/(2 \cdot P2 \cdot \ln(r1/r2))$ (6)

Hierin is h de hoogte van de cilinder en r2 en r1 de binnen- en buitenradius van de cilinder. Een identieke oplossing wordt in Bird, Stewart and Lightfoot [1960] gegeven.

In het artikel van Kirkham [1946] worden verder metingen van Muskat [1937] en Muskat en Botset [1931] aangehaald. Uit die metingen bleek dat vergelijking (5) voldoet tot maximale drukverschillen tussen 63 en 424 kPa, afhankelijk van het poreuze medium. Bij grotere drukverschillen wordt de stroming turbulent. In vergelijkingen (5) en (6) wordt de drijvende kracht niet beschreven door het drukverschil (P1 - P2), maar door (P1² - P2²)/(2 · P2). Dit verschil is het gevolg van de samendrukbaarheid van lucht, in de integratie uitgewerkt als (p/P2) · dp = dp²/(2 · P2). Bij de bodemluchtonttrekkingen wordt gewerkt met drukken die weinig afwijken van atmosferische druk P_a (= 10⁵ Pa). De drijvende kracht kan dan worden herschreven:
– P = P' + P_a
– (P1² - P2²)/(2 · P2) =
P1 - P2 ·
(1 + (P1 - P2)/(2 · P2' + 2 · P_a))
≈ (P1 - P2), voor kleine onderdrukken (7)

Met een zekere fout kunnen de vergelijkingen (5) en (6) dan worden benaderd met lineaire uitdrukkingen in P, hetgeen vergelijkingen oplevert analoog aan bekende vergelijkingen in de hydrologie, namelijk respectievelijk de basisvergelijking van Darcy [1856] en Thiem [1906]:
 $Q2 = ((k/\mu_w) \cdot A \cdot (P1 - P2))/L$ (8)
 $Q2 = ((k/\mu_w) \cdot 2 \cdot \pi \cdot h \cdot (P1 - P2)/\ln(r1/r2))$ (9)

Daarin is μ_w de viscositeit van water. Ook voor meting van de luchtdoorlatendheid van grond wordt veelal gebruik gemaakt van lineaire uitdrukkingen [Groenevelt en Lemoine, 1987; Corey, 1986].

In de praktijk van de bodemluchtonttrekking wordt veelal gewerkt met onderdrukken van 5 à 10 kPa. De lineaire uitdrukkingen geven volgens vergelijking (7) dan fouten in het berekende debiet van 2,6 à 5,6%.

Kirkham [1946] leidt af dat bij drukken die weinig verschillen van atmosferische druk, de benadering tot een lineaire vorm onafhankelijk van de geometrie geldig is en zowel toepasbaar in de stationaire als in de niet-stationaire situatie. Algemeener geformuleerd: als er geen grote drukgradiënten zijn, kan de lucht als onsamen-drukbaar worden beschouwd [Sleep en Sykes, 1989].

Dit opent de weg tot het toepassen van hydrologische rekenprogramma's die te kust en te keur beschikbaar zijn, zowel voor het berekenen van onderdrukken als voor het berekenen van stromingspatronen en stroomsnelheden. Ook voor de transportconstante is het praktisch aan te sluiten op de hydrologie. In dat veld zijn namelijk talrijke gegevens over de doorlaatfactor voor water beschikbaar. Wordt de drukhoogte van lucht uitgedrukt in meters waterkolom H_w (10 kPa is bij benadering 1 m H₂O), dan is de verhouding tussen de transportconstante voor lucht k'_l en de doorlaatfactor voor water k_w omgekeerd evenredig aan de verhouding van de dynamische viscositeiten μ_l en μ_w:
– Q/A = (k/μ_l) (dp/dx) =
(k/μ_l) d(H_w ϱ_w g)/dx =
(k/μ_l) ϱ_w g (dH_w/dx) (10)
– k_w ≡ (k/μ_w) ϱ_w g (11)
– Q/A ≡ k'_l dH_w/dx (12)
Uit (10), (11) en (12) volgt:
k'_l = (μ_w/μ_l) k_w (13)

Uit de verhouding van dynamische viscositeiten wordt berekend dat k'_l/k_w = 74 bij 283 K. Daarbij moet worden bedacht dat de grond in de onverzadigde zone nooit volledig droog is (tweefasenstroming), zodat k'_l wat lager uitvalt en afhangt van vochtspanning of vochtgehalte van de bodem [Janse en Bolt, 1960; Groenevelt en Lemoine, 1987]. Bovendien is de viscositeit van lucht afhankelijk van de vochtigheidsgraad [Buehrer, 1932]. Als er geen meetmogelijkheden zijn, kan voor de onverzadigde zone voorzichtigheidshalve worden aangehouden k'_l = 50 k_w.

