

CONSTRUCTIE EN EXPLOITATIE
VAN DE PUT

door A.J.N. Horstmeier

Mededeling nr. 48 van het KIWA

Rapport van de commissie putten.

Deze studie is uitgevoerd in het kader van het gezamenlijke speurwerk van het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening en het KIWA.
De auteur was ten tijde van het onderzoek project-leider bij het KIWA.

Rijswijk, augustus 1976

<u>INHOUDSOPGAVE</u>		blz.
LIJST VAN FIGUREN		7
INTRODUCTIE		10
SAMENVATTING		11
SUMMARY		12
1	INLEIDING	13
2	HET FILTER	17
2.1	De materialen	17
2.1.1	Hout	17
2.1.2	Aardewerk, porselein en andere gebakken produkten	21
2.1.3	Koper en koperlegeringen	22
2.1.4	Staal	23
2.1.5	Andere metalen	27
2.1.6	Beton	27
2.1.7	Asbest-cement	28
2.1.8	Kunststof	29
2.2	De filteropeningen	34
2.2.1	Ronde openingen	34
2.2.2	Sleufvormige openingen	34
2.3	De filterverbindingen	43
2.3.1	Toelichting op de eisen	43
2.3.2	Enkele voorbeelden van toegepaste verbindingen en toetsing aan de eisen	45
2.3.2.1	Schroefverbindingen	45
2.3.2.2	Flensverbinding	46
2.3.2.3	Klampverbinding	46
2.3.2.4	Mof- of manchetverbinding	46
2.3.2.5	Sokverbinding	49
2.4	Bijzondere filterconstructies	50
2.4.1	Schotelfilter	50
2.4.2	Filter met aangeplakte omstorting	51

	blz.	
2.4.3	Dubbel PVC filter met tussenliggende omstorting	52
2.5	Enkele gegevens over filters en filtermateriaal	52
2.6	Literatuur	54
3	DE STIJGBUIS	55
3.1	Eisen waaraan de stijgbuis moet voldoen	55
3.2	Toelichting op deze eisen	55
3.2.1	Waterdichtheid	55
3.2.2	Krachten op de stijgbuis	56
3.2.2.1	Eigengewicht van de constructie	56
3.2.2.2	Het bijkomende gewicht	56
3.2.2.3	Krachten tijdens aanvullen van het boorgat	57
3.2.2.4	Krachten tijdens de exploitatie	64
3.2.3	Diameter van de stijgbuis	65
3.3	Materialen	69
3.3.1	Hout	69
3.3.2	Staal	69
3.3.3	Asbest-cement	70
3.3.4	Kunststof	74
3.4	Literatuur	78
4	DE AANVULLING VAN HET BOORGAT	79
4.1	De omstorting	80
4.1.1	Eisen waaraan de omstorting moet voldoen	80
4.1.2	Toelichting op de eisen	81
4.2	Meervoudige omstorting	95
4.3	De aanvulling om de stijgbuis	96
4.3.1	Materiaal voor aanvulling	97
4.4	Literatuur	98

		blz.
5	DE PUTKOP	99
5.1	Eisen waaraan de putkop moet voldoen	99
5.2	Toelichting op deze eisen	100
5.3	Beschrijving van enkele constructies	102
5.3.1	De putkop bij centrale bemaling van de putten	102
5.3.2	De putkop voor een put waaraan door een bovenwaterpomp water wordt onttrokken	104
5.3.3	Het toepassen van de onderwaterpomp voor de winning van water	106
5.3.4	Slotopmerkingen	110
6	PEILBUIZEN	111
6.1	Het debiet	111
6.2	De afpompings	112
6.3	De intredeweerstand	112
6.4	Plaats van de peilfilters en -buizen	115
6.5	Peilmiddelen	117
7	HET ONTWIKKELEN VAN DE PUT	119
7.1	Vóórbeschouwing	119
7.2	Het ontwikkelen van een put in freatisch water	121
7.3	Het sectiegewijs schoonpompen van een put	124
7.4	Variaties op de beschreven methoden	128
7.5	Schoonpompen van een put in spanningswater	130
7.6	Nabeschouwing	130

blz.

8	DE EXPLOITATIE VAN EEN PUT	132
8.1	De te meten grootheden	132
8.2	De frequentie van de meting	132
8.3	De verwerking van de gegevens	133

LIJST VAN FIGUREN

blz.

1	Filter van Yang-hout	18
2	Doorsnede houten filter	19
3	Filter van roestvast staal	24
4	Detail filter van fig. 3	24
5	Stalen filter bekleed volgens het Rilsan-procédé	18
6	PVC-filter \varnothing 200, sleuven 50 x 1 mm	32
6a	Detail van PVC-filter met verticale sleuven	32
7	Polyester filter	32
8	Filter van gelijmd hout. Sleuven horizontaal; oppervlak geribbeld teneinde omstorting op afstand te houden en daarmee intredeweerstand laag te houden	33
9	Verschillende doorsneden van sleuven in een dikke filterwand	35
10	Vrije langwerpige openingen	36
11	Brug-openingen	36
12	Koperen filter met brugperforatie en rilverbinding	37
13	"Lip" filter	37
14	Filter met "luifel"-openingen	37
15	"Louvre" filter	37
16	Schroefverbinding	47
17	Klampverbinding	47
18	Manchet- of mofverbinding	47
19	Trekvast verbinding voor PVC	48
20	Sokverbinding voor PVC	49
21	Rilverbinding	50
22	Schotelfilter	51
23	Filter met aangeplakte omstorting	53
24	Filter met voorbereide omstorting	53
25	Centreerbeugels	57
26	Overdruk aan buitenzijde van de buis tijdens aanvulling	60

27	Overdruk op stijgbuis bij een put met filter in spanningswater	66
28	Verloopstuk houten filter \varnothing 200 mm - a.c. stijgbuis \varnothing 300 mm	71
29	Proefstuk voor beproeving op trek van de manchetverbinding bij a.c. buis	72
30	Grafiek formule α_{max} waarmede het boorgat mag worden aangevuld	76
31	Afwijkingen van de boorgatdiameter bij een onverbuise boring (grafiek)	82
32	Zeefkrommen van enige lagen uit de boring P3 van pompstation "de Haere" (grafiek)	84
33	Putkopconstructie voor zuigleiding (alleen voor lage grondwaterstand)	103
34	Putkop in kelder voor artesische put	107
35	Putkop in schutkoker voor put met onderwaterpomp	107a
36	Kelder als putkopconstructie waarin hoeveelheidsmeting, peilbuizen en afsluiting zijn ondergebracht	108
37	Bovenflens van constructie volgens fig. 35	110
38	Afpomping en intredeweerstand van een pompput	113
39	Spiegelverlaging doordat meerdere putten tegelijkertijd in bedrijf zijn	114
40	Grondwaterstroom	122
41	Apparaat voor het sectiegewijs schoonpompen van een put	126
42	Apparaat met onderwaterpomp voor het sectiegewijs schoonpompen van een put	127

TABELLEN

blz.

I	Vrije langwerpige openingen (zie fig.10)	38
II	Brug-openingen volgens DIN.4922	39

BIJLAGEN

I	Zeeanalyse: Boring P3 de Haere	135
II	Omstortingsgrind-gradaties	136
III	Dagboek schoon- en proefpompen proefboring II te Groesbeek	137
IV	Afpompingsgrafiek boring II te Groesbeek	144
V	Invloed kosten sectiegewijs schoonpompen van een put	145
VI	Grafiek put 3 pompstation Eerbeek	146

INTRODUCTIE

De mededeling "Constructie en exploitatie van de put" is voortgekomen uit de syllabus van de voordracht die door de heer A.J.N. Horstmeier is gehouden in de postacademiale cursus "Winning van grondwater". Deze cursus is voor het eerst in 1968 gehouden; voor dezelfde cursus in 1975 is de tekst belangrijk gewijzigd, aangevuld en ook hier en daar besnoeid.

In samenwerking met de commissie putten van het KIWA is deze syllabus bewerkt tot deze mededeling. T.o.v. de syllabus van de postacademiale cursus in 1975 zijn vele kleine verbeteringen in de tekst aangebracht.

Leden van de commissie putten waren:

Prof. ir. L. Huisman	Technische Hogeschool Delft (voorzitter)
Ing. P.J. van Winsen	Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen (secretaris)
Ir. M.C. Brandes	Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
A.J.N. Horstmeier	N.V. Waterleidingmaatschappij Gelderland
Dr. E.J.M. Kobus	Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen
Ir. P.A.N.M. Nühn	N.V. Waterleidingmaatschappij "Noord-West-Brabant"
Ir. H. Tuinzaad	Duinwaterleiding van 's-Gravenhage
Ir. K.D. Venhuizen	N.V. Waterleidingmaatschappij voor de Provincie Groningen
Drs. F. Walter	Dienst Grondwaterverkenning TNO
Ir. G. Zoet	N.V. Waterleidingmaatschappij "Noord-West-Brabant"

SAMENVATTING

Behandeld worden de punten die nodig zijn om een put voor waterwinning te kunnen construeren en bewaken tijdens het bedrijf. Het maken van het boorgat valt buiten het bestek van deze mededeling.

Begonnen wordt met het formuleren van de eisen waaraan het filter en de stijgbuis dienen te voldoen, welke constructies toegepast worden en in het verleden toegepast zijn, alsmede de voor- en nadelen van deze.

Bij de materiaalkeuze worden de waterkwaliteit en in verband met onderlinge beïnvloeding, de combinatie van verschillende materialen betrokken.

Bij de behandeling van de stijgbuis worden de krachten die tijdens het aanvullen van het boorgat op de stijgbuis kunnen werken uitvoerig behandeld.

Vervolgens worden de materialen die voor de aanvulling worden gebruikt besproken en de eisen waaraan deze dienen te voldoen geformuleerd.

De putkop wordt besproken; daarbij wordt gewezen op de invloed van de wijze waarop het water wordt gewonnen zoals een centraal zuigleidingsstelsel of individuele bemaling door een boven- of onderwaterpomp.

Van de peilbuizen worden de plaats en de uitvoering besproken. De methoden voor het meten van de intredeweerstand en de afpompingsmethode worden behandeld en het daarmee samenhangende begrip debiet. In verband met het debiet worden verschillende methoden voor het ontwikkelen van een put verklaard en de kosten van het ontwikkelen afgewogen tegen de baten. Tot slot wordt opgegeven welke waarden bepaald moeten worden om de put tijdens de exploitatie te kunnen bewaken.

SUMMARY

Only those points are treated which are necessary for the construction and the supervision of the well.

The drilling of the borehole is beyond the scope of this report.

First the requirements to be met by the filter and the casing are formulated including the constructions applied in the past and the ones applied at present, as well as their advantages and disadvantages. The choice of the materials is related to the water quality and the possible interaction between different materials.

The forces acting on the casing during the filling of the annular space around the casing are discussed extensively. Furthermore the materials for the gravelpack, the back-filling of the borehole and the requirements to be met are discussed.

The well head is discussed at which attention is paid to the effect of the way in which the water is caught, so as by means of a central suction system or by individual pumping with a pump placed above or under water.

As to the gauge pipes their place and construction are treated.

The methods for measuring the entrance velocity and the drawdown are dealt with in relation to the production of the well.

With reference to the capacity several methods for well developement are explained and their costs and profits are weighed against the rise in production, see enclosure V. In conclusion it is advised that during exploitation records are made about the data of yield, drawdown, inlet resistance etc. of the well as well as about the chemical characteristics of the pumped groundwater.

1. INLEIDING

Een put is een gat, dat in de grond is gemaakt, teneinde een vloeistof, zoals water, aan de bodem te onttrekken.

Uit deze definitie volgt, dat de vloeistof, tenzij anders vermeld, wordt in het volgende water bedoeld, uit de put kan worden afgevoerd (opgepompt), terwijl de vaste elementen van het watervoerende pakket achterblijven.

Dit laatste geeft geen moeilijkheden in steen- of rotsformatie welke watervoerende spleten bevatten.

In ongeconsolideerde formaties is echter een constructie nodig om het boorgat te bekleden.

Deze constructie zal van onderen naar boven moeten bestaan uit:

een filter, waardoor de vloeistof kan binnentreden;

een stijgbuis, waardoor het water naar boven wordt gebracht;

een putkop, waarmee de put wordt afgesloten en waarin aansluiting wordt gemaakt op de terreinleidingen (zie fig. 35 pag. 107).

Het filter kan zich over de gehele dikte van het watervoerende pakket uitstrekken. De put heet dan een volkomen put.

Beslaat het filter slechts een gedeelte van de dikte van het watervoerende pakket, dan spreekt men van een onvolkomen put.

Aan de bovenzijde van het filter zal de constructie met buizen verlengd moeten worden om het water boven maaiveld te brengen. Deze buizen vormen de stijgbuis.

Deze stijgbuis moet veelal ook de ruimte bieden om een onderwaterpomp en soms een peilbuis te plaatsen.

De peilbuis opent de mogelijkheid om de waterstand in de put tijdens bedrijfstoestand te meten. Dit vormt een belangrijk controlemiddel op de put.

Om het water bovengronds te brengen, kan gebruik worden gemaakt van een pomp, die in de stijgbuis van de put wordt

neergelaten of men kan een aantal putten op een centrale zuigleiding aansluiten en het water van een aantal putten tezamen bovengronds brengen.

Het eerste systeem is duurder dan het tweede, maar het heeft het voordeel, dat:

1. de opbrengst van iedere put in overeenstemming is met de constructie van de put;
2. het water met een druk groter dan $10^5 \text{ Pa}^*)$, door de leiding wordt gevoerd, zodat een lek in deze leiding wel aanleiding geeft tot waterverlies, maar niet tot bacteriologische verontreiniging. Bovendien is door het waterverlies het lek gemakkelijk te vinden.

De centrale afpompings van een aantal putten heeft het nadeel, dat:

1. de opbrengst van de put beïnvloed wordt door de opbrengst van andere putten en de leidingweerstand;
2. een lekkage in de leidingen aanleiding kan zijn voor bacteriologische besmetting of, indien geen ongewenst water binnentreedt, maar lucht, door beluchting van het water uitvlokking van o.a. ijzer kan optreden, dat in de leidingen neerslaat en de diameter verkleint.

Centrale afpompings zal men aantreffen waar het in het verleden is gemaakt en waar nog geen aanleiding is geweest om het te veranderen; of daar waar een groot aantal putten met kleine opbrengsten per put moet worden gemaakt. Onder kleine opbrengst in deze te verstaan: minder dan $4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec} \sim 15 \text{ m}^3/\text{h}$.

Voordat de putkop kan worden geplaatst, moet het boorgat, voor zover dit niet door filter en stijgbuis wordt ingenomen, worden aangevuld. Deze aanvulling in de zone, waar het filter is geplaatst, wordt met speciaal gesorteerd grind verricht en heet de omstorting. Deze begint ca. 2 m onder het filter en eindigt 2 m daarboven. Er moet met zettingen

*) $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ $1 \text{ atm} \sim 10^5 \text{ Pa}$

rekening worden gehouden en het filter moet steeds door de omstorting omgeven blijven.

Boven de omstorting, tot maaiveldhoogte kan voor de aanvulling de uitgeboorde grond worden gebruikt. Bij de aanvulling moeten de afsluitende lagen, klei, leem e.d. zorgvuldig worden hersteld. In het bijzonder geldt dit voor de aanvulling langs de stijgbuis. Een zorgvuldig herstel van afsluitende of moeilijk doorlatende lagen is noodzakelijk om de bacteriologische betrouwbaarheid van het aangeboorde grondwater te verzekeren. Bij geen of onvoldoende herstel van deze afsluitende laag of lagen, bestaat de mogelijkheid dat oppervlaktewater, onmiddellijk onder het maaiveld besmet geraakt met aldaar aanwezige bacteriën, langs korte weg het hygiënisch betrouwbare grondwater bereikt.

Voor een waterleidingbedrijf is een put een kostbaar bedrijfsonderdeel, dat zorgvuldig beheerd moet worden. Eén van de voornaamste controlemiddelen op de toestand van de put is het meten van het drukverlies, dat het water ondervindt bij de intrede van het filter. Deze grootte kan worden gemeten door in de omstorting een peilfilter aan te brengen en de stijghoogte daarin te vergelijken met de stijghoogte in de peilbuis in het filter. Het aanbrengen van een peilfilter in de omstorting moet dan ook voor een goede exploitatie noodzakelijk worden geacht. Wordt het water uit een put aan meer lagen uit de bodem onttrokken, dan is een peilfilter in de omstorting in elk van de lagen gewenst.

Het peilfilter in de omstorting moet op de halve hoogte van het watervoerende pakket worden gesteld. De peilbuis, met gesloten bodem, in het filter moet op dezelfde hoogte worden gesteld.

Het laten zakken van de gehele putconstructie, daarbij inbegrepen de peilfilters in de omstorting, gebeurt aan de

bok of de stelling, die bij het boren is gebruikt. Daarbij moet de filterbuis telkenmale verlengd worden, hetzij met filterbuizen tot de vereiste lengte is bereikt, dan wel met stijgbuizen. Hierbij is vakmanschap vereist van boormeester en helpers om te voorkomen, dat ongewenste krachten op de constructie komen te werken. De constructie moet in het midden van het boorgat worden gesteld en tijdens het aanvullen, daar worden gehouden.

Indien de winning van grondwater doel is, dan moet een put tot stand komen die:

een lange levensduur heeft,
zandvrij water levert.

Voor andere doeleinden, bijvoorbeeld voor bronbemaling, gelden eisen gericht op dat doel.

2. HET FILTER

Het filter, waarvan de lengte bepaald wordt door de dikte van het watervoerende pakket, wordt opgebouwd uit elementen die aan elkaar worden verbonden. Gewoonlijk zijn deze elementen buizen met openingen, soms worden filters uit schalen opgebouwd.

Eisen aan het filter te stellen

Deze zijn:

- het tegenhouden van de ongeconsolideerde formatie, terwijl het te winnen water kan binnentreden;
- chemisch en bacteriologisch inert zijn;
- een lage intredeweerstand te hebben.

Bij beoordeling over de chemische inertie van het materiaal moet niet alleen aan de eventuele agressieve eigenschappen van het grondwater worden gedacht, maar ook aan die van schoonmaakmiddelen welke in een later stadium mogelijk zullen moeten worden gebruikt.

De eis van lage intredeweerstand mag niet zwaar worden geteld. Bij de behandeling van de filteropeningen wordt hier nader op ingegaan.

2.1 De materialen

2.1.1 Hout

Dit behoort tot de oudste materialen, die voor filterconstructie zijn toegepast.

Daar het hout altijd onder water zit, is geen aantasting te duchten en zouden vele houtsoorten kunnen worden gebruikt.

Eisen over vormvastheid en slijtvastheid beperken de keuze tot tropische houtsoorten, zoals djati

basralocus

yang (fig. 1)

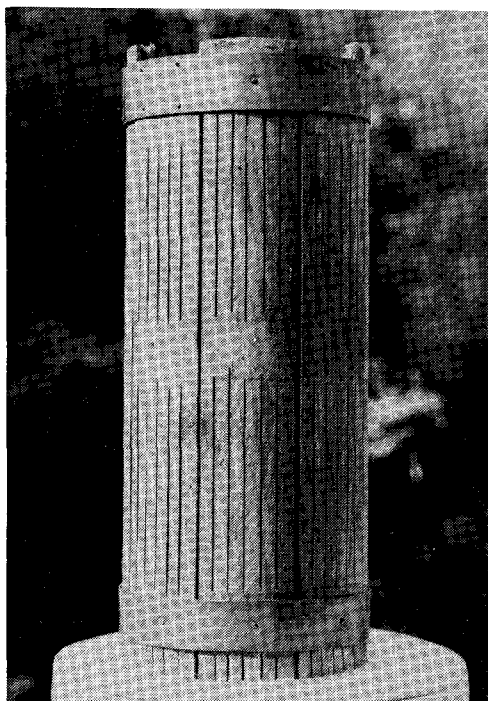


Fig. 1
Filter van Yang(hout)

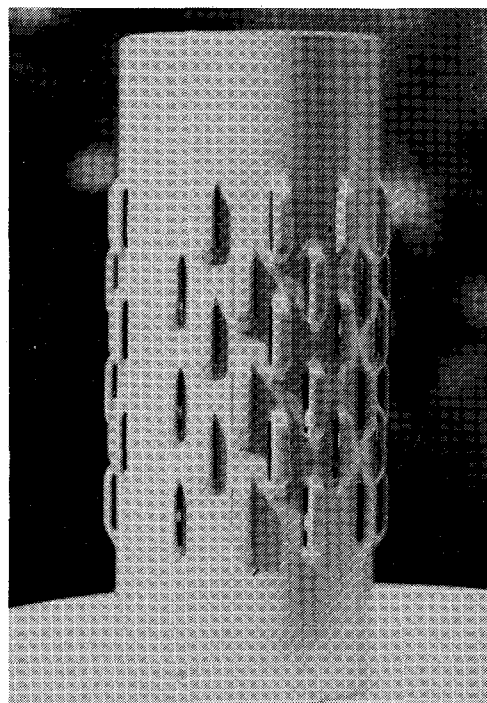


Fig. 5
Stalen filter
bekleed volgens
het Rilsan-procédé

en Europese houtsoorten, zoals eiken en vuren.

In vroeger jaren (15e eeuw) werd in Nederland ook wel elzenhout gebruikt.

Het filter wordt gemaakt uit duigen met een breedte van 60 tot 80 mm (fig. 2).

Dikte van 15 tot 20 mm.

Lengte van 3 tot 5 m.

Per duig worden over de breedte vijf à zes langsspleten gezaagd met een breedte van 0,6 à 1,5 mm en een lengte van 100 à 120 mm gemeten aan de binnenzijde van de duig; aan de buitenzijde bedraagt dan de lengte 130 à 150 mm. Tussen de spleten in lengterichting wordt een afstand aangehouden van ca. 60 à 80 mm.

De duigen worden afgewerkt met messing en groef.

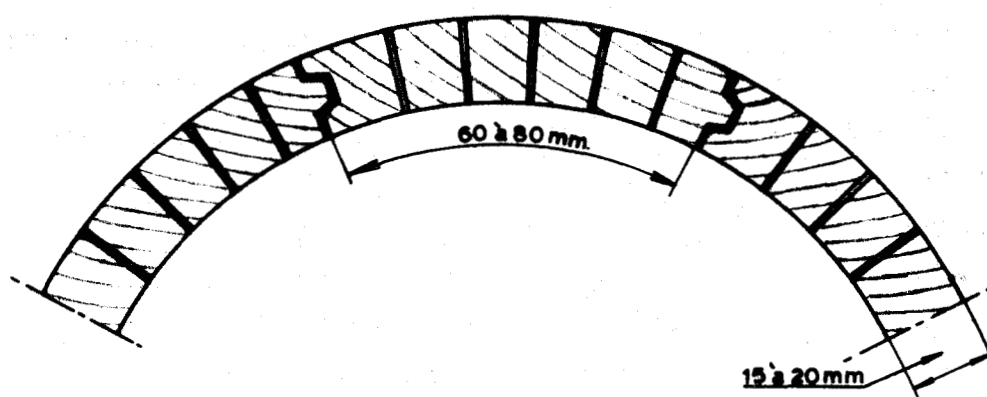


Fig. 2 Doorsnede houten filter

Telkens na twee kransen van spleten worden de duigen door een koperen of roestvrijstalen band bijeengehouden om de filterbuis te formeren. De banden komen derhalve om de 400 mm. Hierbij moeten koperen c.q. roestvrijstalen spijkers worden gebruikt. De bodem van het filter is een houten schijf, die tevens als mal dienst doet

bij de opbouw van het filter.

Door de eerste duigen van ongelijke lengte te nemen en daarna te verlengen met duigen van constante lengte, wordt bereikt, dat een filter van de gewenste lengte kan worden gebouwd, terwijl nergens een doorlopende horizontale las wordt aangetroffen. De duigen worden met het kopse hout koud tegen elkaar gelegd.

Bezwaren van het houten filter zijn de onzekerheid omtrent vormvastheid, zijn eigenschap dat het een voedingsbodem kan zijn voor bacteriën (o.a. siderocapsa) en de hoge arbeidskosten die de constructie met zich brengt.

Het hout wordt in droge toestand bewerkt; de banden worden er ruim omheen gelegd. Door het zwellen van het hout t.g.v. opname van water moeten de duigen zich zetten, moeten alle verbindingen zich sluiten en behoren de banden strak om het filter te zitten. Niet alle duigen zullen echter gelijk uitzetten, zodat een cirkelvormige doorsnede met gesloten verbindingen een illusie is. Evenmin behouden de spleten hun oorspronkelijke afmetingen.

Een ander bezwaar van hout kan later blijken.

Indien een put na verloop van tijd verstopt raakt, zijn er verschillende methoden om deze verstopping op te heffen. Bij sommige methoden is het nodig om druk op de putconstructie te zetten en daarmee water, chemicaliën of gas (bijvoorbeeld stikstof) door de filterspleten van binnen naar buiten te persen. Deze druk veroorzaakt trekkrachten op de houten constructie. Deze belasten de verbindingen. Door ongelijke vervorming van de duigen t.g.v. de wateropname, door mogelijke, zij het geringe, excentriciteit van de constructie en door ongelijke kleef zullen de verbindingen niet alle gelijkmatig worden belast. Om beschadiging van de constructie te voorkomen, mag daarom de toe te passen druk niet

te hoog worden opgevoerd. Bovendien bestaat het gevaar, dat bij het snel aflaten van de druk, om een gewenst spoelstooteffect in filter en omstorting op te wekken, door een teweeggebrachte deformatie, de constructie daar ter plaatse samengedrukt wordt.

Houten filters zijn in Nederland veel toegepast in het verleden.

De oppervlakte van de spleten bedraagt ca. 5% van de bruto oppervlakte van de filterbuis.

2.1.2 Aardewerk, porselein en andere gebakken producten.

Deze hebben toepassing gevonden naast hout. Zij zijn veelal bestand tegen agressief water; zij kunnen weinig druk opnemen ingeval van schoonmaak van putten. Het materiaal is geen voedingsmedium voor bacteriën. De openingen worden aangebracht in de vorm van sleuven; deze komen zowel horizontaal als verticaal voor. Deze worden soms voor het bakken aangebracht, soms na het bakken gezaagd. In het eerste geval kan gedurende het bakproces vormverandering van de sleuven optreden.

Nadelen van aardewerk e.a. zijn:

- grote wanddikte,
- groot gewicht,
- grote breekbaarheid,
- hoge prijs,
- geringe maatvastheid.

Steinzeug brengt een onder hoge druk geperst en daarna gebakken en geglazuurd aardewerk filter in de handel met verticale spleten van 2,5 x 40 mm gemeten aan de binnenzijde van het filter. Van de bruto buiten-oppervlakte is dit 3,7%.

De filterelementen zijn 1,00 m en 1,50 m lang.

De onderlinge verbinding van de filterelementen tot de gewenste lengte gebeurt door een manchetverbinding

van roodkoper, die om de spieëinden van de filterelementen wordt geklemd. Deze spieëinden worden tevoren met een lijvige bitumen ingesmeerd.

Deze verbinding kan slechts weinig trek opnemen.

Het laten zakken van de filterconstructie moet dan ook plaatsvinden aan een centrale trekstang, die in de voet van het filter is bevestigd.

De reeds genoemde geringe vormvastheid van de aardewerk filters brengt met zich, dat de kopse vlakken van de elementen niet altijd loodrecht op de lengteas van het element staan. Daardoor dreigt bij de opbouw van het filter de as een knikkend verloop te krijgen. Daarom moet tijdens de montage met knik, in het bijzonder van een lang filter, rekening worden gehouden.

2.1.3 Koper en koperlegeringen.

Deze materialen zijn immuun voor de inwerking van vele soorten water. Evenwel vereist dit wel, dat de fabricage van het koper aan bepaalde eisen voldoet; in het bijzonder moet het zuurstofgehalte van het metaal nihil zijn en er mogen geen koolstofresten op het metaaloppervlak zijn achtergebleven. Anders bestaat kans op aantasting als het water een geringe hardheid (minder dan 1 meq.) heeft, een tamelijk hoge pH (hoger dan 8) en een vrij hoog zuurstofgehalte (hoger dan 6 mg/l) heeft. Het materiaal is goed te bewerken, het is sterk, $\sigma = 2 \text{ à } 3 \cdot 10^8 \text{ Pa}$ ($\approx 2000 \text{ à } 3000 \text{ kg/cm}^2$), het heeft een goede elasticiteitsmodulus, $E = 1,15 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$ ($\approx 1,15 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$).

Hierdoor konden van koper filters worden gemaakt, die aan hoge eisen voldoen:

goede maatvastheid,

laag gewicht,

snel te bouwen op het werk tot de vereiste lengte,

gunstig openingspercentage (zie pag. 37 fig. 12). Het filter wordt gemaakt uit plaat, waar de gewenste openingen in worden aangebracht. De plaat wordt op de vereiste maat gesneden en vervolgens tot buis gevormd. De naad wordt dichtgelast. De uiteinden worden van de gewenste verbinding voorzien.

Behalve electrolytisch roodkoper worden ook koperlegeringen toegepast. Bepalend voor de bruikbaarheid van een alliage is zijn resistentie tegen aantasting door grondwater.

In koperen filters, en voor zover niet uitdrukkelijk anders vermeld, wordt verder daaronder mede verstaan de filters van koperlegeringen, zijn openingen van verschillende vormen en afmetingen mogelijk.

Vele putten in Nederland zijn gebouwd met koperen filters. Momenteel (medio 1970) ligt de prijs van koper hoog, mede een oorzaak, waardoor dit materiaal terrein verliest op dit gebied.

2.1.4 Staal.

In het verleden is staal met matig succes voor filters toegepast. En dit is begrijpelijk nu het wezen van de corrosie beter bekend is. Hoe aantrekkelijk de mechanische eigenschappen van staal ook zijn, de aantasting van dit materiaal door grondwater maakte dat staal zonder bekleding nagenoeg niet gebruikt kon worden. Dit is eerst wel mogelijk geworden na de ontwikkeling van de chemische kennis van ijzer- en staalsoorten. In het bijzonder heeft de ontwikkeling van de roestvaste staalsoorten hierin bijgedragen. Daarnaast heeft de bekleding van het staal een ontwikkeling doorgemaakt van bitumen tot kunststoffen.

De mogelijkheden, die het koper biedt, biedt het roestvaste staal ook, zodat de keuze bepaald wordt door de

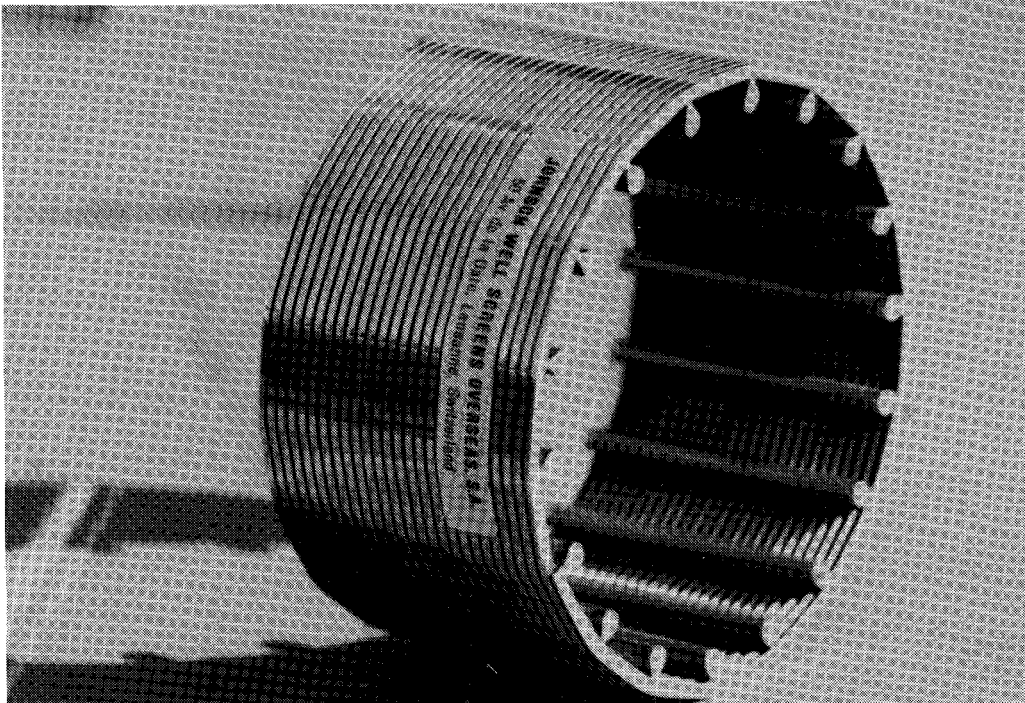


Fig. 3 Filter van roestvast staal

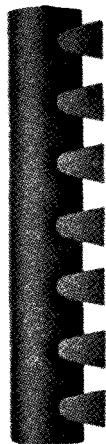


Fig. 4 Detail filter van fig. 3

prijs van beide metalen.

Momenteel (medio 1970) bedraagt de prijs van een roestvaststalen filter, bij dezelfde uitvoering, ca. 65% van die van een koperen filter.

De traditionele stalen filters worden op dezelfde wijze vervaardigd als de koperen filters.

Als verbinding tussen de elementen werd veel gebruik gemaakt van de flensverbinding en van de schroefverbinding.

Het onbeklede stalen filter wordt nog wel gebruikt bij tijdelijk werk van tamelijk lange duur, zoals bijvoorbeeld het drooghouden van een bouwput voor een sluis e.d. Een fraai filter van roestvast staal wordt in de Verenigde Staten van Amerika gemaakt (Johnson). Dit filter wordt gemaakt als een wikkeling van een draad met driehoekige doorsnede om een aantal, in een cirkel geplaatste baleinen. In figuur 3 is het filter en zijn constructie duidelijk te zien.

De aandacht moet er op worden gevestigd, dat de driehoekige draad met de basis van de driehoek aan de buitenzijde ligt. Er ontstaat dan een naar binnen zich verwijdende spleet. (zie fig. 4)

Korrels, beneden de maat van de spleet, gaan door de spleet en worden met het water meegevoerd. De openingsverhouding ligt hoog: ca. 10% - 50% afhankelijk van de spoed waarmee wordt gewikkeld en de breedte van de draad.

De verbinding tussen de filterelementen wordt veelal met een schroefdraad tot stand gebracht. Ook komt de lasverbinding voor.

Het Johnson-filter wordt in Engeland en de U.S.A. toegepast; in Nederland (nog) niet. Het is aanmerkelijk duurder dan andere filters.

