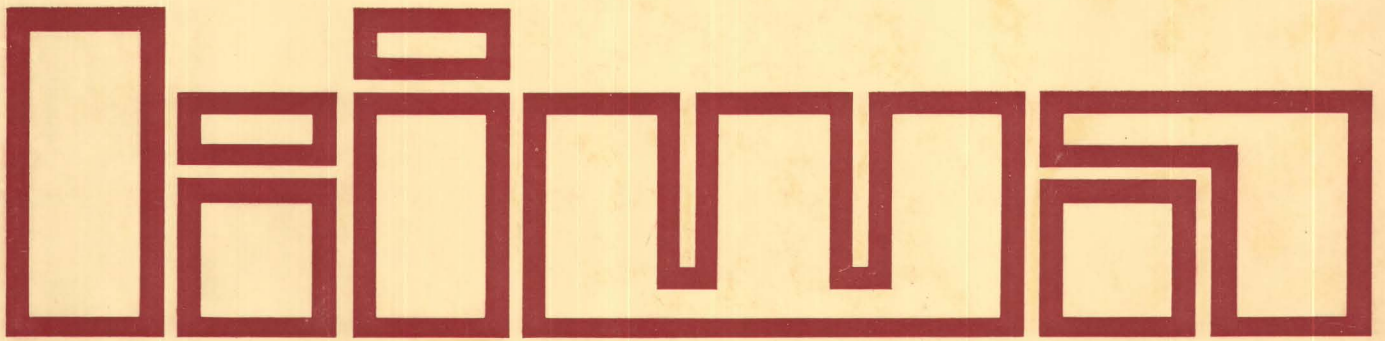


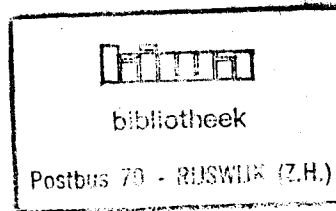
mededeling  
nr. 56

de persput  
te leiduin



keurings  
instituut  
voor  
waterleiding  
artikelen  
kiwa n.v.

556.332.634 (492\* 1557)



**TECHNISCHE OPBOUW VAN DE  
PERSPUT TE LEIDUIN**

Mededeling nr. 56 van het KIWA

ing. J.J. Steinmetz

Hydrologische en chemische  
randvoorwaarden

Rijswijk, januari 1978

U.D.C. 556.332.634.002.2

## INHOUD

	<u>pag.</u>
SAMENVATTING	
SUMMARY	
1. INLEIDING	1
2. SITUATIE EN UITGANGSGEGEVENS	2
2.1 Lokatie	2
2.2 Geo-hydrologische opbouw	2
2.3 Stromingspatroon ter plaatse	3
3. OPSTELLING VAN DE PROEF	3
4. INRICHTING VAN DE INFILTRATIEPUT	5
4.1 Putkonstructie	5
4.2 Putkopkonstructie	7
4.3 Konstructie Pers en Pompinstallatie	8
4.3.1 Retourpomp installatie	8
4.3.2 De persleiding	10
4.4 Meet- en regelapparatuur	11
5. NAKALKULATIE	14
6. HYDROLOGISCHE EIGENSCHAPPEN VAN DE OPSTELLING	15
6.1 Pompproef	15
6.2 Opzet van de pompproef	15
6.3 Uitvoering van de pompproef	16
6.4 Vertikale stroomsnelheid in de put	17
6.5 Geleidendheid in de put	18
6.6 Temperatuurgradiënt t.p.v. de proefopstelling	19
6.7 Grondwaterstanden rond de persput	19
7. KWALITEIT VAN HET TE INFILTREREN WATER	20
8. PROEFINFILTRATIE MET DRINKWATER	22
8.1 Doel van de proefinfiltratie	22
8.2 Herkomst van het infiltratiewater	22
8.3 Werking technische installatie	24
8.4 Hydrologisch meetprogramma	25
8.5 Chemisch meetprogramma	27

VERVOLG INHOUD

9.	REGENERATIE	30
10.	VOORTGANG	34

Literatuur

Lijst van gebruikte tekeningen

Lijst van bijlagen

### Summary

For the drinking water supply in the West part of the Netherlands artificial recharge is applied by means of open channels or basins. The increase in capacity of the water catchment areas obtained this way is realized by the recharge of more or less pretreated surface water in considerable parts of the dune areas. Important aspects of this recharge are the following: damping of variation in the quality of the raw water and stock building. This storage is of great importance. In times that the in-take of raw water is liable to restrictions, for example from considerations of quality, this storage is our chief dependence.

Because of the increasing demand for drinking water and the need for larger storage, caused by the decreasing quality of the surface water, there is a great want of an increased capacity of the recharge projects. However, the available room for such projects is limited. Application of injection wells could be a solution; for, without disturbing the environment and without taking up much room for the building of recharge works or storage basins, a water stock could be realized which, by means of selective intake, would be of good quality and extremely well protected against pollution and sabotage.

Injection wells have been applied on a large scale particularly in the oil industry. However, in the field of the Dutch public water supply they are still in an experimental stage. One of the problems arising here is the phenomenon that wells often get clogged. On laboratory scale the cause of this clogging can hardly be retraced. The recharge tests with injection wells are therefore carried out on a practical scale.

The injection well is found on the site of the Municipal Waterworks of Amsterdam near Vogelenzang, about 6 km off the coast (see figure 1).

of the water to be recharged after which the formed bubbles could clog the well.

For the intermittent cleaning of the well we chose for a submersible pump having an output of 120 m<sup>3</sup>/h (4 times the injection quantity). This pump discharges the water directly into a ditch through a 4" tube.

In order to protect the well from a surplus of suspended matter - which quantity in the supplied river water can be extremely variable and rise now and then to a high extent - the artificial recharge is monitored by a turbidity metre which stops the recharge as soon as the turbidity exceeds a prediscrined marginal value.

Figure 9 outlines the measuring and adjusting apparatus of the test plant. The whole plant operates automatically; the back-pumping is controlled by a time relay. The input is kept constant by means of a, by the flow meter controlled, regulating valve.

The levels in the injection well and in an observation screen at a distance of 5 m from the injection well are registered by pressure meters. All measured parameters such as input, head, temperature and turbidity are continuously registered on a "12-point recorder".

In order to determine the constants of the aquifer a pumping test has been carried out. It is very difficult to follow the lowering of the head in the well during the first minutes of the pumping tests. For this reason a method is used enabling an accurate registration of the rapid lowering (see paragraph 6.2.).

After the working out of the obtained data, the KD-value (transmissivity) appears to be about 1100 m<sup>2</sup>/day.

The vertical flow velocity in the injection screen during pumping was measured. This measurement is used to standardize the condition of the well before recharge and consequently before clogging. When clogging of the well occurs, it can be located by means of a second measurement.

Artificial recharge occurs in a waterbearing stratum which is found between 15 and 70 m below MSL and at the top and bottom bounded by semi-pervious clay strata. In order to measure ground water head and to take samples for chemical research, observation wells have been placed on different spots and at different depths in such a way that they stand in a row perpendicular to the equipotential on the spot.

The observation wells have been placed at a distance of 5, 10, 16, 20, 40 and 100 m respectively off the injection well (see figure 2).

Every observation well contains several observation screens at different depths in the waterbearing stratum, so that the front of moving recharged water can be observed three-dimensionally.

The observation wells have also been provided with "Geohm" measuring cables with which the electric conductivity of the formation water can be measured at thirteen fixed depths. In this way the underground distribution of the injected water can be observed fairly accurately.

In the well a screen (PVC  $\emptyset$  250/230 mm) having a length of 14 m has been fixed between 22 and 36 m - MSL. The room between the wall of the borehole and the injection screen has been filled with gravel from 1 m below to 1 m above the screen. The rest of the borehole has been filled with the original material; where clay strata were perforated they were restored with small clay balls.

Three observation screens have been placed round about the injection screen; one of these has been placed right in the middle of the gravel pack, one 50 cm below and one 50 cm above the gravel pack (see figure 4). In this way the clogged part of the well screen can be located. The water to be recharged is fed into the well by means of a 2" tube ending amply below the lowest water level to be expected. A slide with a small opening has been placed in the lower end in order to build up sufficient back-pressure to avoid underpressure in the falling water. This underpressure would result in degassing

Before starting the recharge with the pretreated river water, drinking water has been recharged without back-pumping or any other interruption for a period of 35 days.

Beside comparison with the rechargeability of The Hague drinking water (another recharge well test) the recharge of Amsterdam drinking water has the aim:

- 1) to follow the water injected into the formation;
- 2) to observe the change in quality of the recharged water during the passage through the formation;
- 3) to test the technical installation and the recharge well itself.

During this test, recoveries from this aquifer were kept constant. In calculations, therefore, it is assumed that the ground water gradient on the spot of the injection well is negligibly small.

For an optimal study of the above mentioned, an extensive measuring program has been made. During the test all heads were measured every day.

In principle, the "Geohm" cables have been taken daily as well. However, as soon as the recharged water seems to approach a pair of electrodes, the electric conductivity is measured every hour so that a clear passage curve will appear (see appendix 12 and 13). This is also the signal to sample the observation wells near the changing pairs of electrodes, intensively.

The analysis of the sample is carried out on the spot and the following parameters are determined:

electric conductivity, temperature, pH, bicarbonate, carbon dioxide, oxygen and chloride.

In accordance with these results it is determined whether or not a total analysis will have to be carried out in the laboratory.



The Geohm-measurements give an impression about the time it takes for the recharged water to reach the observation wells.

Figure 17 gives a clear picture of the forward movement of the front. Using the electric conductivity and the chloride concentration of the samples taken, to calculate detention times, the same results are obtained.

During this whole test no technical problems occurred and the injection wells operated without any increase in resistance. From this it may appear that both the well and the installation are in good condition.

Figure 14 shows the course of temperature, the recharge input and the difference in head ( $\Delta h$ ) between the injection well and the observation well at 5 m distance during the test. This difference in head ( $\Delta h$ ) is decisive of the clogging of the injection well. When  $\Delta h$  increases, clogging of the injection well occurs, providing that the temperature and recharge input remain equal.

In order to be able to determine the course of the increase in hydraulic resistance due to clogging, recharge input and temperature, the head difference will have to be adjusted. The apparent increase  $\Delta h$  of about 10 cm is for the greater part explained by the decline in temperature of about 3° C of the recharged water. The matter of fact is that the recharge velocity is dependent on the viscosity (temperature) of the water.

A decline in temperature from 9 to 6° C shows an increase in  $\Delta h$  of 9 cm at an equal output.

From the proceedings of the test it can be concluded that the injection well and the installation about it operate well and are reliable. Although the period of recharge has been a short one it can yet be stated that the results obtained by the recharge of The Hague drinking water are confirmed by this injection test. This leads to the assumption that artificial recharge of the tested drinking waters by means of injection wells can be applied for the realization of underground stock building. In times of small drinking water consumption it is worth consideration to store the surplus of production temporarily underground, in order to recover it in times of small surface water supply or when the raw water quality is too bad.

Beside the technical aspects there has been gained an insight into the changes in the chemical composition of the recharged water during the passage through the formation. These are caused by the fact that the supplied water is not in chemical equilibrium with the formation. The recharge of aerobic water gives rise to redox and other chemical and physical reactions through which changes in concentration occur in the formation.

Round about the well a certain depletion of matter present in the formation consequently occurs. Therefore, after some time the recharged water may remain aerobic in the formation.

This aspect may be important when recovering the recharged water. Withdrawal of aerobic (recharged) water and anaerobic (original groundwater) in a recovery well can then give rise to clogging of this well by flocculation of iron.

From february 1977 we have been carried out the artificial recharge test with pretreated river water. It remains to be seen in how far artificial recharge with this type of water will be possible.

It is certain that such a test will take much time because of the ever fluctuating quality of the river water.

It may be expected, however, that in due course a reasonable insight will be gained into the possibilities of artificial recharge of pretreated river water by means of injection wells, using frequent back-pumping to prevent clogging problems.

## Samenvatting

Bij de drinkwatervoorziening in het westen van Nederland wordt kunstmatige infiltratie door middel van open kanalen of vijvers toegepast. De hiermee bereikte capaciteitsvergroting van de winplaatsen vindt plaats door in aanzienlijke oppervlakten duingbied meer of minder voorgezuiverd oppervlaktewater te infiltreren. Belangrijke aspecten van deze infiltratie zijn: de afvlakking en verbetering van de kwaliteit en de voorraadvorming. De voorraad, die op deze manier kan worden opgebouwd, is van groot belang. In tijden dat de inname van het ruwe water aan beperkingen onderhevig is, bijvoorbeeld uit kwaliteitsoverwegingen, is men in belangrijke mate op deze voorraad aangewezen.

Door de toenemende vraag naar drinkwater en de noodzaak van omvangrijker voorraadvorming ten gevolge van de afnemende kwaliteit van het oppervlaktewater, ontstaat de behoefte aan een vergroting van de capaciteit van de infiltratiewerken. De beschikbare ruimte voor dergelijke werken is echter beperkt. Toepassing van persputten biedt hier een mogelijke oplossing. Immers zonder verstoring van het milieu, zonder een grote inbeslagname van ruimte voor het aanleggen van infiltratiewerken of spaarbekkens, zou een watervoorraad kunnen worden gerealiseerd die door selectieve inname een goede kwaliteit heeft en die uitmuntend beschermd is tegen vervuiling en sabotage.

Hoewel persputten met name in de olie-industrie reeds op grote schaal worden toegepast, verkeren zij ten behoeve van de openbare drinkwatervoorziening in Nederland nog in een experimenteel stadium. Een van de problemen die hierbij naar voren komen is het verschijnsel van verstopping van de put. Op laboratoriumschaal is de oorzaak van deze verstopping nauwelijks te achterhalen. De infiltratieproeven met persputten worden dan ook voornamelijk op praktijkschaal uitgevoerd.

De persput bevindt zich op het terrein van Gemeentewaterleidingen te Leiduin nabij Vogelenzang, op ca 6 km van de kustlijn (zie figuur 1).

De infiltratie vindt plaats in een watervoerend pakket, dat zich ter plaatse bevindt tussen ca 15 m en 75 m beneden NAP en dat zowel aan bovenzijde als aan onderzijde door slecht doorlatende kleilagen wordt begrensd.

Om op voldoende plaatsen stijghoogtwaarnemingen te kunnen doen en monsters ten behoeve van het chemisch onderzoek te kunnen nemen zijn op verschillende plaatsen en diepten peilbuizen aangebracht, en wel zodanig dat deze op één raai staan loodrecht op de equipotentiaallijn ter plaatse.

De waarnemingsputten zijn op resp. 5, 10, 16, 20, 40 en 100 m van de persput geplaatst (zie figuur 2).

Per put zijn in het voor de proef gebruikte watervoerend pakket op verschillende diepten peilbuizen geplaatst, zodat het front van geïnfiltrerd water driedimensionaal kan worden gevolgd.

Tevens zijn de waarnemingsputten uitgerust met Geohm-meetkabels waarmee het elektrisch geleidingsvermogen van het formatiewater op 13 vaste diepten kan worden gemeten. Met deze opstelling kan de ondergrondse verbreiding van het ingevoerde water redelijk nauwkeurig worden gevolgd.

De put heeft een filter (PVC Ø 250/230 mm) van 14 m, dat zich bevindt tussen 22 m en 36 m -NAP. De ruimte tussen de boorgatwand en het persfilter is vanaf 1 m beneden het filter tot 1 m er boven gevuld met grind. De rest van het boorgat is aangevuld met het oorspronkelijk materiaal; waar de kleilaag is doorboord, is deze hersteld met aangevoerde klei.

Rond het persfilter zijn een drietal waarnemingsfilters geplaatst; één er van bevindt zich in de omstorting, één ca 50 cm onder de omstorting en één 50 cm boven de omstorting, in zo goed mogelijk hersteld moedermateriaal (figuur 4). Met deze opstelling kan een indicatie worden verkregen van de plaats van een eventueel optredende verstopping.