3. Rekenprogramma's

In het voorgaande is aangegeven dat de stroming van lucht met een beperkte fout kan worden berekend met hydrologische programma's. Daarvan zijn er vele soorten. Allereerst kan een tweedeling worden gemaakt in verlagingsmodellen en stroombaanmodellen. Verlagingsmodellen beschrijven het verband tussen onderdruk en debiet, met geometrie en doorlaatfactor als gegevens. Stromingsmodellen berekenen stroombanen bij een gegeven debiet en geometrie. Bij numerieke modellen wordt het doorstroomde gebied in vakken verdeeld, waardoor ook inhomogeniteiten kunnen worden verdisconteerd. Analytische modellen geven oplossingen die continue zijn in het berekeningsgebied, maar

heterogeniteit in bodemopbouw kan er maar moeizaam mee worden beschreven. In de onder beschreven cases is gerekend met de programma's TRIPOT en TRIFLO, die door TAUW Infra Consult BV zijn ontwikkeld en die zijn gebaseerd op de analytische elementen-methode. TRIPOT is een verlagingsprogramma en TRIFLO een stroombaanprogramma. Het zijn analytische programma's, waarbij oplossingen voor enkelvoudige elementen als drains, verticale onttrekkingsfilters en vijvers zodanig worden gecombineerd, dat aan de randvoorwaarden wordt voldaan. Voor de relatief kleine gebieden waarop de vacuümextractie veelal betrekking heeft, is de schematisatie tot een homogene bodemopbouw veelal gewettigd. In dat geval zijn de genoemde programma's nauwkeurig, flexibel en eenvoudig hanteerbaar.