Naast de toepassing van roestvaststaal, komt de be-

kleding van staal met kunststoffen op de voorgrond. Hiervan kunnen slechts enkele als voorbeeld genoemd worden, omdat de ontwikkeling van de kunststoffen bekleding nog slechts pas is begonnen. Ook worden nog steeds nieuwe methoden ontwikkeld om de bekleding op het staal aan te brengen.

In Duitsland wordt een geëboniteerd filter in de handel gebracht. De rubber wordt langs electro-foretische weg op het staal gebracht. (Hagusta-filter).

Deze bekleding geeft een zeer goede bescherming tegen corrosie. De filteropeningen kunnen echter niet kleiner worden genomen dan ca. 3 mm i.v.m. het aanbrengen van de bekleding.

Eveneens geproduceerd in Duitsland wordt het "Rilsan filter" (fig. 5). Rilsan is de naam voor het procédé, waarbij staal wordt overtrokken met een kunststof door droogsintering. De dikte van de bekleding bedraagt 600 μm .

In 1970 krijgt het Rilsan procédé concurrentie door de electro-forese: de bekleding wordt langs electro-statische weg in poedervorm op het staal gebracht en later in de oven met het staal verenigd.

In Duitsland is een onderzoek ingesteld naar de slagvastheid van de bekleding, die volgens het Rilsan procédé is aangebracht, en de weerstand tegen afstropen t.g.v. de grindstorting langs de constructie.

De bekleding bleek zich goed te houden, zowel tegen slagwerking als tegen afstropen.

Nu men in staat is kunststoffen te fabriceren, die zich zeer goed aan staal hechten, komt het staal met al zijn prettige eigenschappen als constructiemateriaal weer beschikbaar voor de putconstructie, daar de zwakte tegen corrosie door de kunststof opgeheven wordt.

Van zeer veel belang is, dat de kunststof, die voor de bekleding wordt gebruikt, geschikt is om met drinkwater in aanraking te komen. Bij twijfel hierover raadplege men het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid. Het Amerikaanse instituut voor "Food and drug administration" heeft reeds voor bepaalde samenstellingen certificaten afgegeven, waarin verklaard wordt dat toepassing in de waterleidingtechniek geen bezwaren ontmoet.

Een bezwaar van het Rilsan procédé is, dat de openingen tenminste 1,5 mm moeten bedragen om zeker te zijn, dat het staal overal behoorlijk is bekleed. Ook op een ander bezwaar moet worden gewezen. Het is namelijk niet bekend, hoe het gedrag van de bekleding onder water op de lange duur zal zijn. Sommige kunststoffen, als bekleding toegepast, vertonen na een verblijf van ca. 7 jaren in een put onder wisselende omstandigheden (soms onder, soms boven water) dermate verouderingsverschijnselen, dat van de beschermende werking niets meer over is.

2.1.5 Andere metalen.

Daarvan moge hier alleen genoemd worden het aluminium, dat sporadisch is gebruikt.

Van toepassingen van aluminium of andere metalen is weinig bekend.

2.1.6 Beton.

In de oorlogsjaren heeft beton toepassing gevonden, omdat metalen toen niet meer de koop waren en de kunststoffen nog geen plaats hadden veroverd. Het beton is met in Nederland beschikbare grondstoffen te maken.

De Duinwaterleiding in 's-Gravenhage heeft een aantal putten gebouwd met betonnen filters met \emptyset 200 en 250 mm

inwendig. De wanddikte bedroeg 40 en 45 mm. Door het beton poreus te maken met kanaaltjes met een diameter corresponderend met de grootte-orde van het duinzand, behoeft geen omstorting te worden toegepast.

Ook in de Verenigde Staten van Amerika zijn deze filters toegepast. In 's-Gravenhage zijn ze toegepast met een lengte van 0,75 m per element.

Als voordeel moet de betrekkelijk lage materiaalprijs worden genoemd.

Als nadelen gelden:

niet bestand tegen agressief grondwater;

arbeidsintensief;

groot constructie-gewicht;

in geval van verstopping, niet schoon te maken.

2.1.7 Asbest-cement.

Dit werd in het begin van de 20e eeuw ontdekt als bouw-materiaal. Aanvankelijk werd het voor platen, later ook voor buizen gebruikt. Sedertdien heeft de ac-buis haar plaats in de waterleidingtechniek als transportleiding veroverd.

Men heeft dit materiaal ook als filter gebruikt.

Gedachtig aan de wijze, waarop de ac-buis wordt gemaakt, ligt het voor de hand om de perforatie aan te brengen als zaagsneden van de gewenste breedte en lengte, loodrecht op de lengte-as van de buis.

Veel toepassing heeft echter het ac in de filterconstructie niet gevonden.

De wanddikte, de grote gevoeligheid voor agressief water en het grote gewicht ten opzichte van metalen geven het ac geen kans om een belangrijke plaats te veroveren.

2.1.8 Kunststof.

Sedert het einde van de zestiger jaren heeft dit materiaal in het bijzonder PVC, voor de constructie van putfilters vele andere materialen verdrongen. Daaronder mede begrepen het koper en het staal met hun legeringen c.q. hun bekledingen.

Slechts daar waar zeer hoge eisen aan de sterkte moeten worden gesteld, bijvoorbeeld bij zeer lage grondwaterstanden of waar grondverschuivingen te duchten zijn, zal men in Nederland nog geen kunststof toepassen.

Overigens mag verwacht worden, dat eerlang uitsluitend kunststof in de puttenbouw zal worden toegepast, nu de chemische techniek in staat is om thermoplasten te maken met zekere gewenste eigenschappen.

Het materiaal is:

goedkoop;

in hoge mate bestand tegen elke vorm van aantasting door water;

licht van gewicht;

voldoende sterk voor normale omstandigheden;

makkelijk en snel te monteren;

verkrijgbaar in praktisch elke lengte tot 10 m toe.

De sleuven worden gezaagd in de gewenste lengte en breedte (zie fig. 6 en 6a).

De sleuven worden zowel aangebracht evenwijdig aan de lange as van het filterelement als loodrecht daarop.

In het laatste geval blijft de ringwerking van het filter zoveel mogelijk behouden.

Normaal beslaan deze sleuven een lengte van 45 mm (binnenwerks gemeten), de breedte van de sleuven is voor Nederlandse omstandigheden variërend van 0,6 tot 1,5 mm. Dit leidt tot openingsverhoudingen van 3 tot 8%, afhankelijk van de sleufbreedte en de lengte van de elementen.

Het materiaal PVC is stug; toch moet bij de construc-

tie van putfilters er rekening mee worden gehouden, dat de centripetale druk de verticale sleuven, waardoor het water moet binnentreden, enigszins kan vernauwen. Daarom moet een sleufbreedte van 0,6 mm wel als een minimum worden gezien als de sleuven in de lengterichting van het filter worden gezaagd.

De elementen worden geleverd in lengten van 1 tot 10 m. Bij de eerste toepassingen van PVC-filters en stijgbuizen, zijn vanzelfsprekend fouten gemaakt. Dit betekende, dat de constructie mislukte en dat er veel geld verloren is gegaan. Men beschouwe dit als het leergeld, dat de techniek vraagt om vooruit te komen. Dat dit materiaal andere karakteristieke eigenschappen heeft dan koper of staal moge blijken uit de toelaatbare spanning en wat bij de metalen de elasticiteitsmodulus heet en bij kunststof als PVC het beste genoemd kan worden: de kruipmodulus.

Deze grootheden veranderen bij metalen nagenoeg niet over een groot temperatuurinterval, maar bij PVC zeer sterk. Daarnaast zijn bij deze stof de genoemde grootheden ook veranderend met de tijd.

Bij veilige berekening mag uitgegaan worden voor PVC van goede kwaliteit:

σ bij 20°C: $1 \cdot 10^7$ Pa (≈ 100 kg/m²)

E bij 20°C: $3 \cdot 10^9$ Pa (≈ 30.000 kg/m²)

Ook de peilfilters in de watergevende putten zowel als de filters in verkenningsboringen worden de laatste jaren nagenoeg alle van kunststof gemaakt.

Naast het PVC is polyester voor de filterconstructie verkrijgbaar. Dit materiaal is zeer sterk en bestendig, maar duur. In 1976 zijn alleen de maten \emptyset 300 en 400 mm verkrijgbaar en in lengten van 1 en 2 m.

De elementen bestaan als het ware uit horizontaal op elkaar gestapelde ringen van polyester met een gewenste tussenruimte. De ringen worden op vier plaatsen langs de omtrek gekoppeld. De uiteinden van de elementen zijn voorzien van in- en uitwendige schroefdraad (zie fig. 7).

Bij de kunststoffen moet ook genoemd worden het kunsthout, dat o.a. door de Duitse fabriek Schönebecker als obo-filter wordt geleverd. Dit filter bestaat uit platen fineer, die met kunsthars aaneen zijn gelijmd en om een mal in de juiste vorm zijn gebogen. Zie fig. 8.

Het filter wordt geformeerd uit twee of drie schalen, afhankelijk van de diameter, die uitgevoerd zijn met omgezette hoeken. De rakkvlakken zijn geprofileerd. Met koperen bouten worden deze schalen aan elkaar verbonden. Evenals bij de houten filters laat men de horizontale naden tussen de schalen verspringen.

De openingen worden als horizontale zaagsneden uitgevoerd. De buitenzijde van het buisoppervlakt is gegroefd. De opzet is, dat hierdoor de omstorting niet overal tegen de filterbuis aan ligt, maar er, telkens over een groefbreedte, op enige afstand van de filterbuis blijft.

Dit gaat wel op, als de omstorting uit materiaal bestaat dat een grotere diameter heeft dan de hartafstand tussen de groeven bedraagt. En dan blijft de kans daarna nog bestaan, dat fijn materiaal uit de oorspronkelijke lagen meegevoerd door het water wel in de groeven blijft steken en daardoor de aanvankelijk gevormde driehoekige kanalen verstopt.

Dit filter is in Nederland o.a. toegepast op de waterwinplaatsen van de gemeente Arnhem en de gemeente Haarlem. De kleinste maat is \emptyset 250 mm. Het materiaal is duur; de montage vraagt veel arbeid.

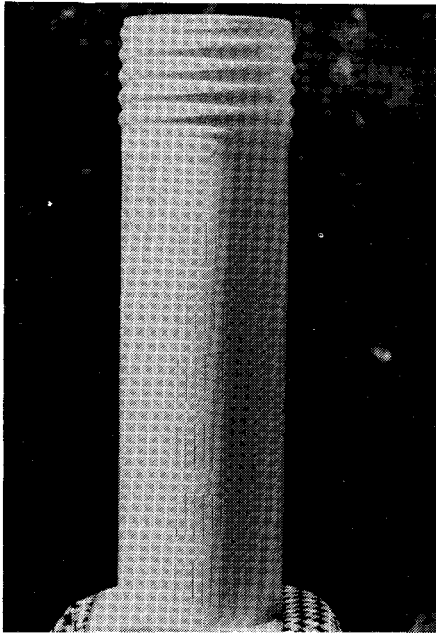


Fig. 6 PVC-filter
Ø 200, sleuven 50 x 1 mm

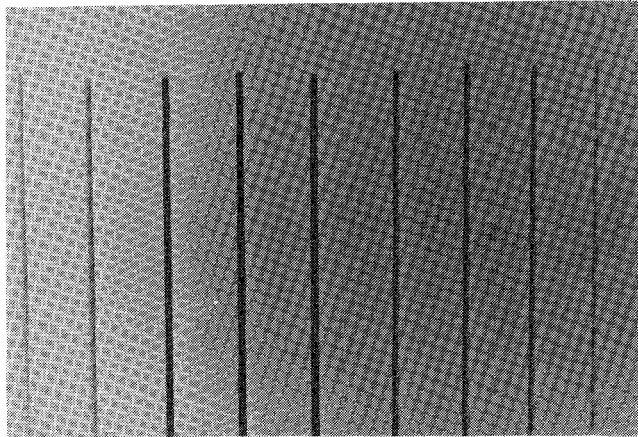


Fig. 6a Detail van
PVC-filter
met verti-
kale sleuven

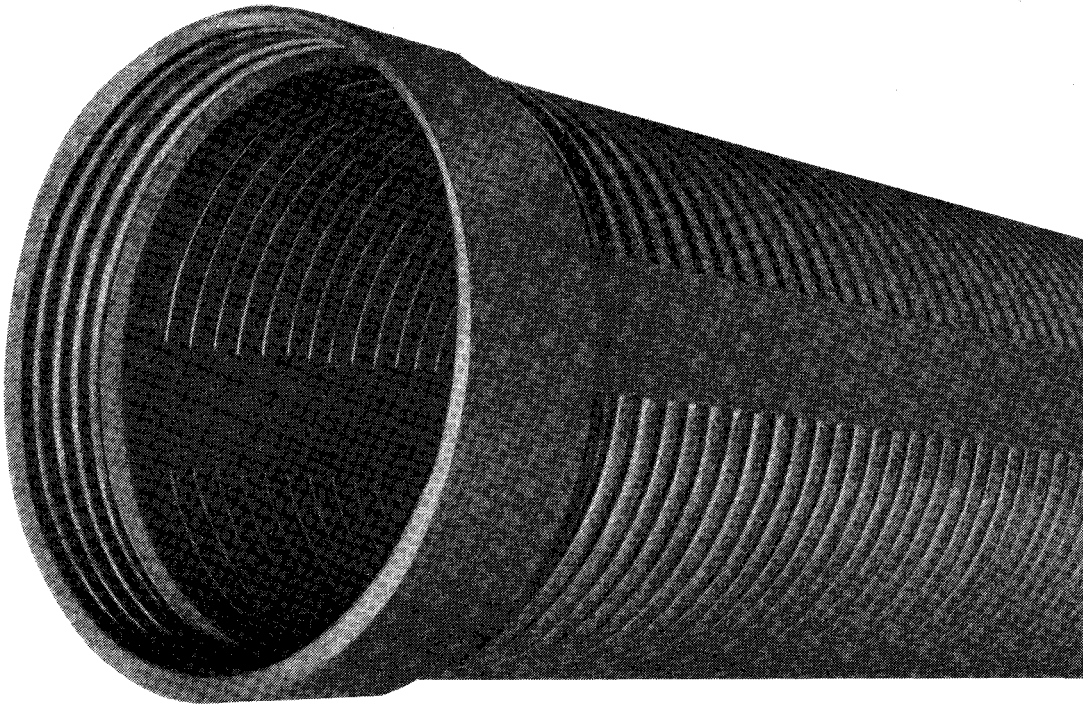


Fig. 7 Polyester filter
(foto Nold)

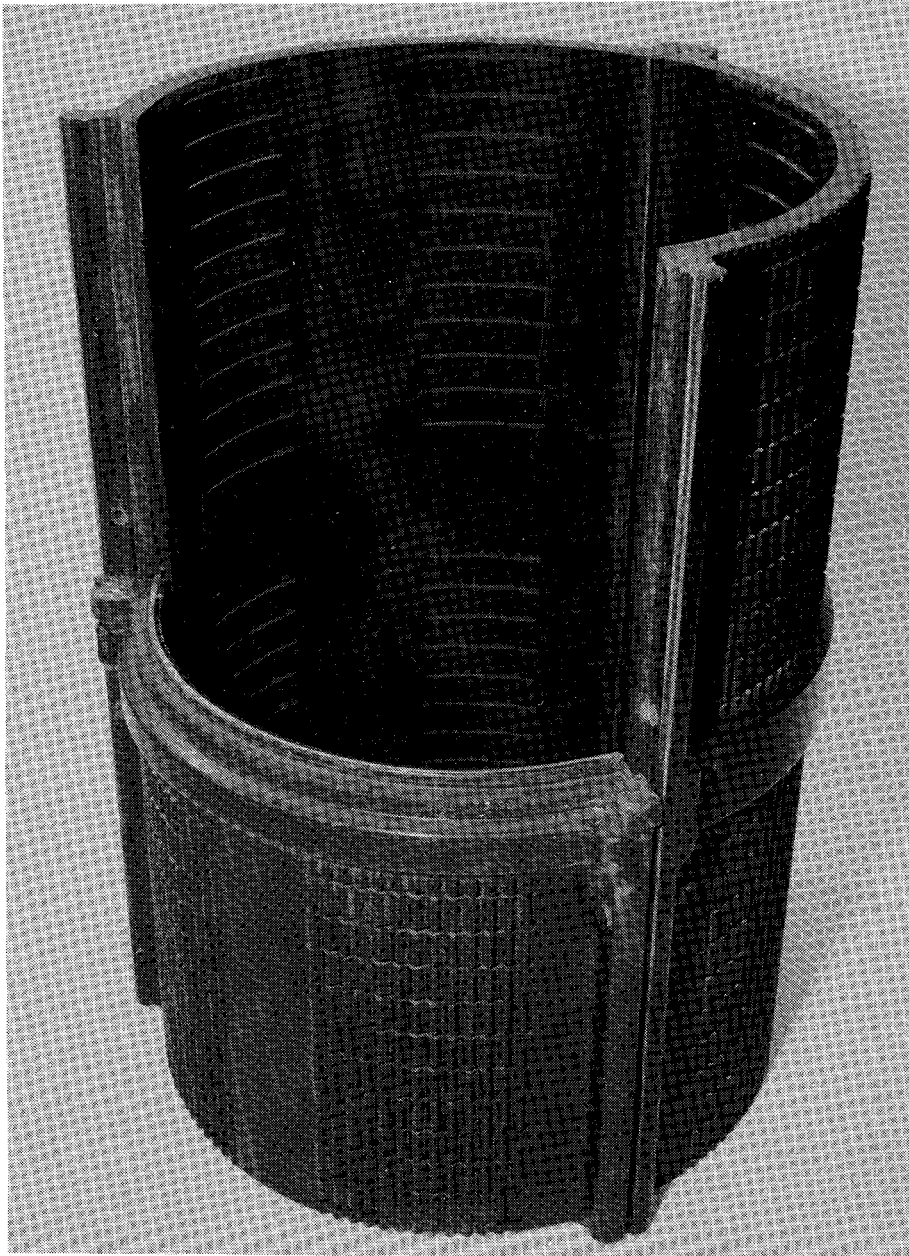


Fig. 8 Filter van gelijmd hout, sleuven horizontaal, oppervlak geribbeld teneinde omstorting op afstand te houden en daarmee intredeweerstand laag te houden

2.2 De filteropeningen

De openingen in het materiaal zijn noodzakelijk om het water te laten binnentreden terwijl de watervoerende formatie wordt tegengehouden. Afhankelijk van de aanliggende formatie, hetzij dat dit de natuurlijke lagen zijn, hetzij dat dit de aangebrachte omstorting is, moeten deze openingen worden gedimensioneerd.

Daarnaast moet de eis gesteld worden, dat de openingen:

- niet gemakkelijk verstopt raken door materiaal dat door het water wordt meegesleept;
- geen grote intredeweerstand voor het water vormen.

2.2.1 Ronde openingen.

Deze zijn in metaal, koper en staal, wel toegepast. Omdat echter al gauw de doorsnede van de opening te groot wordt t.o.v. de te keren formatie, wordt de filterbuis omwikkeld met gaas. Tressengaas is zeer geschikt voor dit doel. Het gaas keert de grond en de koperen filterbuis doet meer dienst als basis voor het gaas dat als filter. Het gaas, veelal van staal, wordt langs galvanische weg aangetast. Bij bronbemaling is dit acceptabel, omdat het werk van tijdelijke aard is en na het trekken van de buizen, na gereedkomen van het werk, het gaas toch niet opnieuw gebruikt kan worden.

Het nadeel van ronde gaten zonder gaasomwikkeling is, dat er reeds snel grotere grindkorrels doorheen kunnen glippen of dat bij het klein houden van de diameter, een zeer groot aantal gaten moet worden geponst, waardoor de mechanische sterkte van de filterbuis belangrijk terugloopt.

2.2.2 Sleufvormige openingen.

Deze komen voor als sleuf evenwijdig aan de lange as

van het filter en ook loodrecht op deze as. Bij verticaal geplaatste filters zou derhalve gesproken kunnen worden over verticale en horizontale sleuven. Beide standen komen voor bij metalen, kunststoffen e.d., terwijl bij hout alleen de sleuf evenwijdig aan de vezelrichting voorkomt.

Vóór de horizontale sleuf pleit de sterkte van het filter tegen centripetale druk; tegen deze stand van de sleuf moet worden aangevoerd, dat het gewicht van de constructie tijdens montage aan een ernstig verzwakte horizontale doorsnede hangt.

Tegen de verticale sleuf is aan te voeren het ontbreken van de ringwerking tegen centripetale drukken; vóór deze sleufstand pleit de geringere verzwakking van de horizontale doorsnede.

Bij filterbuizen met grote wanddikte, zoals hout en porselein, speelt de doorsnede van de sleuf een voorname rol. In fig. 9 is dit duidelijk gemaakt.



Fig. 9 Verschillende vormen van sleuven in een dikke filterwand

De vorm a. is ongunstig; een grindkorrel, die in de sleuf raakt en een grotere diameter heeft dan de kleinste breedte van de sleuf, komt in de sleuf vast te zitten.

De vorm b. is al iets gunstiger. Toch kan ditzelfde verschijnsel zich ook hier voordoen. Zowel bij hout als bij aardewerk zijn de sleuven niet altijd scherp

aan de maat, hetgeen de kleinere grindkorrels tegen kan houden, terwijl deze eigenlijk hadden moeten passeren. De vorm c. is goed; een grindkorrel, die door het smalste gedeelte van de sleuf passeert, vindt verder geen belemmeringen meer.

In metalen komen de sleufvormige openingen nog in verschillende variaties voor:

Vrije openingen, zie fig. 10 en daarbij behorende tabel I (zie pag.38).

Tot de vrije openingen behoren ook de constructies zoals die van het Johnson filter (fig. 3) en het polyester filter (fig. 7).

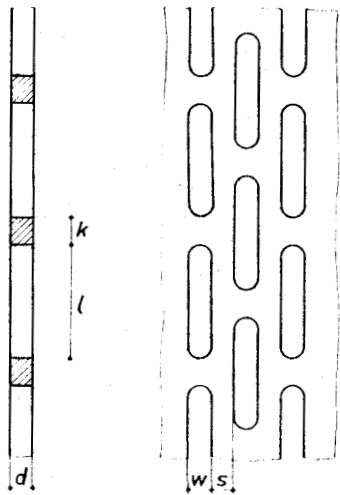


Fig. 10 Vrije langwerpige openingen (fabr.Nold)
Zie tabel I

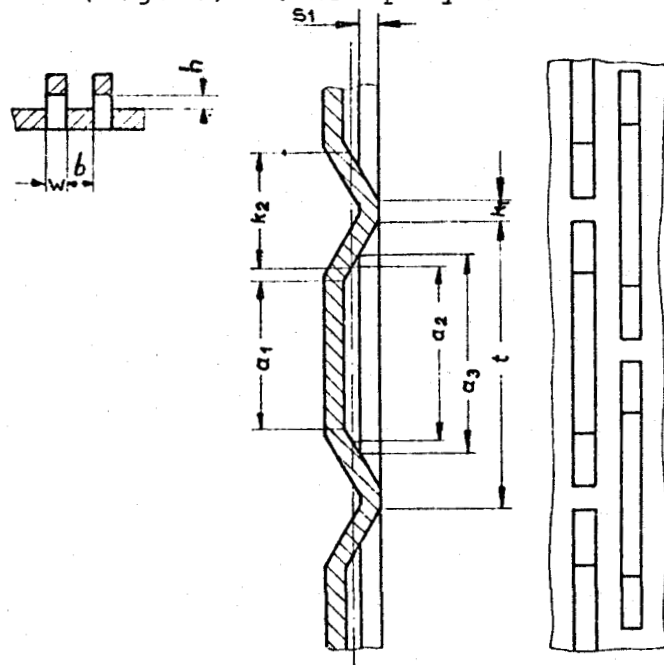


Fig. 11 Brugopeningen
Zie tabel II

Verdekte openingen komen in verscheidene vormen voor. De bekendste vorm is de brugopening zoals die is aangegeven in fig. 11 en de daarbij behorende tabel II. In fig. 12 is een beeld gegeven van een koperen filter met brugperforatie.

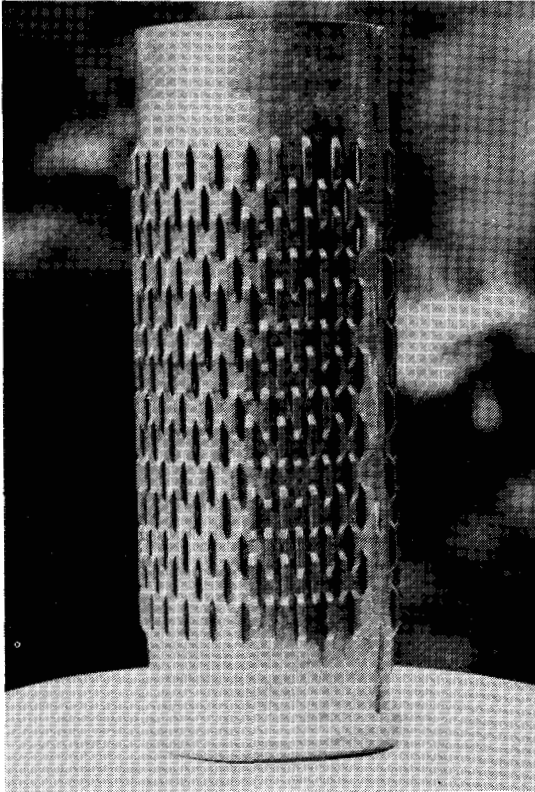


Fig. 12 Koperen filter met
brugperforatie en rilverbinding

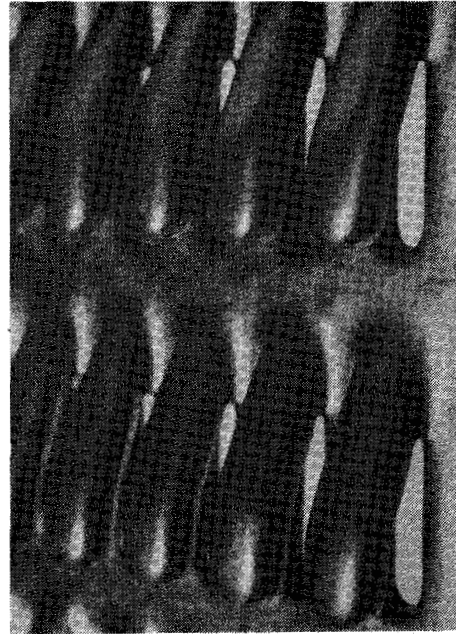


Fig. 13 „Lip" filter

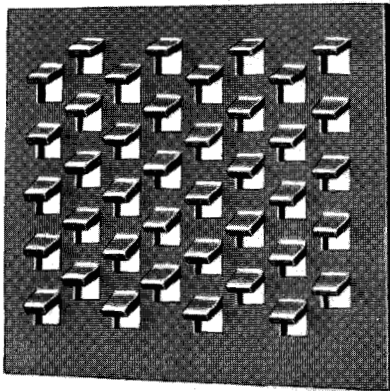


Fig. 14 Filter met
„luifel" openingen

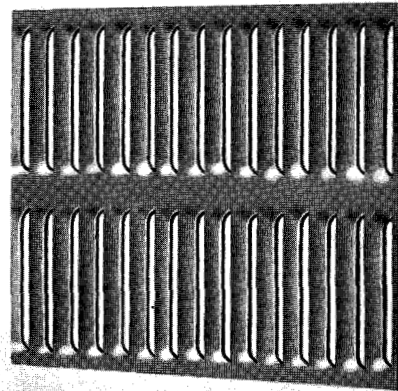


Fig. 15 „Louvre" filter

l	w	k	s	d max	f= openingsverhouding 1)
20	1,0	6	2	1,5	25,3
20	1,0	6	2,5	1,5	21,8
20	1,5	4	2	2,0	35,2
20	2,0	5	3	2,5	31,3
20	2,5	5	3	3,0	35,4
20	3,0	4	3	2,0	40,3
20	3,0	6	3	4,0	37,3
20	3,5	6	3,5	3,0	37,0
20	4,0	6	4	5,0	36,8
20	4,5	4	3,5	2,0	44,5
20	5,0	5	5	5,0	37,9
20	5,0	6	4	6,0	40,4
20	6,0	7	6	8,0	34,6
20	7,0	6	5	5,0	41,6
20	7,0	7	5	5,0	40,0
20	8,0	6	5	3,0	43,3
20	10,0	6	5	5,0	45,7
25	1,5	5	2,5	2,0	30,8
25	2,5	7	5	4,0	25,5
25	3,0	5	3	4,0	40,8
25	3,5	5	5	5,0	33,2
25	4,0	5	5	5,0	36,0
25	4,5	5	5	5,0	37,9
25	5,0	5	4	5,0	44,4
25	5,5	5	3,5	2,0	48,5
25	6,0	5	4	2,0	47,3
25	6,0	7	6	8,0	37,0
25	7,0	7	5	3,0	42,8
25	8,0	5	5	6,0	47,7
30	5,0	10	5	5,0	36,2
30	6,0	7	6	6,0	38,8
30	8,0	10	7	8,0	37,8
30	9,0	6	6	2,0	46,7
30	10,0	6	5	6,0	51,5
35	4,0	5	4	4,0	42,7
35	6,0	5	4	5,0	50,6
35	6,0	5	5	5,0	46,0
35	7,0	8	7	6,0	39,0
35	9,0	9	7	6,0	42,2
35	10,0	10	10	8,0	36,5
40	8,0	8	10	10,0	35,5
40	20,0	8	6	10,0	57,1
50	10,0	10	9	8,0	42,0
50	12,0	10	9	6,0	45,2
60	12,0	10	10	6,0	44,0

Tabel I. Vrije langwerpige openingen vlg. Nold,
Zie fig. 10.

1) Onder openingsverhouding wordt verstaan de verhouding tussen de oppervlakte van de openingen tot het totale buitenoppervlak van het filter, d.w.z. het geperforeerde gedeelte en de verbindingen.

a_1	s_2	h	a_2	w	k_2	b	$f \%$	
17	2,5	1,0	18,5	5	17,5	5,5	9,78	
		1,5	19,25	5	16,75	5,5	15,26	
		2,0	20	5	19	5,5	19,55	
		2,5	20,75	5	18,25	5,5	25,42	
	3,0	1,0	18,5	5	20,5	5,5	9,04	
		1,5	19,25	5	19,75	5,5	14,11	
		2,0	20	5	22	5,5	18,14	
		2,5	20,75	5	21,25	5,5	23,58	
		3,0	21,5	5	23,5	5,5	27,33	
	3,5	1,0	18,5	5	20,5	5,5	9,04	
		1,5	19,25	5	19,75	5,5	14,11	
		2,0	20	5	22	5,5	18,14	
		2,5	20,75	5	21,25	5,5	23,58	
		3,0	21,5	5	23,5	5,5	27,53	
	4,0	1,0	18,5	5	23,5	5,5	8,39	
		1,5	19,25	5	22,75	5,5	13,08	
2,0		20	5	25	5,5	16,94		
2,5		20,75	5	24,25	5,5	22,03		
3,0		21,5	5	26,5	5,5	25,59		
20	4,0	1,0	21,5	7	23,5	7,5	6,58	
		1,5	22,25	7	25,75	7,5	9,59	
		2,0	23	7	25	7,5	13,21	
		2,5	23,75	7	27,25	7,5	16,05	
		3,0	24,5	7	26,5	7,5	19,86	
		3,5	25,25	7	28,75	7,5	22,50	
		4,0	26	7	28	7,5	26,56	
		5,0	1,0	21,5	7	26,5	7,5	6,17
	1,5		22,25	7	28,75	7,5	9,02	
	2,0		23	7	28	7,5	12,43	
	2,5		23,75	7	30,25	7,5	15,17	
	3,0		24,5	7	29,5	7,5	18,77	
	3,5		25,25	7	31,75	7,5	21,33	
	4,0		26	7	31	7,5	25,18	
	6,0		1,0	21,5	7	29,5	7,5	5,81
		1,5	22,25	7	31,75	7,5	8,52	
		2,0	23	7	31	7,5	11,74	
		2,5	23,75	7	33,25	7,5	14,38	
		3,0	24,5	7	32,5	7,5	17,79	
		3,5	25,25	7	24,75	7,5	20,25	
		4,0	26	7	34	7,5	23,90	
		24	5,0	1,0	25,75	7	34,25	8
	1,5			26,625	7	33,375	8	8,89
	2,0			27,5	7	35,5	8	11,64
2,5	28,375			7	37,625	8	14,32	
3,0	29,25			7	36,75	8	17,72	
3,5	30,125			7	38,875	8	20,38	
4,0	31			7	38	8	23,96	
6,0	1,0			25,75	7	37,25	8	5,45
	1,5		26,625	7	36,375	8	8,46	
	2,0		27,5	7	38,5	8	11,11	
	2,5		28,375	7	40,625	8	13,70	
	3,0		29,25	7	39,75	8	16,96	
	3,5		30,125	7	41,875	8	19,53	
	4,0		31	7	41	8	22,96	
	8,0		1,0	25,75	7	43,25	8	4,97
1,5			26,625	7	42,375	8	7,72	
2,0		27,5	7	44,5	8	10,18		
2,5		28,375	7	46,625	8	12,60		
3,0		29,25	7	45,75	8	15,60		
3,5		30,125	7	47,875	8	18,03		
4,0		31	7	47	8	21,19		

Tabel II. Brugopeningen volgens DIN 4922 (zie fig. 12)

Andere verdeckte openingen zijn afgebeeld in de figuren 13, 14 en 15. De brugperforatie is bij metalen filters de meest voorkomende uitvoering. Hierbij wordt het materiaal ter plaatse van de te maken opening slechts naar buiten gedrukt en niet verwijderd, zoals bij de vrije openingen. De verzwakking van de horizontale doorsnede is daardoor gering. De opening wordt gevormd door de mate, waarin het brugelement naar buiten wordt gedrukt. In Duitsland is voor deze filters een normblad vastgesteld: DIN 4922. De brugperforatie is in de twintiger jaren in Duitsland ontwikkeld en door de fabriek van Nold het eerste toegepast. De constructie vloeit voort uit de vrije sleufopening.

De vormen, zoals in de figuren 13 en 14 aangegeven, hebben weinig toepassing gevonden. Kans op beschadiging tijdens transport is bij deze filters groot.

Het Louvre-filter is eigenlijk maar een "half" brugfilter; door de "jalouzie" ook aan de nu nog vaste zijde naar buiten te drukken ontstaat een volledig brugfilter.

In Nederland zijn sleufbreedten van 0,6 tot 1,5 mm veel gebruikt. Fijnere spleten dan 0,6 mm leiden gauw tot mechanische verstopping, terwijl openingen groter dan 1,5 mm weinig voorkomen, omdat op de meeste plaatsen de bodemformatie, via omstorting, geen grotere maat toestaat. Wat de invloed is van de sleufbreedte op chemische verstopping is niet bekend. Hoogstens kan beweerd worden, dat sleuven breder dan 2 mm door chemische verstopping niet worden beïnvloed.