Het te infiltreren water wordt door middel van een 2"-leiding, die ruim beneden de laagste te verwachten waterstand eindigt, in de put gevoerd. In de laatste meter is een plaatje met beperkte opening geplaatst om voldoende tegendruk op te bouwen, zodat onderdruk in het vallende water wordt voorkomen. Deze onderdruk zou ontgassing van het te infiltreren water ten gevolge hebben, waarna de gevormde belletjes de put zouden kunnen doen verstopen.

Voor het intermitterend schoonpompen van de put is gekozen voor een onderwaterpomp met een debiet van 120 m<sup>3</sup>/h (viermaal het infiltratiedebiet). Deze voert het water door middel van een 4"-leiding direkt af naar een sloot.

Om de put enigermate te beschermen tegen een overmaat aan zwevende stoffen (de hoeveelheid hiervan in het aangevoerde rivierwater kan zeer variëren en af en toe hoog oplopen) wordt de infiltratie bewaakt door een troebelingsmeter, die, indien de troebeling de ingestelde grenswaarde overschrijdt, de infiltratie stop zet. Figuur 9 geeft een schema van de meet- en regelapparatuur van de proefopstelling. De gehele installatie werkt automatisch; het terugpompen wordt gestuurd door een tijdrelais, het debiet wordt konstant gehouden door middel van een door de flowmeter gestuurde regelklep; het niveau in de persput en in een waarnemingsfilter op 5 m afstand van de persput wordt geregistreerd door drukopnemers. Alle gemeten grootheden, zoals debiet, niveaus, temperatuur en troebeling, worden kontinu geregistreerd op een 12-punts recorder.

Teneinde de bodemkonstanten ter plaatse van de persput vast te stellen is een pompproef gehouden. Het is zeer moeilijk om tijdens pompproeven gedurende de eerste minuten de verlaging in de pompput zelf te volgen. Om deze reden is gebruik gemaakt van een methode die het mogelijk maakt om de snel optredende verlaging nauwkeurig te registreren (zie H.6.2). Na uitwerking van de gevonden gegevens blijkt de KD-waarde ca 1100 m<sup>2</sup>/dag te bedragen.

Door TNO is de verticale stroomsnelheid in het persfilter gemeten. Het doel van een dergelijke meting is de konditie van de put voor de aanvang van de infiltratie, dus vòòr eventuele verstopping, vast te leggen. Bij optredende verstopping van de put kunnen dan door middel van een tweede meting de trajekten met verstopping worden bepaald.

Alvorens te starten met de infiltratie van voorgezuiverd rivierwater is gedurende een periode van 35 dagen zonder terugpompen of andere onderbrekingen geïnfiltreerd met drinkwater. Behalve de vergelijking met de infiltreerbaarheid van het Haagse drinkwater, is het doel van deze drinkwaterinfiltratie het volgen van de voortschrijding van het front van ingeperst water bij kontinu-infiltratie, de controle op de kwaliteitsverandering van het geïnfiltreerde water tijdens de bodempassage en een beproeving van de technische installatie zowel als de infiltratieput. Tijdens de proef is de winning uit het diepe pakket konstant gehouden. In berekeningen is daarom aangenomen, dat het verhang ter plaatse van de persput verwaarloosbaar klein is.

Om het bovengenoemde optimaal te bestuderen is een uitgebreid meetprogramma opgesteld. Tijdens de proef is dagelijks het totale stijghoogtelijnenbeeld opgenomen.

De Geohm-kabels zijn in principe ook dagelijks opgenomen. Zodra echter het front een elektrodenpaar lijkt te naderen, wordt deze kabel ieder uur opgenomen, zodat een duidelijke passage-kurve ontstaat (zie bijlagen 12 en 13). Dit is tevens het sein om de waarnemingsbuizen in de buurt van de veranderende elektrodenparen intensief te bemonsteren.

De analyse van de monsters wordt ter plaatse uitgevoerd. Deze bestaat uit de bepaling van de volgende parameters: elektrisch geleidingsvermogen, temperatuur, pH, bicarbonaat, koolzuur, zuurstof en chloride. Aan de hand van de gevonden resultaten wordt bepaald of er al dan niet een totaal-analyse gedaan moet worden in het laboratorium.

Met de Geohm-metingen kan een indruk worden verkregen omtrent de tijd die het geïnfiltreerde water nodig heeft om de waarnemingsputten te bereiken. Figuur 17 geeft een duidelijk beeld van de voortschrijding van het front. De gevonden gegevens worden bevestigd door de berekende gemiddelde reistijd, welke wordt bepaald aan de hand van het elektrisch geleidingsvermogen en aan het gehalte  $\text{Cl}^-$ -ionen.

Gedurende de gehele proef zijn er geen technische problemen ontstaan en heeft de persput zonder weerstandstoename gefunctioneerd. Hieruit moge blijken, dat zowel put als installatie in een goede konditie verkeren. Figuur 14 geeft een beeld van het verloop van de temperatuur, het debiet en het niveauverschil ( $\Delta h$ ) tussen de persput en de waarnemingsput op 5 m over de periode van de proef. Dit niveauverschil  $\Delta h$  is maatgevend voor de verstopping van de persput. Wordt  $\Delta h$  groter dan treedt verstopping van de persput op, mits temperatuur en debiet van het te infiltreren water gelijk blijven. Teneinde het verloop van de weerstandstoename als gevolg van verstopping te kunnen bepalen moet de tijdstijghoogteverschillijn derhalve op debiet en temperatuur worden gekorrigeerd. De schijnbare verhoging  $\Delta h$  van ca 10 cm wordt door de temperatuursdaling van ca  $3^\circ \text{C}$  van het infiltratiewater grotendeels verklaard. De infiltratiesnelheid is nl. afhankelijk van de viscositeit (temperatuur) van het water. Een temperatuursdaling van 9 naar  $6^\circ \text{C}$  geeft een toename van  $\Delta h$  van 9 cm bij gelijkblijvend debiet.

Uit het verloop van de proef kan worden gekonkludeerd, dat de persput en de installatie daaromheen goed functioneert en deugdelijk is. Hoewel de infiltratieperiode slechts kort is geweest, kan toch worden gesteld, dat de resultaten verkregen bij de infiltratie van drinkwater in de persput van de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage worden bevestigd. Dit geeft aanleiding om te veronderstellen dat infiltratie van drinkwater door middel van persputten kan worden toegepast om voorraadvorming in de bodem te realiseren.

Er kan worden overwogen om in tijden van geringe drinkwaterafname het produktieoverschot tijdelijk in de grond op te slaan, om het terug te winnen als de aanvoer van oppervlaktewater onvoldoende is of de kwaliteit ervan slecht is.

Naast de technische aspecten is inzicht verkregen in de veranderingen in de chemische samenstelling van het geïnfiltreerde water tijdens de bodempassage. Deze worden veroorzaakt doordat het ingevoerde water niet in een chemisch evenwicht verkeert met de formatie. Door het invoeren van aerob water ontstaan er redox-reakties waardoor concentratieveranderingen in het front optreden. Rond de put treedt derhalve een bepaalde uitloging op van in de bodem aanwezige stoffen, waardoor na enige tijd het infiltratiewater aerob in de bodem aanwezig blijft.

Dit aspect kan van betekenis zijn bij de terugwinning van het geïnfiltreerde water. Het aantrekken van aerob (infiltratie)water en anaerob (oorspronkelijk grond-)water in één winningsput kan namelijk leiden tot verstopping van de put, o.a. door uitvlokking van ijzer.

Met de bovengevonden resultaten zal worden gestart met de infiltratieproef met voorgezuiverd rivierwater. In hoeverre infiltratie met dit water mogelijk is zal nog moeten blijken. Vaststaat dat een dergelijke proef een lange tijd in beslag zal gaan nemen door de sterk wisselende kwaliteit van het rivierwater. Verwacht mag echter worden, dat in de loop van de komende jaren een redelijk inzicht kan worden verkregen in de mogelijkheden van de infiltratie van voorgezuiverd rivierwater door middel van persputten.



## 1. Inleiding

Het onderhavige projekt vormt één van de proefnemingen die in het kader van het persputtenonderzoek worden uitgevoerd. Ir. T.N. Olsthoorn (KIWA) begeleidt de proeven voor de Werkgroep Persputten, waarin een aantal waterleidingbedrijven, 2 overheidsdiensten en een industrie zitting hebben.

Uit de opgedane ervaring met een persput op het terrein van Hoogovens IJmuiden B.V. is gebleken dat als men gefiltreerd rivierwater door middel van putten wil infiltreren, de put regelmatig moet worden schoongepompt. Dit in tegenstelling tot Haags drinkwater dat, zoals blijkt uit proeven uitgevoerd door de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage, zonder problemen kan worden geïnfiltreerd.

Aansluitend op de proefnemingen bij Hoogovens is bij Gemeentewaterleidingen een proefput gebouwd voor injectie van WRK-water, die automatisch, frekvent en met regelmatige tussenpozen kan worden schoongepompt.

Het voornaamste doel van bovengenoemde proef is te zien of de verstopping van de put, die onvermijdelijk zal optreden, kan worden beheerst, en wel zodanig dat een effectieve en goedkope bedrijfsvoering mogelijk is. Hiernaast speelt de kwaliteitsverbetering die het geïnfiltreerde water tijdens bodempassage ondergaat een grote rol, doordat terugwinning het uiteindelijke doel is van putinfiltratie.

Met bovengenoemde installatie hoopt Gemeentewaterleidingen, voortbouwende op de ervaringen van de Werkgroep Persputten, te komen tot een rendabele manier van putinfiltratie, die op grote schaal in de duinwaterwinplaats zou kunnen worden toegepast.

Dit rapport beperkt zich tot de technische aspecten van de installatie, de bodem waarin de put is geplaatst, de hydrologie en de eerste gegevens en ervaringen die met een vóór-infiltratie met drinkwater werden verkregen.

## 2. SITUATIE EN UITGANGSGEGEVENS

### 2.1 Lokatie

De persput, verder veelal "PP" genoemd bevindt zich op het terrein van Gemeentewaterleidingen, te Leiduin. De put ligt ca 5800 m van de kustlijn (fig 1).

Op deze afstand is in het watervoerend pakket, waarin de infiltratie plaatsvindt, de invloed van het getij niet meer aanwezig.

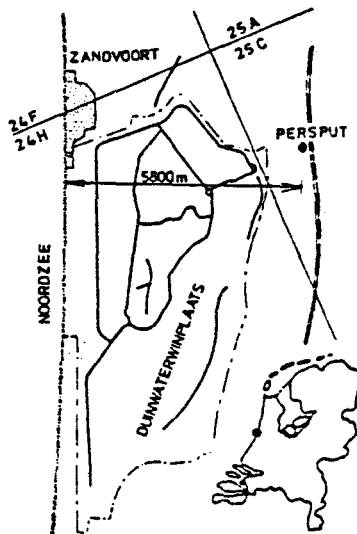


fig. 1. Lokatie P.P. t.o.v. Noordzee

De beïnvloeding van de stijghoogten door de diepe windmiddelen in de duinwaterwinplaats bedraagt, bij maximale capaciteit, 1.20 m. (zie hfd 6.7).

### 2.2 Geo-hydrologische opbouw

Bijlage 1 geeft de geologische doorsnede over de persput in oost-west richting. Als basis van het watervoerend pakket fungeert de "Leemlaag", de klei van de Formatie van Kedichem, die zich op ca NAP-70 m bevindt. Onder invloed van het landijs zijn de bestaande afzettingen opgeduwd tot stuwwallen en is het zo gevormde gletsjerdal later opgevuld met smeltwaterafzettingen van de Formatie van Drente. Gedurende het interglaciaal Eemien is het gebied met mariene sedimenten opgevuld.

Dit pakket, wat zich globaal bevindt van NAP - 20 tot NAP - 35 m, is het voor de proef gebruikte grofzandige gedeelte, waarin zich het persfilter bevindt. Na de Weichselien glaciatie, waarbij eolische fijnere zanden, behorende tot de formatie van Twente, afgezet werden, vond onder wadachtige omstandigheden de opbouw plaats van het holocene pakket, waarbij wadzanden en klei tot bezinking kwamen. Deze afzetting, verder beschouwd als "de kleilaag", fungeert als boven-begrenzing van het watervoerend pakket, en bevindt zich van NAP tot ca NAP - 15 m.

### 2.3 Stromingspatroon ter plaatse

In ongestoorde toestand, d.w.z. alle diepe winmiddelen in de duinwaterwinplaats buiten bedrijf, blijkt de natuurlijke stroming in het watervoerend pakket loodrecht op de kust te staan. Bijlage 2 geeft hiervan het isohypsenbeeld. Het verhang bedraagt in deze situatie  $0,25 \cdot 10^{-3}$ . Het in bedrijf stellen van de diverse diepe winningen geeft een verandering in dit isohypsenbeeld. (zie bijlage 3 en 4).

In beide bekeken beelden ontstaat er een waterscheiding die globaal over de persput loopt. In de berekeningen is daarom aangenomen dat het verhang t.p.v. de PP verwaarloosbaar klein is.

### 3. OPSTELLING VAN DE PROEF

De opstelling is geplaatst op het terrein van het filterbedrijf van Gemeentewaterleidingen te Leiduin, en wel zodanig dat de waarnemingsputten op één raai staan loodrecht op de equipotentiaallijn ter plaatse (fig. 3). Dit uitgezonderd wp 10, in verband met het ter plaatse in de grond aanwezige leidingwerk.

Met deze opstelling kan de ondergrondse verbreding van het ingevoerde water, het verloop van de chemische samenstelling en het verloop van de stijghoogte nauwkeurig worden gevolgd.

De waarnemingsputten zijn op resp. 5, 10, 16, 20, 40 en 100 m van de persput geplaatst en worden gecodeerd aan de hand van deze afstand (wp 5, wp 10 etc.). In iedere waarnemingsput zijn tussen klei en leemlaag 5 filters geplaatst (filterlengte 1 m), die aangeduid worden naar de diepte. Filter 10 - 33 wil dus zeggen het filter op NAP - 33 m op een afstand van 10 m van de persput. Alle waarnemingsputten behalve wp 16 zijn uitgerust met zoutwachters, meetkabels van TNO waarmee de elektrische weerstand van het water + formatie op 13 verschillende diepten kan worden gemeten. (fig. 2).

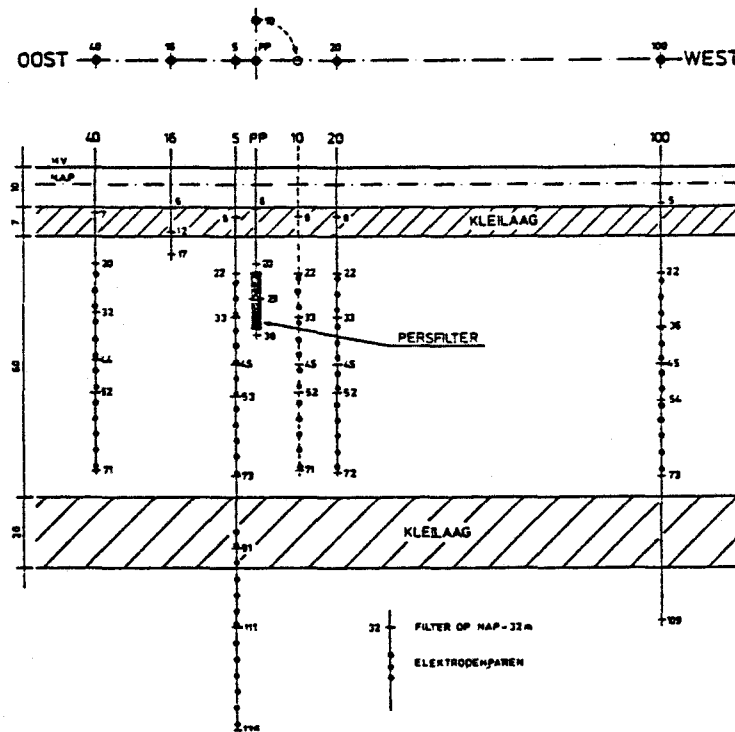


fig. 2. Opstelling peilfilters en zoutwachters.