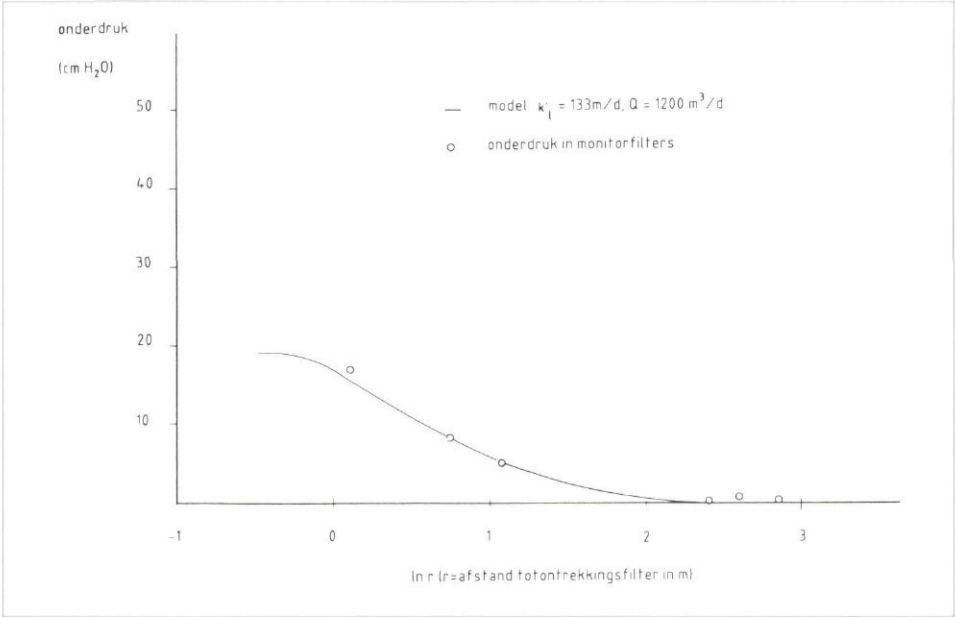
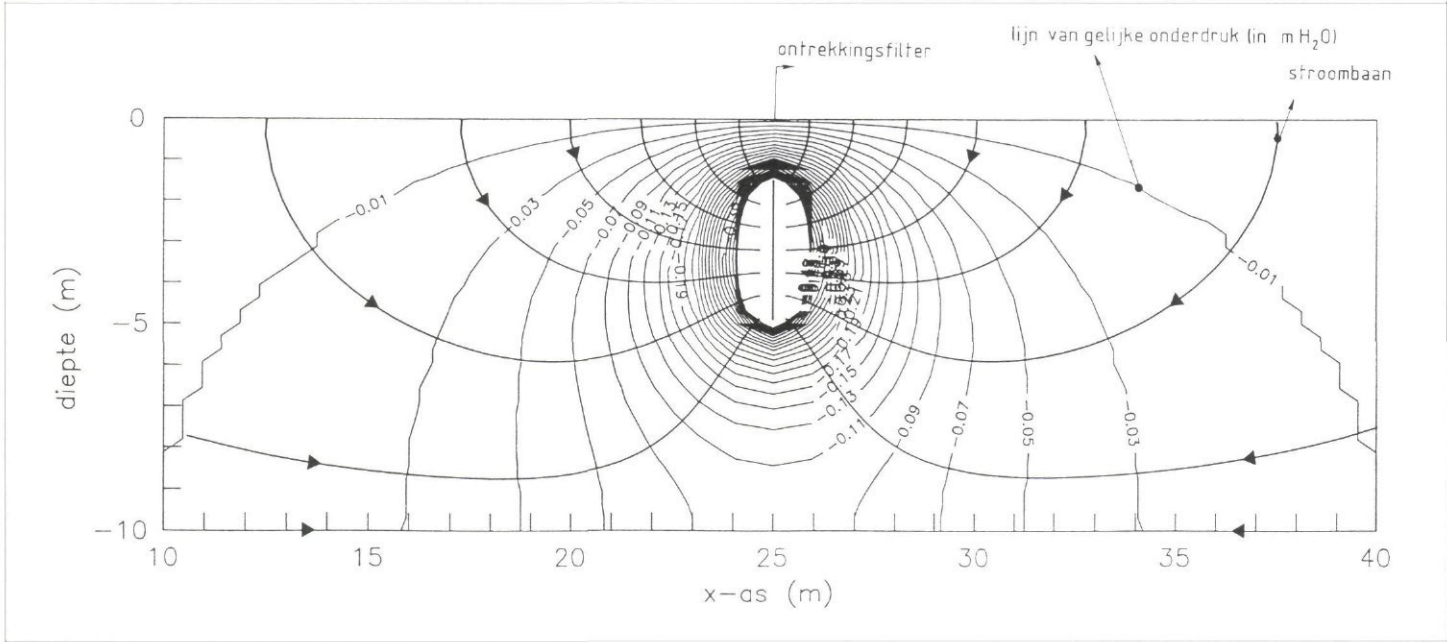
4. Berekeningen en metingen

Voor een tweetal cases zijn patronen van onderdruk en luchtstroming berekend. In het veld zijn aan deze praktijkgevallen metingen aan debiet en onderdruk

TABEL I – Kenmerken bodemluchtonttrekking Geleen.

bovenrand	: voeding, maaiveld
onderrand	: afsluitend, grondwaterspiegel op 10 m -mv
onttrekkingsfilters	: 1,5-5,0 m -mv
monitorfilters	: 0,7-1,0 m -mv
debiet onttrekking	: 1.200 m ³ /dag
onderdruk onttrekking	: 200 à 250 cm H ₂ O
onderdruk monitorfilters	: 17 cm H ₂ O op 1 m tot 0,1 cm H ₂ O op 15 m afstand

Afb. 3 - Berekende stroombanen en lijnen van gelijke onderdruk (in m H₂O) voor een bodemluchtonttrekking in Geleen. Modeldebiet 1.200 m³/d, k_l= 133 m/d. Radiale dwarsdoorsnede.



Afb. 2 - Gemeten en berekende onderdrukken bij een bodemluchtonttrekking in Geleen, als functie van de afstand tot de onttrekking.

verricht. De gemeten waarden zijn vergeleken met de berekende waarden.