PVC filters worden geleverd met open sleuven, aangebracht met de zaag. Gewoonlijk worden de sleuven evenwijdig aan de lengteas aangebracht: langs-sleuven.

Een enkele leverancier kan filters leveren met sleuven loodrecht op de lengteas van het filter; soms maar voor één diameter. De automatische bewerking voor het aan-

brengen van dwarssleuven schijnt kostbaarder te zijn dan die voor langssleuven.

Dwarssleuven geven een grote verzwakking van de doorsnede loodrecht op de lengteas. Deze is echter niet van zodanige grootte dat de resterende dam het gewicht van het filter - tijdens montage - niet zou kunnen dragen. De toelaatbare spanning in het materiaal wordt pas overschreden als circa 125 m filterbuis in den droge moet worden gedragen. Zodra de constructie in het grondwater reikt, kan de lengte aanmerkelijk vermeederen. Bij deze sleuven blijft de ringwerking meer behouden dan bij de toepassing van langssleuven. Maar dat deze onvoldoende zou zijn bij langssleuven is nog nimmer gebleken.

Bij toepassing van langssleuven kunnen horizontale krachten door bodem en toestromend water de verticale dammen tussen de sleuven naar binnen buigen. Dit gaat ten koste van de opening; de dam blijft van gelijke breedte, de sleuf wordt nauwer.

Een berekening toont aan dat een sleuflengte van 150 mm bij filters gemaakt uit buizen drukklasse 6, geen doorbuiging van betekenis geeft tengevolge van waterdruk en gronddruk, terwijl de optredende spanning in het materiaal tengevolge van de momenten door waterdruk en gronddruk opgewekt, vermeederd met de excentrische normale druk van het constructiegewicht op 40% van de toelaatbare spanning blijft.

Normaal worden de sleuven op ca. 50 mm lengte gemaakt. In 1971 zijn op het waterwinterrein van het pompstation Druten van de Waterleidingmaatschappij Gelderland twee putten gemaakt, met gelijke filterlengte in dezelfde watervoerende laag. Beide zijn uitgerust met een PVC filter \varnothing 200 mm waarin dwarssleuven zijn aangebracht. In het begin van 1975 waren nog geen verschillen te constateren t.o.v. andere putten op hetzelfde waterwin-

terrein waar PVC filters \varnothing 200 mm met verticale sleuven waren aangebracht.

In de tabellen I en II zijn de openingsverhoudingen van de verschillende filters vermeld. Deze is een maat voor de intredeweerstand van het filter, en daarmee een factor van energieverbruik. Evenwel: de lengte van de weg, die door deze intredeweerstand wordt beïnvloed, is zo gering, enkele millimeters, dat extra energieverbruik mag worden verwaarloosd.

Vergroting van de openingsverhouding boven 5% heeft dan ook weinig zin. Zeker niet als een vergroting alleen bereikt kan worden ten koste van financiële offers.

Kruijtzter komt in een berekening van de "Stijghoogteverliezen in en rond putfilters" tot de conclusie dat stijghoogteverliezen t.g.v. de intrede van het water in het filter, bij een goede keuze van omstorting, verwaarloosbaar klein zijn.

Over de gegeven openingsverhoudingen zij volledigheidshalve vermeld, dat deze betrekking hebben op een filterbuis zonder rekening te houden met de verbinding aan een volgende filterbuis.

Afhankelijk van de aard van de verbinding en de lengte van elk filterelement moet een reductie aangebracht worden van ca. 20% bij een lengte van het element van 1 m afnemende tot ca. 5% bij een lengte per element van 5 m.

Slotopmerking

De filteropeningen worden machinaal aangebracht zoals de brugopeningen, of machinaal gevormd zoals het Johnson procédé. Kans op onregelmatigheden en maatafwijkingen zijn op deze wijze gering. Mocht echter de spreiding in korrelgrootte van het materiaal dat tegen het filter komt, groot zijn, dan zal een tolerantie moeten worden vastgesteld.

Wordt een omstorting toegepast, dan kan de keuze van opening aan de korrelgrootte van deze omstorting worden aangepast. Door de openingen duidelijk kleiner te kiezen dan de korrelgrootte van de omstorting maakt men zich ongevoelig voor maatafwijkingen.

Gewoonlijk wordt de sleufbreedte in de filters 0,50 maal D_{50} van de omstorting genomen. In verband met verstoppingsgevaar moet echter geen kleinere afmeting dan 0,8 mm worden genomen.

2.3 De filterverbindingen

Om een filter van de vereiste lengte samen te stellen, moeten de elementen met elkaar worden verbonden.

De normale lengte van de filterelementen is 1 tot 4 m. Grotere lengten zijn in het algemeen op bestelling leverbaar. Naast lange levertijden, moet van grotere lengten als bezwaar worden aangevoerd, dat deze op de bouwplaats moeilijk te verwerken zijn (i.v.m. de hoogte van de bok).

Aan de verbinding van de elementen moeten de volgende eisen worden gesteld:

- de binnendoorsnede van de filterbuis mag niet worden verkleind;
- de buitenwerkse maat moet zo weinig mogelijk groter zijn dan de buitenwerkse maat van de filterbuis;
- in de lengterichting van het filter moet de verbinding zo kort mogelijk zijn;
- voldoende sterk zijn om het onder de verbinding reeds gemonteerde gedeelte van de constructie tijdelijk te dragen;
- op het werk vlot zijn te maken;
- zanddicht zijn.

2.3.1 Toelichting op de eisen.

Dat de doorsnede in de filterbuis niet mag worden ver-

kleind, moet geëist worden, omdat apparaten met de diameter van de filterbuis moeten kunnen passeren. Te denken valt hierbij aan toestellen om de put schoon te pompen of toestellen, die in een later stadium worden gebruikt om de put schoon te maken indien ze verstopt is.

De eis, dat de buitendiameter niet meer dan noodzakelijk wordt vergroot, staat in verband met het aanbrengen van de omstorting. Belangrijke vernauwingen van de ruimte tussen filter en wand van het boorgat verhogen de kans op onvoldoende vulling; er ontstaan holten. De gevolgen daarvan zijn òf ongewenste zettingen van de constructie òf nastortingen van de aangebrachte vullingen òfwel instorting van de oorspronkelijke wand van het boorgat òf een combinatie van deze verschijnselen. Men weet dan niet meer of overal de omstorting met de gekozen gradatie tegen het filter aan ligt of dat plaatselijk ander materiaal, van andere samenstelling, de filteropeningen bedekt.

De afmeting in lengterichting moet zo klein mogelijk zijn om het nuttige filteroppervlak zo groot mogelijk te houden.

De door fabrikanten van filters opgegeven verhouding tussen het oppervlak van de openingen en het bruto oppervlak van het filter is zonder rekening te houden met de verbindingen. Afhankelijk van de lengte van de filterelementen moeten op deze cijfers de volgende reducties worden toegepast:

lengte filterelement in m'	reductiefactor
2,00	10 %
2,50	7,5 %
3,00	7 %
4,00	6,5 %
5,00	5,5 %

Deze factor is uiteraard mede afhankelijk van de soort verbinding.

De sterkte van de verbinding geeft in het algemeen geen moeilijkheid. Veelal hangt reeds spoedig een deel van de constructie in het water, zodat het te dragen gewicht betrekkelijk gering is.

Nochtans kunnen er situaties voorkomen, waar het grondwater diep onder het maaiveld staat. In zulke gevallen moet aan dit aspect aandacht worden besteed.

De laatstgenoemde eisen, vlot te maken en zanddicht, spreken voor zichzelf.

2.3.2 Enkele voorbeelden van toegepaste verbindingen en toetsing aan de eisen.

2.3.2.1 Schroefverbinding.

Metalen filters en, voor de grove schroefdraad, PVC filters lenen zich voor toepassing van deze verbinding. Om de binnendiameter niet te vernauwen, moet op de filterbuis een sok worden aangebracht waarop de schroefdraad is gesneden. Deze verbinding voldoet aan alle gestelde eisen. Zij vraagt echter extra materiaal en fabrieksuren. In de tijd, dat materiaalkosten hoog waren t.o.v. arbeidskosten, was dit een nadeel. Nu deze verhoudingen zijn omgekeerd, telt dit argument niet meer. In fig. 16 is deze verbinding aangegeven voor metaal. Voor PVC-filters tot \varnothing 300 mm - met een wanddikte >9 mm - wordt de koorddraad in het materiaal geformeerd (zie fig. 6 pag. 32). Voor grotere wanddikten wordt deze verbinding niet toegepast. De methode om deze draad in het materiaal aan te brengen zonder dat plaatselijk teveel spanningen in dit materiaal optreden, heeft men voor dikten <9 mm nog niet onder de knie.

Soms wordt voorgeschreven om, bij toepassing van de koorddraadverbinding, daarenboven nog lijm te gebruiken. Daarmede wordt een extra veiligheid beoogd tijdens de montage.

Soms wordt voorgeschreven om, bij toepassing van de koorddraadverbinding, daarenboven nog lijm te gebruiken. Daarmede wordt een extra veiligheid beoogd tijdens de montage. Bezwaar is echter dat de lijm zeer spoedig verhardt en soms reeds is verhard vóórdat de twee filtereinden geheel in elkaar zijn geschroefd. Extra sterkte is dan problematisch.

Daarnaast moet gewaakt worden tegen het gebruik van een overmaat aan lijm, omdat de lijm PVC oplost.

2.3.2.2 Flensverbinding.

Een ogenschijnlijk aantrekkelijke verbinding door sterkte en eenvoud. Echter een belangrijk nadeel is de grote buitendiameter van de constructie en de daarbij optredende vernauwing van de ruimte voor aanvulling. Daardoor moet ongewenste nazakking van de filterconstructie en/of van de ongeroerde grond worden verwacht.

Deze verbinding kan niet worden aanbevolen.

2.3.2.3 Klampverbinding.

Deze verbinding is in fig. 17 geïllustreerd.

Bij de fabricage eist deze verbinding zorgvuldige voorbereiding. Voldoet aan alle eisen maar kan alleen bij metaal worden toegepast.

2.3.2.4 Mof¹⁾ of manchetverbinding.

Deze is in fig. 18 aangegeven voor toepassing bij een metalen filter. In het bijzonder moet erop worden gelet dat de boutjes niet binnen het filter uitsteken. Mocht al later een schoonmaakapparaat in het filter moeten worden neergelaten, dan is beschadiging van de rubberbanden van dit apparaat waarschijnlijk.

1) Onder een mof of manchet wordt in deze verstaan een los onderdeel dat wordt gebruikt om twee buizen of pijpen te verbinden.

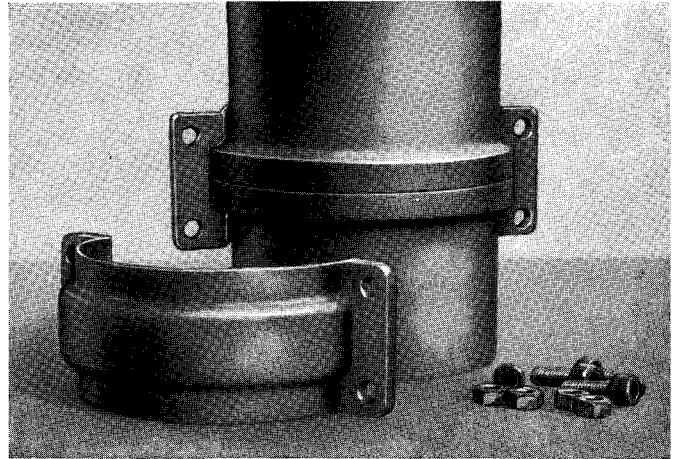
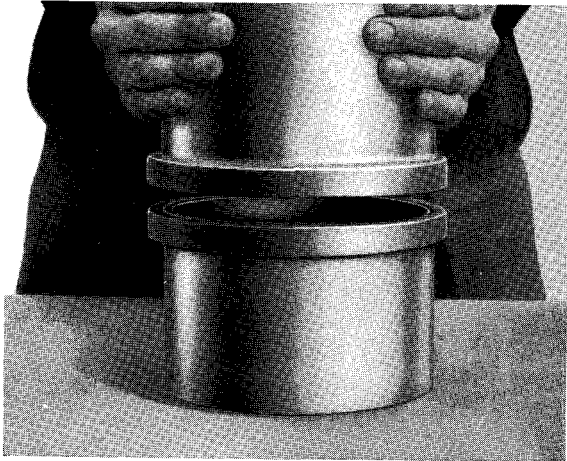


Fig. 17
Klampverbinding
Fabr. Nold

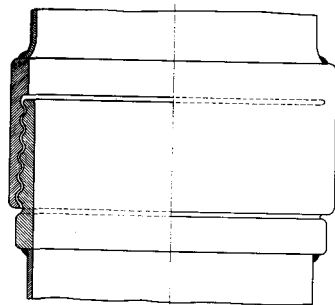
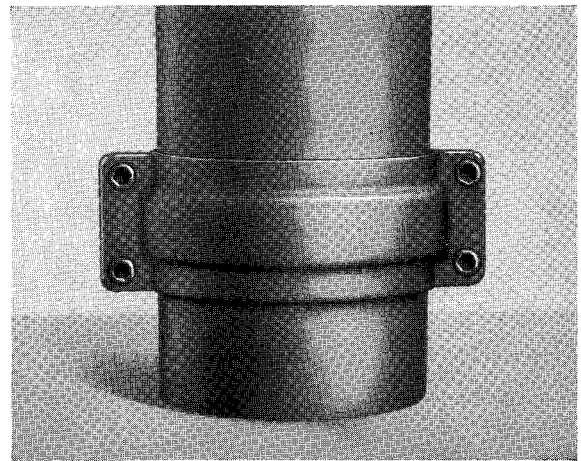


Fig. 16 Schroefverbinding
Fabr. Nold

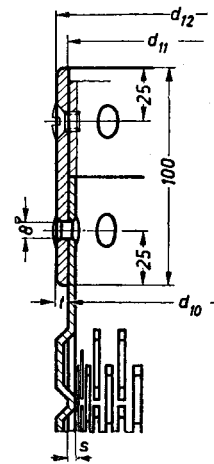
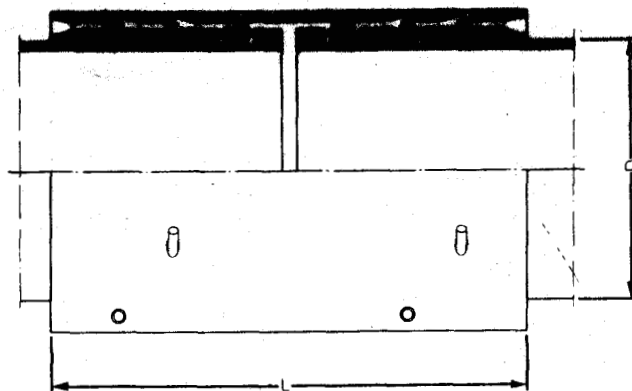


Fig. 18 Manchet of mof
vlg. Nold



Nom. Ø D	L	Aantal Borgsnoeren	Ø Borgsnoeren	Drukklasse kg/cm ²
110	240	2	6	6
160	240	2	8	6
200	360	4	8	6
250	360	4	8	6
315	360	4	8	6
400	410	4	12	6

Fig. 19. Trekvaste verbinding voor PVC, vlg. Polva.

Een andere vorm van deze verbinding is aangegeven in fig. 19 voor toepassing bij PVC. Tot nu toe (1971) is deze verbinding voor putconstructie niet toegepast. Zij voldoet echter goed aan alle eisen aan een verbinding te stellen. Een nadeel is, dat vier lijmnaden per verbinding nodig zijn. Daar deze lijmverbindingen in de fabriek worden gemaakt, mag worden aangenomen, dat deze aan de hoogste eisen voldoen.

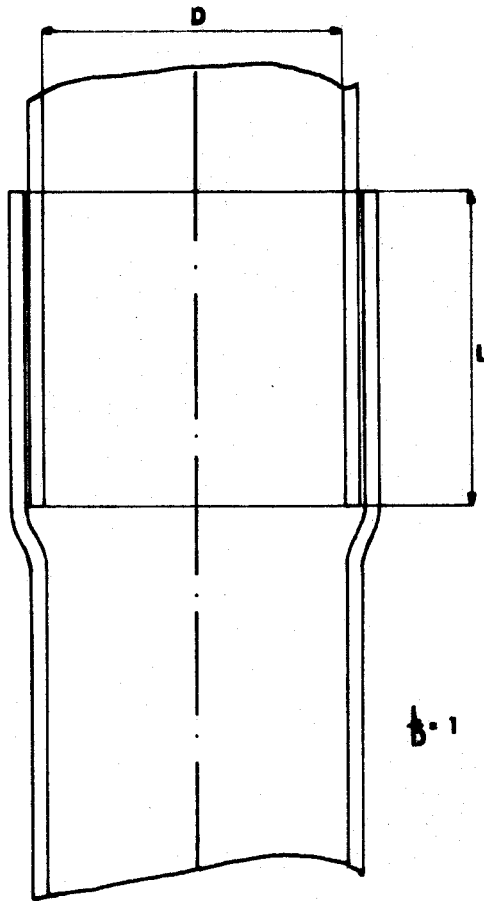


Fig. 20. Sokverbinding voor PVC.

2.3.2.5 Sokverbinding¹⁾.

Hiertoe moet gerekend worden de bij PVC toegepaste lijmverbinding. Deze verbinding heeft vele goede eigenschappen. Echter het lijmen op het werk is een nadeel. Bij de schroefverbinding is reeds vermeld, dat de lijm voor PVC snel droogt en het PVC oplost.

1) Onder sok wordt verstaan een aan een buis of pijp gevormd verwijd gedeelte, dat om het niet vervormde einde van een andere buis of pijp wordt geschoven, teneinde een verbinding te kunnen maken.

De verbinding moet dan ook snel worden gemaakt met een minimum aan lijm. De spie en sok moeten in elkaar worden geschoven terwijl de lijm nog niet gedroogd is. Voor lange filters, waarbij het gewicht tijdens montage groot wordt, wordt de lijmverbinding soms extra voorzien met zelf-tappende schroeven. Dit kan wanneer de filterwand voldoende dik is (>10 mm). Ook hier geldt dat de schroeven niet binnen de wand van het filter mogen uitsteken. Tot deze categorie behoort ook de bij metalen filters vroeger wel toegepaste rilverbinding (zie fig. 21).

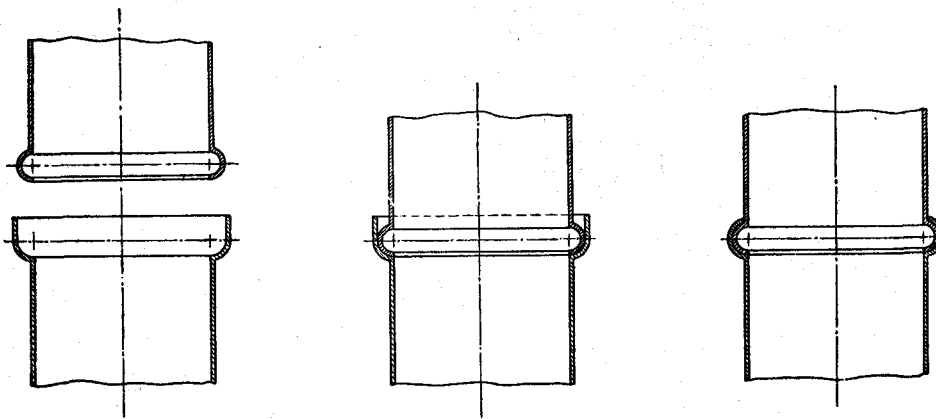


Fig. 21. Rilverbinding (fabr. Nold).

Deze verbinding eiste veel tijd op het werk.

2.4 Bijzondere filterconstructies

2.4.1 Schotelfilter.

Om een dubbele omstorting toe te kunnen passen, staan verschillende wegen open. Bij de behandeling van de omstorting zal op het waarom van de dubbele omstorting nader worden ingegaan.

Een van de middelen om de omstorting, die onmiddellijk tegen het filter aan komt te liggen, op zijn plaats te brengen is het schotelfilter, aangegeven in fig. 22. Dit soort filters is gemaakt van metaal en van porselein. Deze constructie wordt in Nederland niet meer toegepast.

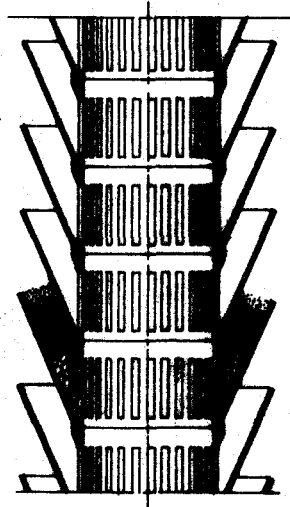


Fig. 22. Schotelfilter.

2.4.2 Filter met aangeplakte omstorting.

Een andere methode om de eerste laag van een dubbele omstorting aan te brengen is deze omstorting in de gewenste dikte op de filterbuis te plakken (zie fig. 23).

Een andere toepassing van een filter met aangeplakte omstorting ligt bij de constructie van waarnemingsputten en verkenningsputten. Veelal wordt voor die doeleinden met een geringe diameter geboord en worden filters van geringe lengte (1 tot 2 m) in het boorgat aangebracht. Men is er zeker van, dat de omstorting op de juiste plaats zit en de wand van het boorgat wordt niet beschadigd door het te storen grind.

Evenals bij het schotelfilter is het gewicht tijdens de montage aanmerkelijk groter dan wanneer het filter eerst gesteld wordt en de omstorting daarna wordt aangebracht.

2.4.3 Dubbel PVC filter met tussenliggende omstorting.

Voor verkennings- of waarnemingsputten waar slechts een filter van beperkte lengte kan worden geplaatst, wordt tegenwoordig gebruik gemaakt van een PVC filter, zoals aangegeven in fig. 24.

Een dergelijke constructie als in fig. 24 is aangegeven, kan ook uitgevoerd worden met een vulling van polytheenkrullen i.p.v. zand of grind.

2.5 Enkele gegevens over filters en filtermateriaal

Materiaal	Sterkte kgf/cm ²	E kgf/cm ²	$\frac{f}{F} \cdot 100\%$ 1)	Prijs ²⁾ index
Hout (Yang)	ca. 1000 ³⁾	$1,5 \cdot 10^5$	6-8	100
Koper ⁴⁾	ca. 2500	$1,2 \cdot 10^6$	6-25	240
Roestvaststaal ⁴⁾	ca. 6000	$2,1 \cdot 10^6$	6-25	160
Bekleed staal ⁴⁾	ca. 1600	$2,1 \cdot 10^6$	5-15	140
Kunststoffen:				
PVC	ca. 100 ⁵⁾	$3,0 \cdot 10^4$ 5)	4-10	80 ⁶⁾
Polyester	ca. 150	$0,6 \div 2 \cdot 10^5$	6	200 ⁷⁾

1) Openingsverhouding, dat is:

totale oppervlakte van de sleuven = f gedeeld door
totale oppervlakte van het filter = F.

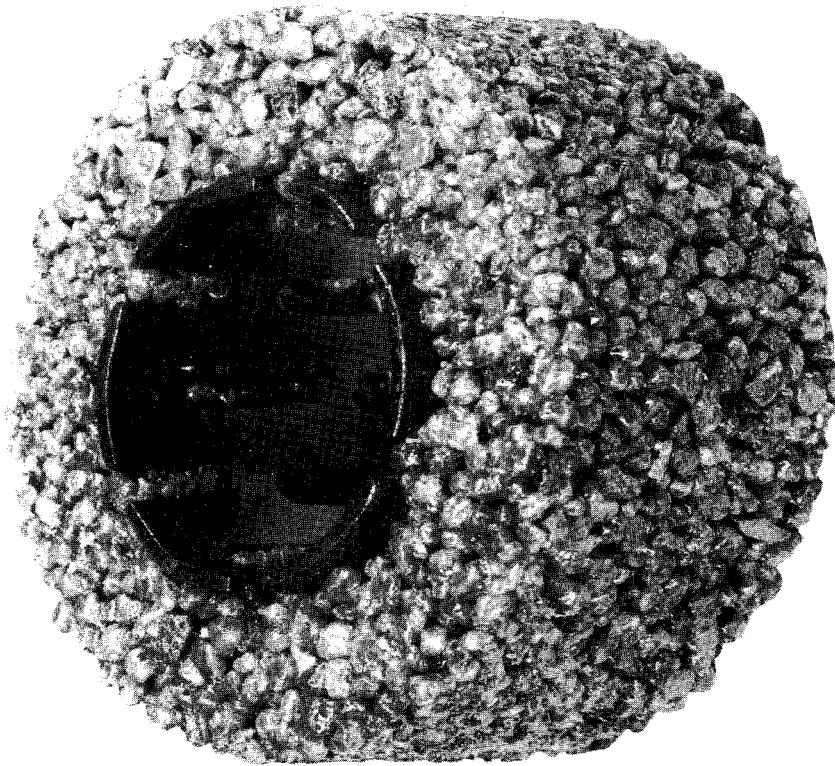


Fig. 23 Filter met aangeplakte omstorting vlg. Nold

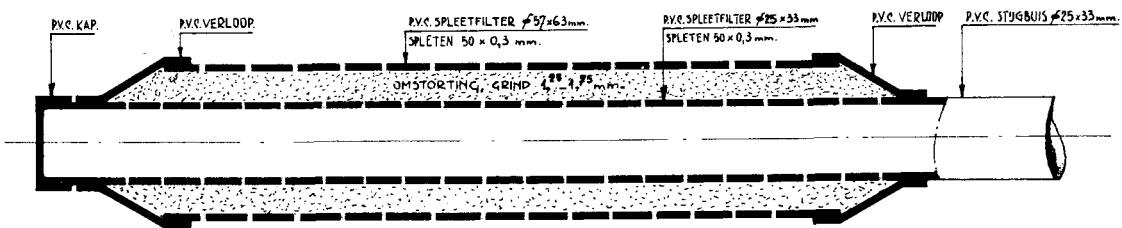


Fig. 24 Filter met voorbereide omstorting

- 2) Van de prijzen anno dec. 1969 is die voor hout "100" gesteld.
 - 3) Treksterkte in de vezelrichting; druksterkte ca. 750.
 - 4) Brugperforatie.
 - 5) Bij een temperatuur van 20°C.
 - 6) Voor \emptyset groter dan 300 mm loopt index op naar 100.
 - 7) Alleen nog verkrijgbaar in \emptyset 200 (anno 1971).
- N.B. De prijsindex is afgeleid van de prijs van in het werk gebrachte filters.

2.6 Literatuur

Technische Berichte. Nold & Co. Nr. 14 en 29.

Nold - Brunnenfilter Buch.

Johnson Inc. Ground-Water and Wells. Chap. 7.

3e Vac. cursus "Drinkwatervoorziening", p. 107.

Bohrtechnik, Brunnenbau, Rohrleitungsbau - 1963, p. 126.

Bieske - Bohrbrunnen.

Kruijtzter, Stijghoogteverliezen in en rond put-filters. H₂O (4) 1971 nr. 8, p 162.

3. DE STIJGBUIS

Zodra het filter de lengte heeft die overeenkomt met de dikte van het watervoerende pakket of met de gewenste dikte als niet het gehele pakket wordt gebruikt, wordt de stijgbuis gemonteerd. Deze stijgbuis behoeft niet van hetzelfde materiaal te zijn als het filter. De stijgbuis moet het voorgat bekleden over die zone, waaruit geen grondwater zal worden gewonnen.

3.1 Eisen waaraan de stijgbuis moet voldoen

3.1.1

Het materiaal van de stijgbuis moet chemisch en bacteriologisch ongevoelig zijn.

3.1.2

De verbindingen moeten waterdicht zijn en onder meer aan dezelfde eisen voldoen als opgesomd bij de filterverbindingen (2.3).

3.1.3

Het materiaal moet voldoende sterk zijn om de krachten te weerstaan die optreden tijdens de montage en gedurende de exploitatie van de put.

3.1.4

De doorsnede moet voldoende ruim zijn en in geen geval kleiner dan die van het filter.

3.2 Toelichting op deze eisen

3.2.1 Waterdichtheid.

Onder 3.1.1 en 3.1.2 zijn eisen gesteld die weinig toelichting behoeven. Het zijn dezelfde eisen als

bij de filters vermeld, met dat verschil dat voor de verbinding geëist moet worden dat deze bovendien waterdicht is. Uit de zone waarin de stijgbuis wordt aangebracht, wordt geen water gewonnen, derhalve ook geen water via verbindingen.

Hierbij moet de eis genoemd worden dat de buitenzijde van de stijgbuis bestand is tegen de schurende werking van het passerende filtergrind gedurende het aanbrengen van de omstorting.

3.2.2

De krachten die op de stijgbuis tijdelijk of blijvend werken zijn de volgende:

3.2.2.1

- het eigen gewicht van de constructie gedurende de montage.

In het algemeen zijn deze krachten niet groot. Alleen daar waar de grondwaterstand ver onder het maaiveld staat, zodat een grote lengte van de constructie met het volle gewicht in de takel hangt, moet aan dit facet aandacht worden besteed. Zeker geldt dit voor de verbindingen

3.2.2.2

- het bijkomende gewicht.

Aan de stijgbuis wordt bevestigd de peilbuis met het peilfilter dat in de omstorting wordt aangebracht. Het gewicht van dit filter en de peilbuis hangt tijdens de montage ook aan de stijgbuis.

Er kan een reden zijn om twee peilfilters aan te brengen. Ook worden aan de stijgbuis centreerbeugels bevestigd. Zoals de naam zegt moeten deze beugels (zie fig. 25) de constructie in het midden van het boorgat houden.

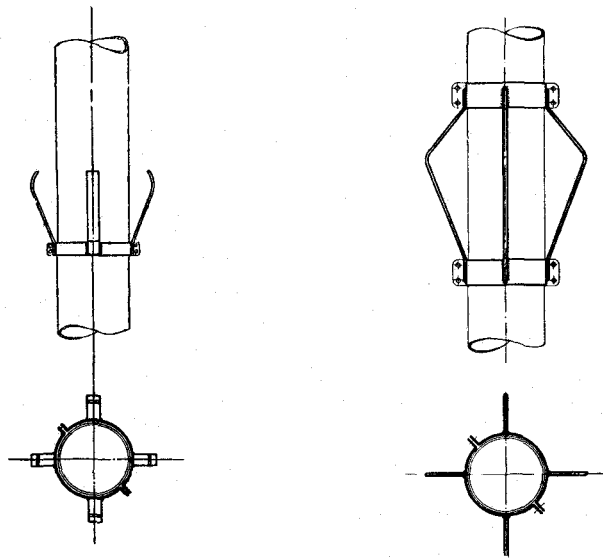


Fig. 25 Centreerbeugels (fabr. Nold)

3.2.2.3

- krachten tijdens aanvullen van het boorgat
- tijdens het aanvullen van het boorgat treden twee soorten krachten op die op de constructie werken:
- negatieve kleef t.g.v. het zetten van de omstorting en de aanvulling en
- de centripetale krachten op de stijgbuis gedurende het aanvullen, die ontstaan door het verschil in soortelijk gewicht van de vloeistofkolom die zich binnen de stijgbuis bevindt en die tussen de stijgbuis en de wand van het boorgat.

De zettingen moeten opgevangen worden door de kabel waaraan de constructie hangt, gedurende het aanvullen te vieren. Teneinde de verschijnselen goed onder controle te kunnen houden, verdient het aanbeveling in de bedoelde kabel een spanningsmeter te monteren.

De centripetale krachten tijdens het aanvullen kunnen belangrijke waarden aannemen en in het bijzonder moet hier aandacht worden besteed, indien een stijgbuis van PVC of ander materiaal met een tamelijk lage elasticiteitsmodulus t.o.v. metalen, wordt toegepast.

Zoals in het kort in de inleiding is vermeld, wordt, nadat filter en stijgbuisconstructie in het boorgat zijn gesteld, de ruimte tussen boorgatwand¹⁾ en constructie²⁾ aangevuld.

Tot ca. 2 meter boven de bovenkant van het filter met het grind voor de omstorting, daarboven, in de stijgbuiszone, met klei en verder met de uitgeboorde grond of met aangevoerd, gezeefd zand. Het vallende materiaal verhoogt het soortelijk gewicht van de vloeistof aan de buitenzijde van de putconstructie.

Zolang met filtergrind wordt gestort, kan een toename van het totale gewicht van de vloeistofkolom aan de buitenzijde van de putconstructie via het filter evenwicht maken met de vloeistofkolom in de constructie; eventueel zal de stijgbuis overlopen op maaiveldhoogte.

De omstorting moet worden voortgezet tot twee meter boven het filter, omdat zekerheid moet be-

1) Er wordt verondersteld dat het boorgat onverbuisd is en derhalve in stand worden gehouden door overdruk met spoeling. Voor de volgende beschouwing is dit echter niet essentieel; bij aanvulling van een verbuisd boorgat treden dezelfde verschijnselen op; echter wordt dan geen spoeling gebruikt.

2) Deze ruimte wordt ook de annulaire ruimte genoemd.

staan dat bij nazakken van de omstorting het filter in ieder geval omgeven blijft met het gewenste materiaal. De omstorting wordt afgesloten met een kleilaag van ca. 2 meter. Deze afsluiting is noodzakelijk om een mogelijke infiltratie van water van het maaiveld af, via de geroerde grond om de stijgbuis naar het filter te beletten. Deze kleiaanvulling kan het beste gebeuren door kleibrokjes te storten. Klei in poedervorm heeft een zeer geringe valsnelheid; daardoor wordt langdurig het soortelijk gewicht van de vloeistof aan de buitenzijde van de stijgbuis verhoogd.

De nivellering van ongelijke drukken via het filter wordt geleidelijk aan minder naarmate de klei op de plaats van bestemming aankomt. Nadat de kleiafdekking tot stand is gekomen, zal de stijghoogte binnen de stijgbuis worden bepaald door de stijghoogte van het grondwater in de watervoerende laag waarin het filter is gesteld (fig. 26).

Op de diepte H_2 waarop wordt aangevuld zal de druk in de stijgbuis bedragen

$$p_i = (H_2 - s)\gamma_w$$

p_i in Pa
 H_2 in m'
 s in m'
 γ_w is soort.gew. water
in N/m^3

Hierbij wordt er van uitgegaan dat de druk in de stijgbuis, slechts weinig boven de bovenkant van het filter, wordt bepaald door de druk in het watervoerende pakket, derhalve $(H_1 - s)\gamma_w$; wanneer de aanvulling op grote diepte plaatsvindt, zal een vervanging van H_1 door H_2 slechts weinig invloed uitoefenen op de waarde van p_i .