Bijlage 5 geeft een overzicht van de diverse gegevens van genoemde waarnemingsboringen.

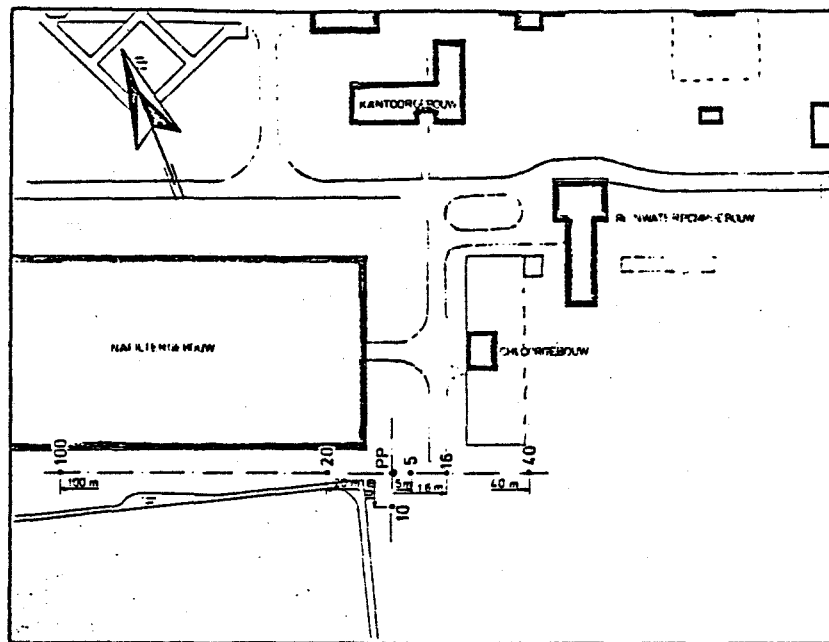


fig. 3. Proefopstelling te Leiden

#### 4. INRICHTING VAN DE INFILTRATIEPUT

##### 4.1 Putkonstruktie

Om zeker te zijn dat er bij infiltratie geen problemen kunnen ontstaan door de bij onverbuisde boorgaten voorkomende pleisterwand van klei, bentoniet en/of andere verontreiniging is de persput gemaakt door middel van een pulsborring. Het boorgat had over de volle lengte een diameter van 57 cm, en een einddiepte van NAP - 38 m. Op een 5-tal punten ter plaatse van het te stellen filter zijn steekmonsters genomen, die voor nader onderzoek naar het KIWA zijn gestuurd. Bijlage 6 geeft de bij deze steekmonsters horende zeefanalyses, hierbij is tevens de gebruikte grindomstorting (1,2 - 1,7 mm) getekend.

Bijlage 7 geeft het boorprofiel van de persput en wp 5.

Genoemd filtergrind is aangebracht van 1 m onder tot 1 m boven het daadwerkelijke filter.

Het gebruikte filter is  $\emptyset$  250/230 mm pvc, spleetwijdte 1 mm met een werkende lengte van 13.95 m (3 filterbuizen van 5 m, minus trompen en zandvang) en bevindt zich van NAP - 22 m tot NAP - 36 m. De totale filteropening bedraagt 9470 cm<sup>2</sup> (691 cm<sup>2</sup> per m').

Onder bovengenoemd filter is een  $\emptyset$  32 mm waarnemingsfilter geplaatst met een lengte van 30 cm. De bovenkant van dit filter ligt ca 50 cm onder het filtergrind in zo goed mogelijk hersteld moedermateriaal (fig. 4). Eveneens is ca 50 cm boven het filtergrind, dus boven het persfilter, een zelfde waarnemingsfilter van 30 cm gesteld.

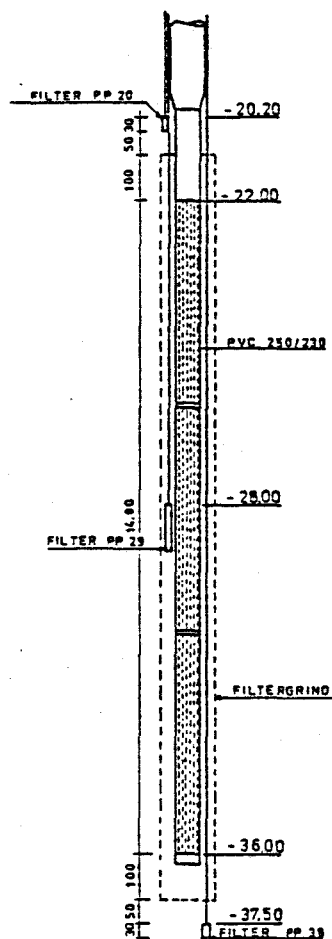


fig. 4. Puttkonstruktie

In de omstorting is een derde waarnemingsfilter gesteld circa halverwege het persfilter. Het geheel is door middel van beugels aan elkaar bevestigd zodat de plaatsbepaling van de filters t.o.v. elkaar onveranderlijk is. Op NAP - 19.50 m verwijdt de stijgbuis zich van  $\emptyset$  250 tot 355/320 mm pvc.

Van NAP - 7 m tot NAP - 12 m is een kleistop aangebracht om de bovenste kleilaag zo goed mogelijk te herstellen. (bijlage 7).

In het freatische water is tevens een waarnemingsfilter geplaatst. De gehele stijgleiding is door middel van lijmverbindingen aan elkaar gemaakt.

#### 4.2 Putkopkonstruktie

Om de in te bouwen konstruktie van onderwaterpomp en persleiding te kunnen dragen is aan de bovenste pvc buis een rand gefelsd waar een 20 mm dikke stalen plaat op rust. Deze wordt met een contra-flens en een pakking goed op deze felsrand bevestigd. (fig. 5).

Op deze stalen plaat rust de konstruktie. Het geheel is ca 80 cm bovengronds afgewerkt. (NAP + 5.00 m).

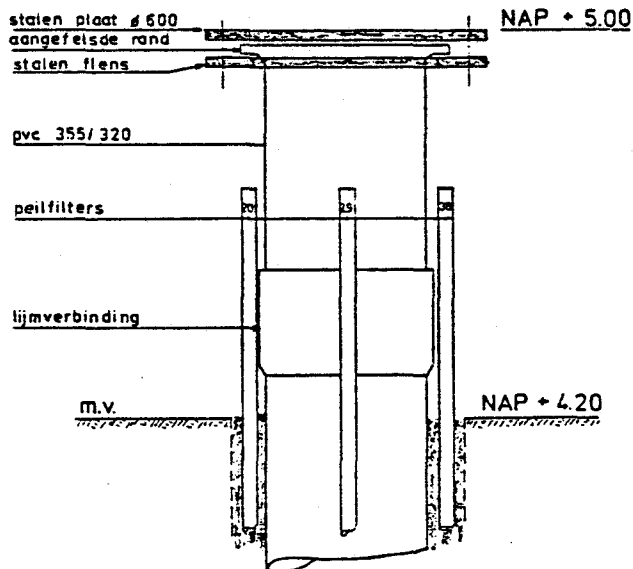


fig. 5. Putkopkonstruktie

#### 4.3 Konstruktie Pers- en Pompinstallatie in de Persput

##### 4.3.1 Retourpomp installatie

Voor het schoonpompen van de put is gekozen voor een onderwaterpomp met een debiet van ca 100 m<sup>3</sup>/h en wel een Sumo onderwaterpomp type 3F31Z van Melotte. Het betreft hier een pomp met 3 waaiers, een 4" aansluiting en een grootste diameter van 195 mm, zodat voldoende ruimte voor persleiding en meetopstelling in de put overblijft.

Fig. 6 geeft de Q - h kromme van genoemde pomp weer.

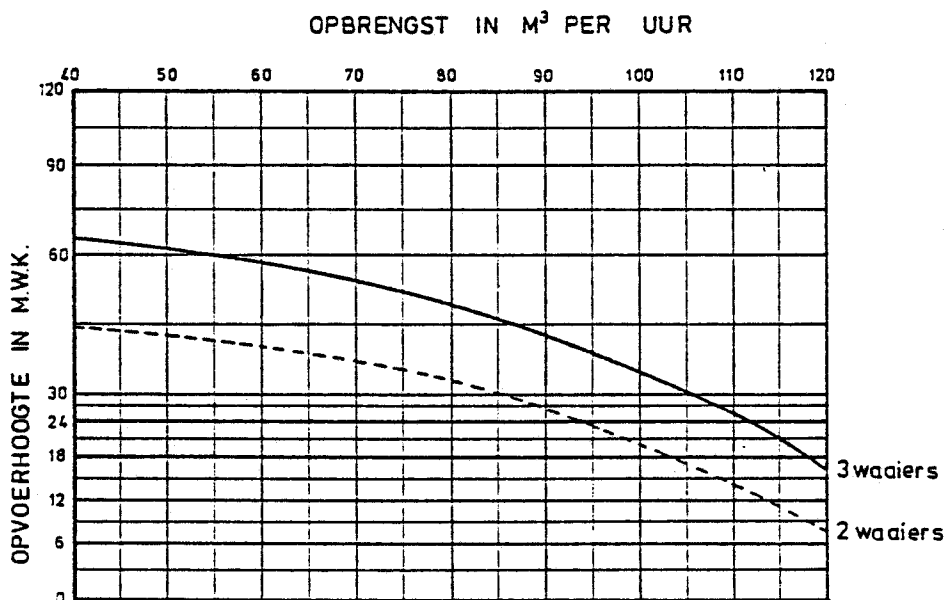


fig. 6. Q - h kromme onderwaterpomp

Bij een korte pompproef is gebleken dat de verlaging van de put bij een onttrekking van 100 m<sup>3</sup>/h 6m bedraagt. (fig. 7).

De gemiddelde waterstand in de put bedraagt NAP - 1.00 m, bovenkant buis is NAP + 5,00 m zodat er een statische opvoerhoogte is bij het terugpompen van 12 m.



De weerstand van de afvoerleiding inclusief watermeter is berekend op 4.50 m zodat wij tot een totaal te overwinnen opvoerhoogte komen van 16.50 m. Voegen wij hierbij de maximale daling van 1.50 m van de diepe waterstand ten gevolge van het in bedrijf stellen van de diepe winningen in de duinwaterwinplaats, dan vinden wij een maximale opvoerhoogte van ca 18 m;x)

Om lucht aanzuigen van de pomp te voorkomen moet er altijd ca 2 m water boven de inlaat blijven.

Dit betekent dat de pomp minimaal 15.50 m minus bovenkant buis moet hangen. Om een eventuele filterverstopping op te kunnen vangen of om met een groter debiet schoon te kunnen pompen, hangt de inlaat van de pomp op 23 m minus b.k. buis, (= NAP - 18 m) d.w.z. een extra speling van 7.50.

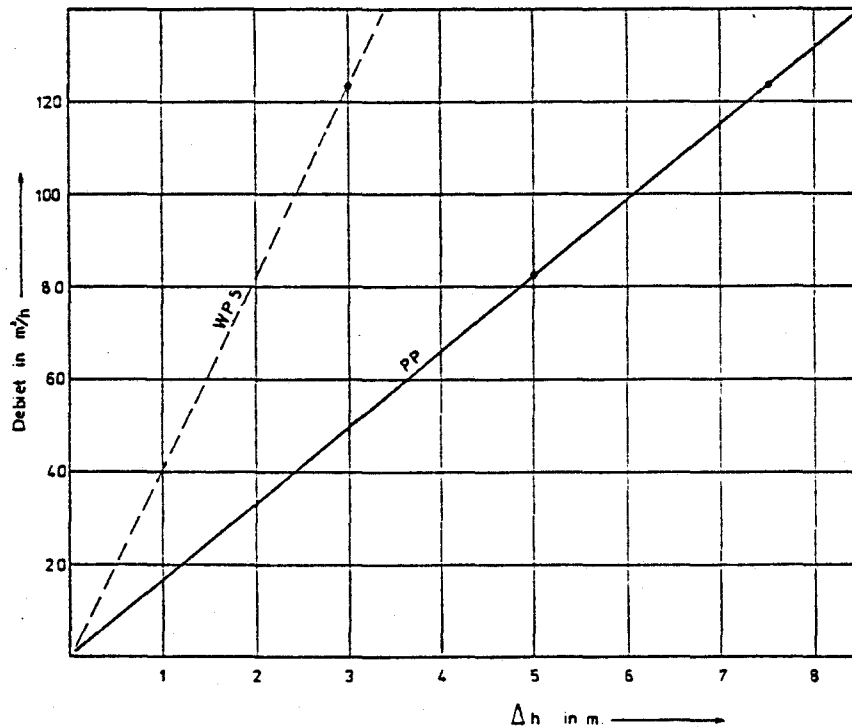


fig. 7. Verband tussen opbrengst en verlaging van de waterstand in de persput. (Gemeten tijdens het ontwikkelen van de put op 8-4-1976)

- x) De pomp geeft dan ca 118 m<sup>3</sup>/h. (zie fig. 6). Wordt er één waaijer verwijderd, dan geeft de pomp ruim 100 m<sup>3</sup>/h.

De afvoerleiding van de pomp is een 4" gegalvaniseerd ijzeren leiding met een totale lengte van 22.50 m. Deze leiding bestaat uit stukken van 5 m, gekoppeld door middel van mini-fenzen (normale flenzen zouden te veel ruimte in beslag nemen). Aan de afvoerleiding zijn afstandhouders gelast om deze goed te centreren in de put.

#### 4.3.2 De persleiding

Aan de ene kant van de afvoerleiding van de retourpomp is een pvc buis  $\emptyset$  63 mm bevestigd, waarin diverse electrodes t.b.v. de meet- en regelapparatuur kunnen worden opgehangen. Deze pvc buis eindigt vlak boven de pomp met een geperforeerd gedeelte en een houten stop. Aan de andere kant is een u-profiel gelast waarlangs de persleiding van het te infiltreren water kan worden ingelaten. (fig. 8).

Deze persleiding kan dus onafhankelijk van de rest van de konstruktie worden ingelaten. Voorlopig bestaat hij uit een 2" gegalvaniseerd ijzeren leiding. In de laatste meter zit een calibratie plaatje -een verwisselbaar koperen plaatje met een beperkte opening - ingebouwd om voldoende tegendruk op te bouwen, zodat er in de persleiding van het inf. water altijd een positieve druk blijft (ontgassing bij onderdruk geeft aanleiding tot putverstopping).

Om dit te controleren is een manometer aangebracht boven op deze persleiding. De persleiding is eveneens 22.50 m, zodat hij onder alle omstandigheden onder water blijft en er ook bij retourpompen geen lucht in kan komen.

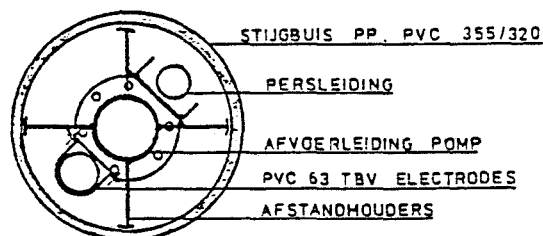


fig. 8. Konstruktie afvoer- en persleiding in de put

#### 4.4 Meet- en regelapparatuur (fig. 9)

Het te infiltreren water loopt via de Sigrist-foto-meter (Tr), die de troebeling van het water bepaalt. Is deze troebeling hoger dan een nader te bepalen grenswaarde, dan is dit water ongeschikt voor infiltratie, en wordt dan ook door middel van een driewegklep afgevoerd.