Bodemluchtonttrekking Geleen

Op een lokatie in Geleen is sprake van een verontreiniging van de onverzadigde bodem met vluchtige oplosmiddelen, met name tetrachlooretheen. Met een aantal filters, aangesloten op een vacuümpomp, wordt bodemlucht onttrokken, waardoor de oplosmiddelen vervluchtigen en worden meegevoerd. De onverzadigde zone is 10 m dik en bestaat uit löss. In een proef is beurtelings

onttrokken aan één van de filters. In monitorfilters is de onderdruk gemeten, met een met water gevulde U-buis (nauwkeurigheid 0,5 cm H₂O). Een aantal kenmerken is weergegeven in tabel I.

Uitgaande van het onttrekkingsdebiet is in een aantal modelberekeningen de doorlaatfactor zodanig gevarieerd, dat een goede overeenstemming wordt bereikt tussen berekende en gemeten onderdruk in de monitorfilters. Een goede overeenstemming kon worden

gevonden bij een transportconstante $k'_l = 133$ m/d. In afb. 2 zijn berekende en gemeten onderdrukken als functie van de afstand tot het onttrekkingsfilter weergegeven.

De gevonden k'_l -waarde lijkt aan de hoge kant. Uit de Staringreeks [Wösten e.a. 1987] kan voor lössgronden een k_w -waarde worden afgeleid van 0,2 à 0,5 m/dag. Met de bovengenoemde omrekeningsfactor $k'_l/k_w = 50$ zou dit neerkomen op k'_l -waarden van 10 à 25 m/dag, hetgeen een ordegrootte kleiner is dan de bovengenoemde waarde van

133 m/d, die uit de ijking is voortgekomen. Mogelijke verklaringen zijn een vergrote doorlaatfactor door menselijke activiteiten in het stedelijk gebied (rioleringen, funderingen enzovoort) of lekverliezen, waardoor het effectieve debiet kleiner zou zijn (bijvoorbeeld via het filter of de omstorting).

In afb. 3 zijn de berekende onderdrukken en stroombanen weergegeven in een radiale dwarsdoorsnede over de bodempluchonttrekking. Daaruit blijkt dat de beluchtingsintensiteit afneemt met de afstand tot de onttrekking. Binnen een

TABEL II – Kenmerken bodempluchonttrekking Gennep.	
bovenrand	: afsluitend, onderzijde holocene kleilaag op 3,5 m -mv
onderrand	: afsluitend, grondwaterspiegel op 5,8 m - mv
onttrekkingsfilters	: 3,5-5,8 m -mv
monitorfilters	: 3,5-5,8 m -mv
debiet onttrekking	: 5.000 m ³ /dag
onderdruk onttrekking	: 80 à 115 cm H ₂ O
onderdruk monitorfilters	: 20 cm H ₂ O op 1,4 m tot 2,4 cm H ₂ O op 16,5 m afstand

straal van 12 m wordt 85% van de onttrokken lucht de bodem ingezogen.