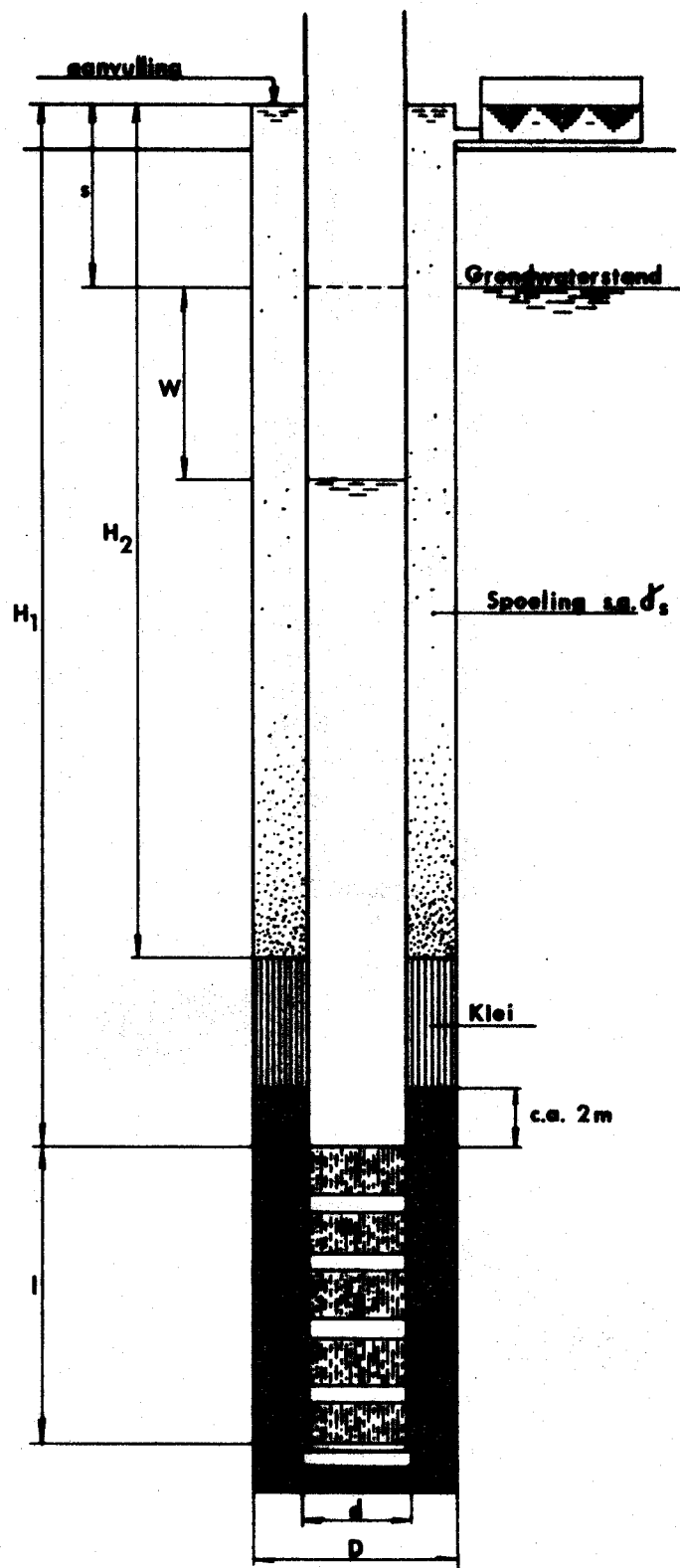


Fig. 26. Overdruk aan buitenzijde van de buis tijdens aanvulling.

Buiten de stijgbuis zal de spoeling in stand blijven t.g.v. de woeling die daarin onderhouden wordt door de aanvulling van de annulaire ruimte. Op de diepte H_2 heerst dan in deze ruimte t.g.v. de spoeling een druk:

$$p_s = H_2 \cdot \gamma_s$$

p_s in Pa
 H_2 in m'
 γ_s soort.gew. van de spoeling in N/m^3

t.g.v. het vallende aanvullingszand:

$$p_z = \frac{H_2}{V} (1-\epsilon) (\gamma_z - \gamma_s) \cdot \alpha^1$$

Hierin is V valsnelheid van zand in een vloeistof met dichtheid γ_s in m/s
 ϵ = poriëngehalte van het aanvullingszand -
 α^1 = snelheid waarmee de annulaire ruimte aangevuld in m/s

De centripetale druk waaraan de stijgbuis wordt onderworpen op een diepte H_2 t.g.v. spoeling en aanvulling bedraagt dan

$$\Delta p = p_s + p_z - p_i \quad (1)$$

Deze Δp mag om redenen van veiligheid niet groter worden dan $0,6 p_b$ waarin p_b de bewijkdruk van de stijgbuis is in Pa.

Derhalve:

$$0,6 p_b = p_s + p_z - p_i \quad (2)$$

Deze formule kan herleid worden tot:

$$\alpha = \frac{p_b \cdot r^2}{10 \cdot \eta \cdot H_2} \left(1 - 16300 \frac{s}{p_b} \right) \quad (3)$$

Hierin is

α de hoogte waarmee de aanvulling per uur toeneemt
in m/h

r de halve korreldiameter van het aanvullings-
materiaal in m

η de dynamische viscositeit van de spoeling in Pa.s

De afleiding is te vinden in een
publicatie van het Rijksinstituut voor Drinkwater-
voorziening, geschreven door ir. M.C. Brandes.

Voorts gelden nog de volgende beperkingen c.q.
aannamen:

- het volumegewicht van de spoeling is aangenomen op
 $10\ 300\ \text{N/m}^3$
- het volumegewicht van water is aangenomen op
 $9\ 800\ \text{N/m}^3$
- het poriëngehalte van de aanvulling bedraagt 0,35
- de formule is alleen geldig voor

r is gelijk aan of kleiner dan $\frac{0,15}{2} \cdot 10^{-3}\ \text{m}$, d.w.z. voor
aanvulling met matig fijn, middel fijn zand of
fijner materiaal.

De snelheid waarmee aangevuld mag worden is:

- afhankelijk van het materiaal en de afmeting van
de stijgbuis (p_b)
- omgekeerd evenredig met de dynamische viscositeit
van de spoeling
- omgekeerd evenredig met de diepte waarop wordt
aangevuld
- kleiner naarmate de stijghoogte in het watervoe-
rende pakket afneemt.

De praktijk heeft getoond dat bij stijgbuizen uitge-
voerd in metaal of asbest-cement geen gevaarlijke
omstandigheden optreden bij het aanvullen van de

annulaire ruimte.

Bij stijgbuizen van kunststof moet aan deze snelheid van aanvulling wel aandacht besteed worden.

Er zijn enkele maatregelen te bedenken in geval het drukverschil over de wand van de stijgbuis ongewenst hoog wordt. Volgens formule 1 (pag. 61) is dit drukverschil afhankelijk van de druk die de spoeling veroorzaakt, die van het vallende zand en de druk binnenin de buis.

In het voorgaande is de term p_z in beschouwing genomen; het is duidelijk dat aan p_s niet veel gedaan kan worden.

De laatste term p_i kan echter wel beïnvloed worden. Het is mogelijk om in de stijgbuis een stop aan te brengen even boven het filter. Daarop kan dan het waterpeil in de stijgbuis opgevoerd worden tot bovenkant stijgbuis.

Het is zelfs mogelijk om de stijgbuis voor dat doel tijdelijk te verlengen zodat de waterkolom nog verder kan worden opgevoerd.

Beperking van de grootte van p_z kan gevonden worden door de aanvulling door stortpijpen op de vereiste diepte te brengen. Daartoe zijn minstens twee stortpijpen nodig die diametraal tegenover elkaar zijn geplaatst in de annulaire ruimte. (Rondgaan met de stortpijp in deze ruimte is door de aanwezigheid van centreerbeugels niet mogelijk). De aanvulling kan dan als slurrie in de stortpijpen worden gepompt; om te voorkomen dat de putconstructie uit het midden van het boorgat wordt gedrukt moet gelijkmatig via beide stortpijpen worden aangevuld. Beide methoden vergen extra werkzaamheden en daardoor extra kosten. Samengevat kan worden gezegd dat het aanvullen van het boorgat zorgvuldig moet

geschieden en dat men de in deze beschouwing behandelde factoren goed in het oog houdt.

3.2.2.4 De krachten tijdens de exploitatie.

De krachten op de stijgbuis in de toestand van exploitatie zijn de silodruk van de omgevende grond en het drukverschil van het grondwater ontstaan door de afpompings. De silodruk is afhankelijk van de inwendige wrijvingshoek van de grond en van de wrijvingshoek tussen grond en stijgbuis, van de diameter van de stijgbuis en van de diepte onder maaiveld. Deze laatste factor is verreweg de belangrijkste. Op diepten van meer dan 5 m mag de volgende silodruk genomen worden:

$$P = \frac{d \cdot \gamma}{4 \operatorname{tg} \varrho^{\circ}}$$

P = gronddruk in Pa

d = buitendiameter stijgbuis in mm

γ = soortelijk gewicht van de grond in N/m^3

ϱ° = wrijvingshoek tussen grond en stijgbuis
(ca. 27° voor nat zand en klei)

Wordt voor γ : $25 \cdot 10^3 \text{ N/m}^3$ en voor ϱ° : 27°
dan gaat de formule over in:

$$12,5 \cdot 10^3 \cdot d \text{ Pa}$$

Voor een stijgbuis \varnothing 500 mm komt de silodruk niet hoger dan $6 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ ($\approx 0,06 \text{ kg/cm}^2$)

In het algemeen behoeft aan de silodruk geen aandacht te worden besteed.

Het drukverschil tengevolge van de afpompings bij een put in freatisch water mag gelijk gesteld worden met het drukverlies ontstaan door de intredeweerstand van het filter vermeerderd met de drukverliezen in de stijgbuis.

Normaal zal de intredeweerstand enkele centimeters bedragen; de drukverliezen in de stijgbuis, zelfs in lange stijgbuizen, zijn eveneens in cm uit te drukken. Tezamen zullen deze twee grootheden verwaarloosbaar zijn, zolang geen verstoppingsverschijnselen van het filter optreden. Loopt de intredeweerstand van het filter echter op en wordt een schoonmaakbeurt gegeven, waarbij mogelijk zeer krachtig op de put wordt gepompt, dan zal met grotere drukverschillen moeten worden gerekend.

Indien het filter geplaatst is in een laag die duidelijk gescheiden is van de laag of lagen waar de stijgbuis doorheen loopt, dan dan de druk binnen de stijgbuis aanmerkelijk lager worden dan buiten de stijgbuis.

De spanningsverlaging in het watervoerende pakket is op een waterwinplaats bij benadering de som van de verlagingen door elk van de putten afzonderlijk veroorzaakt. De totale verlaging kan daardoor zeker in de grootte-orde van $1 \div 1,5 \times 10^5 \text{ Pa}$ ($10 \div 15 \text{ mwk}$) komen. En daar zal de stijgbuis op moeten worden berekend (fig. 27).

3.2.3 De diameter van de stijgbuis.

De diameter wordt doorgaans bepaald door de maat van de onderwaterpomp¹⁾. Slechts in die gevallen waarin het zeker is dat nooit een onderwaterpomp zal worden toegepast, zoals bij putten met een

1) Wanneer over onderwaterpomp wordt gesproken, dan wordt bedoeld de onderwaterpomp met electromotor, die met keerklep en zuigkorf tot één aggregaat zijn samengebouwd.

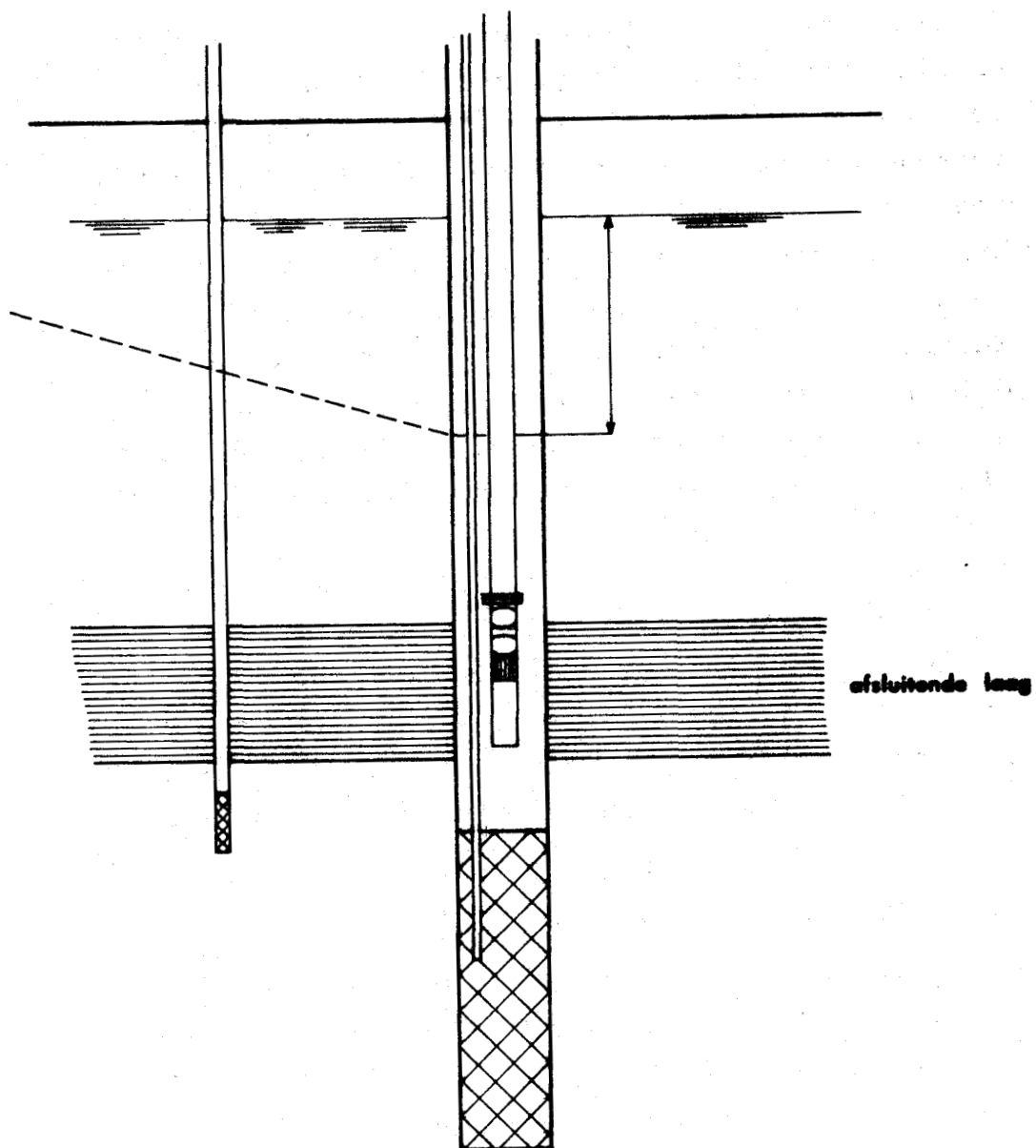


Fig. 27. Overdruk op stijgbuis bij een put met filter in spanningswater.

zeer kleine opbrengst (bijv. 15 m³/h), of putten voor een bronbemaling, kan de maat van de stijgbuis bepaald worden in verband met de drukverliezen in het stromende water. Deze zullen klein zijn, het gaat om kleine hoeveelheden en doorgaans over korte afstanden. De diameter van de stijgbuis moet echter minsters gelijk genomen worden aan de diameter van het filter om schoonmaakapparatuur in het filter te kunnen brengen. Dit geldt zowel voor kleine putten als voor grote putten.

Wordt in de put een onderwaterpomp gemonteerd, dan wordt het bovenste deel van de stijgbuis-diameter bepaald door de grootste diameter van de onderwaterpomp en de daaraan gemonteerde electromotor. Daar de afmetingen van de onderwaterpomp bekend moeten zijn vóór de put wordt gemaakt, kan de vereiste diameter van de stijgbuis ter plaatse van de pomp worden gekozen.

Daarbij kan het volgende staatje worden aangehouden:

grootste diameter o.w. pomp + motor	minimum doorsnede stijgbuis
94 mm	200 mm
140 mm	300 mm
200 mm	400 mm
300 mm	500 mm
d mm	d + 200 mm

Onder woorden gebracht: bij de kleinste onderwaterpomp nemen men de stijgbuis tenminste 100 mm groter in diameter. Bij het groter worden van de diameter van de onderwaterpomp late men de diameter van de stijgbuis snel stijgen naar 200 mm meer in diameter dan de buitenwerkse diameter van dit aggregaat. Hiermede worden de intredeverliezen van het water

in de pomp laag gehouden. Maar nog belangrijker is dat montage van een grotere pomp mogelijk is indien de opbrengst van de put groter blijkt te kunnen zijn dat was verwacht.

Bovendien moet in de ruimte tussen pomp en stijgbuis plaats zijn voor tenminste een peilbuis met buitenwerkse maat van 33 mm.

Voorts moet ook aandacht worden besteed aan de afmetingen van de pomp waarmee de put wordt schoongepompt. Doorgaans wordt hier een andere pomp voor gebruikt dan de pomp die voor de exploitatie is gekozen. Het zou kunnen zijn dat deze pomp een grotere diameter heeft dan de in de exploitatie te monteren pomp. In dat geval wordt de diameter van de stijgbuis bepaald door de afmetingen van de tijdelijke pomp. De lengte van het verwijde deel wordt zodanig bepaald dat de zuigmond van de onderwaterpomp tenminste één meter onder het wateroppervlak blijft. Daarbij is op een spiegelverlaging te rekenen die ontstaat:

door seizoendaling

door afpomping

door beïnvloeding.

Anderzijds - indien enigszins mogelijk - moet de stijgbuis aansluitend op het filter over een lengte van ca. 2 m dezelfde doorsnede hebben als het filter om bij snelheidsmetingen in de put enige lengte te hebben, waar de totale hoeveelheid water gemeten kan worden zonder beïnvloeding van het meetinstrument door zijdelingse toestroming.

3.3 Materialen

Het is niet noodzakelijk dat filter en stijgbuis van hetzelfde materiaal zijn. Evenwel mogen het geen materialen zijn, die elkaar slecht beïnvloeden, zoals koper en staal.

3.3.1 Hout.

De houtsoorten die voor de stijgbuis gebruikt kunnen worden, zijn dezelfde als waarvan het filter gemaakt kan worden. Op de grens van lucht en water zal het hout echter kans lopen op verwerking. Het hout dat in deze zone wordt verwerkt moet derhalve aan hoge kwaliteitseisen voldoen. Soms ging men in die zone over van hout op staal.

Evenals bij de filters wordt de stijgbuis opgebouwd uit duigen. Om de 40 cm wordt een koperen of roestvast stalen beugel aangebracht. De voor- en nadelen van hout zijn reeds bij de bespreking van de filters genoemd. Aan de eis dat de stijgbuis het ongewenste grondwater keert, voldoet het materiaal hout beslist niet. Houten stijgbuizen worden de laatste jaren weinig meer toegepast. De wandruwheid moet aangenomen worden op 0,5 mm.

3.3.2 Staal.

In het verleden is staal veelvuldig toegepast door zijn vele goede eigenschappen. De slechte weerstand tegen corrosie vormde geen onoverkomelijke hinderpaal. Door een zware asfaltering aan binnen- en buitenzijde en een omwikkeling met asfaltband bovendien, tegen beschadigingen van de beschermende asfaltlaag door vallend grind, werd dit ongerief gecompenseerd. Een stalen stijgbuis werd toegepast op de vroeger toegepaste filters: hout, staal, koper, aardewerk e.d.

In combinatie met koper werd, door de galvanische werking, het staal spoedig aangetast.

De toegepaste verbindingen waren de schroefverbindingen zowel met behulp van de schroefmof als met behulp van in- en uitwendige draad. Daarnaast moet genoemd worden de lasverbinding. Deze werd wel uitgevoerd met een roestvast stalen binnenkoker ter plaatse van de las. Deze koker verdeelt de warmte bij het lassen noodzakelijk en voorkomt dat de asfaltering aan de binnenzijde van de stijgbuis vloeit.

Ook flenzen werden toegepast, hoewel deze een belemmering vormen bij het aanvullen van de omstorting en de overige grond. Onmiddellijk onder de flenzen blijven ongefulde ruimten die aanleiding geven tot extra zettingen. De moderne wijzen van bekleding kunnen de asfaltering wel vervangen, echter zal het staal in die uitvoering weinig kans krijgen omdat andere materialen goedkoper zijn en beter bestand tegen de corrosieve invloeden die kunnen optreden.

Thans wordt staal alleen nog gebruikt in zeer speciale gevallen en door sommigen voor het bovenste, verwijde deel van de stijgbuis.

De wandruwheid van nieuwe, geasfalteerde stalen buizen is gering: 0,01 mm.

3.3.3 Asbestcement.

Voor stijgbuizen heeft asbestcement een belangrijke plaats ingenomen, hoewel het gewicht hoog is.

De robuustheid en de gemakkelijke verbinding van de buizen onderling, hebben in de naoorlogse jaren zeer veel asbestcementen buizen in de putconstructie gebracht. Het bezwaar dat asbestcement door kalkagressief water wordt aangetast kan weggenomen worden

door de buis te bekleden, bijv. met asfalt. Ook is hiervoor steenkoolteerpek gebruikt. Dit product mag echter niet aan de binnenzijde van de buis worden gebruikt; het is toxicologisch niet veilig.

Aan de binnenzijde moet daarom een bitumen product worden gebruikt. Hierdoor blijft de wandruwheid op een lage waarde: 0,02 mm.

De verbinding van het filter met de asbestcementen stijgbuis wordt gemaakt met behulp van een verloopstuk van koper of roestvrijstaal.

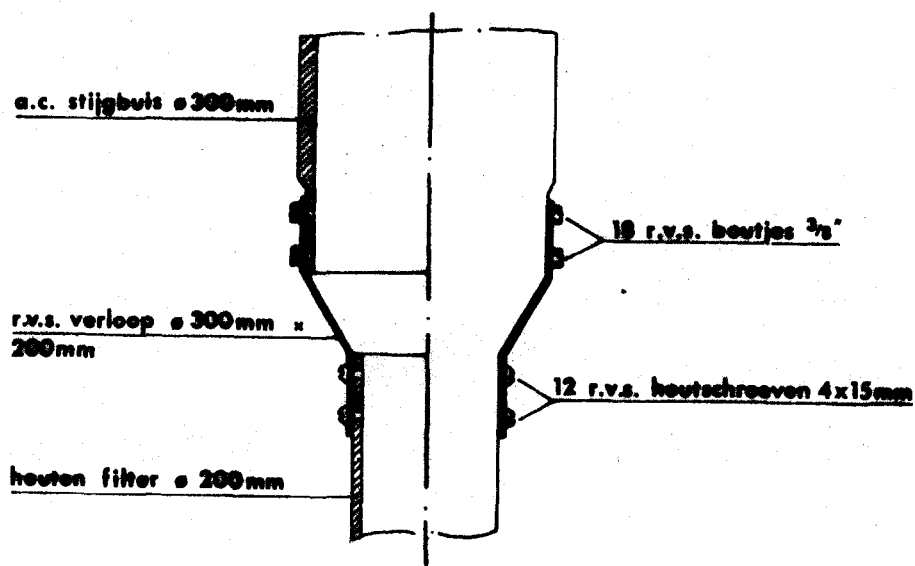


Fig. 28. Verloopstuk houten filter ϕ 200 mm- a.c. stijgbuis ϕ 300 mm.

Deze keuze hangt af van de materiaalsoort van het filter. In de fig. 28 is als voorbeeld aangegeven een verloopstuk, gebruikt als overgang van een houten filter naar een asbestcementen stijgbuis.

De onderlinge verbinding tussen de stijgbuizen wordt veelal gemaakt met behulp van een manchet. De uiteinden van de buizen worden daartoe over een lengte

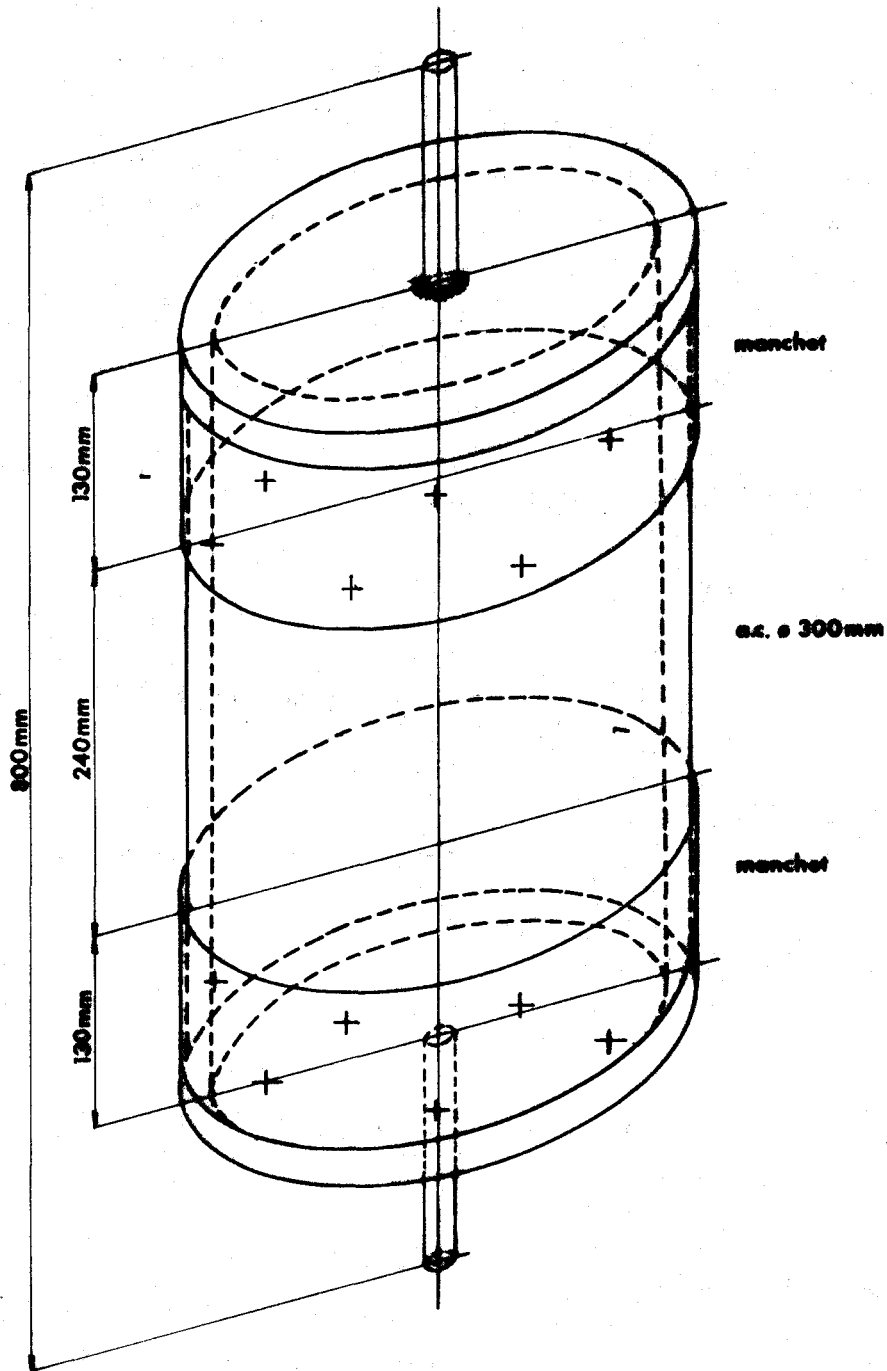


Fig. 29. Proefstuk voor beproeving op trek van de manchetsverbinding bij a.c. buis.

van ca. 250 mm zuiver rond afgedraaid. De manchet wordt met 3/8" boutjes op de buis vastgezet. Deze boutjes mogen niet door de buiswand heensteken, omdat de binnenzijde van de stijgbuis glad moet blijven. Schoonmaakapparatuur mag niet door uitstekende boutpunten beschadigd worden.

In het Laboratorium voor Keuring en Onderzoek van Bouwmaterialen van de Gemeente Den Haag is een rechte verbinding op sterkte beproefd. Daartoe is een proefstuk gemaakt zoals in fig. 29 is aangegeven. De verbinding is op trek belast tot bezwijking. Bij 25.000 kg scheurde de asbestcementen pijp af. Het gewicht van een asbestcementen buis \varnothing 300 bedraagt ca. 60 kg/m. Een gewicht van 25 ton wordt bereikt bij een lengte van de constructie van 400 m. Deze constructies komen in Nederland, in den droge, niet voor.

Het bezwaar van deze verbinding is dat ze niet waterdicht is. Omwikkelen met asfaltband of een andere bandsoort is niet voldoende. Wel afdoende is een rubberen kous die om de verbinding wordt geschoven of gerold. Deze verbinding heeft het voordeel dat ze geen verdikking op de buis vormt. Dit voordeel spreekt vooral bij boringen die verbuisd zijn.

Een andere verbinding is nog een rubberen kous die om de afgedraaide einden wordt aangebracht en vervolgens tegen beschadiging wordt beschermd door een roestvaststalen manchet. Deze manchet houdt de buizen t.o.v. elkaar in de juiste positie, het rubber zorgt voor de waterdichtheid. Deze verbinding

neemt weinig trek op.

Al deze verbindingen zijn bewerkelijk. De wandruwheid van asbestcement bedraagt 0,025 mm; is de binnenzijde geasfalteerd dan kan de wandruwheid op 0,01 mm worden aangenomen.

Constructies van asbestcement zijn zwaar; ze worden voor putten weinig meer toegepast.

3.3.4 Kunststof.

Van de kunststoffen heeft PVC zich reeds een plaats veroverd in de putconstructie. En het ziet er naar uit dat in de eerstvolgende jaren PVC gaandeweg alle andere tot nu toe in gebruik zijnde materialen zal verdringen van de markt. De gunstige eigenschappen van dit materiaal reeds genoemd bij de filters gelden evenzeer voor de stijgbuis.

De wandruwheid kan gesteld worden op 0,02 mm.

Bij de eerste toepassingen zijn vanzelfsprekend enige teleurstellingen opgetreden, die echter verklaarbaar werden toen men zijn werkwijze ging narekenen. Met name moge worden genoemd dat de stijgbuis wel eens is samengeklapt tengevolge van de horizontale drukken, ontstaan o.a. bij het aanstorten van ruimte tussen stijgbuis en boorbuis.

Onder 3.2.2.3 is een formule gegeven voor deze optredende drukken. Om de toelaatbare centripetale druk op PVC stijgbuizen te bepalen wordt uitgegaan van de formule:

$$P_b = \frac{2E}{1-\mu} \left(\frac{w}{d-w} \right)^3$$

Hierin is:

p_b	: de bezwijkdruk	Pa
E	: de elasticiteitsmodulus	Pa
w	: de wanddikte van de buis	m
d	: de buitendiameter van de buis	m
μ	: de constante van Poisson	-

Deze formule geldt voor metalen cilinders.

Enkele proeven van de Wavin ter bepaling van de bezwijkdruk van PVC pijpen doen vermoeden dat deze formule ook op deze pijpen zou mogen worden toegepast, indien de belasting kortstondig optreedt. Aan langdurige uitwendige druk zijn voor zover bekend geen speciale proeven gewijd. Evenwel de hogere belasting bij putconstructies tijdens het aanvullen is kortstondig, zodat bovengenoemde formule bij gebrek aan beter moet worden gehanteerd. De formule (3) uit 3.2.2.3 kan voor PVC buizen nog vereenvoudigd worden door uit te gaan van buizen klasse 10 d.w.z.

dat de bezwijkdruk p_b wordt	$4,6 \cdot 10^{-5}$ Pa.
Wordt aangevuld met zand met een korreldiameter van	$1,5 \cdot 10^{-3}$ m
en neemt men als dynamische viscositeit van de spoeling	$\eta: 4 \cdot 10^3$ Pa.s

dan gaat de formule over in:

$$\alpha_{\max} = \frac{360}{H_2} (1 - 0,035 s)$$

Hiermede is een verband gelegd tussen de snelheid waarmee de aanvulling mag stijgen en de diepte waarop wordt aangevuld. De stijghoogte van het grondwater in de watervoerende laag zal alleen invloed uitoefenen als deze s een waarde heeft van meer dan twee meter.

In fig. 30 is de formule in grafiek gebracht; de waarde voor $s = 0$ genomen d.w.z. de stijghoogte van

MAXIMALE SNELHEID WAARMEDE EEN BOORGAT
 OM EEN P.V.C. STIJGBUIS KL.10 MAG WORDEN
 AANGEVULD MET ZAND $r = \frac{15}{2} \cdot 10^6 \text{ m}$.

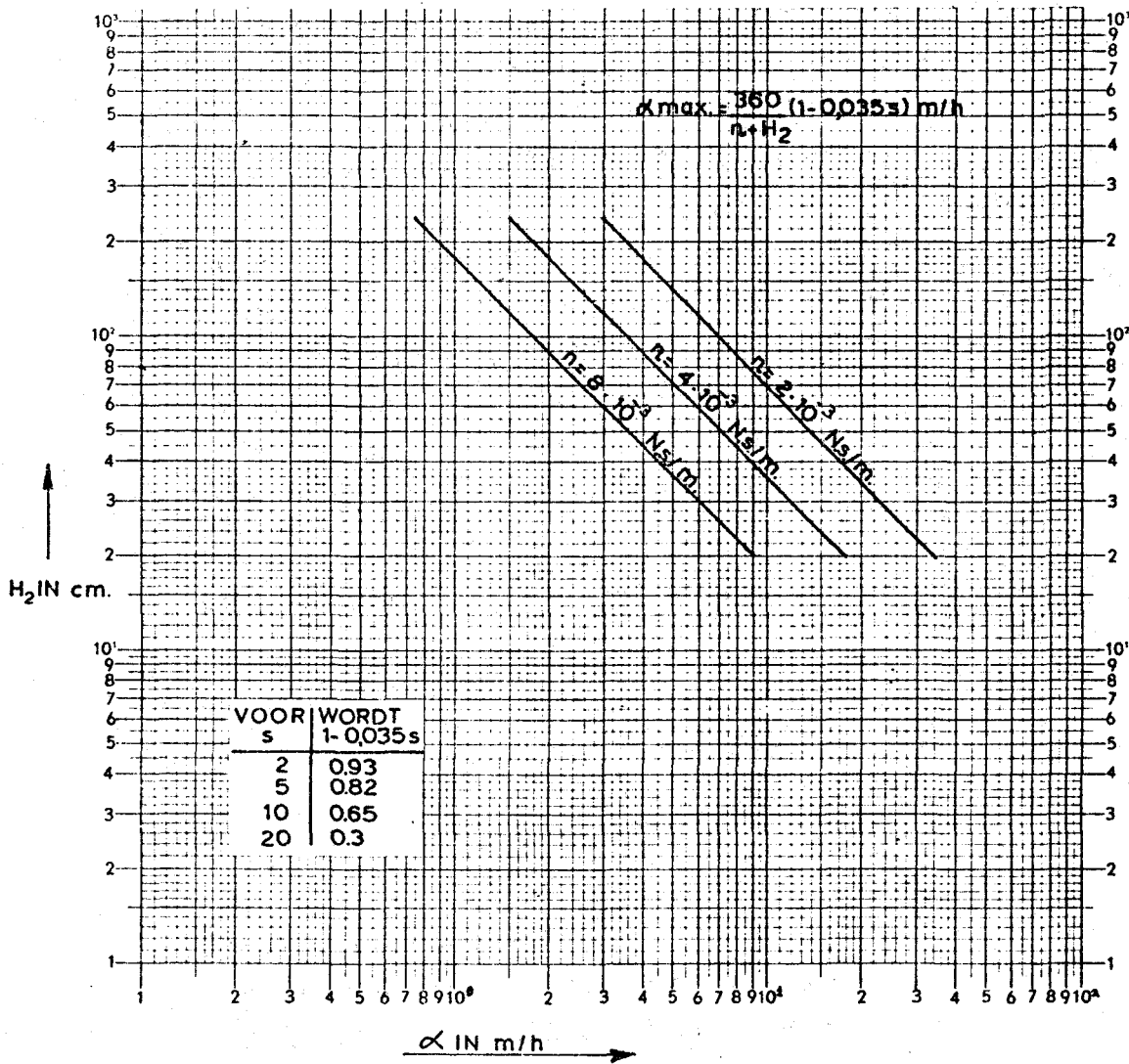


Fig. 30

het grondwater in het pakket waarin het filter is gesteld komt tot maaiveld. In de hulptabel is de invloed van verschillende waarden van s vermeld; daarmee moeten de uitkomsten van α_{\max} worden vermenigvuldigd.