Zolang genoemde grenswaarde niet wordt onderschreden, blijft deze driewegklep in de stand "lozen" staan; zodra echter de troebeling weer laag is, wordt het water weer in de persput geleid. In dit systeem is door middel van een tijdrelais een vertraging aangebracht, zodat niet bij iedere korte piek het water wordt geloosd en de installatie gaat staan "klapperen".

Deze tijden zijn instelbaar van 0,5 - 10 minuten, d.w.z. als de troebeling langer dan 0,5 - 10 min. hoger is dan de ingestelde waarde stuurt hij de driewegklep pas om; evenzo als het te troebele water langer dan 0,5 - 10 min. weer onder deze ingestelde waarde blijft, stuurt hij de klep pas weer in de stand "persen".

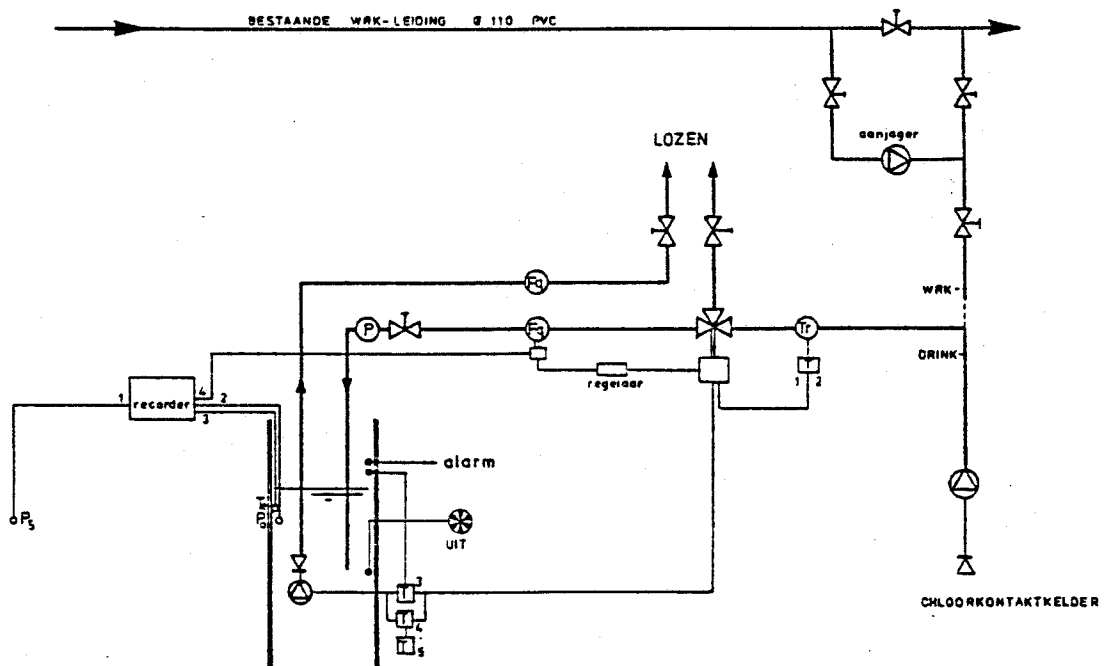


fig. 9. Blokschema meet- en regelapparatuur

De bovengenoemde 3-weg-klep is een elektrisch bediende regelklep van het merk "Samson". Behalve de twee uiterste standen -"lozen" en "persen"- kan hij een tussenstand innemen en daarmee de waterstroom zodanig verdelen dat alles wat er meer wordt aangevoerd dan het gewenste te infiltreren debiet, kan worden geloosd.

Door middel van een aan de flowmeter gekoppelde "regelaar" kan een vast debiet worden ingesteld. Wisselt het debiet, b.v. door drukverschillen in de aanvoerleiding, dan blijft toch het geïnfiltrerde debiet konstant.

De 3-weg-klep is zodanig gekonstrueerd dat hij bij een eventuele stroomstoring terugvalt in de stand "lozen".

De flowmeting van het te infiltreren water geschiedt door middel van een stromingsmeter van het type mag-flux (Fq) (stroommeting door middel van magnetische inductiespanning)-merk Turbo type MG-611. Deze geeft een direkte aanwijzing van het debiet, een totaal telling van dit debiet naar de tijd en kan zonder meer op een schrijver worden aangesloten. De onnauwkeurigheid van dit apparaat blijft onder 1%.

De flowmeting bij het retourpompen wordt gemeten met een gewone watermeter, die, indien dit gewenst mocht blijken, voorzien kan worden van een pulsgever, zodat ook deze meting kan worden geregistreerd.

De niveaumeting van de persput geschiedt door middel van een elektronische drukopnemer -merk Tekflo, type TF6- (Po). Deze heeft een meetbereik van 2 m en een onnauwkeurigheid van 0,2%. In waarnemingsboring 5 hangt een zelfde drukopnemer, op dezelfde diepte als in de persput (P5). Beide signalen staan op één schrijver, zodat wij direkt beide waterstanden kunnen aflezen, en ook direkt het verschil in niveau tussen de persput en wp 5 kunnen bepalen. Dit niveauverschil  $\Delta h$  is maatgevend voor de verstopping van de persput. Wordt  $\Delta h$  groter dan wordt de verstopping van de persput groter, bij gelijkblijvende temperatuur en debiet van het te infiltreren water.

Omdat de temperatuur een grote rol speelt bij dit proces, -wordt de temperatuur van het geïnfiltreerde water lager, dan wordt de infiltratiesnelheid lager, derhalve  $\Delta h$  groter-, wordt deze kontinu geregistreerd door middel van een temperatuuropnemer in de persput (Te).

Alle bovengenoemde meetgegevens worden kontinu geregistreerd op een 12 punts-schrijver -merk Philips-type PM 8235.

In de persput zijn een drietal electrodes aangebracht ter begrenzing van de stijghoogten(\*).

Overschrijding geeft de volgende signalen:

niveau te hoog: De driewegklep gaat naar de stand lozen, de onderwaterpomp slaat aan. Dit gedurende een in te stellen tijd van 3- 60 min., waarna de infiltratie weer op gang komt. Er heeft dus een extra regeneratie van de put plaats.

Genoemde electrode kan op iedere gewenste hoogte worden gehangen.

niveau te laag: Dit zal eventueel gebeuren tijdens het retourpompen bij een bijna geheel verstopte put. De installatie wordt geheel uitgeschakeld en kan slechts met de hand weer op gang worden gebracht.

Genoemde electrode hangt ca 1 m boven de onderwaterpomp, zodat deze nooit zonder water kan komen te draaien.

De put kan automatisch met verschillende tijdsintervallen gedurende een aantal minuten worden geregeneerd. Dit geschiedt door middel van twee tijdrelais. Een tijdrelais van 1 - 100 uur voor de intervaltijd en een van 1 - 100 min. voor de retourpomptijd bepalen deze cyclus. De cyclus kan dan variëren van: ieder uur 1 minuut, en iedere 100 uur 100 min. regenereren. Bijlage 10 laat een aantal foto's zien van bovengenoemde opstelling.

5. NAKALKULATIE

Het volgende overzicht geeft de kosten aan die ten behoeve van de proef zijn gemaakt in 1975 en 1976.

Investering

verkenningboringen

nr 5 en 100	: boren	f	34.975,--	
	kabels	f	3.545,--	
	boorgatonderzoek	f	3.659,--	
nr 10, 20 en 40:	boren	f	33.610,--	
	kabels	f	4.671,--	
	boorgatonderzoek	f	3.698,--	
nr 16	:	f	<u>2.300,--</u>	f 88.258,--
persput, puls boring		f		14.570,--
adviesburo		f		16.000,--
onderwaterpomp en beveiliging		f		7.596,--
flowmeting TNO		f		1.238,--
opstelling pompproef (borrelbuizen)		f		4.069,--
kabine (huur per jaar)		f		2.500,--
leidingwerk: materiaal		f	4.800,--	
aanleg		f	<u>5.250,--</u>	f 10.050,--
diversen		f		2.500,--
<u>meet- en regelsysteem:</u>				
12-pt schrijver		f	10.500,--	
regelklep en regelaar		f	5.000,--	
relaiskast		f	3.800,--	
niveaumeters en omvormers (2x)		f	5.530,--	
flowmeter, omvormer en ijkinrichting		f	11.938,--	
niveauschakelaar		f	250,--	
temperatuuropnemer		f	400,--	
aansluiten		f	1.200,--	
diversen		f	9.840,--	
troebelingsmeter		PM		f 48.458,--
	Subtotaal			f 195.239,--

Exploitatie

huur onderwaterpomp ten behoeve van drinkw. inf. f 3.698,--

chemisch onderzoek:

zuurstofmeter	f	2.500,--	
monsterpompjes (2x)	f	725,--	
flessen	f	388,--	
chemische analyses KIWA	f	<u>25.000,--</u>	f 28.613,--

TOTAAL f 227.550,--  
=====

## 6. HYDROLOGISCHE EIGENSCHAPPEN VAN DE OPSTELLING

### 6.1 Pompproef

Teneinde de bodemkonstanten t.p.v. de persput vast te stellen is van 23 t/m 28 juni 1976 een pompproef gehouden. De resultaten zijn door de heer Pastoors, student-assistent aan de T.H. te Delft, in een rapport verwerkt.

Uit dit rapport blijkt de  $K_D$  ca 1100 m<sup>2</sup>/dag te bedragen.

### 6.2 Opzet van de proef

Het is zeer moeilijk om tijdens pompproeven gedurende de eerste minuten de verlaging in de pompput zelf te volgen.

Met behulp van een peilklokje meten van de daling is in de eerste minuut niet uitvoerbaar, de daling gaat te snel, en is tijdens de verdere proef zeer arbeidsintensief. Om deze reden is gebruik gemaakt van een methode die het mogelijk maakt om de snel optredende verlaging nauwkeurig te registreren.

Het principe is zeer eenvoudig. Gewerkt wordt met z.g. "borrelbuizen". In de waarnemingsbuizen wordt door middel van een nylon-slang ( $\emptyset$  8 mm) kontinu een kleine hoeveelheid stikstof geïnjecteerd. De gasdruk in deze "borrelbuis" stelt zich in gelijk aan de waterdruk ter plaatse van de uitmonding en kan worden gemeten. Dit geschiedt door een vloeistofmanometer aan te sluiten op de borrelbuis, zodat hierop de heersende druk kan worden afgelezen (figuur 10).

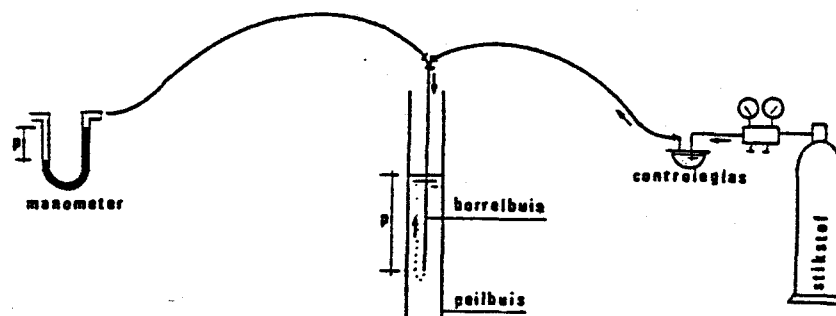


fig. 10. Principe borrelbuis

### 6.3 Uitvoering van de pompproef

In onderhavig geval moest de daling van de grondwaterstand tijdens de aanzet van de pompproef worden gemeten in 10 peilbuizen, te weten PP 38, PP 29, WP 5/73, WP 5/53, WP 5/45, WP 5/33, WP 5/22, WP 10/45, WP 10/33 en WP 10/22. De maximaal te verwachten daling zou ca 6 m bedragen. Om dit te kunnen meten werden U-buizen van 50 cm hoogte gebruikt, gevuld met kwik, zodat het maximale meetbereik  $0,50 \times 13,5 = 6,75$  m waterkolom bedroeg.

De in een peilbuis hangende borrelbuis werd door middel van een dunne nylon-slang met een manometerbuis op het bord en via een controleglas met de stikstofaanvoer verbonden, zodat op genoemde manometerbuis de druk in die peilbuis, dat wil zeggen het aantal meter water boven de uitmonding van de borrelbuis, was af te lezen (zie foto).

De verlaging van de stijghoogte in de peilbuizen is op de manometerbuizen als een verlaging van de kwikkolom waar te nemen.

Het tijdens de pompproef opnemen van de 10 manometerbuizen is in de startfase evenzo ondoenlijk. Een systeem om de drukverlagingen gekoppeld aan de tijd vast te leggen, is het maken van foto's van het manometerbord tijdens de pompproef. Iedere gemaakte foto geeft een precies beeld van de stijghoogten op één bepaald moment.



Om dit moment vast te leggen werd naast het bord een elektronische digitaalklok opgesteld met secondetelling, zodat op iedere foto altijd het aantal seconden na de start staat vermeld. Op de foto's is later de daling van de kwikkolom af te lezen. Deze aflezing blijkt zeer nauwkeurig te zijn. - een halve millimeter is gemakkelijk afleesbaar, omgerekend is dit 0,7 cm waterkolom -.

Na omrekening in meters waterkolom van de zo gevonden verlagingen, blijken deze na uitzetten op een logaritmische tijdschaal per peilbuis een vloeiende lijn op te leveren. (bijlage 8)

In onderhavig geval zijn tijdens het eerste uur van de proef 13 foto's gemaakt, - rekening werd gehouden met de logaritmische tijdschaal - waarna het peilen van de waarnemingsbuizen met de hand werd overgenomen.

Bijlage 9 toont één van de genoemde foto's.

#### 6.4 Vertikale stroomsnelheid in de put

Door TNO is op 1 juli 1976 de verticale stroomsnelheid in het filter gemeten. Het doel van een dergelijke meting is de konditie van de put voor de aanvang van de infiltratie, dus voor eventuele verstopping vast te leggen.

Bij toenemende verstopping van de put, kunnen dan door middel van een tweede meting de trajekten met verstopping worden bepaald. De meting geschiedt door een flowmeter, een meetschroef, in de put te laten zakken. Het door de stijgbuis en/of filter stromende water (put in bedrijf als pompput met vast debiet) zet de schroef in beweging, het aantal omwentelingen wordt geregistreerd op een recorder als functie van de diepte. De verkregen meetuitkomsten stellen een sommatiekromme voor. Hieruit kan de specifieke opbrengst, d.i. opbrengst in m<sup>3</sup>/h per m' filter worden berekend.

In fig. 11 is dit voor de persput aangegeven in procenten. Hieruit blijkt dat het bovenste gedeelte van het filter een geringe hoeveelheid meer levert dan het onderste gedeelte. Het verschil is echter maar 4% per m'. Voor de nauwkeurigheid is de meting 2 maal uitgevoerd, bij verschillende debieten van de put.