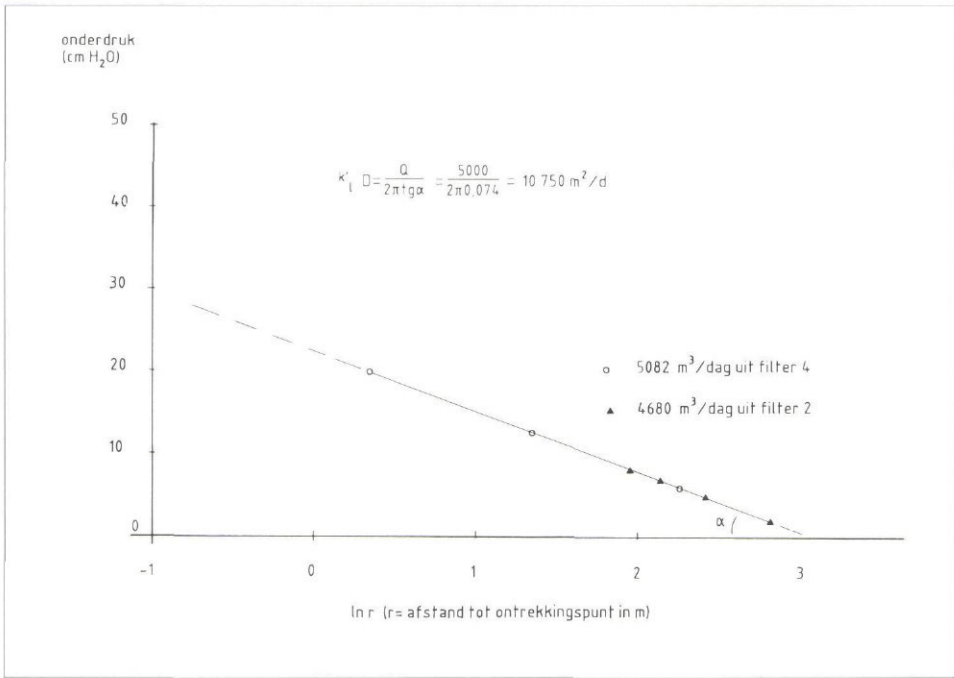
Bodempluchonttrekking Gennep

In Gennep worden met een bodempluchonttrekking vluchtige alifatische koolwaterstoffen (vluchtige componenten van diesel) verwijderd uit de onverzadigde zone van een voormalige olie-opslag. Een aantal kenmerken van de onttrekking is weergegeven in tabel II.

In afb. 4 zijn de gemeten onderdrukken in de monitorfilters uitgezet tegen de logaritme van de afstand tot het onttrekkingsfilter. De waarnemingen blijken goed op een rechte lijn te passen. Daaruit kan worden geconcludeerd dat de lineaire benadering volgens vergelijking (9) goed voldoet. In analogie van de pompproefanalyse volgens de methode Thiem kunnen hieruit de volgende parameters worden afgeleid:

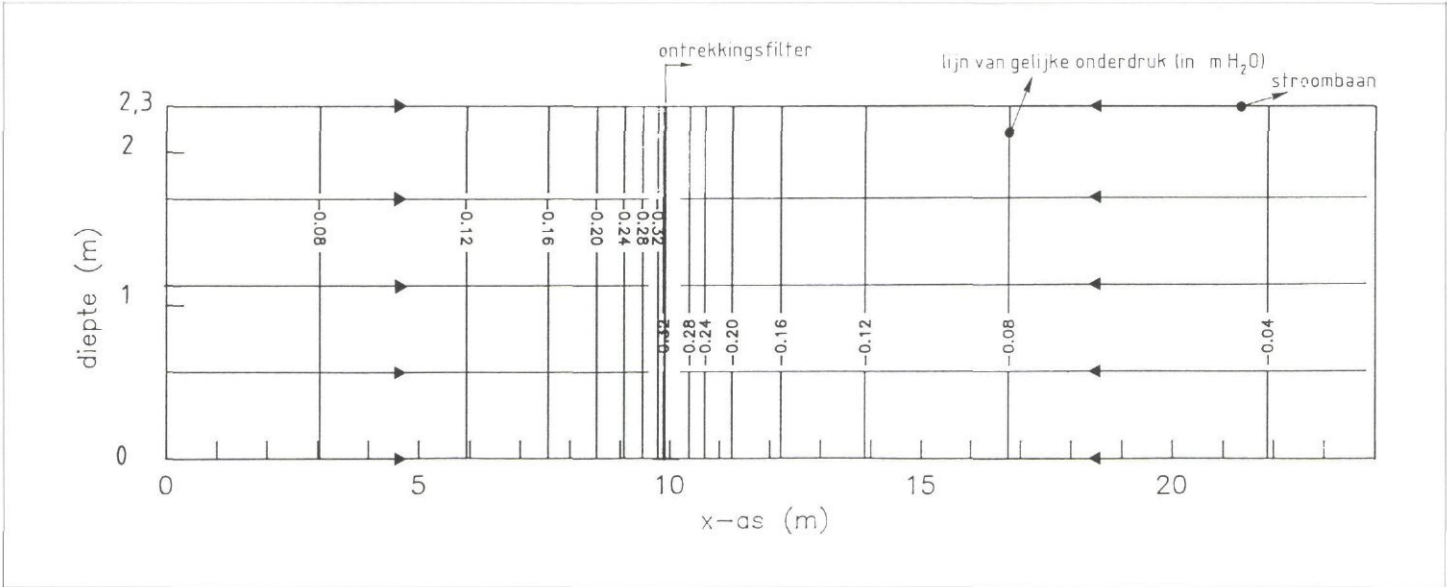
$k'_l \cdot D = 10.750$ m²/dag;
 $k'_l = 4.675$ m/dag.