Voorts zijn de lijnen aangegeven voor een spoeling met $\eta = 2 \cdot 10^{-3}$ Pa.s, $4 \cdot 10^{-3}$ Pa.s en $8 \cdot 10^{-3}$ Pa.s
Voor andere waarden kan geïnterpoleerd worden.

De verbindingen bij de filters beschreven, worden ook bij de stijgbuizen toegepast: de lijmverbinding en de schroefverbinding uitgevoerd als koorddraad. De schroefverbinding moet zorgvuldig in elkaar worden gezet. Ter wille van de waterdichtheid en tot grotere veiligheid tijdens de constructie kan de schroefdraad bovendien worden gelijmd. De lijm-lagen moeten worden aangebracht nadat de verbinding éénmaal zonder lijm in elkaar is gezet geweest om te controleren of beide delen goed in elkaar passen. Na het aanbrengen van de lijm moet de verbinding onmiddellijk worden gemaakt, daar de lijm snel verhardt. Wordt te lang gewacht met het in elkaar schroeven van de verbinding, dan krijgt men de delen niet voldoende meer in elkaar. Het gevolg is dat de verbinding dan slechter is dan wanneer deze zonder lijm zou zijn gemaakt.

Daarom geven velen de voorkeur aan de rechte, gelijmde sokverbinding. Ook hiervoor geldt dat deze eerst zonder lijm beproefd moet worden: de delen moeten zeer goed in elkaar passen.

Voor het verloop van kleinere naar grotere diameter zijn verloopstukken in de handel.

Van de andere kunststoffen waarvan stijgbuizen worden geleverd wordt volstaan met te vermelden dat

deze dezelfde voordelen hebben als bij de filters van deze stoffen vermeld, zoals polyester, kunsthout e.a. De prijzen van deze materialen zijn echter dermate hoog dat ze slechts zelden worden toegepast.

Voor stijgbuizen wordt ook polyetheen toegepast. De buizen van dit materiaal kunnen op rollen geleverd in grote lengten verkregen worden. Verbindingen in de stijgbuis behoeven dan niet te worden gemaakt. Echter, ook hier is de prijs een bezwaar. Bovendien bestaat de kans dat de geringe stijfheid van het materiaal leidt tot gebogen verloop als de constructies op haar plaats in het boorgat zijn gebracht.

3.4 Literatuur

Bohrtechnik - Brunnenbau, Rohrleitungsbau. 1960
Heft 7.

Techn. Berichten, Nold & Co. Nr. 21, apr. 1964

Ir. M.C. Brandes, Het aanvullen van het boorgat bij het maken van diepe pomputten. Nota RID 1976.

4. DE AANVULLING VAN HET BOORGAT

In Nederland wordt slechts zelden in geconsolideerde formaties geboord. Ook de watervoerende lagen zijn veelal ongeconsolideerde formaties, waarin samensellingen van grondlagen worden aangetroffen waarin soms zeer grove korrels voorkomen (>0.5 mm), maar bijna altijd van fijn gesproken kan worden (<0.2 mm). Zoals in de inleiding reeds is aangegeven moet het boorgat over de volle diepte bekleed worden, waartoe in dit gat het filter en de stijgbuis worden geplaatst. Er zijn enige redenen om het boorgat wijder te maken dan diameter van filter en stijgbuis vermeerderd met een minimale omstorting, zouden eisen:

het boorgat is niet altijd zuiver verticaal;
het boorgat, bij spoelboringen, heeft geen constante doorsnede;

het plaatsen van de filter-stijgbuisconstructie in een wijd boorgat kost minder tijd dan het plaatsen in een nauw boorgat. Dit laatste vergroot bovendien de kans op beschadigingen van de wand van het boorgat. Daarnaast zal, zelfs bij een verbuisd boorgat, altijd enige ruimte blijven tussen wand en constructie. Deze ruimte moet opgevuld worden. Bepaalde delen van deze aanvulling moeten binnen bepaalde grenzen komen (omstorting, klei); dit kan alleen nauwkeurig als daar enige ruimte voor beschikbaar is.

Een ruim boorgat biedt tevens het voordeel dat door een goede omstorting de overgang van ongeroerde grond naar het filter geleidelijk verloopt en de openingen in het filter groter kunnen zijn, dan wanneer geen omstorting zou zijn toegepast.

De zeer fijne gradaties uit het watervoerende pak-

ket kunnen bij het schoonpompen en ontwikkelen van de put via de omstorting worden verwijderd; de grovere gradaties worden door de omstorting tegen gehouden.

4.1 De omstorting

4.1.1 Eisen waaraan de omstorting moet voldoen.

De volgende eisen moeten aan de omstorting worden gesteld:

Het materiaal moet bestand zijn tegen verblijf in het grondwater;

Het materiaal moet een goede overgang vormen tussen moedermateriaal en filter; daartoe moet het zoveel mogelijk de bolvorm benaderen, gladde oppervlakken hebben, binnen nauwe grenzen van een bepaalde maat zijn;

De omstorting moet op een aanvaardbare wijze op haar plaats in het werk gebracht kunnen worden;

De omstorting moet oneffenheden in de wand van het boorgat opvullen;

Het materiaal moet bestendig zijn tegen chemicaliën die voor het in bedrijf nemen van een put daarin worden gebruikt, zoals chloor, dan wel tegen de chemische middelen die in een later stadium moeten worden gebruikt om een opgetreden verstopping te verwijderen;

De dikte van de omstorting moet het mogelijk maken dat de fijnste lagen uit het moedermateriaal door krachtige pompen worden verwijderd; in geval het boorgat is gemaakt met toepassing van een spoeling dan zal de pleisterlaag op de wand van het boorgat ook langs deze weg moeten worden afgevoerd.

4.1.2 Toelichting op de eisen.

Genoemde bestendigheidseisen lijken vanzelfsprekend omdat tot nu toe uitsluitend gebruik is gemaakt van grind voor de omstorting. Omdat het materiaal aan bepaalde afmetingen moet voldoen is toepassing van korrels van kunststof wel overwogen. Toepassingen in de praktijk zijn nog niet bekend. Maar daarom moet wel met deze mogelijkheid rekening worden gehouden en dan moet aan de bovengenoemde eisen worden voldaan.

Zolang niet uitdrukkelijk anders vermeld, wordt in het vervolg in deze aan grind als materiaal voor de omstorting gedacht.

Riviergrind voldoet zeer goed als omstorting.

Grind voldoet tevens aan de eisen dat het op een aanvaardbare wijze aangebracht kan worden en de oneffenheden van het boorgat opvult.

Hoe groot de afwijkingen van de boorgatdiameter bij een onverbuise boring kunnen zijn wordt getoond in fig. 31.

Aan de eisen van vorm, oppervlak van de korrel en gradatie voldoet kwarts grind zeer goed.

Om tot een goede overgang te komen van de watervoerende lagen tot het filter, moet worden uitgegaan van deze watervoerende lagen. Daartoe moesten van monsters van deze lagen zeefkrommen gemaakt worden. Het is gewenst nu enige begrippen te behandelen die bij de beoordeling van zand- en grindmonsters noodzakelijk zijn.

De zeefkromme is een kromme, uitgezet op enkel logaritmepapier, die het verband aangeeft tussen de grootten van de fracties en de gewichtshoeveelheden die daarvan in een grondmonster voorkomen.

Lokatie: Beuningen
Pompput nr.: III
Hoogte maaiveld: 6,45 m+N.A.P.
Type boring: zuigboring
Diepte boring: 93
Diameter: 600 mm
Verbuizing tot: 4 m-mv

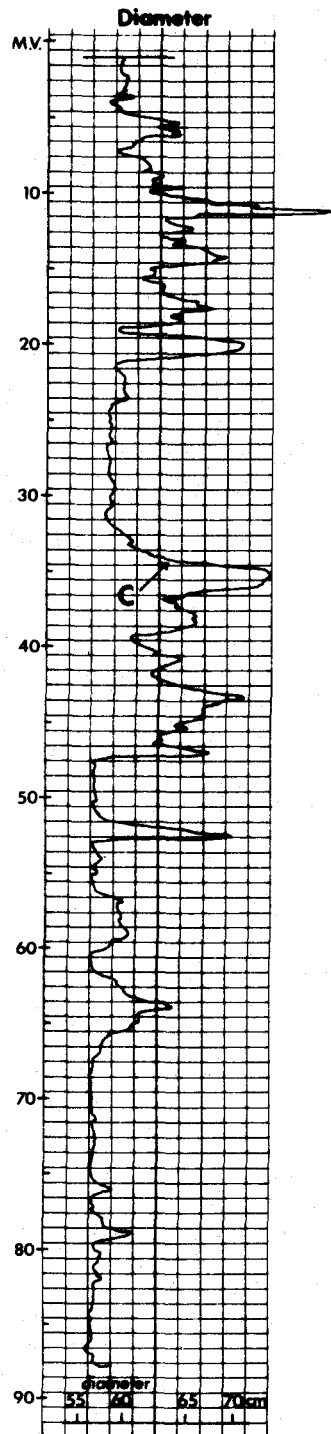


Fig. 31. Afwijkingen van de boorgatdiameter.

Gewoonlijk worden op de verticale, evenredig verdeelde as de gewichtshoeveelheden in procenten uitgezet. Op de horizontale logartihmisch verdeelde as worden de fracties uitgezet (zie fig. 32). Van de oorsprong af wordt begonnen met de fijne fracties. Hierdoor ontstaat een S-curve. De Amerikanen beginnen met het gehele monster 100% te noemen en er daarna de achter-eenvolgende fracties af te nemen en met 0% te eindigen, waardoor een Σ -curve ontstaat.

De fracties worden onderscheiden in:

Slibfractie	<0,016	mm
Zandfractie	0,016 - 2	mm
Grindfractie	2 - 64	mm
Stenenfractie	>64	mm

Het soortelijk oppervlak (U) is de verhouding tussen het gezamenlijke oppervlak van alle korrels en het gezamenlijke oppervlak van eenzelfde gewichtshoeveelheid korrels van dezelfde stof, met een middellijn van 10mm. De korrels worden bolvormig verondersteld. De factor U kan berekend worden uit de formule van Zunker:

$$U = \frac{4,343}{\log d_2 - \log d_1} \left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right)$$

waarin d_1 en d_2 de middellijnen zijn van de kleinste en de grootste korrels, uitgedrukt in mm.

De soortelijke korrelgrootte is een denkbeeldige korrelgrootte, die wordt berekend met de formule:

$$d_s = \frac{10}{U} \text{ mm}$$

De gelijkmatigheids-coëfficiënt (Cu) is bij zand het quotiënt van de korrelgrootten beneden welke respec-

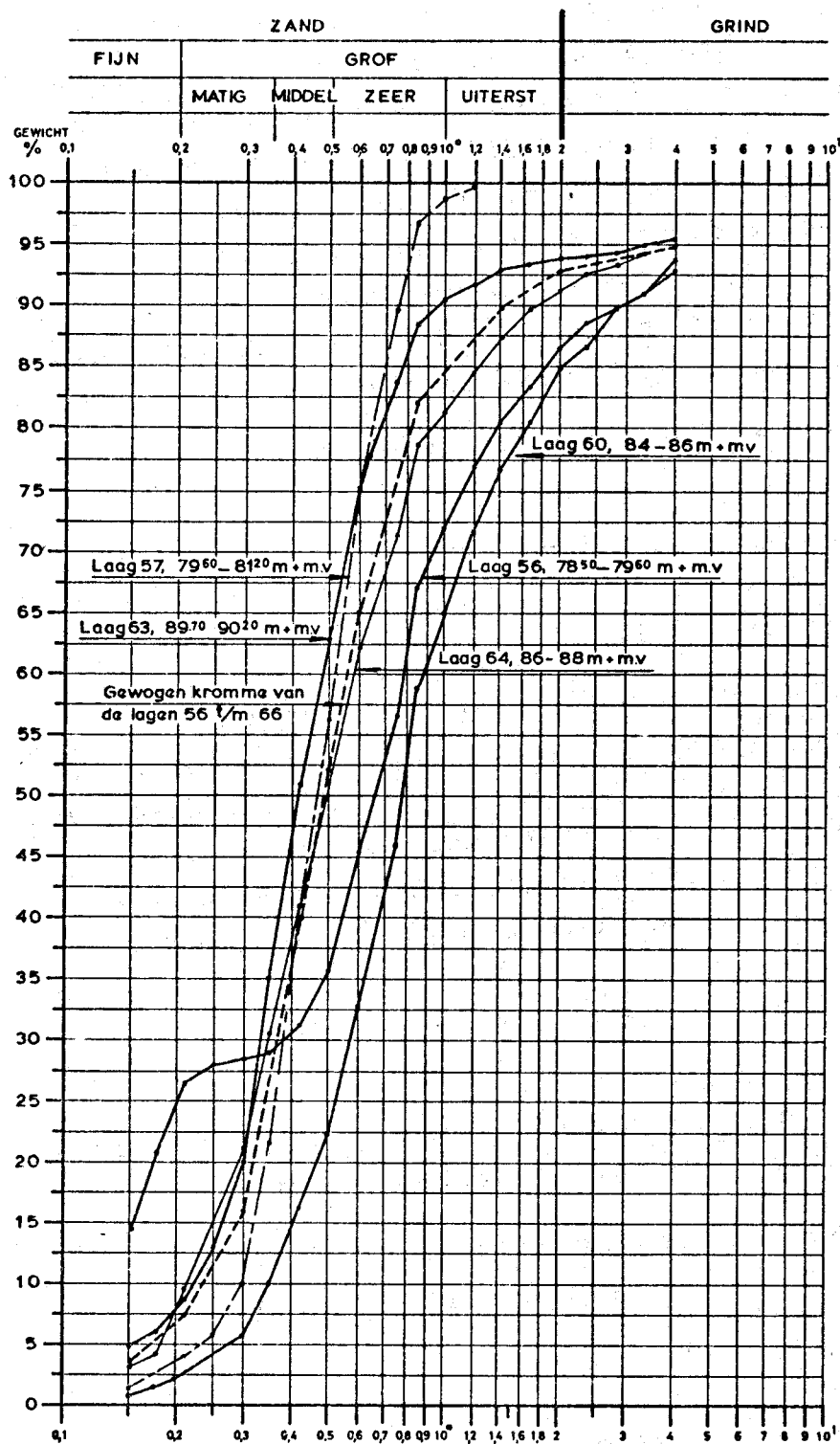


Fig. 32. Zeefkromme van enige lagen uit de boring P3 van pompstation „de Haere” (W.M.G. gemeente Elburg).

tievelijk 60% en 10% (gewichtspcenten) zijn gelegen. Hoe lager deze coëfficiënt, hoe gelijkmatiger het monster is tussen de gewichtspcentages 10 en 60.

De effectieve korreldiameter van een zandmengsel is door Hazen omschreven als de diameter waarvoor geldt dat 10 gewichtspcenten van het monster beneden deze waarde ligt: $d_e = d_{10}$.

Hoewel dit een volkomen arbitraire formulering is, wordt dit begrip, om zijn eenvoud en zijn waarde bij de karakterisering van zandmonsters, veel gebruikt.

Het poriënvolume is de inhoud van de poriën, uitgedrukt in procenten van de inhoud van korrels + poriën. Als alle korrels bolvormig zijn, met gelijke middellijnen en zo dicht mogelijk gepakt, bedraagt het poriënvolume rond 26%.

In de praktijk bedraagt dit percentage:

voor grind	30 - 40%
voor gemengd grof/middelgrof zand	35 - 40%
voor gemengd middelgrof/fijn zand	30 - 35%
voor grind/zand mengsel	20 - 35%

(Pannekoek - Alg. geologie)

De dikte van de omstorting behoeft volgens Huisman slechts 3x de korreldiameter te zijn. Dit is een theoretische waarde daar op praktische gronden de minimale ruimte tussen wand van het boorgat en de filter-stijgbuis-constructie zo groot moet zijn dat de omstorting en de aanvulling goed aangebracht kunnen worden. D.w.z. er mag geen brugvorming optreden door de aanwezigheid van ankerbeugels en toevallig kleinere diameter van het boorgat, indien dit onverbuisd is gemaakt.

Met de filter-stijgbuis-constructie worden tevens meegevoerd één of meer peilbuizen die in de omstor-

ting wordt of worden geplaatst. Soms wordt de meting van de stijghoogte in de stijgbuis of in het filter gemeten via een peilbuis die buiten de constructie omhoog gevoerd wordt. Voor al deze peilbuizen moet plaats worden gereserveerd terwijl de ruimte voor het storten van het grind eveneens aanwezig moet zijn.

Uit dien hoofde moet een minimum ruimte tussen de wand van het boorgat en de grootste diameter van de filter-stijgbuis-constructie op 100 mm worden gesteld. Indien het bovenste deel van de stijgbuis een grotere diameter krijgt dan het filter, dan is dit bovenste deel maatgevend voor de keuze van de minimale diameter van het boorgat.

Voor diepe putten (>40 à 50 m), waar derhalve veel aanvulling in moet worden gestort, moet een minimum maat van 15 cm aangehouden worden.

Voor constructies die aangebracht worden in een verbuisd boorgat, waarbij soms meer toeren in elkaar zijn toegepast, wil men om der kosten wille, nog wel een kleinere ruimte aanvaarden: ca. 6 cm moet hier toch als minimum worden aangehouden.

De eis dat fijn materiaal uit de watervoerende lagen en eventueel een pleisterkoek van boorspoeling moet worden verwijderd door krachtig pompen brengt mede dat de omstorting niet dikker moet zijn dan nodig is. In de praktijk houdt men aan 20 à 25 cm.

Bij verbuisde boringen wordt de totale dikte van de omstorting bepaald door de diameter van het filter t.o.v. de diameter van de laatste toer.

De lengte van de omstorting kan bepaalde worden nadat de filterlengte is vastgesteld.

Gewoonlijk laat men de omstorting ca. 2 m onder de filterbodem beginnen. Wordt de filterbodem nagenoeg

gelijk met de bovenkant van een afsluitende laag gekozen, dan moet herstellen van deze afsluitende laag voorrang krijgen op een onderstorting van de filterconstructie met omstortingsgrind. Het verdient veelmeer overweging om het filter boven de afsluitende laag te beëindigen.

De bedoeling van de onderstorting is te verzekeren dat het filter steeds door filtergrind omgeven blijft bij eventuele zettingen. Om dezelfde reden moet de omstorting boven het filter met ca. 2 m lengte worden voortgezet.

Ook hier geldt dat het herstel van een afsluitende laag voorrang heeft op de extra lengte van de omstorting, waar bij de bepaling van de filterlengte rekening mee moet worden gehouden.

Is de watervoerende laag betrekkelijk dun, minder dan ca. 8 m, dan zou op deze wijze de put zodanig onvolkomen worden dat de opbrengst belangrijk nadelig beïnvloed wordt. In dat geval zal van dit advies worden afgeweken.

De bovenkant van de omstorting wordt bij voorkeur afgesloten met een kleilaag, ook als deze in de oorspronkelijk formatie niet of op die plaats niet voorkomt. Deze kleilaag moet een directe infiltratie van oppervlaktewater via de geroerde grond in het boorgat voorkomen. Wordt een filter gesteld in verschillende lagen die onderling gescheiden zijn door een afsluitende of slecht doorlatende laag, dan moet ter hoogte van dit soort lagen de omstorting worden onderbroken en moet de aanvulling met klei worden uitgevoerd. Overigens zij opgemerkt dat het plaatsen van filters in verschillende lagen, welke onderling duidelijk gescheiden zijn alleen mag gebeuren, nadat is onderzocht of deze water-

soorten elkaar verdragen. Wanneer water uit een bepaalde laag ijzerhouden en zuurstofarm is, en in aanraking komt met water dat zuurstofhoudend is, dan bestaat een goede kans op uitvloeking van ijzer in de put.

Bestaat tussen de lagen bovendien een potentiaalverschil, dan zal bij stilstand van de wateronttrekking, water uit de laag met de hoogste spanning gaan stromen naar de andere laag. IJzer uitvloeking kan dan ook verwacht worden in de omstorting, als gevolg waarvan de opbrengst van de put aanmerkelijk zal dalen.

De korrelgrootte van de omstorting moet gekozen worden in harmonie met de gevonden zeefkrommen van de aangeboorde lagen. Tussen de lagen onderling van een watervoerend pakket kunnen grote verschillen bestaan (zie fig. 32 en ook bijlage 1), terwijl de lagen zelf evenzeer verschillen in hun opbouw zoals blijkt uit de karakteristieke waarden voor d_{10} en U . Bij wateronttrekking aan een put ontstaat een stroming van het grondwater met toenemende snelheid naar mate de afstand tot de put kleiner wordt. Deze verplaatsing van water geschiedt door de kanaaltjes die het poriënvolume vormen. Het water ondervindt daarbij weerstand door wrijving langs de korrels die de kanalen vormen. Nu is het gezamenlijke oppervlak van 1 kg korrels met $sg: 2,5$ en diameter: d mm

$$0 = \frac{1.000.000}{\frac{1}{6} \pi \cdot d^3 \cdot 2,5} \cdot \pi \cdot d^2_{mm} \cdot 2$$

$$0 = \frac{2.400.000}{d} \text{ mm}^2$$

Naarmate d groter wordt, wordt θ kleiner. Daarmee nemen de wrijvingsverliezen af.

Het lijkt dan ook voor de hand te liggen om de omstorting zo grof mogelijk in afmetingen te nemen; echter een grove omstorting heeft ruime kanaaltjes tussen de korrels; ruime kanaaltjes betekenen groter getal van Reynolds ($R_e = \frac{v \cdot d}{\nu}$) d.w.z. eerder turbulentie en dit zou weer een nadelige invloed kunnen uitoefenen op de mogelijke verstopping op het filter of in de omstorting.

Dit zou dan wijzen in de richting van een fijne omstorting. Anderzijds moeten de fijnere korrels uit de ongeroerde lagen tijdens het schoonpompen en het ontwikkelen van de put worden meegevoerd met het opgepompte water.

Zodat tenslotte de afmetingen van de korrels voor de omstorting worden bepaald door het streven om de turbulentie laag te houden of te voorkomen ($R_e < 6$) en een bepaald percentage van de ongeroerde lagen te kunnen afvoeren tijdens het ontwikkelen van de put. In de literatuur komen verschillende aanbevelingen voor, waarvan hier enkele worden genoemd.

Truelsen adviseert uit de zeefanalysen van de wattervoerende lagen de gelijkmatigheids coëfficiënt (U) te bepalen.

Krijgt men bij bepaling van de gelijkmatigheidscoëfficiënt een cijfer groter dan 5, dan moet uit het monster zoveel grof grind worden verwijderd dat het antwoord 5 of kleiner dan 5 wordt.

Voor lagen waarvan de U tussen 3 en 5 ligt moet dan een omstorting gekozen worden waar 85 à 95% van de lagen door passeren kan. Is $U < 3$ dan, in het

algemeen bij grovere lagen, zou 60 à 75% van de lagen behoeven te passeren.

De te kiezen korrelgrootte voor de omstorting moet dan zeven maal de diameter van de 60 à 75% fractie zijn.

Terzaghi geeft aan dat voor lagen met verschillende samenstellingen D_{50} van de omstorting moet worden gekozen tussen $4 \times d_{85}$ van de fijnste lagen en $7 \times d_{15}$ van de grofste lagen.

Hünerberg beveelt aan:

$$\frac{D_{50}}{d_{85}} = 4 \text{ waarin}$$

D_{50} = gemiddelde diameter korrels omstorting

d_{85} = diameter die groter is dan 85% van de korrels van de watervoerende laag.

Dit kan een grote spreiding geven.

Al deze aanbevelingen en nog anderen¹⁾, komen uit de praktijk voort. Een veilige maat is de diameter van de omstorting te kiezen ca. $4 \times d_{75}$ van de fijnste lagen. De meest gangbare gradaties van omstortingsgrind zijn in bijlage II vermeld. Wanneer de lagen met een steile zeefkromme, dus met een kleine ge-

1) Andere aanbevelingen:

- KIWA : 1,25 - 1,75 voor duinzand (fijn zand met grote gelijkmatigheid)
2,5 - 3,5 voor zand van de Veluwe (grover zand, ongelijkmatig).
- Grosz : 4 à 5
- Thiem : 4,42
- Bos : 3 à 4 (2e vakantiecursus)

lijkmatigheidscoëfficiënt betrekkelijk dun zijn, en de opeenvolgende lagen in samenstelling uiteenlopen van fijn zand tot uiterst grof (zie fig. 32), dan zal men de korrelgrootte moeten bepalen aan de hand van de zeefkromme van de fijnste laag. Zou men dit niet doen, dan bestaat de kans dat fijne lagen geheel of grotendeels tijdens het ontwikkelen van de put worden weggepompt. Dit leidt tot nazakkingen die ernstige verstoringen mee kunnen brengen.

Tot welke uiteenlopende waarden de keuze van de omstorting kan leiden, is aan de hand van een voorbeeld uitgewerkt. In fig. 32 zijn vijf zeefkrommen aangegeven van lagen tussen 78.50 en 93.50 - mv. (= 12,11 + N.A.P.) van een boring op de Veluwe in de gemeente Doornspijk.

Er is één laag gekozen met relatief veel grind en veel fijn materiaal (laag 56), één laag met middel tot zeer grof materiaal (laag 57), één laag met tamelijk weinig fijn materiaal, veel grof materiaal en enkele stukken grind (laag 63), één laag met zeer grof tot uiterst grof materiaal (laag 60) en een laag die het gewogen gemiddelde van de lagen 56 t/m 66 vrij dicht nabij komt (laag 61). Daarenboven is een gewogen zeefkromme aangegeven van de gehele laag van 78.50 - 93.50 - mv. (gestippeld). De cijfers van de zeefanalyse van alle aparte lagen tussen genoemde grenzen zijn als bijlage 1 toegevoegd. Enige grootheden die uit de zeefanalyse zijn te berekenen volgen hier.

Lagen	56	57	60	61	63	56 t/m 66
Soortelijk oppervlak U ca.	21,8	22,1	16,8	24,1	23,8	21,5
Soortelijke korrelgrootte	0,46	0,45	0,60	0,43	0,42	0,47
d ₉₅	1,85	0,8	>4	4,0	3,4	3,4
Korrelgrootte d ₈₅	1,15	0,7	2	1,2	0,7	1,0
d ₇₅	0,85	0,6	1,3	0,8	0,6	0,8
d ₅₀	0,58	0,47	0,8	0,49	0,41	0,5
Gelijkmatigheids coëfficiënt	4,9	1,7	2,5	2,8	2,2	2,4
Toe te passen omstorting volgens:						
Truelsen 7 x d ₉₅	13,0	-	-	-	-	-
7 x d ₈₅	8,0	4,9	14	8,4	4,9	7,0
7 x d ₇₅	-	4,2	9,1	5,6	4,2	5,6
Thiem 4,42 x d ₅₀	2,5	2,1	3,5	2,2	1,8	2,2
Hünerberg 4 x d ₈₅	4,6	2,8	8,0	4,8	2,8	4,0

Mededeling nr. 43 van het KIWA

2,5-3,5

De lagen 57 en 63 vertonen over een groot traject een stijl verloop. Dit wordt gedemonstreerd in het gelijkmatigheids percentage en in de gelijkmatigheids coëfficiënt. Voor de laag 56 liggen deze grootheden belangrijk ongunstiger, hetgeen ook te verwachten was uit het grillige verloop van de kromme. De kromme van laag 61 vertoont een parallel verloop met de krommen van de lagen 57 en 63 beneden de zeefmaat 0,6 mm, en daarboven meer overeenkomst met de kromme van laag 56.

De kromme van het totale pakket ligt vrij goed te midden van de vijf gekozen krommen.

Grote spreiding vertonen de cijfers voor de toe te passen omstorting. Deze spreiding dankt haar ontstaan gedeeltelijk aan de verschillende factoren waarmee wordt gewerkt, gedeeltelijk aan de grote verschillen in de fracties die als maat van uitgang worden genomen.

Het komt voor dat men verschillende omstortingen toepast voor lagen met verschillende zeefkrommen. Echter moeten de scheidingen tussen de lagen dan zeer duidelijk zijn en uit praktische overwegingen moeten de lagen toch een behoorlijke hoogte hebben. Het gegeven voorbeeld van de lagen tussen 78.50 en 93.50 - mv. van een put op het pompstation de Haere, leent zich niet voor toepassing van omstortingslagen met verschillende korrelgrootten.

Om in het gegeven voorbeeld de juiste omstorting te bepalen moet men als punten van uitgang nemen de grofste laag, de fijnste laag en het gewogen gemiddelde.

De cijfers worden gegeven op pag. 92.

Bij de verschillen zoals deze uit de cijfers blijken, komen de extreme waarden beslist niet in

aanmerking. Blijven derhalve de maten >10 mm buiten beschouwing, dan variëren de cijfers van 1,6 tot 4,8. Aan de hand van bijlage 2 moet men een keuze doen uit de gradaties 1,75-2,2; 2-3; 2,5-4; en 3-5 mm. Men bepaalt nu van alle lagen welke percentages materiaal bij deze verschillende omstortingen kunnen worden verwijderd.

	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
1,75-2,2	28,4	21,8	14,2	17,2	10,6	30,4	12,4	35,0	35,7	45,0	47,6
2 -3	31,1	39,2	32,6	30,6	16,4	40,8	18,3	51,0	58,0	62,0	60,7
2,5 -4	36,1	56,5	56,4	45,1	23,2	51,2	28,0	63,2	73,7	73,1	70,9
3 -5	45,4	74,9	80,1	60,2	32,6	61,9	41,9	75,0	83,3	80,8	79,4

Toepassing van een omstorting 1,75-2,2 mm is erg voorzichtig; in geen van de lagen kan meer dan 50% van het materiaal worden weggevoerd.

De omstorting 3-5 lijkt te grof.

Van de lagen 57, 58, 63 t/m 66 met een totale dikte van 7,40 m, derhalve de helft van het gehele pakket, kan meer dan 75% van het materiaal worden verwijderd.

Blijven de gradaties 2-3 en 2,5-4 mm over.

Zolang niet beter bekend is, wat er gebeurt tijdens het schoonpompen en daarna bij het opvoeren van de capaciteit van de put verdient de omstorting van 2-3 mm in dit geval¹⁾ de voorkeur.

Het is duidelijk dat de snelheid van het grondwater een belangrijke factor in dit samenspel is.

Welk belang aan deze factor moet worden toegekend is echter niet bekend.

1) Volgens Smith (Jawwa 1963 p. 612) zou de zandfractie van 0,25-0,50 mm ternauwernood door een stroomsnelheid van 4 à 6 cm/sec worden meegevoerd.

In het laboratorium voor spuurwerk van het KIWA is onderzocht bij welke stroomsnelheden zand van een bepaalde gradatie door een gegeven omstorting wordt meegevoerd¹⁾.

4.2 Meervoudige omstorting

Wanneer de lagen waaraan water moet worden onttrokken zeer fijn zijn, werd wel een meervoudige, soms twee, soms drie lagen, omstorting aangebracht.

De omstortingen moesten elk tenminste 10 cm dik zijn en voor de buitenste omstorting gold dezelfde eis ten opzichte van de aangrenzende ongeroerde laag, als voor de enkele omstorting.

De tweede omstorting (naar binnen toe gerekend) werd dan met een korreldiameter genomen die ca. 4x grover is dan de eerste laag.

Een eventuele derde omstorting werd weer ca. 4x grover genomen dan de vorige.

Meervoudige omstortingen aanbrengen gebeurt òf door het stellen van schermbuizen waarbuiten de ene en waarbinnen de andere omstorting wordt aangebracht òf door de omstorting onmiddellijk om het filter reeds bovengronds aan te brengen.

(Gemeentewaterleiding Haarlem: een buiten-omstorting van 1,75-2,25 m en een binnen-omstorting van 4-6 mm of 5-7 mm). De eerste methode kost veel tijd en tijdelijk het stellen van vrij veel materiaal, de tweede methode vergroot aanmerkelijk het gewicht van de constructie die in de put moet worden gesteld²⁾

1) KIWA mededeling nr. 43:

"Omstortingen van waterwinningsputten en het maximaal toelaatbare putdebiet".

2) Zie ook 2.4: Bijzondere filterconstructies.

Aan de waarde van een meervoudige omstorting moet worden getwijfeld. Want het poriënvolume tussen de korrels is onafhankelijk van de diameter van de korrels.

Wel wordt het oppervlak van alle korrels te zamen groter, naarmate de korreldiameter kleiner wordt. Daarmede ondervindt het stromende grondwater meer wrijvingsverliezen bij kleinere korrels dan bij grotere korrels.

Het argument vóór dubbele omstorting is dat men een filter kan toepassen met wat grotere openingen, wat in het algemeen een gunstiger openingspercentage meebrengt, wat de kans op verstopping verkleint. Dit is echter ook in opvoerhoogte een kwestie van enkele centimeters. Wel bereikt men een lagere intredesnelheid van het water in het filter, hetgeen in het algemeen nuttig is.