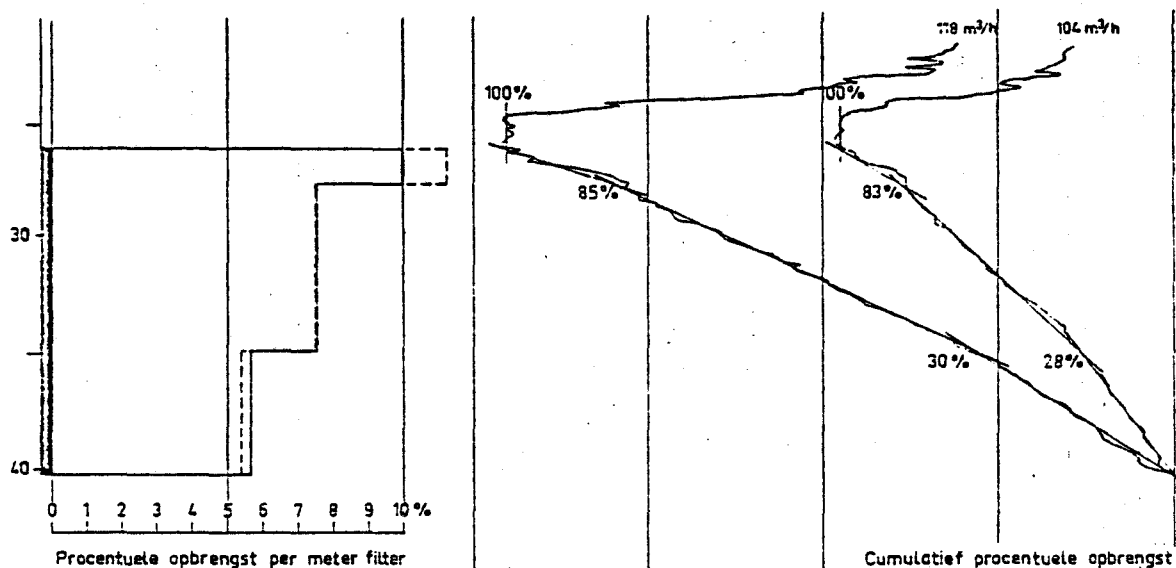


fig. 11. Flowmeting persput in bedrijf als pompput

Om tijdens de infiltratieproef regelmatig een dergelijke meting uit te kunnen voeren, zal kontinu een flowmeter in de put blijven hangen, zodat men op ieder gewenst moment de eventuele verstopping kan lokaliseren.

#### 6.5 Geleidbaarheid in de put

Het kan van belang zijn de geleidbaarheid te kennen van het formatiewater rond de persput. Dit kan worden gemeten met een in de put te laten sonde. Een dergelijke meting is op 27 oktober 1976 uitgevoerd door TNO.

Fig. 12 geeft hiervan het resultaat.

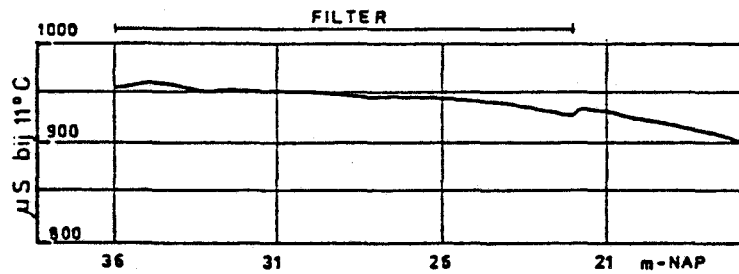


fig. 12. Geleidbaarheid in de persput

6.6 Temperatuurgradiënt t.p.v. de proefopstelling

Reeds afgewerkte boringen, voorzien van filterstijg-  
buizen, bieden de gelegenheid om het verloop van de  
temperatuur met de diepte te meten. Deze temperatuur,  
die buiten de invloedssfeer van de buitenlucht ligt, is  
afhankelijk van het warmtegeleidingsvermogen van de  
formatie, en de grootte van de waterstroming in verticale richting.  
Een dergelijke meting is uitgevoerd voor de aanvang van  
de infiltratie. Met de gevonden resultaten en de later  
te verzamelen gegevens van het temperatuurfront bij  
infiltratie, kan de warmtecapaciteit van de formatie  
worden berekend.

6.7 Grondwaterstanden rond de persput

Vanaf 9 februari 1976 zijn de stijghoogtes in waar-  
nemingsboring wp 5 opgenomen.  
Fig. 13 geeft een beeld van de gevonden waarden in  
filter wp 5/33. Duidelijk blijkt hieruit de grote  
invloed van de diepe winning in de duinwaterwinplaats.  
Deze bedraagt max. 1.20 m.

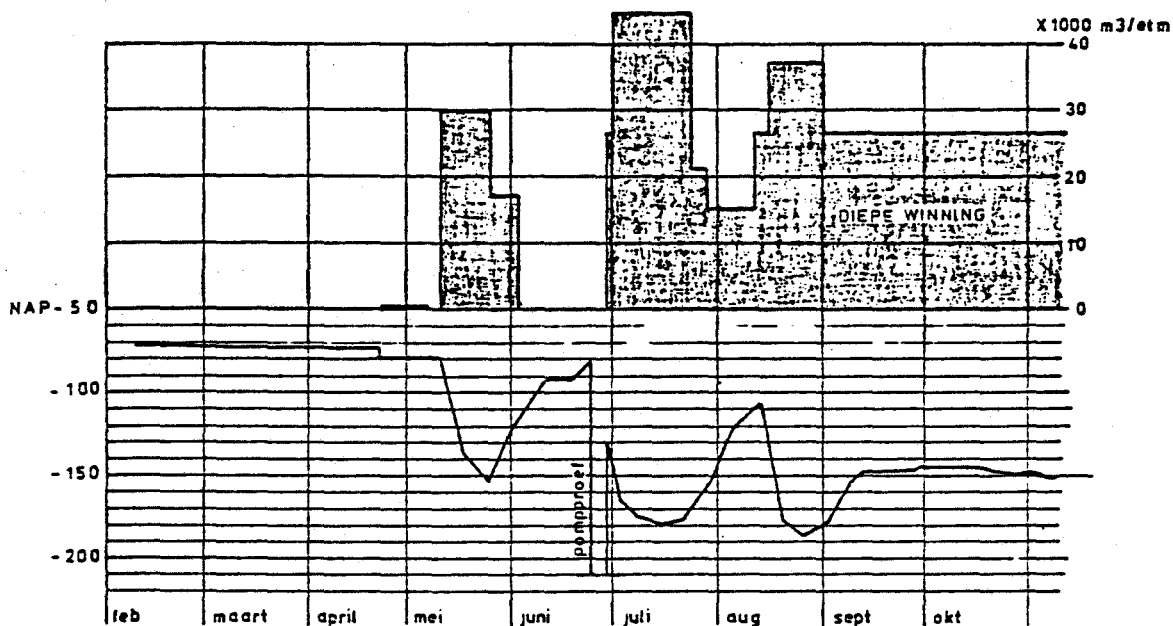


fig. 13. Invloed van de diepe winning op de stijghoogte van filter 5-33

7. KWALITEIT VAN HET TE INFILTREREN WATER

Er zal worden geïnfiltreerd met WRK-water. Dit is bij Jutphaas ingenomen Lekkanaalwater, ter plaatse ge-koaguleerd met  $Fe^{3+}$  gevolgd door bezinking, snelfiltratie en chlorering en vervolgens via een 54 km lange betonnen leiding naar Leiduin getransporteerd. Het te infiltreren water wordt direkt uit de WRK-transportleiding betrokken. Via een aftakking op de monsterleiding naar de proefinstallatie "Leiduin I" wordt het water door middel van een aanjager (een in de leiding gebouwde onderwaterpomp) naar de persput geleid.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van enkele kwaliteitsparameters van het WRK-water.

	gemiddeld		
	1e kw. '76	2e kw. '76	3e kw. '76
Temp. ( °C)	4,8	14,7	19,6
zuurstof (O <sub>2</sub> )	3,1	2,5	3,6
pH	7,45	7,65	7,65
Chloride	189	227	234
TOC	4,0	4,3	4,3
KMnO <sub>4</sub> verbruik	16	17	17
zwevende stof	1,1	1,1	0,8
kleur in mg Pt/l	12	14	15
Bicarbonaat (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		179	157
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	<0,1	0,2	<0,1
Nitraat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	26	26	21
Orthofosfaat (PO <sub>4</sub> )	0,10	0,07	0,15
IJzer (Fe)	0,15	0,10	0,05
Mangaan (Mn)	0,05	0,07	0,02
geleidingsvermogen µs/cm 20°C	920	1100	1095

Aangezien de installatie wordt gestuurd door een troebelingsmeter, is het noodzakelijk de te verwachten troebeling van het infiltratiewater te kennen. Bijlage 11 geeft een overzicht van de troebeling van het WRK-water in 1976, uitgedrukt in mg/l SiO<sub>2</sub>.

Hierbij is tevens aangegeven de gevonden hoeveelheid gedroogde slib van het water te Jutphaas. Er lijkt een niet lineair verband te bestaan tussen beide lijnen. De gemiddelde waarde over de laatste maanden bedraagt ca 1,5, zodat een in te stellen limiet tussen 2 en de 2,5 kan komen te liggen.

## 8. PROEFINFILTRATIE MET DRINKWATER

### 8.1 Doel van de proefinfiltratie

De proefinfiltratie is 8 november 1976 gestart met de infiltratie van drinkwater en heeft 42 dagen geduurd. Het doel van drinkwaterinfiltratie voorafgaande aan WRK-waterinfiltratie is:

- a. beproeving van de technische installatie;
- b. beproeving van de infiltratieput;
- c. vergelijking met de infiltreerbaarheid van het Haagse drinkwater;
- d. het volgen van de fronten bij een kontinu infiltratie (bij WRK-water zal dagelijks retour gepompt worden);
- e. controle op de kwaliteitsveranderingen van het geïnfiltreerde water tijdens de bodempassage.

Om bovengenoemde punten optimaal te bestuderen, is een uitgebreid meetprogramma opgesteld en de proef in twee delen gesplitst en wel 35 dagen continu infiltratie t.b.v. de punten b, c, d en e en hierop aansluitend 7 dagen intermitterend infiltratie met retourpompen t.b.v. de punten a en b. Dit laatste is beschreven in hfd. 9.

### 8.2 Herkomst van het infiltratiewater

Het te infiltreren water wordt door middel van een onderwaterpomp uit de chloorkontaktkelder rechtstreeks in de persput gebracht.

De noodzaak van onderwaterpomp in de kelders was gebleken bij een voorafgaande test om het water m.b.v. een vacuum pomp, waarbij slechts de zuigslang van de pomp in de kelder hing, naar de persput te brengen. Dit mislukte doordat er ontgassing optrad door de onderdruk aan de zuigkant van de pomp, zodat er zoveel gas meekwam de persput in dat hiermee niet kon worden gewerkt. Na overschakelen op een onderwaterpomp die nergens onderdruk kreëert maar slechts perst, bleek het probleem verholpen.

Op de pomp zit een terugslagklep en op het hoogste punt van de leiding een ontluchting zodat er nooit, om welke reden dan ook, vreemd water in de reinwaterkelders kan komen.

Genoemde onderwaterpomp levert voldoende druk om het water met een debiet van ca 31 m<sup>3</sup>/h in de put te persen. Onderstaande tabel geeft een overzicht van enkele kwaliteitsparameters van het drinkwater.

	gemiddeld		
	1e kw. '76	2e kw. '76	3e kw. '76
Temp. ( °C)	4,1	11,3	17,3
zuurstof (O <sub>2</sub> )	10,1	8,7	6,5
pH	8,03	8,06	8,03
Chloride	165	165	186
TOC	3,3	3,7	4
KMnO <sub>4</sub> verbruik	8,7	8	7,7
kleur in mg Pt/l	6	6	7
Bicarbonaat (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	198	188	202
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	<0,05	<0,05	<0,05
Nitraat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	5,7	6,4	5,2
Orthofosfaat (PO <sub>4</sub> )	0,070	0,045	0,121
IJzer (Fe)	0,02	0,03	0,03
Mangaan (Mn)	<0,05	<0,05	<0,05
geleidingsvermogen µs/cm 20°C	863	870	965

### 8.3 Werking technische installatie

In het infiltratiedebiet zitten geringe fluktuaties - het schommelt tussen 33 en 31 m<sup>3</sup>/h - (zie fig. 13) die waarschijnlijk hoofdzakelijk worden veroorzaakt door spanningswisselingen in het lichtnet, die doorwerken op de onderwaterpomp in de kelder.

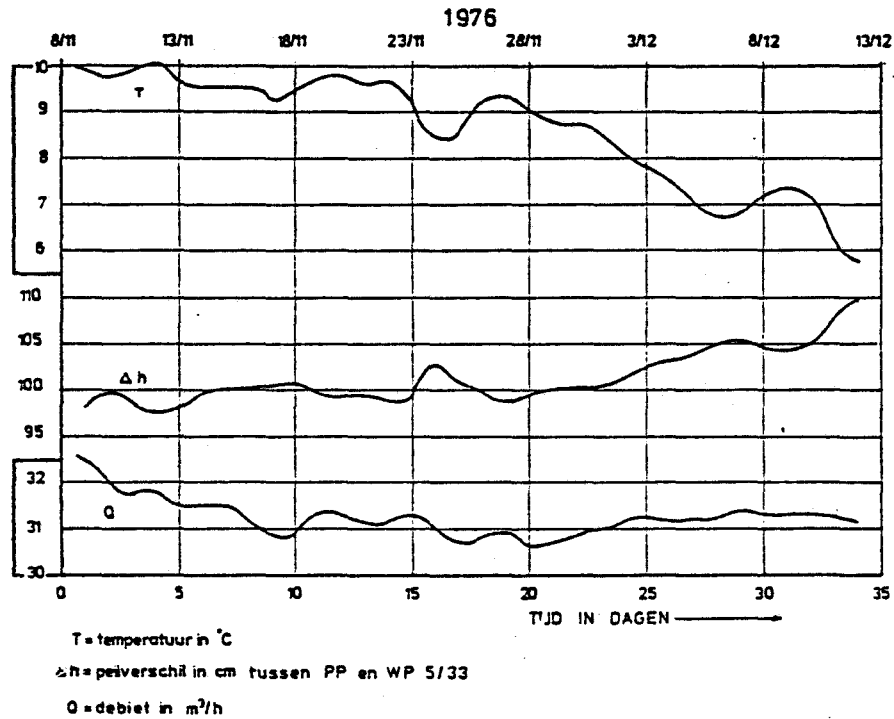


fig. 14. Verloop van temperatuur, debiet en Δh tijdens de proef

Hoewel het technisch mogelijk was een vast debiet in te stellen door middel van de regelaar is dit niet gedaan omdat er mogelijk luchtbelvorming plaatsvond door cavitatie in de regelafsluiter. Dit manifesteerde zich door een licht gebrom in de leidingen.

Gedurende de gehele proef zijn er geen technische problemen ontstaan en heeft de persput zonder weerstandstoename gefunctioneerd. Hieruit moge blijken dat zowel put als installatie in een optimale konditie verkeren. Fig. 14 geeft een beeld van de temperatuur, het debiet en Δh over de periode van de proef.



De schijnbare verhoging van  $\Delta h$  van ca 10 cm kan door een correctie in verband met de temperatuurdaling van ca 3°C van het infiltratiewater worden verklaard.  $\Delta h$  is afhankelijk van de viscositeit (temperatuur) van het water. Een temperatuurdaling van 9° naar 6° geeft een stijging in het verhang van 9 cm (visc. bij 9° = 1,35 ; visc. bij 6° = 1,47 ;  $\Delta h_6 = (1,47:1,35) \times \Delta h_9 = 1,09 \times 100 = 109$  cm). Bij het tweede gedeelte van de proef, het intermitterend regenereren van de put bleek er een aanzienlijke waterslag op te treden bij het stoppen van de onderwaterpomp. Nadat de voetklep van de onderwaterpomp was verwijderd, bleek dit euvel nauwelijks verholpen.

#### 8.4 Hydrologisch meetprogramma

Om redelijk stabiele randvoorwaarden te krijgen rond de persput is de diepduin-onttrekking konstant gehouden op ca 25.000 m<sup>3</sup>/etm. (zie fig. 13).

Tijdens de eerste tien dagen van de proef is het totale stijghoogtelijnenbeeld dagelijks opgenomen, de overige 30 dagen is dit om de dag gebeurd. Fig. 15 geeft de tijdstijghoogtelijnen van de filters rond de persput en de filters in wp 5.

Fig. 16 geeft het totale stijghoogtelijnenbeeld weer vóór de aanvang van de proef en ná 35 dagen infiltratie met 31 m<sup>3</sup>/h. (gemeten op NAP - 33 m).