Volgens de boven gegeven omrekeningsfactor $k'_l/k_w = 50$ wordt een $k_w = 94$ m/dag berekend. Dit is een zeer aan-



Afb. 4 – Gemeten en berekende onderdrukken bij een bodempluchonttrekking in Gennep, als functie van de afstand tot de onttrekking.

Afb. 5 – Berekende stroombanen en lijnen van gelijke onderdruk (in m H₂O) bij bodempluchonttrekking op voormalige olie-opslag in Gennep. Modeldebiet 5.000 m³/d, $k'_l = 4.675$ m/dag. Radiale dwarsdoorsnede.



nemelijke waarde voor het grind van het Maasterras, waaruit wordt onttrokken. In afb. 5 zijn de berekende onderdrukken en stroombanen weergegeven in een radiale dwarsdoorsnede over de bodemluchtonttrekking. In principe is de invloedsstraal oneindig. Met toenemende afstand wordt de stroomsnelheid van de lucht wel steeds kleiner.

5. Conclusies

Het luchtonttrekkingsdebiet vormt de input voor de beschrijving van de vacuümextractie en daarmee van de voorspelling van het saneringsverloop. De compressibiliteit van lucht blijkt geen beletsel te zijn om hydrologische programma's te gebruiken voor de berekening van debiet, drukverdeling en stroombanen. Theoretisch kan worden afgeleid dat bij kleine onderdrukken slechts beperkte fouten worden gemaakt, die wegvallen tegen de onzekerheden ten aanzien van de bodemparameters. Wanneer de onderdrukken worden uitgedrukt in meter waterkolom, is de transportconstante voor lucht of lichtdoorlatendheid in de onverzadigde zone circa vijftig keer de doorlaatfactor voor water. Ook metingen aan een aantal praktijk-situaties met bodemluchtonttrekking leren, dat het effect van de samen-drukbaarheid van lucht verwaarloosbaar is.

Literatuur

1. Buehrer, T. F. (1932). *The Movement of Gass through the Soil as a Criterion of Soil Structure*. Ariz. Agr. Exp. Sta. Tech. Bul. 39.
2. Bird, R. B., Stewart, W. E. and Lightfoot, E. N. (1960). *Transport Phenomena*. Wiley & Sons, New York, p. 151.
3. Corey, A. T. (1986). *Air Permeability*. In: Klute, A. (ed.). *Methods of Soil Analysis, part 1*. Monograph No. 9, American Society of Agronomy: 1121-1136.
4. Darcy, H. (1856). *Les fontaines publiques de la ville de Dyon*. Dalmont, V., Paris, 647 p.
5. Groenevelt, P. H. en Lemoine, G. G. (1987). *On the Measurement of Air Permeability*. Netherlands Journal of Agricultural Science 35: 385-394.
6. Janse, A. R. P. en Bolt, G. H. (1960). *The Determination of the Air Permeability of Soils*. Netherlands Journal of Agricultural Science 8: 124-131.
7. Kirkham, D. (1946). *Field Method for Determination of Air Permeability in its undisturbed state*. Soil Science Society of American Proceedings 11: 93-99.
8. Sleep, B. E. en Sykes, J. F. (1989). *Modelling of Transport of Volatile Organics in variably saturated media*. Water Resources Research, v. 25, No. 1: 81-92.
9. Thiem, G. (1906). *Hydrologische methoden*. Gebhardt, Leipzig, 56 p.
10. Wösten, J. H. M., Bannink, M. H. en Beuving, J. (1987). *Waterretentie- en doorlatendheids-karakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks*. ICW-rapport 18, STIBOKA-rapport 1932, Wageningen.

Voorlopig geen nieuwe dijkprojecten in Rivierengebied

In het Rivierengebied worden tot februari 1993 geen nieuwe dijkverzwarringsprojecten gestart. De lopende werkzaamheden worden wel afgemaakt. Dat hebben de waterschappen gezamenlijk besloten, aldus mr. C. Smit, algemeen directeur van de Unie van Waterschappen in Den Haag, het adviserend orgaan voor de waterschappen. Aanleiding voor het stopzetten van de aanbestedingen en gunningen voor de circa zeven dijkverzwarringsprojecten in het Rivierengebied is de mededeling van minister Maij-Weggen (Waterstaat), dat zij een nieuw onderzoek wil laten doen naar de noodzaak van dijkverzwaringen. Tegen de verzwaringen wordt al jarenlang actie gevoerd vanwege de grote aantasting van natuur en landschap in de kwetsbare gebieden.