Volledigheidshalve zij vermeld dat vroeger een dubbele of meervoudige omstorting ook wel werd aangebracht door het toepassen van schotel-filters. Ook andere constructies bestonden maar zij worden niet of zelden meer toegepast.

Reeds zijn in 2.4 onder bijzondere filterconstructies o.a. behandeld het schotelfilter en het filter met aangeplakte omstorting, ook wel prepack filter genoemd; beiden bieden de mogelijkheid om een dubbele omstorting toe te passen.

4.3 De aanvulling om de stijgbuis

De gevaren waaraan in het bijzonder de stijgbuis bij diepe putten wordt blootgesteld zijn reeds

behandeld bij de "krachten op de stijgbuis: 3.2.2.3".

Om deze krachten laag te houden zijn aldaar ook enige werkwijzen aangegeven. De eenvoudigste hiervan is storten in een laag tempo.

Bij het voortzetten van de aanvulling na langere onderbreking van de werkzaamheden zal in het bijzonder voorzichtigheid zijn geboden.

4.3.1 Materiaal voor aanvullen.

In het algemeen wordt de aanvulling om de stijgbuis verricht met de uitgeboorde grond.

De aangetroffen afsluitende, of gedeeltelijk afsluitende lagen, moeten zorgvuldig hersteld worden. Voor het herstel van deze lagen moet aparte, droge klei worden gebruikt in de vorm van kleiballen of brokjes met een diameter ca. 1 cm.

Bestaat de opgeboorde grond overwegend uit zeer fijn materiaal, waarmee in een zeer laag tempo moet worden gestort, dan kan worden overwogen of aanvulling met grof, gezeefd materiaal niet voordeliger is. De materiaalkosten zijn ongetwijfeld hoger, maar omdat sneller kan worden gewerkt zal op het arbeidsloon en de huur van de boorstelling kunnen worden bespaard.

4.4 Literatuur

N. 209/210/213/NEN 2560.

Eigenschappen en karakterisering van filtermateriaal (1973) Mededeling nr. 1 van de Commissie Snelfilters van het KIWA.

Beschouwing over enkele onderwerpen met betrekking tot het maken van korrelgrootteanalyses van filtermaterialen (1963), Mededeling nr. 8 van de Commissie Filterconstructies van het KIWA.

Omstortingen van waterwinningsputten en het maximaal toelaatbare putdebiet, Mededeling nr. 43 van het KIWA.

Truelsen B.B.R. 1961/5

Hünerberg G.W.F. 1967/32

Smith, Jawwa 1963, p. 612

5. DE PUTKOP

5.1 Eisen waaraan de putkop moet voldoen

Reeds in de inleiding is de putkop genoemd als het element dat de overgang vormt van stijgbuis naar terreinleiding.

De putkop moet aan de volgende eisen voldoen:

5.1.1

Bescherming van de put en de onmiddellijke omgeving tegen verontreinigingen die van buiten komen.

5.1.2

Toegang geven tot de put voor het verrichten van werkzaamheden aan of in de put.

5.1.3

Plaats bieden aan de meetinstrumenten (of de aansluitpunten hiervoor).

5.1.4

Vorstbescherming bieden.

5.1.5

Plaats bieden voor de pomp en motor, indien met een bovenwaterpomp wordt gewerkt, dan wel een steunpunt bieden voor de hangbuis waaraan de onderwaterpomp in de put wordt gehangen.

5.1.6

Zettingen van de put en de putkop afzonderlijk t.o.v. maaiveld en t.o.v. de terreinleiding mogelijk maken.

5.1.7

Een esthetisch verantwoord element vormen in de omgeving waarin de waterwinplaats is gelegen.

5.2 Toelichting op de eisen

In het bijzonder moet aandacht besteed worden aan de hygiënische eisen. De bebouwde oppervlakte van ons land wordt steeds groter; voor het toerisme worden vele terreinen ontsloten. Deze twee factoren beperken het aantal mogelijkheden voor het stichten van waterwinplaatsen.

Anderzijds, tussen 1950 en 1966 is het platteland, voor zover nog niet voorzien van leidingwater, met behulp van subsidies praktisch geheel op het openbare drinkwaternet aangesloten. Voor deze drinkwatervoorziening is veel gebruik gemaakt van grondwater. De hoeveelheid grondwater per jaar door waterleidingbedrijven geleverd is van 1951 tot 1973 verdrievoudigd.

De afsluiting van het boorgat moet zich over een royaal oppervlak uitstrekken, om een directe infiltratie van water van het maaiveld via de geïroerde aanvulling in het diepere grondwater te verhinderen. Een betonplaat van ca. 200 x 200 cm leent zich daar uitstekend voor. Bovendien vormt zo'n plaat een goede fundatie op ongeroerde grond voor de verdere bouw van de putkop. Deze plaat moet om de stijgbuis sluiten, maar onafhankelijk daarvan kunnen "zetten".

De eisen onder 5.1.2 en 5.1.3 genoemd vinden hun oorsprong in de exploitatie. Aan een put kan slechts door meting van grootheden worden gecontroleerd of ze in goede toestand blijft. De grootheden die gemeten moeten worden zijn de standen in de peilbuizen en de hoeveelheid water door de put geleverd per tijdseenheid. Wordt de put door een eigen pomp bemalen dan zal in de putkop nog een kraan worden

aangebracht om de samenstelling van het water te kunnen bepalen.

De maatregelen voor bescherming tegen vorst hangen af van de wijze waarop de putkop wordt geconstrueerd. De gevoelige punten zijn de dunne leidingen (meetleidingen e.d.) die langdurig stilstaand water kunnen bevatten, de tapkraan, een manometer enz.

De vorstbescherming kan gevonden worden door toepassing van een verwarmingselement met thermostaat en schakelaar. Ook kan de benodigde warmte ontleend worden aan het grondwater dat altijd een temperatuur heeft van ca. 10°C.

Toepassing van goede isolatie is bij vorstbescherming van groot belang.

Als de put een eigen pomp krijgt, hetzij dat dit een onderwaterpomp is die in de put wordt gehangen, hetzij dat dit een bovenwaterpomp is die onmiddellijk boven de put wordt geplaatst, hetzij een pomp onder water met verlengde as gekoppeld aan een motor boven water, altijd moet dit aggregaat een eigen fundering krijgen, die los blijft van de putconstructie.

In het algemeen is de hiervoor genoemde betonnen plaat voor bescherming tegen rechtstreekse infiltratie van het grondwater, tevens geschikt om de pomp tot fundament te dienen.

Put, putkop en aansluitende terreinleidingen zullen na het gereedkomen van de werken en het in gebruik nemen daarvan, gelegenheid moeten hebben om hun eigen zettingen te ondergaan. Op de geëigende plaatsen zullen daarom flexibele verbindingen moeten worden toegepast.

5.3 Beschrijving van enkele constructies

5.3.1 De putkop bij centrale bemaling van de putten.

Het grondwater wordt bij dit systeem aan de putten onttrokken door een centraal opgestelde bovenwaterpomp. De putkop bestaat eenvoudig uit een bocht (Q-stuk) met tubelure voor het inbrengen van een peilbuis in de put.

Aangezien de zuigleiding op afschot moet worden gelegd, in het algemeen 2 mm op de strekkende meter, komen de putkoppen vrij diep te liggen. Op zichzelf reeds een bescherming.

Slechts de peilbuizen, één in de put en één in de omstorting, worden doorgetrokken tot boven maaiveld en daar ondergebracht in een schutbuis. Reeds vroeg werd behoefte gevoeld aan meting van de opbrengst per put. Een meetinstrument, hetzij van normale constructie, hetzij van speciale¹⁾ constructie, liet zich het eenvoudigste in of nabij de putkop aanbrengen. Daarbij ontstond de behoefte aan makkelijke toegankelijkheid; daarmede verscheen een gemetseld keldertje (zie fig. 33).

Deze constructie geeft een redelijke bescherming tegen verontreinigingen, biedt wel voldoende plaats voor meting van de hoeveelheid en geeft gelegenheid voor het peilen, alhoewel de peilbuizen niet gemakkelijk bereikbaar zijn.

Zettingen zijn mogelijk.

De toegang tot de put zelf, in geval werkzaamheden

1) Zoals "brankop-meters"; meters met uitneembaar telwerk; venturimeters; meetschijven enz.

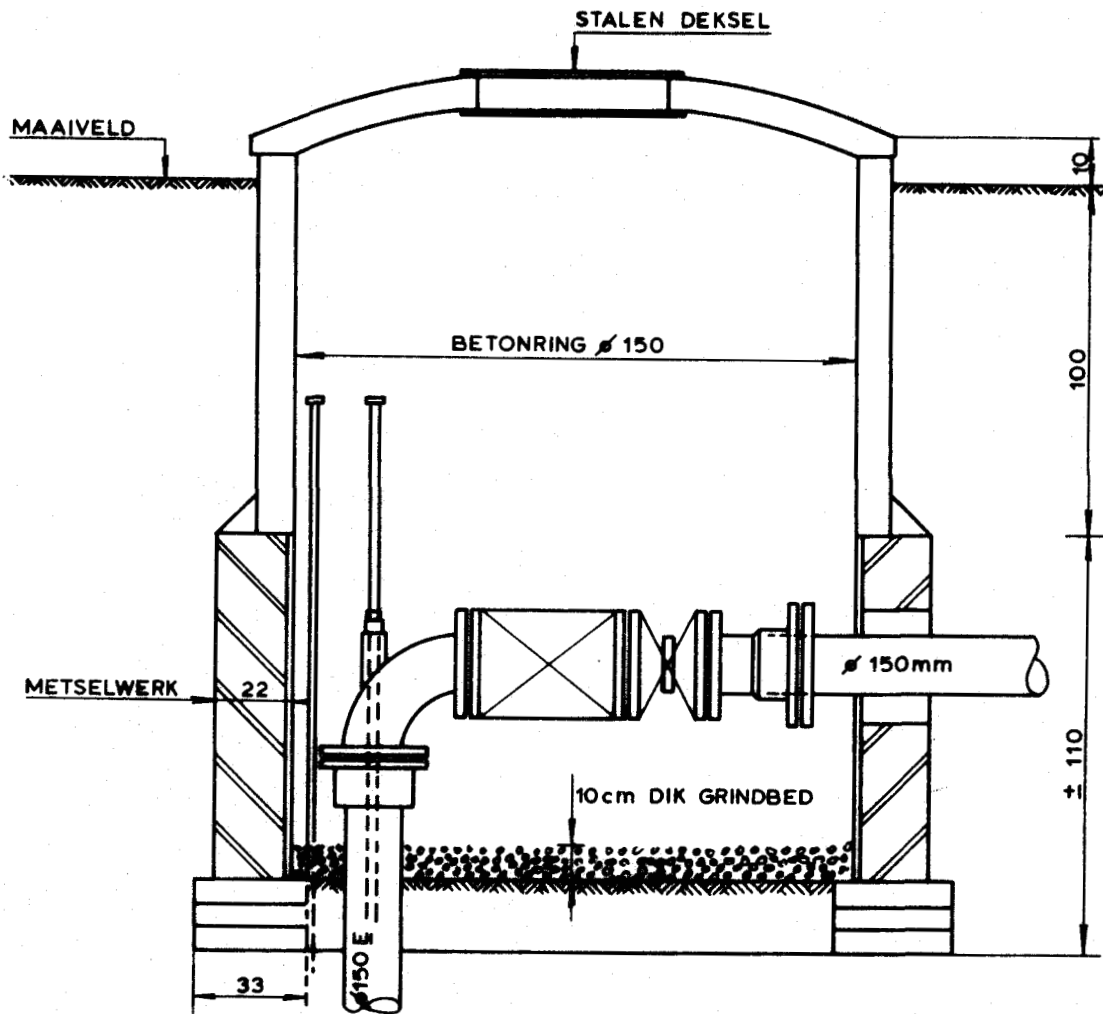


Fig. 33 Putkopconstructie voor zuigleiding
(alleen voor lage grondwaterstand)

moeten worden verricht, kan geschieden door de kruin te lichten.

Voor hogere grondwaterstanden moet het keldertje in zijn geheel waterdicht worden uitgevoerd (berekenen tegen opdrijving). De stijgbuis moet schuifbaar door de vloer worden gevoerd.

's Winters wordt de putkop voorzien van een tussendecksel van hout, waarop een laag stro wordt

aangebracht. Als men onder "esthetisch verantwoord" wil verstaan dat zo weinig mogelijk zichtbaar is boven maaiveld, zonder aan de technische eisen geweld te doen, dan is dit voorbeeld toch minder geslaagd.

Het deksel had in een opstaande rand kunnen worden gemonteerd, waardoor de hele kruin onder de grond had kunnen verdwijnen. In deze opstaande rand kunnen tevens de ventilatie-openingen worden aangebracht.

5.3.2 De putkop voor een put waaraan door een bovenwaterpomp water wordt onttrokken.

Afhankelijk van het feit of de put artesisch is of niet en voorts afhankelijk van de keuze van de pomp, zijn verschillende oplossingen mogelijk. Of een put artesisch is of niet, heeft men niet in de hand.

En of de put artesisch blijft op een waterwinterrein dat langdurig in bedrijf is, moet worden afgewacht. In ieder geval moet de stijgbuis zodanig verlengd worden of verlengd kunnen worden, dat de spiegel van het spanningswater beneden de bovenkant van dit verlengstuk blijft, zodat aan de put werkzaamheden kunnen worden verricht. De fig. 34 geeft een beeld van een putkopconstructie voor een put waar het water in stijgt tot ca. maaiveld, wanneer de waterwinplaats gedurende langere tijd in rust blijft.

Moeten werkzaamheden worden verricht en bestaat gevaar dat het water bij openen van de afsluiter vrij uit de pijp zou stromen, dan kan de waterspiegel worden verlaagd door de andere putten in bedrijf te houden ofwel er kan een verlengstuk op de afsluiter worden gebouwd. Voor werkzaamheden van korte

duur is de eerste methode veelal voldoende. Moet meer tijd beschikbaar zijn, enkele dagen, dan is het beter om met een opzetstuk te werken.

De afsluiting van deze put voldoet aan de hoogste eisen. De putkelder is afgesloten door een schuifdeksel, waardoor het mogelijk is snel de peilingen te verrichten; men behoeft daartoe niet in de kelders af te dalen. De stijgbuis is met een rubberen ring, geklemd tussen twee flenzen, waterdicht op de putkelder aangesloten. Toch kunnen putkelder en stijgbuis onafhankelijk van elkaar zettingen ondergaan.

Het opzetstuk met T-spruit is op dezelfde manier met de stijgbuis verbonden, zodat het leidingwerk in de kelder geen spanningen kan overdragen op de stijgbuis. In het horizontale gedeelte van het leidingwerk is weer een flexibele verbinding door het muurstuk tot stand gebracht waar de terreinleiding wordt aangesloten.

Door de artesisiteit en het geringe aantal uren dat de put gedurende het etmaal stilstaat bestaat geen gevaar voor vorst.

De ventilatie vindt plaats door openingen in de schuifdekselconstructie. De elektrische aansluitkast voor de pomp is op de wand gemonteerd. De manometers zijn onmiddellijk voor en achter de pomp geplaatst. De meting van de geleverde hoeveelheid water gebeurt door een meetschijf die in de flensverbinding vlak voor het muurstuk is gebouwd.

Het reserve muurstuk tegenover de T-spruit in het opzetstuk is aangebracht om een tweede put aan te kunnen sluiten, die buiten de putkelder zal worden geboord, als de huidige put onbruikbaar zou worden.

De bestaande putkelder kan dan in gebruik blijven. Deze putkelder is gebouwd op het waterwinterrein van het pompstation Fikkersdries van de Waterleidingmaatschappij Gelderland; hier doet zich het geval voor dat de stijghoogte van het grondwater in de loop der jaren geringer is geworden, doordat de productie van dit pompstation slechts enkele uren per etmaal stilstaat.

Later geboorde putten zijn dan ook niet meer met een bovenwaterpomp, maar met een onderwaterpomp uitgerust. Deze putkelder heeft bovengronds afmetingen van ca. 2x4 m.

5.3.3

Steeds meer vindt de onderwaterpomp toepassing voor de winning van grondwater. Deze pompen worden aan een leiding in de put gehangen op zodanige diepte dat de zuigmond altijd onder water blijft. Bij de bepaling van de diepte waarop de pomp moet hangen, moet rekening gehouden worden met spiegel dalingen door:

- seizoensinvloeden
- eigen afpompings
- afpompings in nevenputten
- intredeweerstand

Tijdens het bedrijf oefent de pomp een reactie uit die via de hangbuis (= de buis waaraan het pomp-aggregaat hangt) wordt overgebracht. Deze kracht moet door de putkop worden opgenomen.

In fig. 36 is een putkopconstructie aangegeven in de vorm van een putkelder. De eerder genoemde werkzaamheden en controles zijn in deze kelder mogelijk. Het putdeksel is recht boven de put aangebracht, zodat de onderwaterpomp met behulp van een bok kan

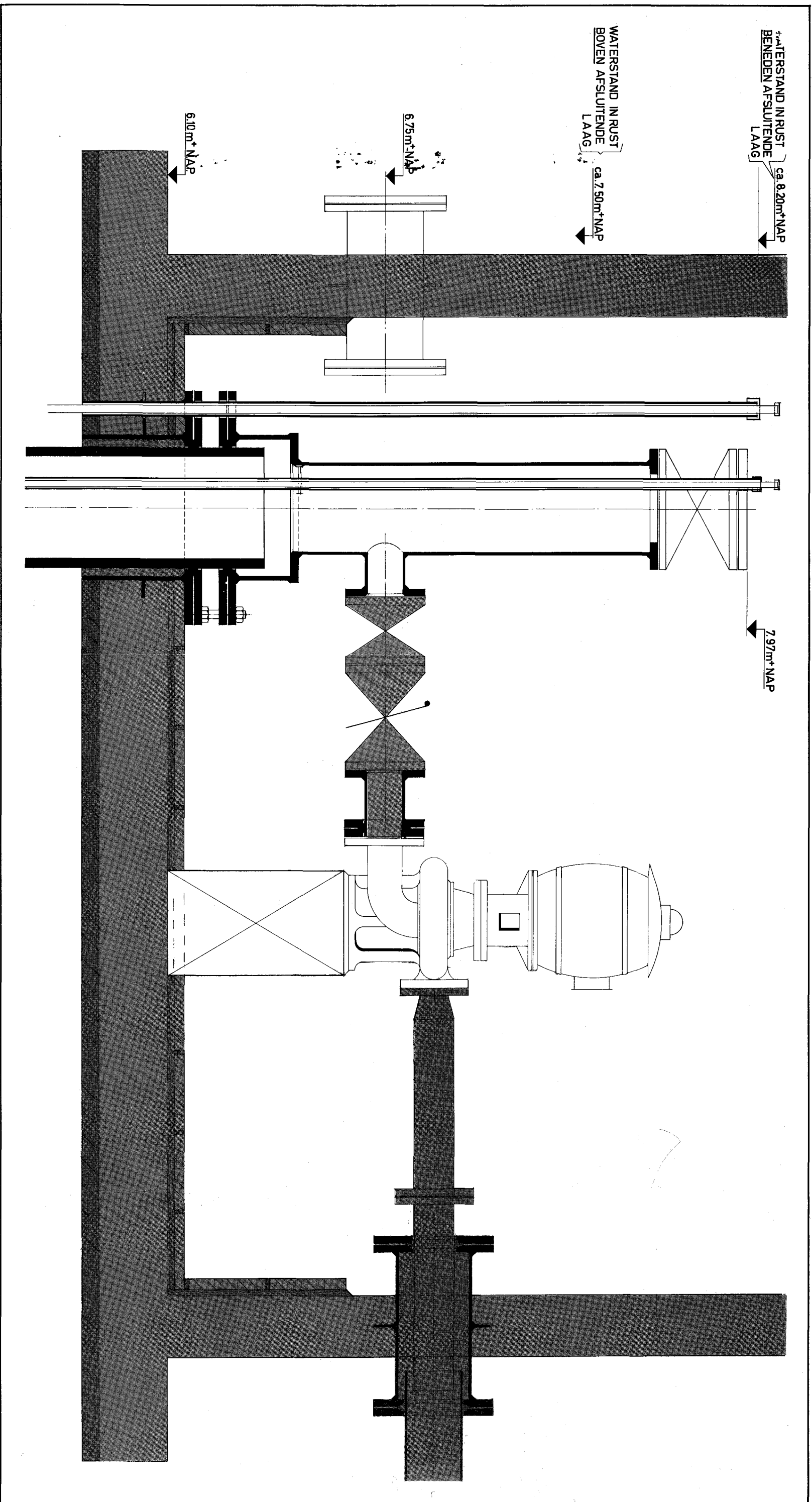


Fig. 34 Puttkop in kelder voor artesische put

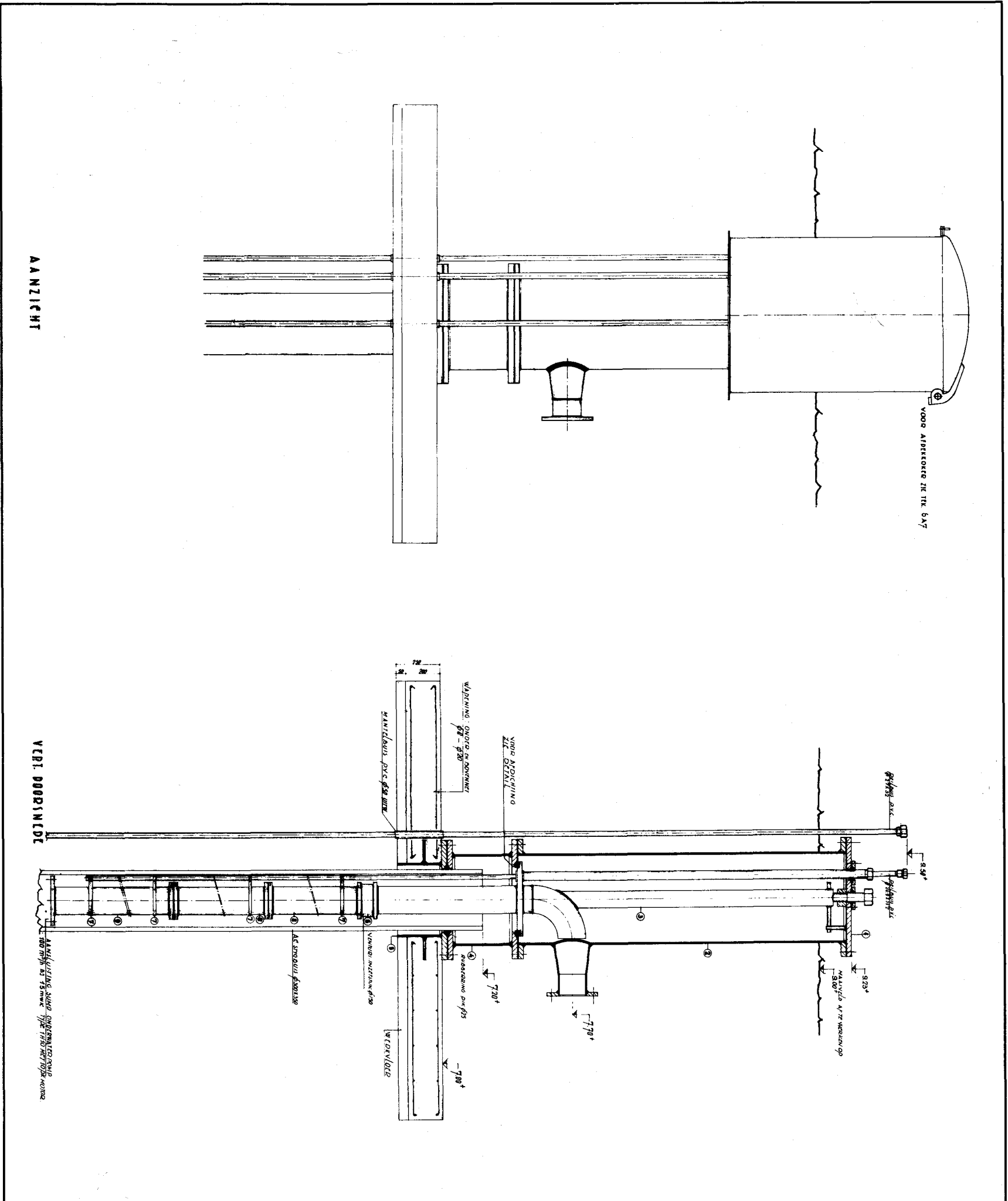
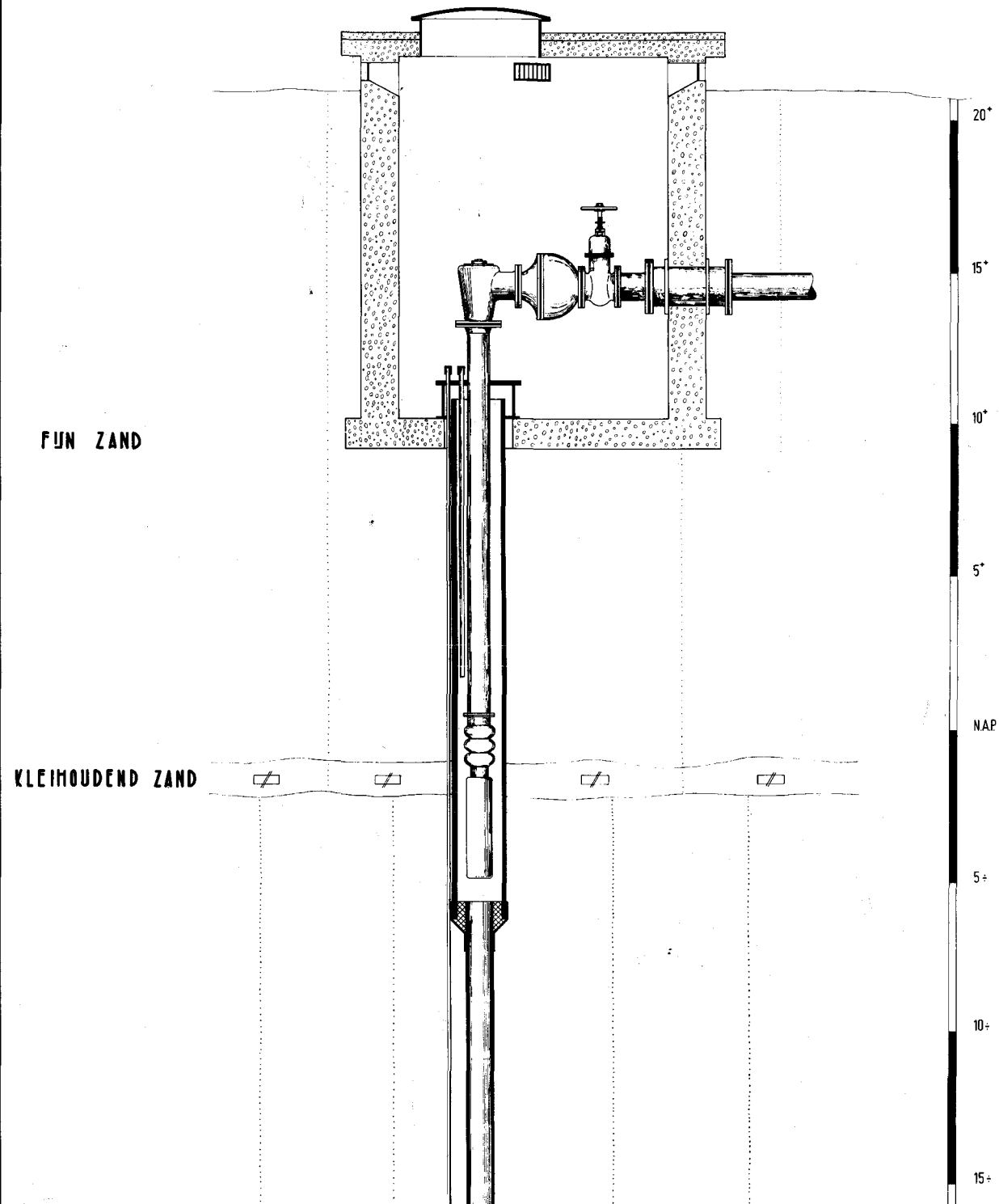


Fig. 35 Putkop in schutkoker voor put met onderwaterpomp

POMPSTATION „EPE“
SCHEMA POMPPUT



MIDDEL GROF ZAND

GROF ZAND

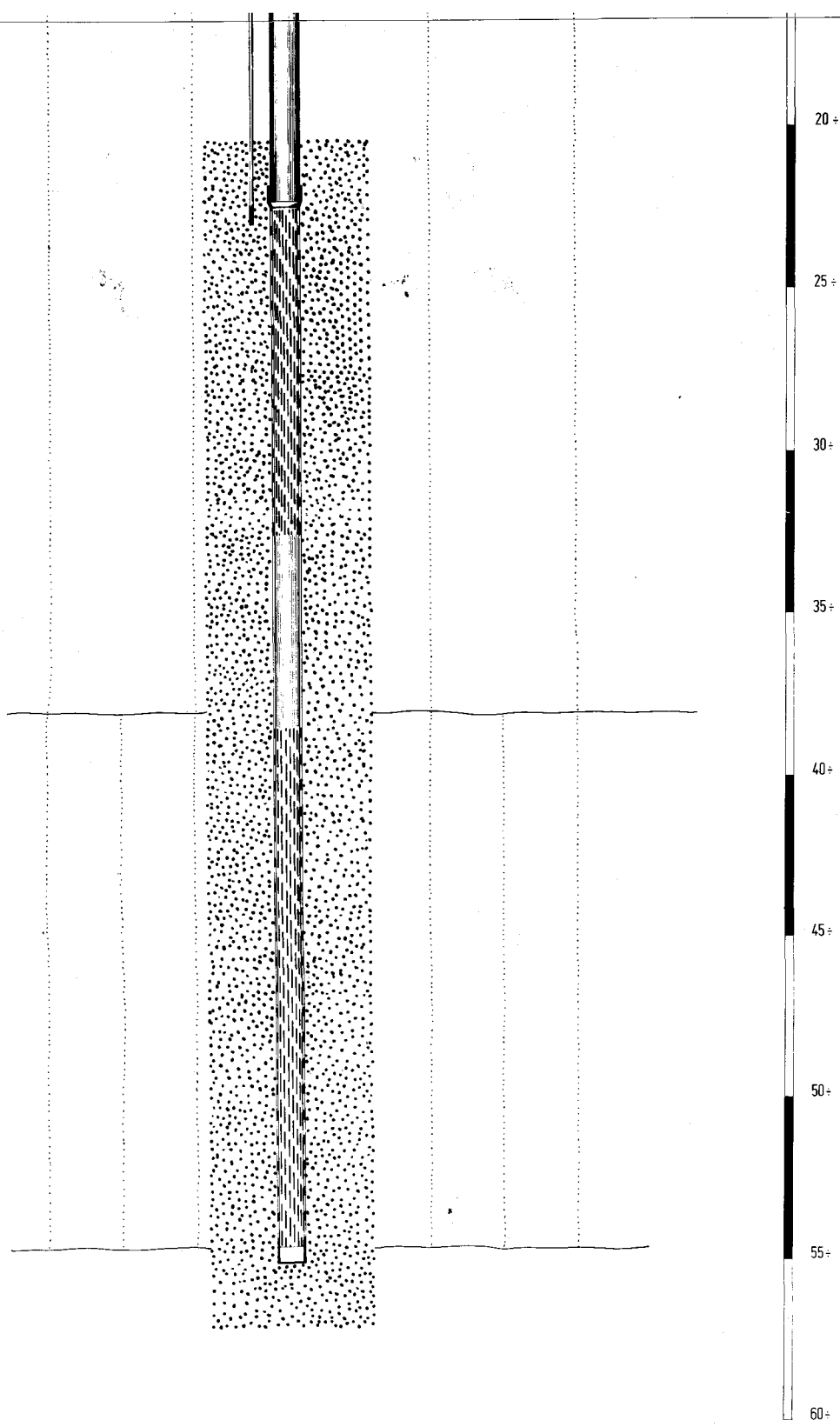


Fig. 36 Kelder als putkopconstructie waarin hoeveelheidsmeting, peilbuizen en afsluiting zijn onder gebracht.

worden geplaatst en getrokken. Deze putkelder heeft bovengronds een afmeting van ca. 2x2 m; bovenkant deksel ligt op ca. 0.60 m boven maaiveld.

Het verrichten van controles in putkelders vraagt meer tijd dan wanneer deze controles bovengronds kunnen worden verricht. Daarnaast is het werken in putkelders door de beperkte ruimte niet gemakkelijk. Het streven om de normale werkzaamheden zo bereikbaar mogelijk te maken en anderzijds de poging om een putkop in natuurgebieden een zo klein mogelijke afmeting te geven heeft geleid tot een constructie zoals in fig. 35 is aangegeven.

De meting van de hoeveelheid water gebeurt door middel van een venturiinzet die opgenomen is tussen de buiselementen waarmee het pompaggregaat in de put is gehangen. De leidingen waarmee het drukverschil over de venturikeel wordt overgebracht eindigen op het deksel in een afsluitbare doorverbinding en twee kranen voor aansluiting van een rotameter. Indien niet wordt gemeten worden de leidingen doorverbonden om stilstaand water te vermijden.

Alle leidingen, peilbuizen, proefkranen enz. zijn in het bovendeksel gevoerd; dit bovendeksel ligt even boven maaiveld. Ter bescherming is het geheel omgeven door een schutkoker, die met beugels aan het opzetstuk is bevestigd. In fig.37 is te zien hoe de bovenflens van de putkop eruit ziet, indien het deksel van de schutkoker openstaat.

De afsluiter welke bij kelderconstructie in het bouwwerk is opgenomen, komt bij deze constructie in de spruit, waarmee de put op de ruwwater-persleiding wordt aangesloten. Gemeenlijk neemt men in de spruit ook een brandkraan op om de put af-

zonderlijk te kunnen afpompen nadat er werkzaamheden aan de put zijn verricht, of andere oorzaken daartoe nopen.

5.3.4 Slotopmerkingen.

Bij het toepassen van individueel bepompte putten die aangesloten worden op een centrale persleiding moeten maatregelen worden genomen tegen "rond pompen" van het water. In het algemeen zijn de onderwaterpompen voorzien van een keerklep. Is dit niet het geval of wordt een bovenwaterpomp toegepast zoals onder 5.3.2 beschreven, dan moet daarin voorzien worden door een keerklep op te nemen òf in de spruit naar de centrale leiding òf als klep boven de pomp. Als algemene regel geldt hierbij dat hoe lager de klep wordt geplaatst, hoe groter lengten leiding onder druk blijft staan, indien de betreffende pomp stilstaat. Deze toestand betekent de kleinste kans op toetreding van lucht via pakkingen, verbindingen, ev. lekken. Anderzijds betekent deze plaats voor de keerklep dat veel werk moet worden verzet als de klep gerepareerd moet worden.