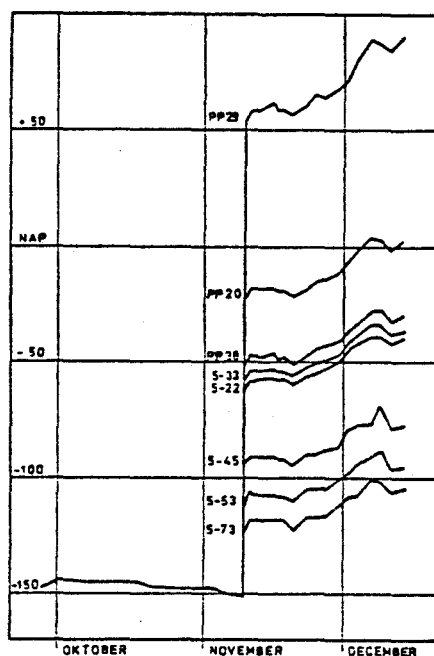


fig. 15. Tijdstijghoogtelijnen PP en wp 5

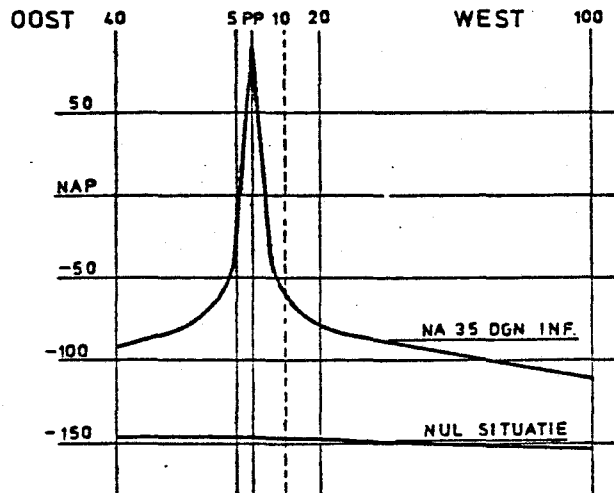


fig. 16. Stijghoogtelijnenbeeld vóór en ná 35 dagen proefinfiltratie (gemeten op NAP - 33 m)

De zoutwachters (Geohm-kabels) worden dagelijks opgenomen. Lijkt een front een electrodepaar te passeren, dan wordt deze kabel ieder uur opgenomen.

Reeds na 6 uur bereikt het front wp 5 en wel op electrodepaar nr 12 (NAP - 28,5). (Zie bijlage 12).

Na 16 uur lijkt hij volledig gepasseerd en begint dan op electrodepaar nr 11 (NAP - 32,5) door te komen. De andere electrodeparen reageren pas later, zodat wij schijnbaar te doen hebben met een grovere laag bovenin waarin het front snel vooruit schiet. Dit wordt gestaafd door de waarnemingen van de zoutwachters in wp 10 en wp 20, waarin ook duidelijk dit verschijnsel is te constateren. Bijlage 12 geeft de weerstandsdalingen van de diverse electrodeparen in de eerste 100 uur van de proef.

Bijlage 13 geeft een beeld van de dalingen tijdens de eerste 30 dagen van de proef. Bij sommige electrodeparen is eerst een stijging van de weerstand waar te nemen, hetgeen kan worden verklaard door verdringing van de aanwezige diverse watertypen.

Aan de hand van deze Geohmmetingen zijn isochronen getekend. Fig. 17 geeft een duidelijk beeld van de voortschrijding van het front.

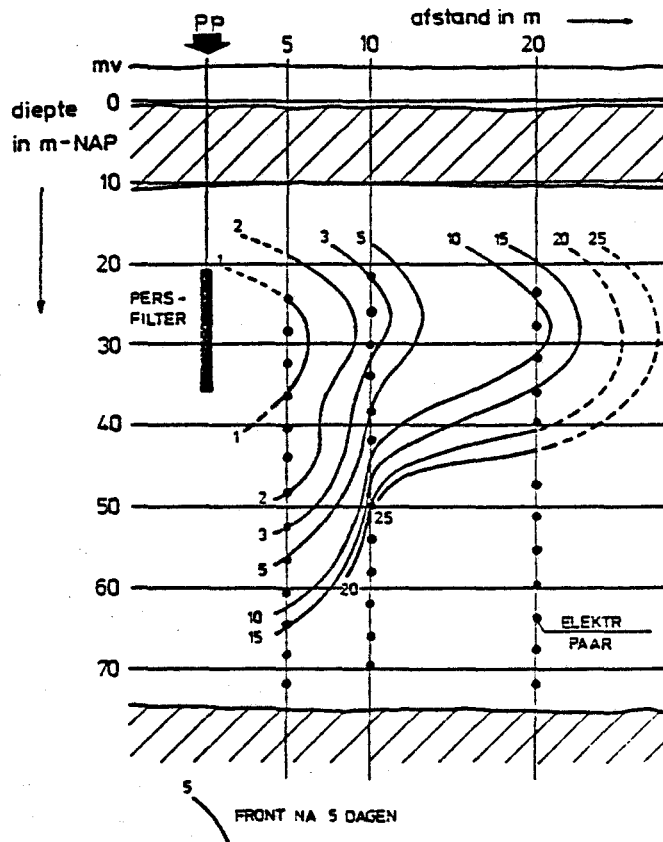


fig. 17. Isochronen van het geïnfiltreerde water gebaseerd op de geohmmetingen.

#### 8.5 Chemisch meetprogramma

In de week voorafgaande aan de proef zijn alle peilbuizen bemonsterd en volledig chemisch geanalyseerd. De verkregen resultaten worden beschouwd als nultoestand van de proef.

De monsters worden genomen met een 12 volts Jabsco verdringerpompje. Een aanzuighoogte van ca 6 m is te veel voor de meeste pompen. Dit probleem werd onder-  
vangen door aan het einde van de zuigslang een voet-  
klepje te monteren en de slang voor het inlaten te  
vullen met water. Heeft de pomp eenmaal de waterkolom  
te pakken, dan overbrugt hij gemakkelijk genoemde  
aanzuighoogte van 6 m. Nadat de inhoud van iedere  
peilbuis tweemaal is ververst wordt het monster ge-  
nomen.

Het tijdstip van monsternamen tijdens de proef werd  
bepaald aan de hand van de Geohmmetingen. Komt een  
front door op de zoutwachters rond een filter, dan  
wordt er intensief bemonsterd op het betreffende filter.  
De monsternamen valt uiteen in twee soorten, te weten  
een onvolledige bemonstering en een volledige bemon-  
stering.

De onvolledige bemonstering wordt in situ uitgevoerd en  
bestaat uit de analyse van de volgende parameters:

- elektrisch geleidingsvermogen ( $E_c$ )
- temperatuur
- pH
- Bicarbonaat ( $HCO_3^-$ )
- Koolzuur ( $CO_2$ )
- Zuurstof ( $O_2$ )
- Chloride ( $Cl^-$ )

Een volledige bemonstering bestaat behalve uit het  
bovengenoemde nog uit:

- Een totaal analyse (zie bijlage 14)
- $Fe^{++}$  - bepaling (gefiltreerd en aangezuurd monster)
- Fe - totaal (aangezuurd monster)
- T O C (gefiltreerd monster)

De totaalanalyses zijn uitgevoerd in het laboratorium  
van het KIWA.

Aan de hand van de gevonden waarden van  $\text{Ec}$ ,  $\text{Cl}^-$  en  $\text{HCO}_3^-$  - vooral  $\text{Cl}^-$  is in geen enkele chemische bodemreactie betrokken - kan de gemiddelde reistijd worden vastgesteld, zijnde het punt waarop het water ter plaatse van het filter voor 50% het karakter van het geïnjecteerde water draagt.

De volgende tabel geeft een overzicht van de zo gevonden reistijden.

Filter	reistijd			tijd tussen 0 - 100%
	0 - 10%	50%	90 - 100%	
wp 5-22	8 uur	17 uur	23 uur	15 uur
-33	16 uur	20 uur	35 uur	19 uur
-45	23 uur	29 uur	40 uur	17 uur
-53	20,5 dgn	28,5 dgn	-	-
wp 10-22	50 uur	58 uur	65 uur	15 uur
-33	65 uur	86 uur	117 uur	52 uur
-45	11,5 dgn	15,5 dgn	21,5 dgn	10 dgn
wp 20-22	10,5 dgn	13 dgn	18 dgn	8,5 dgn
-33	9,5 dgn	13 dgn	18 dgn	8,5 dgn
-45	14 dgn	25 dgn	-	-

onnauwkeurigheid bij een reistijd in

uren : ca 1,5 uur

dagen: ca 1 à 1½ dag

De gegevens zullen door P.J. Stuyfzand, student hydrologie aan de Vrije Universiteit te Amsterdam, worden verwerkt tot een rapport.

9. REGENERATIE

Op 13 december is voor de eerste maal, na 35 dagen infiltratie, teruggepompt met een debiet van ca 120 m<sup>3</sup>/h. In totaal is tot het moment van terugpompen 26.300 m<sup>3</sup> drinkwater geïnfilteerd.

Het teruggepompte water is uitgebreid bemonsterd en geanalyseerd. De troebeling is kontinu gemeten m.b.v. de Sigrist-fotometer. Fig. 18 geeft de resultaten van deze troebelingsmeting. De piek die vlak na de start ontstond werd voornamelijk veroorzaakt door luchtbelvorming.

Na 30 min. werd overgeschakeld op een andere verticale schaal; na een uur bleek nog steeds een daling te zien te zijn.

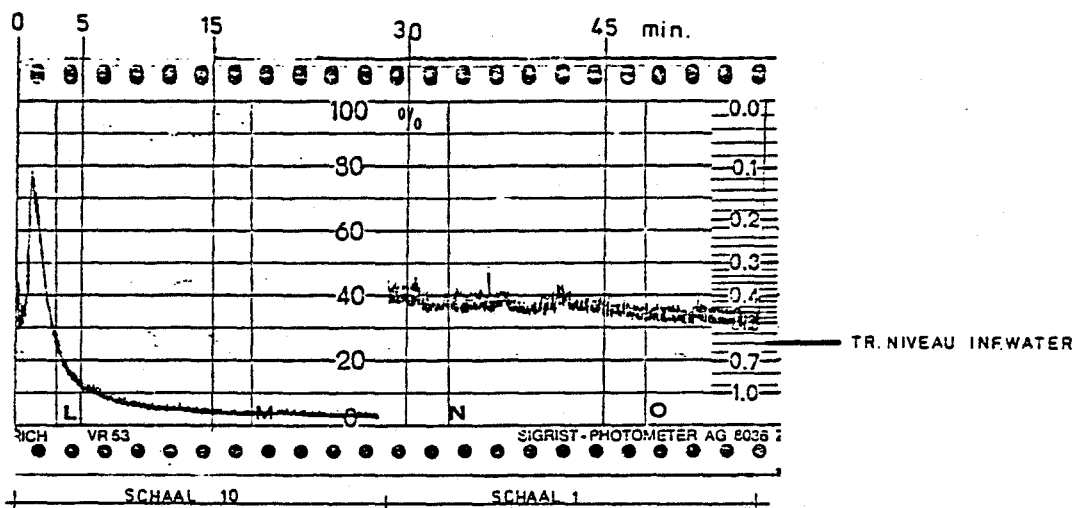


fig. 18. Troebelingsgraad teruggepompt water

Om het tijdstip van monsternamen te bepalen is het pakket direct rond het filter in een aantal cilindrische lagen verdeeld waarvan de waterinhoud is berekend. Zo zijn monsters genomen van het water tot en met 2 m buiten de grindomstorting van de put. (fig. 19).

Onderstaande tabel geeft de resultaten van een aantal parameters.

	inf. water	teruggepompt water na:									
		2'20"	2'43"	3'09"	4'09"	5'24"	7'40"	12'30"	18'42"	35'06"	56'50"
Ca	92	89	91	90	90	93	91	-	91	-	-
HCO <sub>3</sub>	222	-	-	225	-	222	-	-	224	-	-
pH	8,0	8,1	8,0	8,1	8,1	8,1	8,2	8,2	8,2	8,6	8,4
EGV	875	885	920	920	920	920	910	900	920	915	915
troeb. in JTU	0,26	1,2	1,2	0,70	0,40	0,46	0,32	0,30	0,24	0,27	0,19
Fe	0,03	0,20	0,19	0,12	0,12	0,09	0,13	0,12	0,10	0,03	0,03
TOC	3,3	1,7	1,8	1,8	2,2	1,4	1,9	2,4	1,9	2,6	3,2
		5	10	15	25	35	50	75	100	150	200
AFSTAND TOT OMSTORTING IN CM											

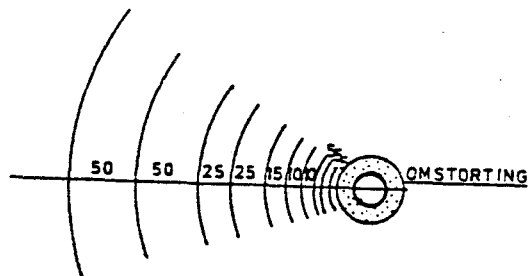


fig. 19. Dikte van de cilindrische lagen van het teruggepompte water

In fig. 20 is het gehalte aan ijzer en de troebeling uitgezet tegen de tijd.

Uit het aflopende ijzergehalte is min of meer de tijd te bepalen dat er dient te worden teruggepompt (in dit geval ca 35 min.)

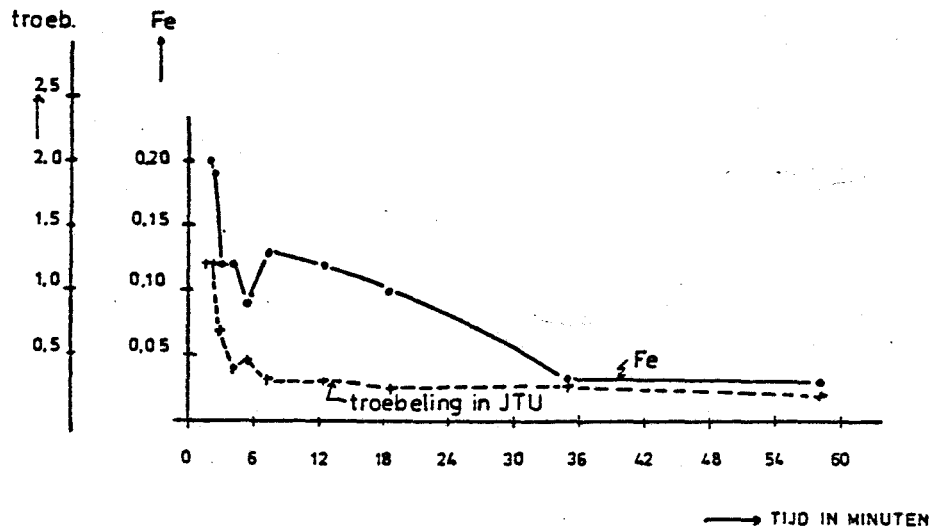


fig. 20. Gehalte aan ijzer en troebeling teruggepompt water na 35 dagen infiltratie

Het teruggepompte water is opnieuw bemonsterd na een normale cyclus (24 uur infiltratie).

Onderstaande tabel geeft hiervan de resultaten.

	50"	2'10"	2'20"	2'43"	3'09"	4'09"	5'24"	7'40"	12'30"
troeb. in JTU	2,2	1,2	0,49	1,0	1,0	1,8	0,51	0,53	0,43
Fe	0,21	0,09	0,08	0,11	0,07	0,16	0,06	0,05	0,03

Bij normale bedrijfsvoering lijkt een retourpomptijd van ca 6 min. voldoende te zijn. Veiligheidshalve zal voorlopig 12 min. worden aangehouden.