Het waterschap Groot Maas en Waal ging als eerste overstag en liet weten de verzwaring van de Erlecomsedijk in de Ooypolder voorlopig niet te gunnen. De stichting Redt ons Rivierenlandschap en de belangenvereniging De Ooyse Dijken hadden bedreigd een kort geding tegen deze gunning aan te spannen, nadat de aankondiging van de minister bekend was geworden. Het geding is inmiddels ingetrokken.

'Het waterschap was van mening dat het geen zin heeft een werk te beginnen dat straks misschien weer teruggedraaid moet worden. De andere schappen in het gebied onderschrijven die visie, zodat er voorlopig geen nieuwe werkzaamheden gestart zullen worden', aldus Smit. Volgens Smit heeft de minister de schappen inmiddels toegezegd dat het geld dat voor 1992 gereserveerd was voor dijkverzwaringen, beschikbaar blijft, zodat de waterschappen geen financieel nadeel ondervinden van de tijdelijke stopzetting. Het Rivierenlandschap loopt volgens Smit geen gevaar nu de nieuwe dijkverzwaringen voorlopig niet doorgaan. 'Het werk moest in de zomer van 1993 klaar zijn en dat lukt ook nog als we in februari volgend jaar beginnen'. J. Ebben, voorzitter van de Ooyse Dijken, is verheugd over het besluit van de waterschappen. 'De eerste ronde van de strijd is gewonnen, aldus Ebben, 'al willen we nog steeds de rechter de MER-plichtigheid van een dijkverzwaring laten toetsen. Onze advocaat zoekt dat nu uit'. Werkzaamheden aan rivierdijken zijn pas MER-plichtig als het profiel van de dijk meer dan 200 vierkante meter bedraagt.

Vrijwel alle dijken zijn kleiner van omvang. De actiegroepen zeggen, dat waterschappen en provincies de dijken expres in kleine stukjes hebben geknipt voor wat betreft de zeggenschap om zodoende een MER (Milieu Effect Rapportage) te ontwijken. (ANP)

In memoriam ir. J. S. Kuyper

Op 21 juli jl. overleed geheel onverwachts de heer ir. J. S. Kuyper, oud-directeur van BKH Adviesbureau, op 63-jarige leeftijd in zijn woonplaats Denia in Spanje. Met het overlijden van de heer Kuyper is een collega en vriend van ons heengegaan die bij velen bekend stond om zijn innemende persoonlijkheid, zijn sterke betrokkenheid bij het vak en zijn streven naar kwaliteit.

Tijdens zijn studie en na zijn afstuderen in 1953 in de Civiele Techniek aan de toenmalige Technische Hogeschool te Delft was de heer Kuyper achtereenvolgens werkzaam bij het TNO en bij de research-afdeling van IHC-Holland.

In 1955 trad hij in dienst bij het 'Adviesbureau voor civiel-ingenieurswerken', het tegenwoordige BKH Adviesbureau te Delft.

In 1963 werd de heer Kuyper ONRI-lid en naast ir. R. J. V. Bongaerts lid van de maatschap.

In deze functie heeft hij tal van projecten met groot enthousiasme uitgevoerd.

Genoemd kunnen onder andere worden de realisatie van het regionale afvalwater-transportstelsel in West-Brabant en vele zuiveringstechnische werken in opdracht van diverse waterbeherende instanties.

Tevens was hij betrokken bij het ontwerp en de bouw van meetstations voor de waterkwaliteit van Rijn, Maas en IJssel, alsmede de aanleg van civiel-technische werken in de produkten-leidingstraat tussen Rotterdam en Antwerpen.

Naast deze activiteiten vervulde hij bestuursfuncties en had zitting in diverse commissies (onder andere KOMO, NNI, STORA, ISO) waarbij tot in 1992 als Bestuurslid van de SBR en in de NNI beleidsbegeleidingscommissie Bouwkunde.

Toen hij in 1982 om gezondheidsredenen zijn loopbaan als raadgevend ingenieur moest opgeven zette hij zijn vakkennis en ervaring in voor PUM-projecten in ontwikkelingslanden.

Wij zullen hem missen.

Onze gevoelens van medeleven gaan in het bijzonder uit naar zijn familie.

P. J. Huiswaard

J. Visser

BKH Adviesbureau