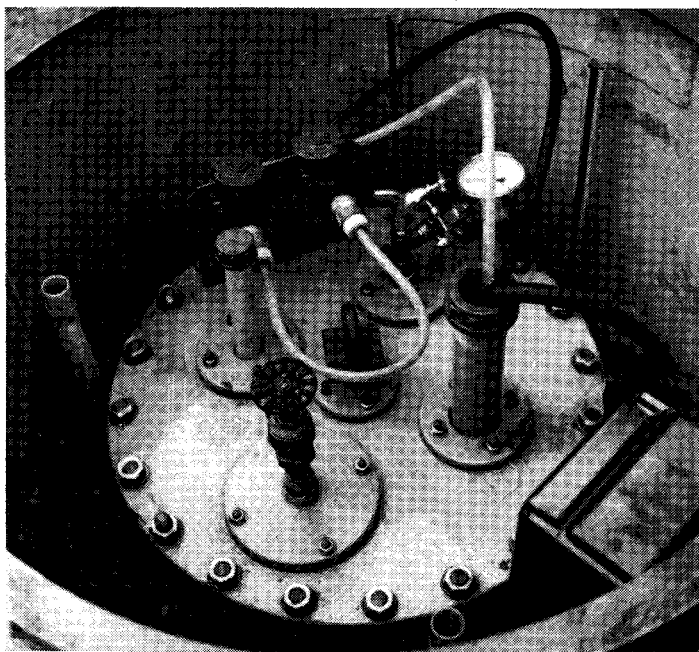


Fig. 37 Bovenflens van instructie volgens fig. 35

6. PEILBUIZEN

Een put wordt gemaakt om gedurende lange tijd water aan de bodem te onttrekken. Controle op de toestand waarin de put zich bevindt, en met name het filtergedeelte en de omstorting, is alleen mogelijk door meting en registratie van gegevens die daarover inzicht kunnen geven.

De volgende grootheden zijn van belang:

het debiet

de afpompings

de intredeweerstand

6.1 Het debiet

Onder debiet moet worden verstaan de opbrengst van de put per tijdseenheid. Gewoonlijk per uur. Dit debiet is afhankelijk van de lengte van het filter de dikte van het watervoerende pakket de doorlatendheid van dit pakket de spiegelverlaging in de put waardoor het water tot toestromen wordt gebracht.

Het debiet kan gemeten worden met de traditionele meetinstrumenten zoals venturikeel, stuwrand, schoepenradmeter, Pitot-buis e.a.

Bij de keuze van de plaats van het meetinstrument moet er aan gedacht worden dat ruw water gemeten moet worden, zodat de mogelijkheid aanwezig is dat het meetinstrument vaak schoongemaakt moet worden. Bij putten die aangesloten zijn op een centrale zuigleiding kan de opbrengst van de put door allerlei oorzaken variëren. De oorzaken kunnen in de put zelf gezocht worden, maar kunnen ook in het gehele systeem besloten liggen. Het meetinstrument

moet dan over een tamelijk groot gebied nauwkeurig zijn. De Woltman meter voldoet aan de eis van een ruim meetgebied; de relatief hoge weerstand van het instrument moet worden aanvaard.

Bij putten met een eigen pomp, doorgaans een onderwaterpomp, is de variatie in debiet veel kleiner, zodat het meetinstrument dan over een veel kleiner gebied nauwkeurig behoeft te zijn. Voor dit soort putten is een venturikeel of stuwrand dan ook een zeer gewild instrument. Deze zijn gemakkelijk te reinigen en ze hebben een laag blijvend drukverlies.

6.2 De afpomping

Onder afpomping wordt verstaan de spiegelverlaging die bij een bepaald debiet ontstaat. Deze afpomping wordt bepaald door de stijghoogte te meten tijdens het in-bedrijf-zijn van de put en deze opnieuw te meten als de betreffende put buiten bedrijf is gesteld, maar de overige omstandigheden niet zijn gewijzigd. Met andere woorden een waterwinplaats met meerdere putten moet haar opbrengst blijven leveren als aan één put de afpomping wordt bepaald. De afpomping in een put kan de waterspiegel in een nabij gelegen andere put verlagen. Dit noemt men de beïnvloeding van een put op een andere. Deze moet bij de bepaling van de afpomping buiten beschouwing blijven. Bij een waterwinplaats met veel putten is de onderlinge beïnvloeding van de putten groot (zie fig. 38 en 39).

6.3 De intredeweerstand

Tijdens het bedrijf van de put zal er een verschil in stijghoogte te meten zijn van het water dat de omstorting passeert en van het water in de put. Dit

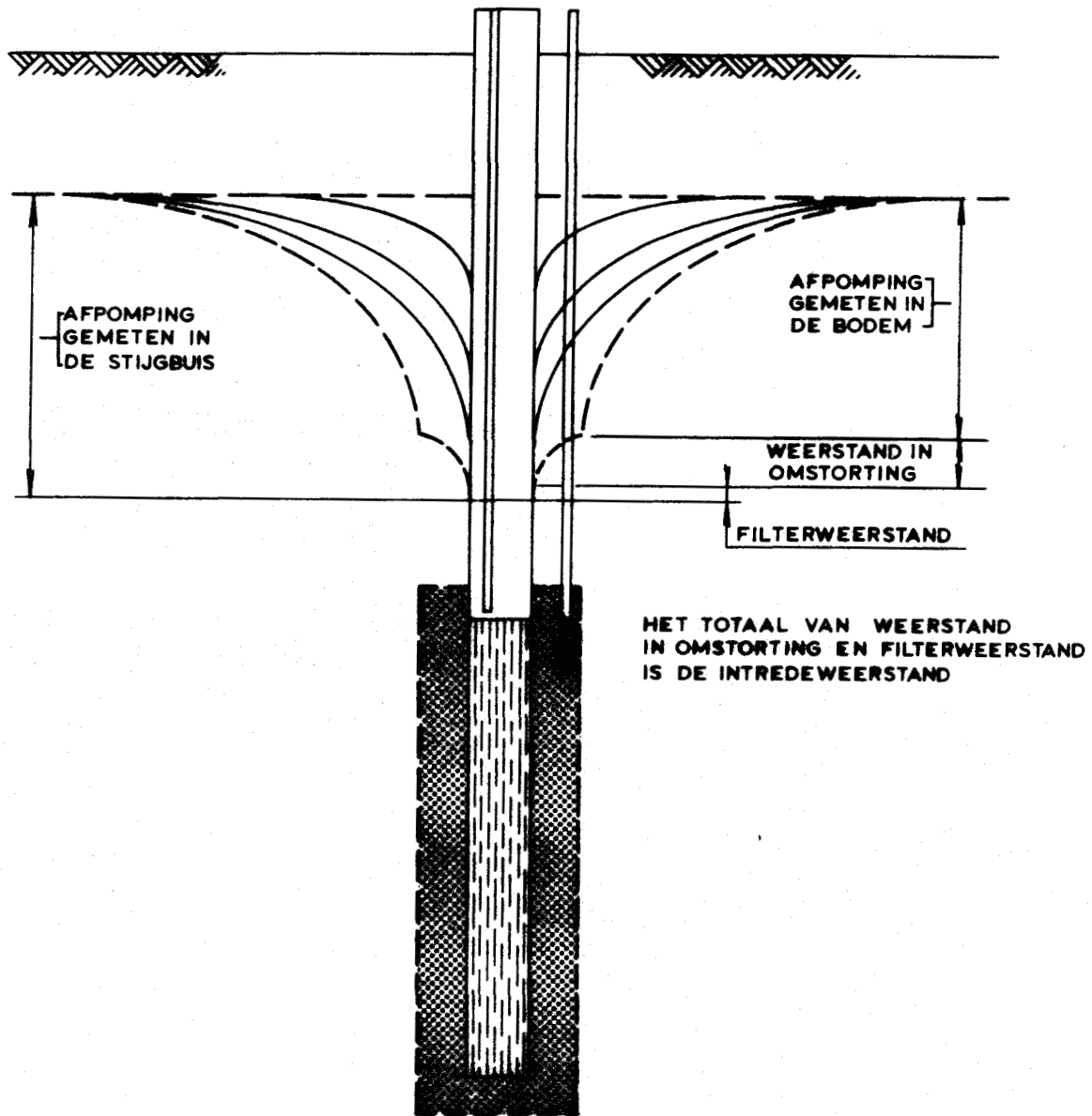


Fig. 38 Afpomping en intredeweerstand van een pompput

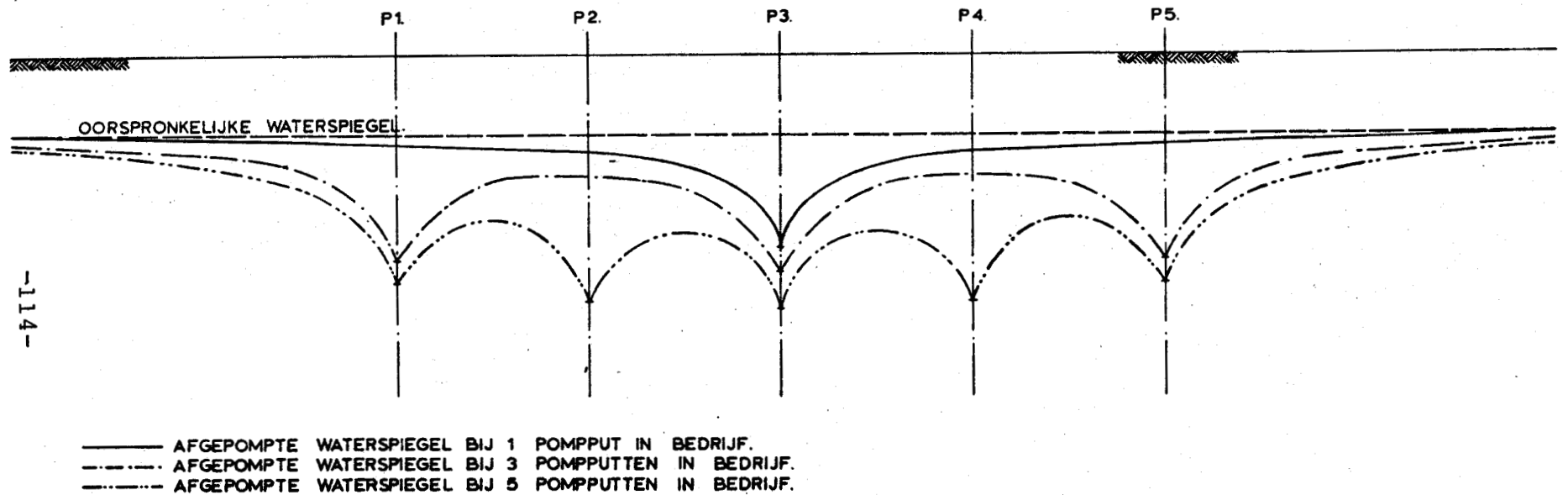


Fig. 39 Spiegelverlaging doordat meerdere putten tegelijkertijd in bedrijf zijn

verschil wordt intredeweerstand genoemd en is een maat voor een mogelijke verstopping van het filter en/of de omstorting.

6.4 Plaats van de peilfilters en -buizen

Het meten van de stijghoogte in de omstorting gebeurt in het peilfilter dat daartoe speciaal wordt aangebracht bij het stellen van de constructie in het boorgat.

Voor het meten van de stijghoogte in de put wordt òf een peilbuis in de putconstructie aangebracht òf de peilbuis wordt buiten de constructie gehouden en via een zadel van de dienstkraan-constructie op het filter aangesloten.

Door de peilbuis waarin de stijghoogte van het water in de put wordt gemeten buiten de stijgbuis omhoog te brengen wordt ruimte binnen stijgbuis en filter gewonnen.

Wordt met een peilbuis in het filter gewerkt, dan wordt de zuiverheid van de meting verhoogd door het ondereinde van de buis af te sluiten en vlak boven deze bodem enige gaten te maken. Invloed van stromingsdruk, ook al is deze gering, wordt dan uitgesloten. Binnen de put en in de omstorting moet de stijghoogte op gelijke diepte worden gemeten. Bij diepe putten met lange stijgbuizen moet anders rekening worden gehouden met verliezen t.g.v. stromingsweerstand, ontstaan bij de stroming van het water in de stijgbuis.

Indien de omstorting een grote dikte heeft, meer dan 20 cm, worden soms twee peilbuizen in de omstorting aangebracht: één wordt geplaatst onmiddellijk tegen het filter en één aan de buitenkant van de omstorting. Bij een mogelijk optredende

verstopping kan op deze wijze worden bepaald of de omstorting verstopt of dat de weerstand wordt gevormd door een verstopping buiten de omstorting dan wel op de overgang omstorting - filter.

Peilbuizen moeten goed worden afgesloten, zodat er geen vuil in kan komen.

Voor waarneming van hydrologische grootheden of voor verkenning worden aparte peilputten gemaakt. Dit zijn putten waaraan geen grote hoeveelheden water worden onttrokken. Ze moeten slechts informatie geven over de stijghoogte en over de kwaliteit van het water.

Worden deze putten voor verkenning van de geohydrologische opbouw geboord, dan zijn ze gewoonlijk diep, soms 200 tot 300 m. Daarbij worden vaak formaties aangeboord die onderling zeer verschillende watersoorten voeren.

Het verdient aanbeveling in al deze lagen een waarnemingsfilter te plaatsen en bij de aanvulling de gepasseerde afsluitende lagen zorgvuldig te herstellen met klei of een ander afsluitend middel.

De peilfilters en de daaraan verbonden stijgbuizen moeten zodanige afmetingen hebben dat een kleine wateronttrekking, minstens $1 \text{ m}^3/\text{h}$, mogelijk is.

In de eerste plaats is dit nodig om het filter en de omstorting schoon te pompen, in de tweede plaats moet voor bemonstering van het water uit de aangeboorde laag zolang worden gepompt dat zekerheid bestaat dat al het werkwater, dat bij de constructie van de put in de bodem is gebracht, is weggepompt. Een kleinere hoeveelheid dan $1 \text{ m}^3/\text{h}$ vraagt dan erg veel tijd.

In de derde plaats kan er behoefte aan bestaan om na een aantal jaren opnieuw een monster van het dan

aanwezige grondwater te onderzoeken om wijziging in de samenstelling daarvan vast te stellen.

6.5 Peilmiddelen

Om de waterstanden in de peilbuizen te meten wordt nog veelvuldig gebruik gemaakt van peilklokjes met ketting. Het peilklokje is een koperen buisje van 10 mm doorsnede dat aan de bovenkant is afgesloten. Wanneer dit in de peilbuis op enige diepte het wateroppervlak raakt, dan geeft dit een klokkend geluid.

Tegenwoordig is de ketting vaak vervangen door een zgn. onrekbaar meetlint. Het geluid van het peilklokje is bij harde wind of lawaai in de omgeving van de peiling moeilijk te horen.

De laatste jaren komt hoe langer hoe meer gereedschap in gebruik dat berust op de vorming van een electrisch contact door het water. Hierdoor gaat een lampje brangen.

Het apparaat wordt doorgaans geleverd met het meetlint op een haspel.

De electrode die een stroomkring moet sluiten bij contact met water, moet zodanig zijn uitgevoerd dat dit inderdaad alleen door de vloeistofoppervlakte kan plaatsvinden. De stroomkring wordt gevoed door enige staaftbatterijen. Met dit apparaat kan sneller en nauwkeuriger gewerkt worden dan met peilklokjes, zeker wanneer waterstanden moeten worden gemeten in diepe putten of peilbuizen.

Tot nu toe stemmen alle middelen hierin overeen dat de meting van de diepte van de waterspiegel gebeurt met een ketting of lint. Deze middelen zijn aan rek onderhevig. Deze rek loopt na ingebruikname slechts geleidelijk op en er wordt niet altijd aan gedacht. Het is daarom aan te bevelen de peilmid-

delen vóór ingebruikname te rekken.

Bij ondiepe putten zal de invloed van ongerekte kettingen of linten niet groot zijn, bij diepe putten met een zeer lage waterstand onder maai-veld, zou een foute aflezing tot verkeerde conclusies kunnen leiden. De bovenkanten van de peilbuizen behoren te zijn ingemeten t.o.v. N.A.P. Waterpassing op zich is reeds nodig om de waterstanden van de ene put te kunnen vergelijken met die van een andere. Door echter de waarden t.o.v. N.A.P. uit te drukken, kunnen zij gegevens vormen van landelijk belang.

7. HET ONTWIKKELEN VAN DE PUT

In het algemeen vraagt een put een behoorlijke investering; de put is het begin van het drinkwaterbedrijf.

Twee redenen die op zichzelf reeds voldoende zijn om deze put tot optimale condities te brengen en daarop te houden.

Het in optimale conditie brengen van de put wordt "ontwikkelen" genoemd.

7.1 Voorbeschouwing

Nadat de constructie is voltooid, wordt de put schoongepompt. Wat onder "schoonpompen" verstaan moet worden is nergens vermeld.

De "Algemene voorwaarden voor het maken van grond-boringen en boorputten" vermeldt onder art. 9:

"Schoonpompen, proefpompen en oplevering. Ook al is dit niet uitdrukkelijk in de aanbidding vermeld, behoort het schoonpompen, met een passende pompinstallatie, tot onze werkzaamheden, zonder dat hiervoor extra betaling verschuldigd is.

Eveneens behoort tot onze werkzaamheden het proefpompen gedurende 2 uur met een passende pompinstallatie enz."

Voorts wordt in art. 12 van deze zelfde voorwaarden gesteld dat ook al is in de aanbidding een bepaalde opbrengst genoemd, geen garantie wordt gegeven voor deze opbrengst, daar deze mede afhankelijk is van de watervoerende laag (lagen). De betekenis van de genoemde opbrengst is slechts dat de constructie van de put, de toegepaste materialen, de afmetingen enz., voldoende is om die opbrengst te kunnen halen,

als het watervoerende vermogen van de lagen voldoende groot is.

In de naoorlogse jaren zijn de inzichten over het in bedrijf brengen van putten grondig gewijzigd. Beter nog om te zeggen dat de inzichten zijn ontwikkeld, door het bestuderen van putverstoppingen en het streven om deze putverstoppingen te voorkomen. Daarnaast zijn bij het in bedrijf brengen van putten soms ongunstige ervaringen opgedaan die de procedure bij een volgende put weer hebben beïnvloed.

Zo heeft een geval van langdurige bacteriologische onzuiverheid van het door een nieuwe put geleverde water bij een bedrijf ertoe geleid dat zo spoedig als de werkzaamheden het gedogen een dosering van chloorbleekloog plaatsvindt. De hoeveelheid wordt berekend op basis van 5 l chloorbleekloog van 150 g Cl_2 per l (handelskwaliteit) per m^3 inhoud van het boorgat.

Bij pulsboringen kan deze dosering gebeuren zodra het boorgat op de juiste diepte is gekomen.

Bij spoelboringen kan deze dosering plaatsvinden als de filterconstructie is gesteld en het boorgat is aangevuld voor zover het betreft de zone waarin het filter is gesteld. Voor de inhoud van het boorgat hoeft nu slechts te worden genomen de lengte van de omstorting, derhalve van de bodem van het boorgat tot de afsluitende laag in de aanvulling. Dat chloorbleekloog bij spoelboringen niet eerder gedoseerd mag worden is een gevolg van de inwerking van chloor op de spoeling. Het gevaar bestaat dat na de chloordosering de afsluitende werking van de spoeling vermindert of zelfs verloren gaat. De kans op instorten van het boorgat zou hierdoor

worden vergroot. Het verdient aanbeveling het chloormengsel dat in de stijgbuis, het filter en de omstorting aanwezig is, door watertoevoer te verdringen in de ongeroerde grondlagen, waar straks water aan zal worden onttrokken. Het is gebleken dat het chloor niet alleen een ontsmettende werking in de put uitoefent, maar tevens een oplossende werking heeft op het slib dat in het boorgat en zijn onmiddellijke omgeving aanwezig is. Dit vergemakkelijkt de verwijdering van dit slib bij het schoonpompen.

7.2 Het ontwikkelen van een put in freatisch water

Zodra het boorgat geheel is aangevuld moet het schoonpompen en ontwikkelen van de put beginnen. Voor het pompen moet gebruik gemaakt worden van een pomp met een opbrengst van ca. 3 x de hoeveelheid als die waarmee de put in exploitatie zal worden genomen. Verder te noemen: Q_e .

De opvoerhoogte van deze pomp bij die capaciteit, moet voldoende zijn om het water boven maaiveld te brengen en het over enige afstand te kunnen transporteren.

Het pompen moet beginnen met een capaciteit van 25% van Q_e . Deze capaciteit moet worden aangehouden tot het water helder, slib- en zandvrij is. Daarna wordt de capaciteit opgevoerd tot 50% van Q_e , en wederom wordt gepompt tot het water slib- en zandvrij is. Geleidelijk aan wordt op deze wijze doorgegaan tot de capaciteit is gebracht op ca. 250% à 300% van Q_e .

Is bij deze capaciteit bereikt dat het water slib- en zandvrij is dan moet worden overgegaan op intermitterend pompen.

Door het pompen ontstaat bij freatisch water een spiegelverlaging in de put en een grondwaterstroom naar de put toe. Na het stoppen vermindert de grondwaterstroom tot de ontstane kuil in het grondwater is opgevuld (zie fig. 40).

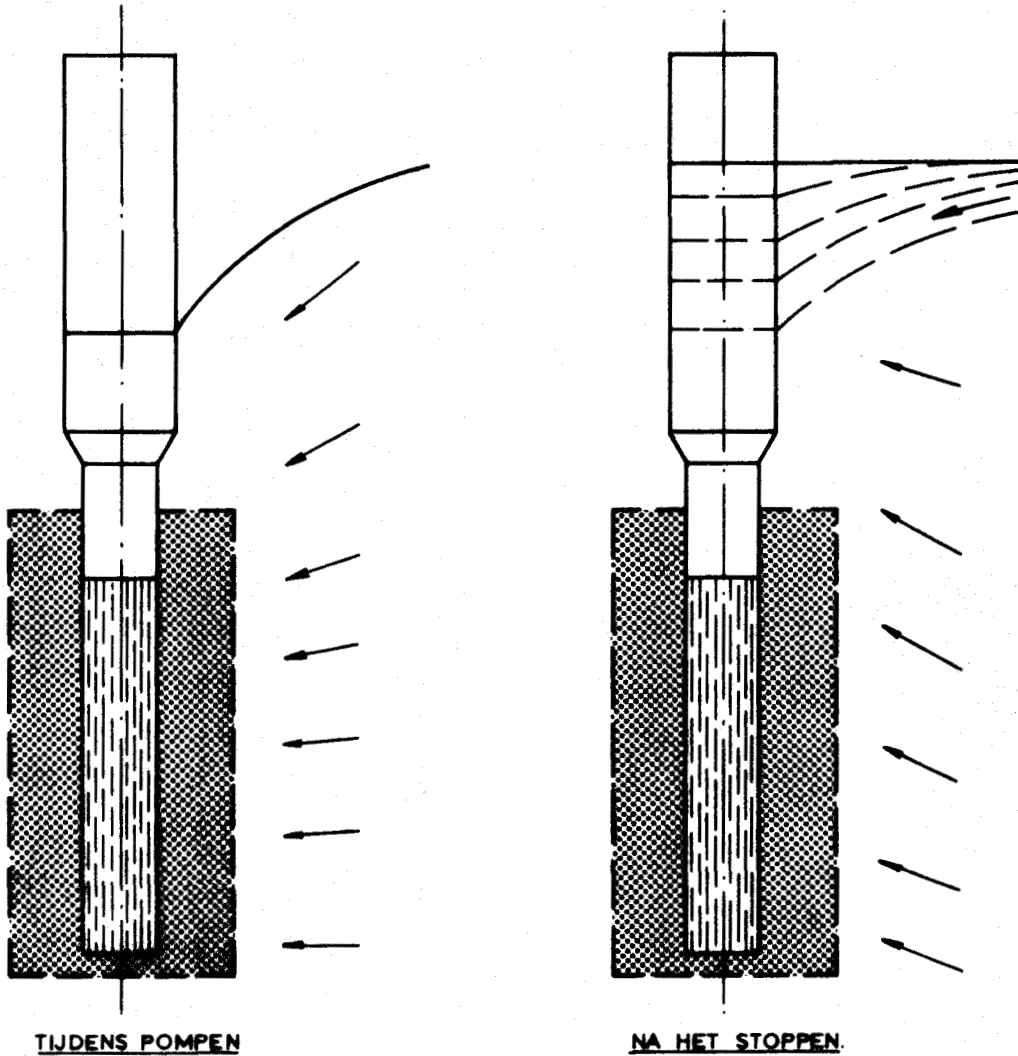


Fig. 40. Grondwaterstroom

De richting van de grondwaterstroom is in deze fase in de onmiddellijke omgeving van de put anders gericht dan tijdens het pompen. Fijne zandkorrels, die tijdens het pompen zijn blijven hangen achter wat grotere korrels, worden nu in een andere posi-

tie gebracht en kunnen bij het opnieuw starten van de pomp verder worden meegevoerd.

Bij het gebruik van een centrifugaalpomp voor dit doel treedt nog een nevenvoordeel op: de opvoerhoogte van de pomp bij de start, dus bij relatief hoge grondwaterstand, is klein, de opbrengst dus groot. Dat wil zeggen dat onmiddellijk na de start van de pomp de ontwikkelde snelheid in de omstorting en nabije omgeving van de put relatief groot is.

Een programma dat aangetoond heeft goede resultaten te geven is:

15 minuten pompen

15 minuten stoppen.

Dit zo lang herhalen tot met het opgepompte water geen slib of ander fijn materiaal meer meekomt.

Het is niet nodig dat zo lang gestopt wordt, tot de waterspiegel weer op het oorspronkelijke peil is gekomen. Wel moet de eis worden gesteld, dat ca. 80% van de spiegelverlaging ongedaan is gemaakt. Het kan derhalve nodig zijn om de stopduur in het begin wat langer te nemen. Evenzo is de duur van het pompen voor verandering vatbaar.

Het intermitterend pompen moet zolang doorgaan tot de put nagenoeg geen zand meer geeft bij het aanzetten van de pomp.

Aangezien deze eis rekbaar is door het woord

"nagenoeg" is het beter om een maat op te geven: ten hoogste 0,1 mg per liter.

Na deze behandeling wordt de pomp waarmee gewerkt is verwijderd. Onmiddellijk nadien moet de put worden gepeild op diepte. Het is niet uitgesloten, zelfs te verwachten, dat fijn zand op de bodem van de put ligt. Dit fijne zand is bezonken telkens

toen de pomp stopte tijdens het intermitterend pompen. Dit zand moet worden verwijderd.

Indien de put op deze wijze is behandeld en daarna in gebruik genomen wordt op het genoemde debiet Q_e , mag worden verwacht dat de put geen zandhoudend water meer zal geven bij de exploitatie.

Het kan van belang zijn om later na te kunnen gaan hoe het ontwikkelen van de put is gebeurd. Daarom verdient het aanbeveling van dit gebeuren aantekening te houden.

In bijlage 3 is als voorbeeld gegeven hetgeen plaatsgevonden heeft bij het schoon- en proefpompen van de boring II op het toen nieuw in te richten waterwinterrein Groesbeek.

Van de laatste serie metingen werd een grafiek samengesteld. Deze geeft het beeld van de put op het moment waarop de exploitatie begint (zie bijlage 4). De invloed op de capaciteit van de put, door het intermitterend pompen en chloordosering, is op de grafiek op bijlage 4 duidelijk te zien.

Het aanbrengen van een blind gedeelte onderaan het filter ter lengte van 0,5 à 1 m, als zandvang, kan dan ook als overbodig worden beschouwd.

7.3 Het sectiegewijs schoonpompen van een put

Er moet rekening mee worden gehouden dat bovengenoemd schema voor de ontwikkeling niet of bezwaarlijk kan worden uitgevoerd. Dit kan zijn grond bijvoorbeeld vinden in: een vermoedelijk zeer groot debiet, of een geringe doorlatendheid van het watergevend pakket.

Bij een vermoedelijk zeer groot debiet van een put, om de gedachte te bepalen $200 \text{ m}^3/\text{h}$ en meer, zal het ontwikkelen moeten worden voortgezet tot een

capaciteit van 500 à 600 m³/h of meer is bereikt. Dit vraagt een zware pomp en een zware elektrische aansluiting. Daarnaast is het niet altijd eenvoudig om op korte afstand een plaats te vinden, waar een dergelijke hoeveelheid water gedurende het soms dagen lang durende proces kan worden geloosd.

Bij een zeer slechte doorlatendheid van de bodem kan door het pompen een zodanige spiegelverlaging ontstaan, dat de pomp lucht gaat zuigen. Er zou dan telkens gestopt moeten worden om de waterspiegel gelegenheid te geven te stijgen. Dit kan een tijdrovend proces worden. Om dan toch de put tot ontwikkeling te brengen kan deze sectiegewijze worden afgepompt. Hiertoe kan gebruik worden gemaakt van apparatuur zoals in fig. 41 en 42 is aangegeven.

In fig. 41 is het apparaat aangegeven zoals dit is ontstaan uit de behoefte om bij verstopte putten de aard van de verstopping te onderzoeken en daarna de put schoon te maken. De afstand tussen de rubberen afdichtingen bedraagt ca. 250 mm.

Voor kleine putten met een hooggelegen waterspiegel, de pomp komt op maaiveld, leent dit apparaat zich uitstekend; het is gemakkelijk hanteerbaar.

Met een pomp van 5 m³/h wordt in de omstorting op een afstand van 25 cm uit het hart van de put een gemiddelde snelheid ontwikkeld van 10 m/h.

Nadeel van dit apparaat is dat het slechts 250 mm filterlengte behandelt; voor een put met grote filterlengte kost deze werkwijze veel tijd.

Daarnaast moet vermeld worden dat de rubberen manchetten voor de afdichting kwetsbaar zijn.

Binnen de stijgbuis of binnen het filter uitstekende scherpe delen kunnen een scheur in het rubber veroorzaken, waarna de afdichting onmogelijk

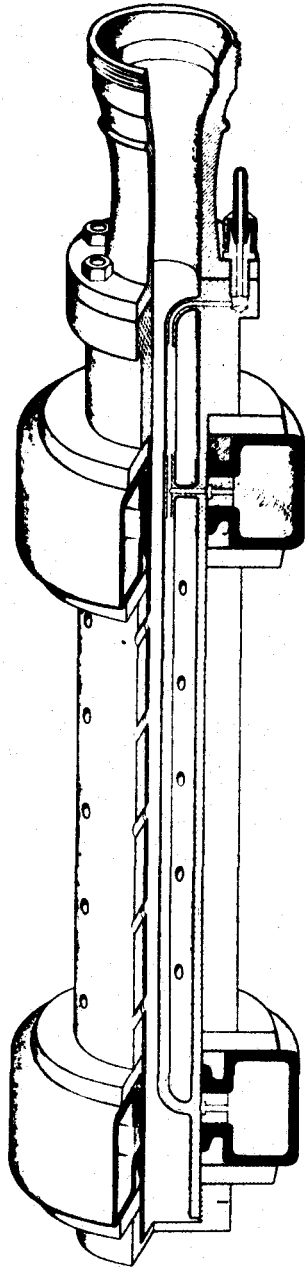


Fig. 41. Apparaat voor het sectiegewijs schoon-
pompen van een put.

lijk wordt. Het apparaat in fig. 42 is in principe
hetzelfde, echter is het van forsere afmetingen.
Bovendien is een onderwaterpomp ingebouwd. De af-
dichting wordt verkregen door een dikke, stugge

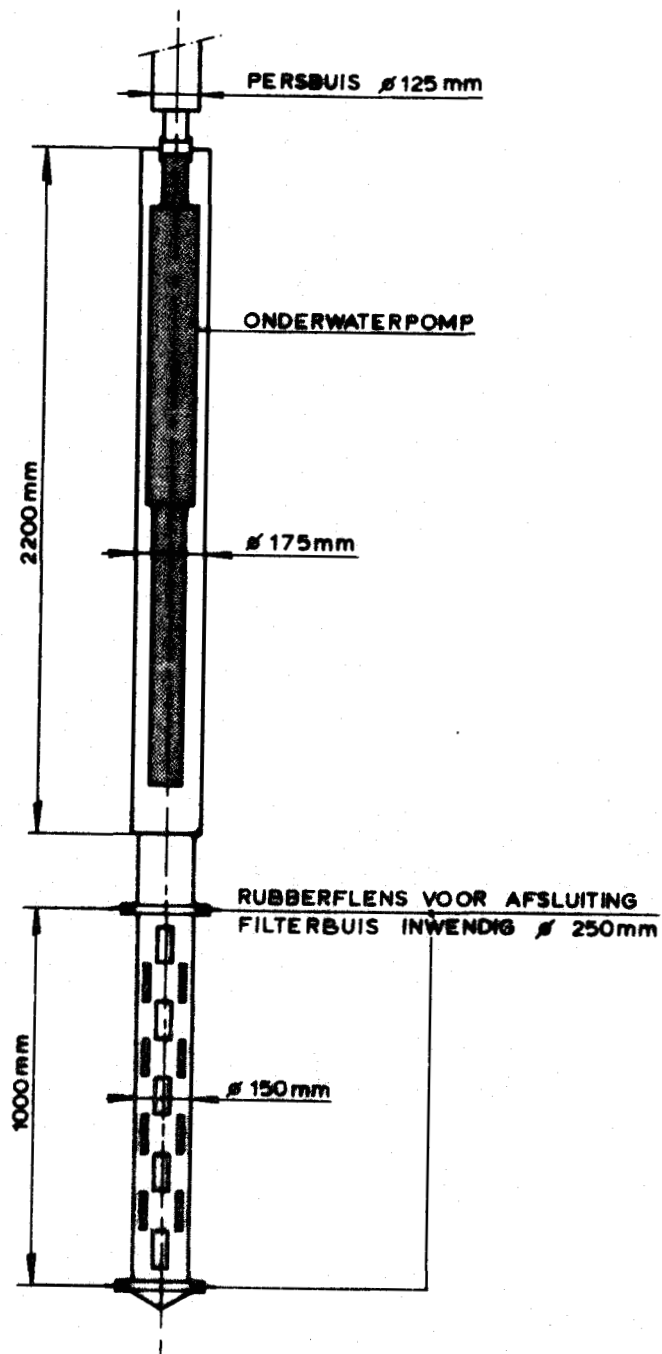


Fig. 42. Apparaat met onderwaterpomp voor het sectie
 gewijs schoonpompen van een put.

rubberen pakking. De verplaatsing van dit apparaat in het filter gaat zwaarder dan het lichtere apparaat van fig. 41. Dit mag echter geen bezwaar zijn, daar men op de bouwplaats toch tenminste over een behoorlijke bok beschikt. Met deze apparaten wordt per sectie van ca. 1 m lengte een programma afgewerkt zoals hierboven is beschreven voor de put in haar geheel. Aan dit apparaat is een peilbuis bevestigd, zodat tijdens het afpompen van een sectie de spiegel-daling kan worden gemeten. Daarmee kan per sectie het resultaat van het pompen worden beoordeeld. Ook wanneer een put per sectie tot ontwikkeling wordt gebracht verdient het aanbeveling enige malen intermitterend te pompen om slibresten, indien aanwezig, en eventueel fijne delen van de formatie te verwijderen. De ervaring heeft geleerd dat de behandeling, onder in de put begonnen, goede resultaten afwerpt.