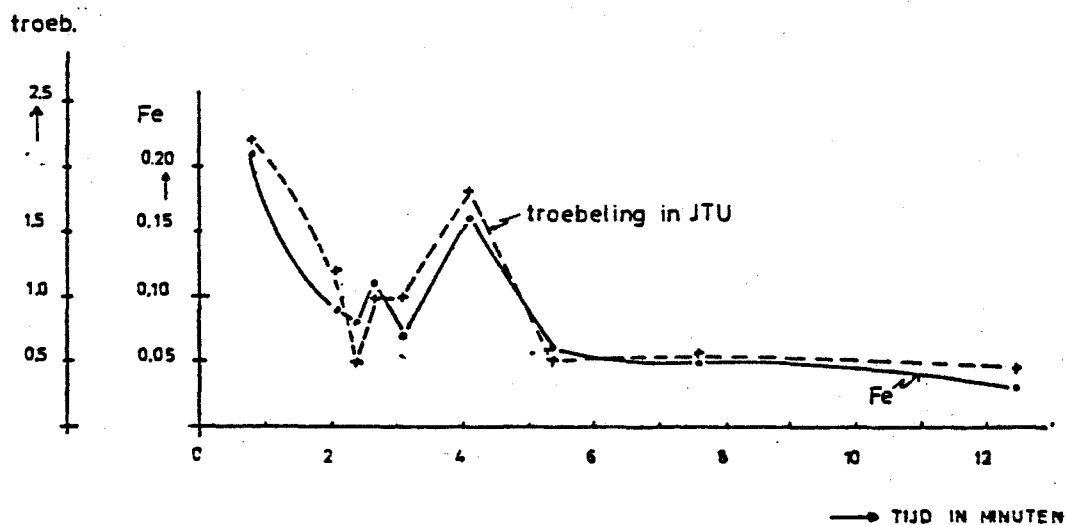


fig. 21. Gehalte aan ijzer en troebeling teruggepompt water na 24 uur infiltratie

Een nieuwe methode om de kwaliteit van water te kwantificeren op zwevende stoffen, is het bepalen van de fouling-index.

Het te analyseren water wordt onder een bepaalde druk (+ 20 m Wk) door een 0,45  $\mu$  - filter geleid. De afname van de filtratiesnelheid, als gevolg van verstopping van het filter, is een maat voor het gehalte aan gesuspendeerde stoffen en colloïden.

De fouling-index is dimensieloos, een lage waarde betekend goed water, een hoge, water met veel zwevende stof.

De fouling-index van het geïnfiltreerde water bedroeg 3, wat als goed kan worden aangemerkt.

Bij de eerste regeneratie is het water dat tussen de 2 min. en de 10 min. werd opgepompt, opgevangen en hiervan is de fouling-index bepaald. Deze bedroeg 20.

10. VOORTGANG

De gehouden inleidende proef met drinkwater toont aan dat putinfiltratie in principe mogelijk is. In hoeverre dit ook geldt voor infiltratie met WRK-water zal nog moeten blijken.

Voor het vervolg van de proef kunnen aan de hand van de tot nu toe verzamelde gegevens de volgende parameters voorlopig worden vastgesteld.

- infiltratiedebiet : 30 m<sup>3</sup>/h
- schoonpompdebiet : ca 120 m<sup>3</sup>/h
- regeneratiecyclus : 12 minuten per 24 uur
- troebelingslimiet : 2,5 mg/l SiO<sub>2</sub>
- toe te laten weerstands-  
verhoging door verstopping: 0,5 m

Zowel het hydrologisch als het chemisch meetprogramma kan sterk worden vereenvoudigd aangeziende aandacht nu op de verstopping van de persput wordt gericht.

### Literatuur

1. Proef met een persput in het kader van de voorraad-  
vorming in de duinwaterwinplaats.  
Ing. J.J. Steinmetz (januari 1976).
2. Putinfiltratie met drinkwater te 's-Gravenhage.  
KIWA-mededeling nr 41 (augustus 1975).
3. Geologische opbouw van de ondergrond van het water-  
wingebied van de gemeente Amsterdam bij Vogelenzang.  
Rijksgeologische Dienst nr 10207 (5 maart 1976).
4. Besprekingsverslagen.

### Lijst van gebruikte tekeningen

P 356 - Geologisch dwarsprofiel t.p.v. de persput

P 362 - Konstruktie persput

P 376 A t/m C - Pompproef persput; verlagingslijnen

De Ruiter 0705014 - 1. Konstruktie persput

2. Overzicht pijpwerk

3. Opstelling en inrichting meetkabine

4. Opstelling aanjaagpomp in WRK-leiding

5. Schema relaiskast + overige aansluitingen.

### Lijst van bijlagen

1. Geologisch dwarsprofiel ter plaatse van de persput.
2. Isohypsens ongestoorde toestand.
3. Isohypsens beïnvloed door diepe winning.
4. Isohypsens beïnvloed door diepe winning.
5. Gegevens waarnemingsboringen rond de persput.
6. Zeefanalyses ongeroerde steekmonsters uit de persput.
7. Boorprofiel PP en WP 5
8. Verlagingslijnen van de filters in de persput tijdens pompproef.
9. Foto's.
10. Foto's.
11. Troebelingsgraad WRK I in 1976.
12. Verandering van de zoutwachters gedurende de eerste 100 uur.
13. Verandering van de zoutwachters
14. Bepaalde parameters bij een totaalanalyse.