Bij dit afpompen per sectie kunnen schijnbare snelheden worden bereikt van 10 à 12 maal de waarde die door Sichardt¹⁾ is aanbevolen voor de exploitatiesnelheid.

7.4 Variaties op de beschreven methoden

Op boven geschetste wijze van ontwikkelen van een put zijn verschillende variaties mogelijk. Enerzijds op het programma, anderzijds in de gebruikte middelen. Enkele mogen hier worden genoemd.

- 1) Sichardt beveelt aan de snelheid te bepalen volgens:

$$v_{\max} = \frac{1}{15} \sqrt{k}$$

k = doorlatendheid van de bodem in m/sec

In plaats van afwisselend pompen en stoppen wordt soms ook water teruggeperst in de put en de omstorting. De stroomrichting in de omstorting en in de aangrenzende zone van de omgeroerde grond verschilt tijdens het terugpersen ca. 180° met de stroomrichting tijdens het pompen. Wordt op de waterspiegel in de put een druk gezet van 1 ato, dan wordt de waterstand in de put 10 m omlaag gedrukt. Wordt nu de samengeperste lucht snel afgevoerd, dan ontstaat in eerste instantie een instroming in de put die overeenkomt met een afpomping van 10 m. Een dergelijke behandeling kan alleen aan een put gegeven worden als de stijgbuis langer is dan 10 m. Is men bang voor uitvlokking van ijzer uit het grondwater, dan kan in plaats van lucht, stikstof worden gebruikt. Dit proces staat bekend onder de naam: "jotteren".

Er worden goede resultaten mee bereikt.

In plaats van pompen kan men ook gebruik maken van een luchtlift. Om een voldoende grote snelheid in de omstorting te ontwikkelen moet er echter een luchtpomp met een behoorlijke capaciteit op het werk worden aangevoerd. Ook hier bestaat het mogelijke bezwaar van contact tussen het grondwater en lucht, waaraan zo nodig tegemoet gekomen kan worden door gebruik te maken van stikstof.

Voor het losmaken van slib uit de ongeroerde lagen en het restant van de toeslagen in de spoeling verwerkt, worden soms polyfosfaten gebruikt. Het bezwaar van polyfosfaten is dat ze een voedingsbodem kunnen vormen voor ongewenste bacteriën. Om die reden moet toepassing van polyfosfaten dan ook worden afgeraden voor dit doel.

7.5 Schoonpompen van put in spanningswater

De verandering van stroomrichting na het stoppen en starten van de pomp tijdens het jotteren, zoals dit is aangegeven in fig. 40, treedt niet alleen in het verticale vlak op. Ook in horizontale zin zal in- en uitstroming van water tussen de zandkorrels onmiddellijk buiten de omstorting tot gevolg hebben dat fijne delen en slib wordt losgemaakt en meegevoerd. Voor het ontwikkelen van putten in spanningswater kan daarom in principe hetzelfde systeem worden toegepast.

7.6 Nabeschouwing

Het sectiegewijs schoonpompen van een put op de boven omschreven wijze kost tijd, d.w.z. geld. Als gemiddelde kan worden aangehouden dat per werkdag twee tot drie secties worden behandeld door één man met de nodige uitrusting.

Om enigszins een inzicht te krijgen in de waarde van deze behandeling is in bijlage V voor enige gevallen nagegaan wat de invloed van de kosten van deze behandeling is op de kostprijs van het water. Globaal blijkt dat een verbetering van 20% die vijf jaar effect sorteert, geen kostenverhoging veroorzaakt. Behoeft de behandeling de eerstvolgende 10 jaren niet te worden herhaald, dan is een verbetering van 15% van de opbrengst reeds lonend. Mag op een verbetering van 20 tot 50% worden gerekend dan werkt het sectiegewijze schoonpompen van de put voor het in bedrijf nemen duidelijk kostenbesparend.

Een argument dat moeilijk in geld is uit te drukken is de verwachting dat door de sectiegewijze behandeling de kans op verstopping van de put aan-

merkelijk kleiner wordt dan zonder deze behandeling. Uit ervaring is bekend dat met het schoonpompen van een put in haar geheel, toch niet alle plaatsen langs de omtrek van het boorgat geheel slibvrij of vrij van spoelingresten geraken. Dit blijkt als op deze wijze behandelde putten na een aantal jaren in bedrijf te zijn geweest, alsnog met behulp van het sectieapparaat worden afgepompt. Derhalve heeft niet het gehele beschikbare oppervlak van het contactvlak omstorting - watervoerende laag, meegedaan aan de waterlevering. Door het herhaaldelijk stoppen en pompen tijdens de exploitatie van de put zouden deze resten alsnog in beweging kunnen komen en in de waterleverende zone de kern kunnen vormen van een verstopping. Daarbij valt te bedenken dat tijdens de exploitatie van de put geen snelheden in de omstorting en de onmiddellijk daaraan grenzende zone van de watervoerende laag, worden opgewekt als tijdens het schoonpompen. Dit heeft enkele bedrijven tot de beslissing gebracht om bij de ontwikkeling van alle putten het sectiegewijze schoonpompen voor te schrijven.

8. DE EXPLOITATIE VAN DE PUT

Men mag verwachten dat een zorgvuldig gemaakte put vele jaren goed zal werken. Evenwel kan de toestand waarin de put zich bevindt slechts afgeleid worden uit gemeten en geregistreeerde gegevens.

8.1 De te meten grootheden

Minstens moeten de volgende waarden worden gemeten of bepaald:

1. de waterstand in de peilbuizen nadat de put zo mogelijk twee uren in rust is geweest;
2. de afpompning nadat de put gedurende tenminste twee uren in bedrijf is geweest;
3. de opbrengst van de put of debiet;
4. de intredeweerstand;
5. de opbrengst van de gehele waterwinplaats;
6. welke andere putten op de waterwinplaats in bedrijf zijn tijdens de meting;
7. de analyse van het opgepompte water.

Het verschil in waterstand in de peilbuizen bij rust en bedrijf geeft de totale spiegelverlaging. Deze kan echter nog zijn opgebouwd uit de afpompning van de put en de beïnvloeding door de andere putten op de waterwinplaats (zie fig. 38 en 39). Reeds onder 6. Peilbuizen, zijn de definities gegeven van de verschillende begrippen.

8.2 De frequentie van de meting

Veelvuldig zal een aantal van de grootheden onder 8.1 genoemd reeds moeten worden verzameld als voorwaarde verbonden aan een vergunning volgens de Grondwaterwet Waterleidingbedrijven. Doorgaans betreft dit peilingen van waarnemingsputten. In

deze vergunning is dan tevens bepaald wanneer de metingen moeten worden verricht.

Voor zover de genoemde metingen van grootheden niet worden voorgeschreven, moeten deze toch wel periodiek worden verricht omdat dit de enige methode is om de toestand van de put te kunnen controleren. De ervaring is hierbij een belangrijke leermeester. Op nieuwe waterwinplaatsen zal in het begin de meting van de grootheden minstens om de twee maanden moeten plaatsvinden. Blijkt na bijvoorbeeld een half jaar dat alle putten in goede conditie blijven dan kan men de tweemaandelijke controle beperken tot één put. Doen zich in de loop van het eerste jaar geen bijzonderheden voor dan kan de controle verder worden teruggebracht. Maar ook op bekende waterwinplaatsen moeten alle putten tenminste éénmaal per jaar worden gepeild en moet het debiet worden bepaald.

De analyse van het geleverde water per put moet zo mogelijk toch éénmaal per twee jaren worden gemaakt.

8.3 De verwerking van de gegevens

De gepeilde en waargenomen gegevens kunnen het beste in grafiek worden gebracht zoals op bijlage 6 is aangegeven:

- een lijn van de capaciteit van het pompstation;
- een lijn van de capaciteit van de put;
- een lijn van de afpompingsdruk uitgedrukt in $\text{mm/m}^3/\text{h}$;
- een lijn van de intredeweerstand in $\text{mm/m}^3/\text{h}$;
- een lijn van de waterstanden in rust;
- een lijn van de waterstanden in bedrijf in de omstorting;
- een lijn van de waterstanden in bedrijf in de put.

Daarbij is aangetekend welke andere putten op de waterwinplaats in bedrijf waren.

Belangrijke gebeurtenissen, die naderhand kunnen helpen een beeld van de levensloop van een put te vormen, moeten eveneens genoteerd worden. Hieronder vallen:

revisie onderwaterpomp;

onderzoek naar zand onder in het filter met de gevonden resultaten en eventuele getroffen maatregelen;

schoonmaakbeurten met een volledige beschrijving van de procedure en resultaten van pompproeven.

Zijn in een put twee peilbuizen in de omstorting geplaatst dan moeten beide waarden in de grafieken worden opgenomen. Deze peilbuizen behoren dan aan de binnenzijde en de buitenzijde van de omstorting te zijn geplaatst. Bij het optreden van verstoppingen kan dan geconstateerd worden of deze op het filter, in de omstorting of daarbuiten gevormd is. Voor de verwerking van de gegevens wordt tegenwoordig gebruik gemaakt van computers. Voor een inzicht in het verloop van de grootheden naar de tijd is een grafiek echter nog steeds het beste middel; deze kan ook met behulp van een computer getekend worden.

Bijlage 1

Zeeanalyse: Boring P3 De Haere Datum: 17-1-1966 Anal. nr. 026021

aardlaag	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
diepte in m	78.50	79.60	81.20	83.20	84.00	86.00	88.00	89.70	90.20	92.20	92.80
	79.60	81.20	83.20	84.00	86.00	88.00	89.70	90.20	92.20	92.80	93.50
korrelgrootte in mm	aandeel per laag in gewichtsprocenten										
9.51											
>4.0	7.7	0	2.1	7.0	6.0	4.8	7.1	4.4	0.6	3.3	5.0
3.3 -4.0	1.1	0	0.1	0.2	1.9	0.8	1.9	0.7	<0.1	0.2	0.3
2.83-3.36	1.5	<0.1	<0.1	0.2	2.2	0.9	1.6	0.5	<0.1	0.2	0.3
2.38-2.83	1.9	<0.1	0.1	0.2	2.4	1.0	1.6	0.4	0.1	0.2	0.4
2.00-2.38	1.6	<0.1	0.1	0.2	1.9	0.8	1.2	0.3	0.1	0.2	0.3
1.68-2.00	3.5	<0.1	0.2	0.8	5.1	2.2	3.2	0.6	0.5	0.7	0.6
1.41-1.68	2.7	0.1	0.2	0.7	3.5	1.8	2.4	0.4	0.7	0.6	0.4
1.10-1.41	3.8	0.3	0.3	1.7	5.2	3.0	3.9	0.8	1.0	1.2	1.1
1.0 -1.10	4.5	0.8	0.5	2.6	6.6	3.1	4.1	1.4	1.4	1.3	1.2
0.85-1.0	5.0	1.9	1.1	3.9	6.1	3.5	5.4	2.0	2.0	2.0	1.9
0.75-0.85	9.8	7.0	3.3	9.2	12.8	6.9	10.8	4.6	3.8	3.5	3.2
0.60-0.75	11.7	14.9	11.2	12.8	13.3	9.10	14.8	9.0	6.3	5.6	5.8
0.50-0.60	9.3	18.4	23.7	15.1	9.4	10.7	13.9	11.8	9.6	7.7	8.5
0.42-0.50	5.0	17.2	23.8	14.5	6.8	10.4	9.7	12.2	15.7	11.1	10.2
0.35-0.42	2.7	17.5	18.4	13.4	5.8	10.4	5.9	15.6	22.3	17.0	13.1
0.30-0.35	0.9	11.4	9.0	10.0	4.5	9.9	3.8	15.4	20.6	18.9	15.8
0.25-0.30	0.3	4.6	2.7	3.7	2.1	5.2	1.5	7.1	7.5	10.6	11.0
0.21-0.25	0.8	2.2	1.2	1.8	1.5	5.7	1.2	4.1	3.7	7.8	9.6
0.175-0.21	5.7	1.4	0.5	0.9	1.2	5.5	1.6	2.7	1.6	4.0	5.8
0.15-0.175	5.8	0.6	0.1	0.2	0.4	1.4	0.9	1.1	0.5	0.8	1.6
<0.15	14.9	1.6	0.7	0.6	0.9	2.7	3.4	5.0	1.8	2.9	3.8
d _e in mm	<0.15	0.30	0.33	0.32	0.35	0.21	0.32	0.22	0.27	0.23	0.20
Cu = $\frac{d_{60}}{d_{10}}$	>5	1.67	1.53	1.88	2.60	2.76	2.40	1.96	1.60	1.78	2.10

Bijlage 2

Omstortingsgrind wordt geleverd in de volgende gradaties:

0.8	-	1.2	mm
1	-	1.5	mm
1	-	2	mm
1.25	-	1.75	mm
1.5	-	2.5	mm
1.75	-	2.2	mm
2	-	3	mm
2.2	-	3	mm
2.5	-	4	mm
3	-	5	mm
5	-	10	mm
10	-	20	mm

Bijlage 3

Schoon- en proefpompen, proefboring II te Groesbeek - mei/juni 1964.

Datum	tijd	stijgb.	cap.	meterst.	Opmerkingen
27-5-1964	08.15	53.53	0	-	Waarnemingsfilter defect (vol zand)..
	08.30				Pomp gestart, zonder watermeter.
	11.00	57.27	+20	-	Pomp stop, zeer weinig fijn zand.
	11.05			-	Pomp start.
	11.45		+40	- 3m ³	Pomp zuigt lucht, pomp stop, inbouw watermeter beginstand 3·m ³
	12.00			0.00m ³	Pomp start, met horizontale watermeter 0.00 m ³ .
	13.00	59.60	42.-	40.28	Pomp stop, zeer weinig fijn zand.
	13.25			43.00	Pomp start.
	14.25	61.43	60.6	104.00	Pomp stop, brandstofl.diesel schoon-gemaakt.
	14.45		65.-		Pomp start, zuigt lucht bij 65 m ³ /h.
	16.15		45.-		Cap. verminderd + 40 m ³ /h.
	16.25		24.-		Cap. verminderd + 20 m ³ /h.
	16.40		47.-		Cap. opgevoerd + 40 m ³ /h.
	16.50		76.2		Cap. opgevoerd + 75 m ³ /h.
	17.00			218.5	Pomp stop.
	17.10				3 Flessen chloorbleekloog ingebracht en werkwaterleiding laten lopen tot 17.30 uur + 2 m ³ /h.
	28-5-1964	07.30			
09.00		53.73	0	218.5	
09.05					Pomp start ca. 25 m ³ /h.
09.50		57.20	27.-		09.55 uur cap. opgevoerd ca. 50 m ³ /h.
11.10		62.53	50.-		
11.45		59.43	48.-		
12.15					Pomp stop.
12.20		53.72	0		12.30 uur pomp start 40 m ³ /h.
12.35					Cap. opgevoerd ca. 60 m ³ /h.
12.40				344.-	
13.40		61.13	60.-	404.-	
14.25				Pomp stop en getrokken.	
14.45	53.75	0	434.-	Pomp start om 15.45 uur ca. 50 m ³ /h.	

Datum	tijd	stijgb.	cap.	meterst.	Opmerkingen	
28-5-1964	16.00	59.90	53		Cap. opgevoerd tot ca. 60 m ³ /h.	
	16.30	60.93	61.2	480.-		
	16.35			483.-	Pomp stop.	
	16.55		61.2	483.-	Start, intermitterend 10 min. lopen 60 m ³ /h, 5 min. stop, 7x herhaald.	
	18.25	60.40	61.3	541.-		
	18.50				Cap. opgevoerd, intermitterend + 10 min. lopen ca. 70 m ³ /h, 5 min. stop.	
	20.00	61.21	70.28	637.-		
	20.40				Pomp stop en laten zakken.	
	20.50				Pomp start, intermitterend + 10 min. lopen ca. 70 m ³ /h, 5 min. stop, 11x herhaald.	
	22.05	60.30	73.2		Start.	
	22.25				Cap. opgevoerd, intermitterend + 10 min lopen + 80 m ³ /h, 5 min. stop, 7x herhaald.	
	29-5-1964	00.10				Start.
		00.25	60.98	81.6		
		00.40				Cap. opgevoerd, intermitterend + 10 min. lopen + 90 m ³ /h, 5 min. stop, 8x herhaald.
03.10					Start	
03.25		62.05	92.07			
03.30					Cap. opgevoerd, intermitterend + 10 min. lopen + 95 m ³ /h, 5 min. stop, 11x herhaald.	
06.40					Start.	
06.55		61.82	96.-			
07.00					Cap. opgevoerd, intermitterend + 10 min. lopen + 100 m ³ /h, 5 min. stop, 7x herhaald.	
08.50					Start.	
09.05	62.18	103.2				
09.30			1473.5	Stop.		

Datum	tijd	stijgb.	cap.	meterst.	Opmerkingen
29-5-1964	10.05	54.10	0		
	10.10			1473.5	Start, intermitterend \pm 10 min. lopen \pm 105 m ³ /h, 5 min stop, 13x herhaald.
	10.30				Start.
	10.45	61.92	102.9		
	13.55				Start.
	14.10	61.82	102.8		
	14.40				Watermonster genomen door Tm cap. 102 m ³ /h, meegenomen naar kantoor Velp.
	14.45			1852.-	Pomp stop.
	15.15	54.03	0		
	15.20				3 Flessen chloorbleekloog à 60 l ingebracht.
	16.15				Werkwaterleiding losgezet 4.3 m ³ /h.
	30-5-1964				Werkwaterleiding doorgelopen 4.3 m ³ /h.
	31-5-1964				Werkwaterleiding doorgelopen 4.3 m ³ /h.
1-6-1964				Werkwaterleiding gestopt.	
1-6-1964	10.45	53.55	0		
	11.30				Waarnemingsfilter geprobeerd door te spuiten, wil niet, zand welt weer op, stuk.
	11.45			1852.-	Start, cap. ca. 30 m ³ /h.
	12.15	54.98	31.8		Stop.
	12.20				Start, cap. ca. 50 m ³ /h.
	12.55	56.17	48.6		Stop.
	13.05				Start, cap. ca. 70 m ³ /h.
	13.35	58.41	74.4		Stop.
	13.40				Start, cap. ca. 100 m ³ /h.
	14.10	61.16	106.1		Stop.
	14.20				Start, cap. ca. 100 m ³ /h.
	15.10	62.19	105.4		Stop.

Datum	tijd	stijgb.	cap.	meterst.	Opmerkingen
1-6-1964	15.20				Start, intermitterend \pm 10 min. ca. 105 m ³ /h, 5 min. stop, 2 x herhaald.
	16.10	53.80	0		
	16.15				Start, intermitterend \pm 10 min. ca. 105 m ³ /h, 5 min stop, 6 x herhaald.
	16.55				Start.
	17.10	62.30	97.2	2216.-	Cap. verminderd tot ca. 50 m ³ /h.
	17.40	60.34	49.8	2239.-	Pomp stop.
2-6-1964	07.45	53.79	0	2239.-	Start, intermitterend \pm 10 min. ca. 100 m ³ /h, 5 min. stop, 53 x herhaald.
	14.55				Start.
	15.10	62.46	109.2	2805.-	Stop.
	15.15				Start, intermitterend \pm 10 min. ca. 100 m ³ /h, 5 min. stop, 8 x herhaald.
	16.05				Start.
	16.30	62.34	113.4		Stop.
	16.35				Start, intermitterend \pm 10 min. ca. 110 m ³ /h, 5 min. stop, 4 x herhaald.
	17.05				Start.
	17.20	62.17	117.-	2980.-	Pomp stop.
	3-6-1964	07.45	53.79	0	2980.-
10.45					Start.
11.00		62.40	130.2		Stop.
11.05					Start, intermitterend \pm 10 min. ca. 130 m ³ /h, 5 min. stop, 18 x herhaald.
12.15					Start.
12.35		62.26	130.5		13.00 uur stop.

Datum	tijd	stijgb.	cap.	meterst.	Opmerkingen
3-6-1964	13.05				Start, intermitterend \pm 10 min. ca. 130 m ³ /h, 5 min. stop, 24 x herhaald.
	14.45				Start.
	15.00	61.54	130.8		Stop.
	15.05				Start, intermitterend \pm 10 min. ca. 130 m ³ /h, 5 min. stop, 10 x herhaald.
	15.45				Start
	16.15	61.37	130.8		
	16.20			3760.-	Watermonster genomen door Tm cap. 131 m ³ /h, meegenomen naar kantoor Velp.
	16.25				Stop.
	16.30				Start, cap. verminderd tot ca. 50 m ³ /h.
	16.55		53.4		17.00 uur Stop.
4-6-1964	07.55	58.83	0	3889.-	
	08.00				Start, intermitterend \pm 10 min. ca. 130 m ³ /h, 5 min. stop, 9 x herhaald.
	08.40				Start.
	09.00	60.84	130.6		
	09.30				Stop.
	09.35				Start, intermitterend \pm 10 min. ca. 130 m ³ /h, 5 min. stop, 12 x herhaald.
	10.30				Start.
	11.00	60.77	130.6		Stop.
	11.05				Start, intermitterend \pm 10 min. ca. 130 m ³ /h, 5 min. stop, 17 x herhaald.
	12.30				Start.
13.00	60.54	130.8	4266.-	Stop.	
13.05				Start, intermitterend \pm 10 min. ca. 130 m ³ /h, 5 min. stop, 20 x herhaald.	

Datum	tijd	stijgb.	cap.	meterst.	Opmerkingen
4-6-1964	14.30				Start
	15.00	60.40	130.8		Stop.
	15.05				Start, intermitterend \pm 10 min. ca. 130 m ³ /h, 5 min. stop, 15 x herhaald.
	16.30				Start.
	17.00	60.34	130.8	4614.-	Stop.
	17.05				Start, intermitterend \pm 2½ min. ca. 130 m ³ /h, 2½ min. stop, 7 x herhaald.
	18.00				Start.
	18.45	60.37	130.8	4770.-	Stop.
	18.50				Start, intermitterend \pm 2½ min. ca. 130 m ³ /h, 2½ min. stop, 17 x herhaald.
	20.30				Start.
	21.15	60.66	131.1	4991.-	Stop.
	21.30				Start, intermitterend \pm 2½ min. ca. 130 m ³ /h, 2½ min. stop, 18 x herhaald.
	23.00				Start.
	23.30	60.60	131.4		
	23.45				Stop.
	23.50				Start, intermitterend \pm 2½ min. ca. 130 m ³ /h, 2½ min. stop, 24 x herhaald.
	5-6-1964	02.00			
02.30		60.51	132.-	5415.-	Stop.
02.40					Start, intermitterend \pm 2½ min. ca. 130 m ³ /h, 2½ min. stop, 20 x herhaald.
04.30					Start
05.00		60.39	130.5	5610.-	Cap. verminderd tot ca. 120 m ³ /h.
05.10					Stop.
	05.30	54.41	0	5630.-	Start.

Datum	tijd	stijgb.	cap.	meterst.	Opmerkingen
	07.30	59.92	119.5	5869.-	
	09.30	59.97	119.8	6105.-	
	11.30	60.03	119.4	6345.-	Watermonster genomen door h.lab. W.M.G. volledig chemisch geanalyseerd.
	11.45			6370.-	Cap. verminderd tot ca. 60 m ³ /h.
	13.45	57.19	60.3	6490.-	
	13.50			6496.-	Stop.
	13.55				2 x Start ca. 60 m ³ /h (nog zeer weinig fijn zand).
	14.00			6500.-	Stop (einde).
8-6-1964	14.25	54.46	0	-	Put op diepte gepeild = 79.85 m : bovenkant stijgbuis.
9-6-1964	09.00	53.73	0		3 Flessen chloor in put gebracht (à 60 l/fl.).

Totaal verpompt: 6500 m³

Opm.: Waterstanden in meters beneden maaiveld.

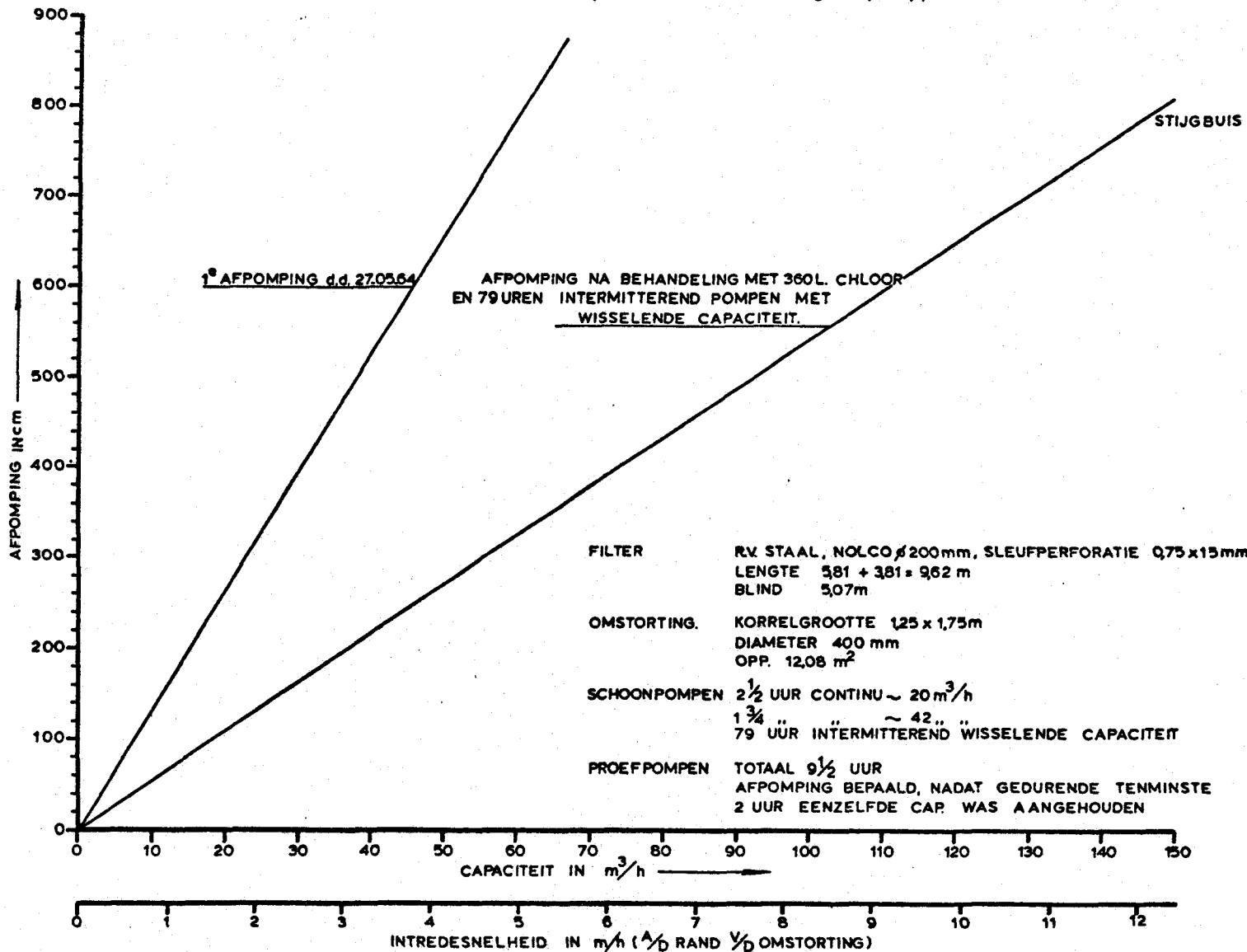
Maaiveld = ca 67.50 m⁺ N.A.P. (volgens top. kaart).

Deze notities zijn in het veld gemaakt.

De genoemde loop- en stoptijden voor het intermitterend pompen zijn globaal, in het algemeen zijn deze iets korter geweest.

AFPOMPINGSGRAFIEK BORING II, TE GROESBEEK (volgens pomproef d.d. 5-6-'64)

-144-



Invloed van de kosten van sectiegewijze schoonpompen van een put vóór de inbedrijfstelling op de kosten van het geleverde water.

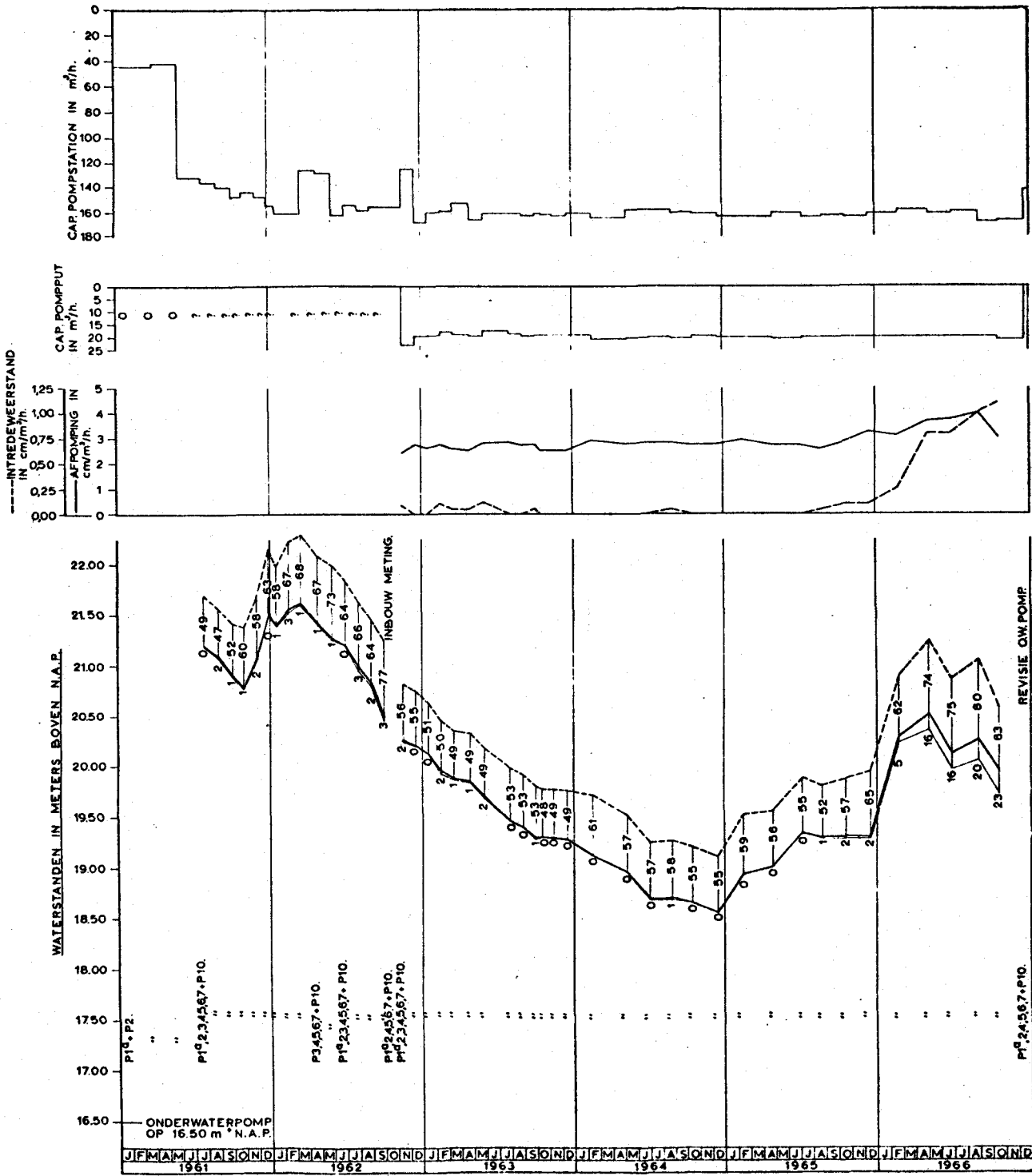
Opbrengst per put	40 m ³ /h	80 m ³ /h	125 m ³ /h
Investering putconstructie incl- boorgatmeting; putkop; o.w.pomp; kabels; bouwrente; eigen kosten + schoonpompen:	f41.000,-	f66.000,-	f65.000,-
jaarlijkse lasten bij 15 jaar afschrijving en 10% rente - 12½%:	f5.100,-	f8.250,-	f8.100,-
onderhoud:	f500,-	f500,-	f500,-
Ia totaal per jaar	f5.600,-	f8.750,-	f8.600,-
Ib levering per jaar bij 5000 bedrijfsuren	200.000 m ³	400.000 m ³	625.000 m ³
Ic kosten in ct. per m ³	f2,80	f2,20	f1,38
Sectiegewijze schoonpompen:	f4.000,-	f8.500,-	f6.000,-
IIa rente 10%, afschr. resp. 5 en 10 jaar; 26,4% en 16,3%	1.060,- 650,-	2.240,- 1.390,-	1.580,- 980,-
IIb totaal per jaar (Ia + IIa)	6.660,- 6.250,-	10.990,- 10.140,-	10.180,- 9.580,-
IIc opbrengst 110% van Ib	220.000 m ³	440.000 m ³	690.000 m ³
IIId kosten in ct. per m ³ totaal	3,0 2,8	2,5 2,3	1,5 1,4
IIIc opbrengst 120% van Ib	240.000 m ³	480.000 m ³	750.000 m ³
IIIId kosten in ct. per m ³ totaal	2,8 2,6	2,3 2,1	1,4 1,3
IVc opbrengst 130% van Ib	260.000 m ³	520.000 m ³	810.000 m ³
IVd kosten in ct. per m ³ totaal	2,6 2,4	2,1 1,9	1,3 1,2

N.B.: put 40 m³/h is een hypothetisch geval; boorgat Ø 600 diep 40 m; filterlengte 15 m.

put 80 m³/h is geboord op waterwinterrein p.s. Lent van W.M.G. in 1970 (uit serie van twee).

put 125 m³/h is geboord op waterwinterrein p.s. Epe van W.M.G. in 1972 (uit serie van twee).

Bijlage 6



POMPPUT P3 POMPSTATION EERBEEK.