OOST

27  
28C

25C-10  
32  
25C-31  
25C-31  
wp100

25C-9

25C-8

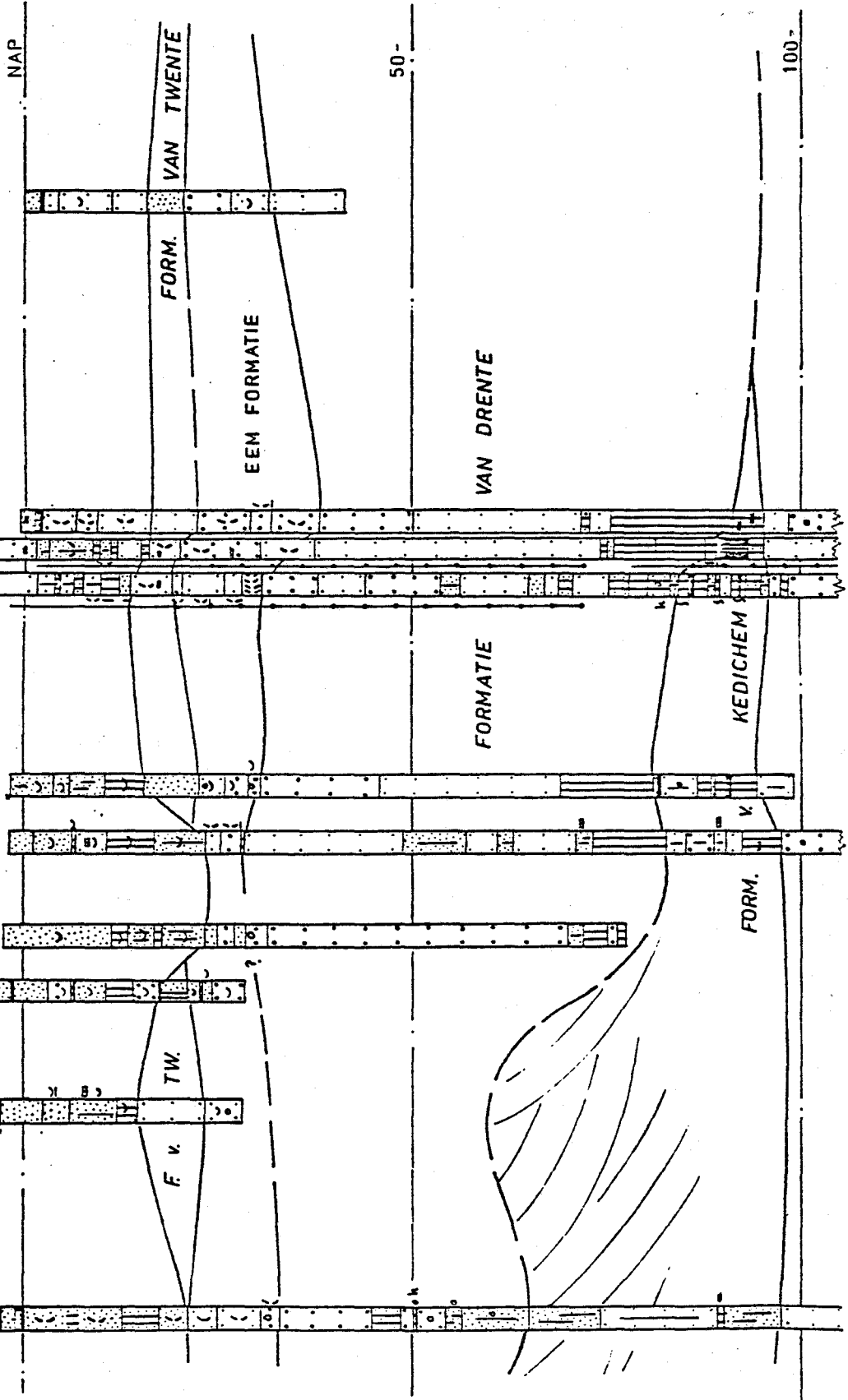
24H-20

24H-216

24H-19

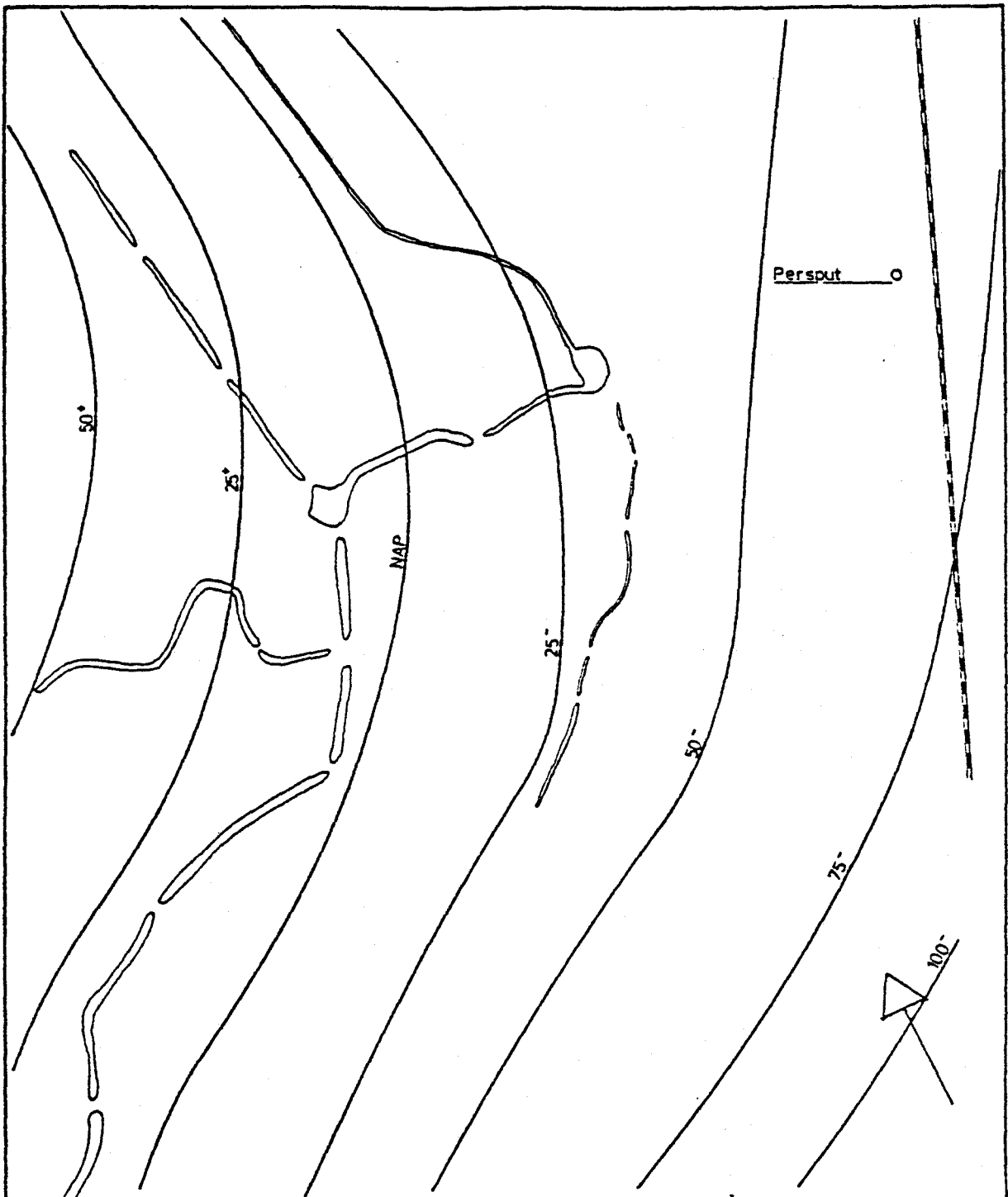
24H-18


WEST

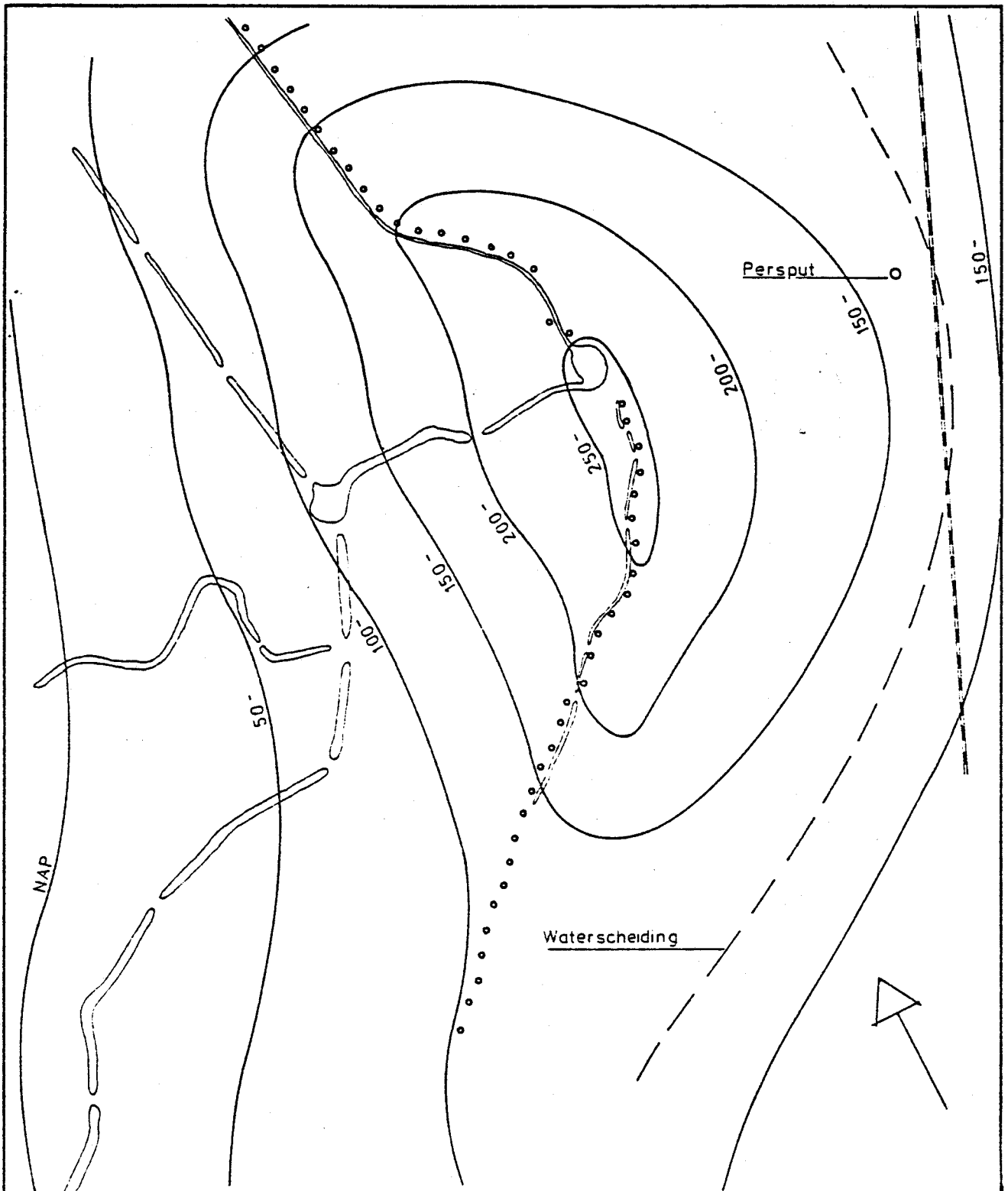



Geologisch dwarsprofiel ter plaatse van de persput

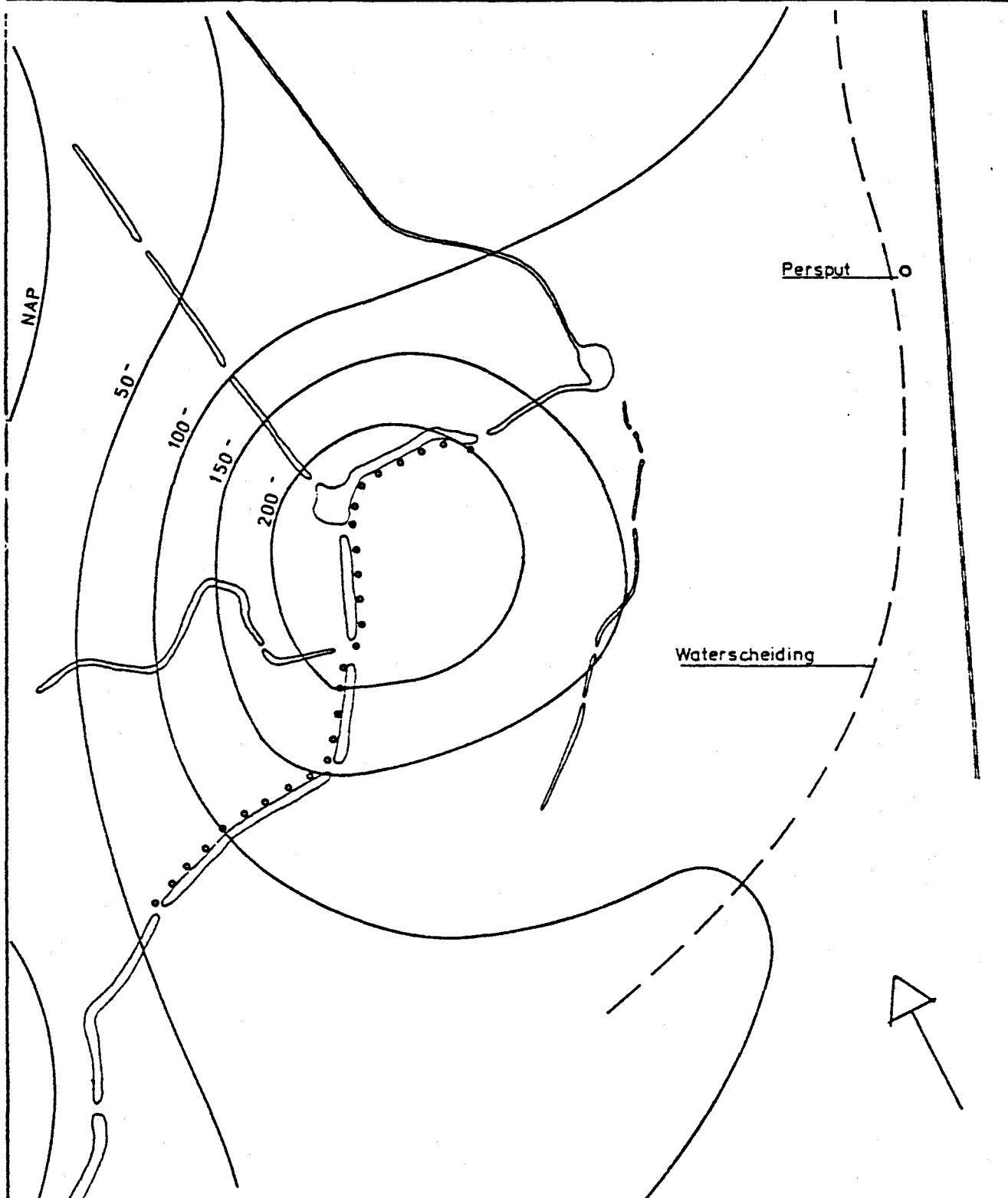
bijlage 1




SCHAAL 1 : 20.000				
GETEKEND	JJS	GEZIEN		GEWIJZIGD
DATUM	JAN 76	DATUM		DATUM
ISOHYPSEN DIEPWATER IN ONGESTOORDE TOESTAND			TOESTAND OP 17-12-1975	
 GEMEENTEWATERLEIDINGEN AMSTERDAM			REVISIE	
			DATUM	
BIJLAGE Nr 2			ARCHIEF	
			DATUM	
A4		No 349 - 11		



SCHAAL 1 : 20.000				
GETEKEND	JJS	GEZIEN	GEWIJZIGD .1 .2 .3 .4 .5	
DATUM	JAN 76	DATUM	DATUM	
ISOHYPSEN DIEPWATER BEINVLOED DOOR DIEPE WINNINGEN LANGS HET NOORDOOSTER- EN VERLENGDEOOSTER KANAAL			TOESTAND OP 28-11-1973	REVISIE DATUM ARCHIEF DATUM
 GEMEENTEWATERLEIDINGEN AMSTERDAM		BIJLAGE Nr 3	A4	Nº 349 -9

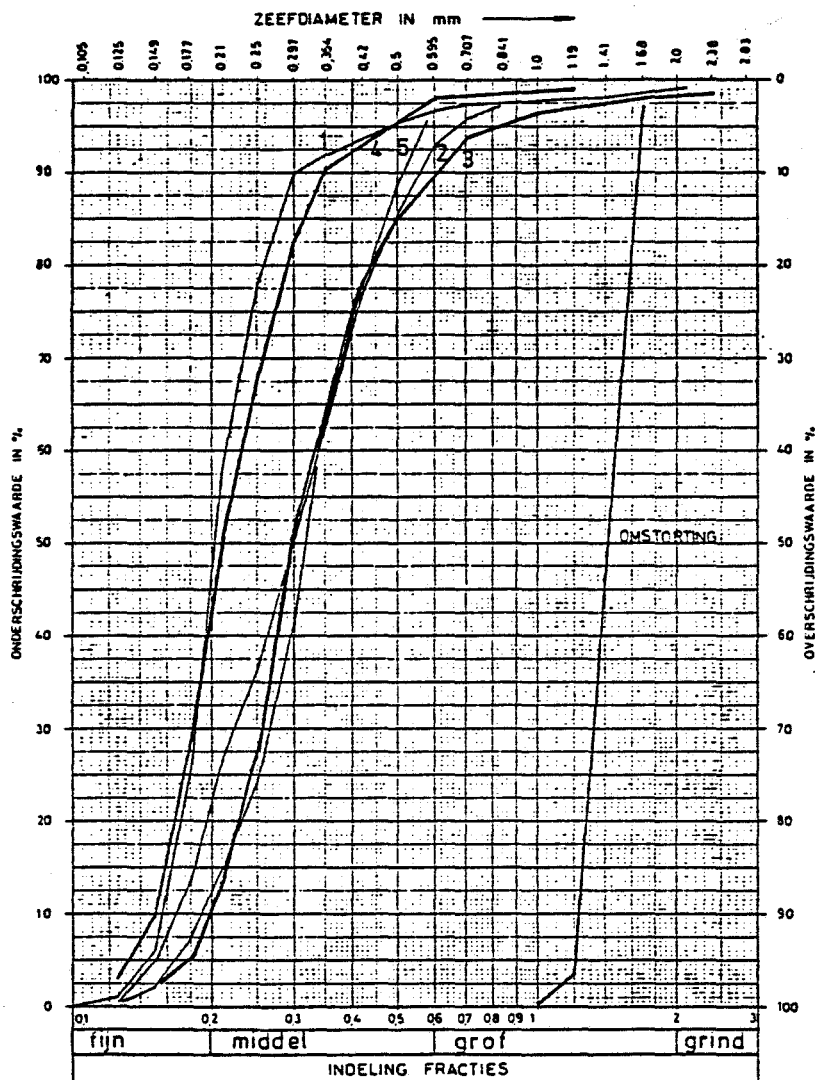


SCHAAL 1 : 20.000				
GETEKEND	JJS	GEZIEN	GEWIJZIGD	
DATUM	JAN 76	DATUM	.1	.2
			.3	.4
			.5	
ISOHYPSEN DIEPWATER BEINVLOED DOOR DIEPE WINNINGEN LANGS HET NIEUWKANAAL			TOESTAND OP 17-10-1975	
 GEMEENTEWATERLEIDINGEN AMSTERDAM			REVISIE	
			DATUM	
			ARCHIEF	
			DATUM	
BIJLAGE Nr. 4			A4	
			N <sup>o</sup> 349 - 10	



BORING Nr.	100	40	20	16	10	5	PP	
RID Nr.	25C.331	25C.334	25C.335	25C.338	25C.336	25C.332	25C.333	
BOVENKANT BUIS in cm + NAP	1	438	346	450	461	293	458	461
	2	441	348	453	466	295	460	462
	3	444	353	455	472	297	462	460
	4	448	357	459	-	300	465	461
	5	452	359	462	-	302	469	
	6	456	362	465	-	305	472	503
	7	459	-	-	-	-	474	
	8	-	-	-	-	-	478	
	9	-	-	-	-	-	483	
M.V. in cm+NAP	420	300	400	400	250	420	420	
O.K. FILTER in m - NAP	1	109	71	72	17	71,5	136	38
	2	73	52	52	12	52,5	111,5	29
	3	54	44	45	6	45,5	91,5	20
	4	45	32	33	-	33,5	73	6
	5	36	20	22	-	22,5	53	
	6	22	7	8	-	8	45	36
	7	5	-	-	-	-	33	
	8	-	-	-	-	-	22	
	9	-	-	-	-	-	8,5	
KABEL Nr.	1	1	1		1	1	2	
HART ELEKTRODE in m - NAP	1	72	70,5	71,5		70	135	72,5
	2	68	66,5	67,5		66	131	68,5
	3	64	62,5	63,5		62	127	64,5
	4	60	58,5	59,5		58	123	60,5
	5	56	54,5	55,5		54	119	56,5
	6	52	50,5	51,5		50	115	52,5
	7	48	46,5	47,5		46	111	48,5
	8	44	42,5	43,5		42	107	44,5
	9	40	38,5	39,5		38	103	40,5
	10	36	34,5	35,5		34	99	36,5
	11	32	30,5	31,5		30	95	32,5
	12	28	26,5	27,5		26	91	28,5
	13	24	22,5	23,5		22	87	24,5
COORDINATEN tov A'FOORT	x=- 53969 y=+ 21410	x=- 53873 y=+ 21363	x=- 53895 y=+ 21388	x=- 53872 y=+ 21366	x=- 53880 y=+ 21367	x=- 53871 y=+ 21370	x=- 53876 y=+ 21376	
BOOR - BESCHRIJVING	RGD Breeuwer	de Ruiter	de Ruiter	de Ruiter	de Ruiter	RGD Breeuwer	de Ruiter	
BOORGAT - METING	TNO Post	TNO Post	TNO Post		TNO Post	TNO Post		
OPM.	zuig- boring Ø 50	zuig- boring Ø 39	zuig- boring Ø 39	puls- boring Ø 15	zuig- boring Ø 39	zuig- boring Ø 50	puls- boring Ø 57	

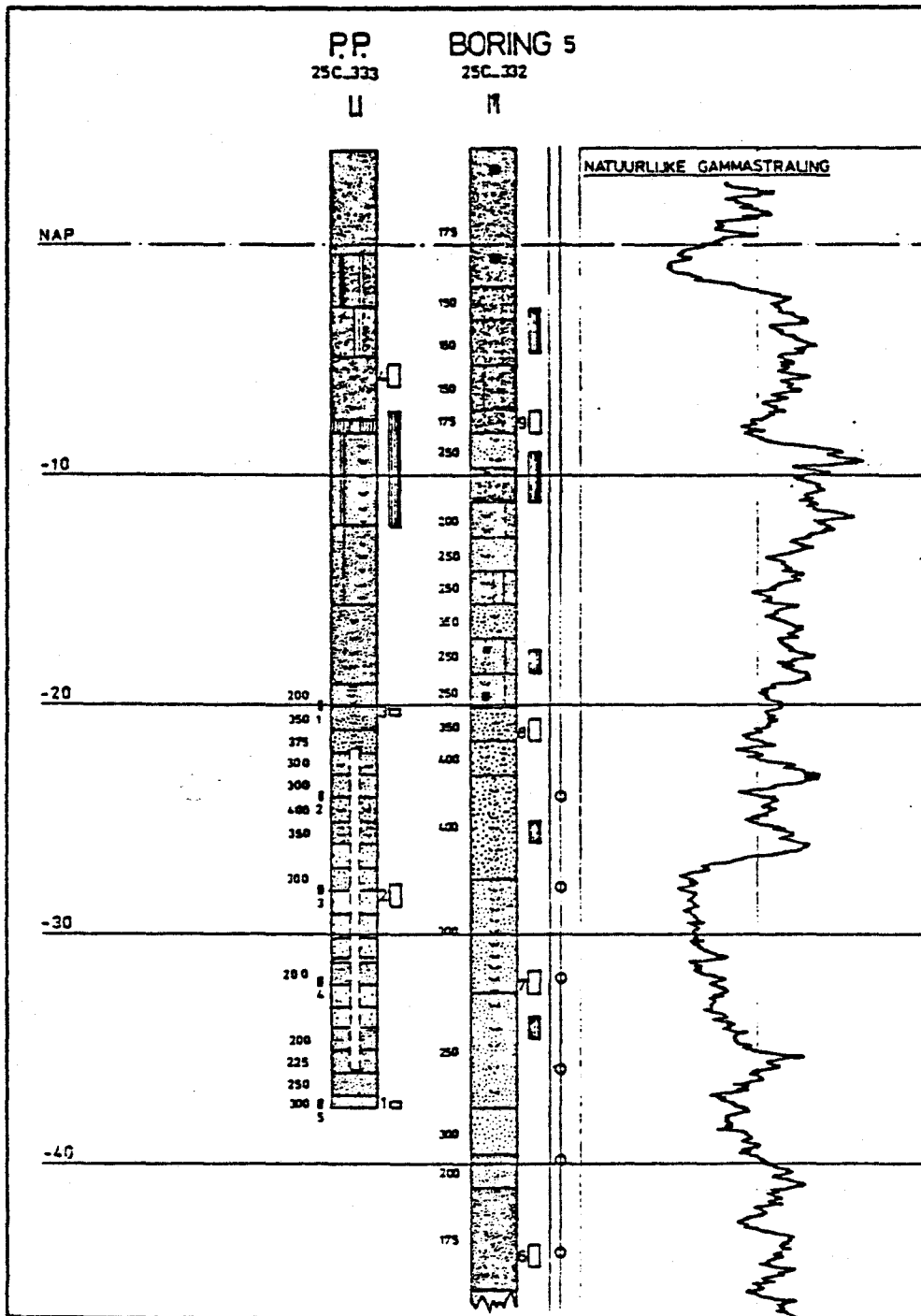
Gegevens waarnemingsboringen rond de persput



Zeefanalyses ongeroerde steekmonsters uit de persput. (zie bijlage 7)

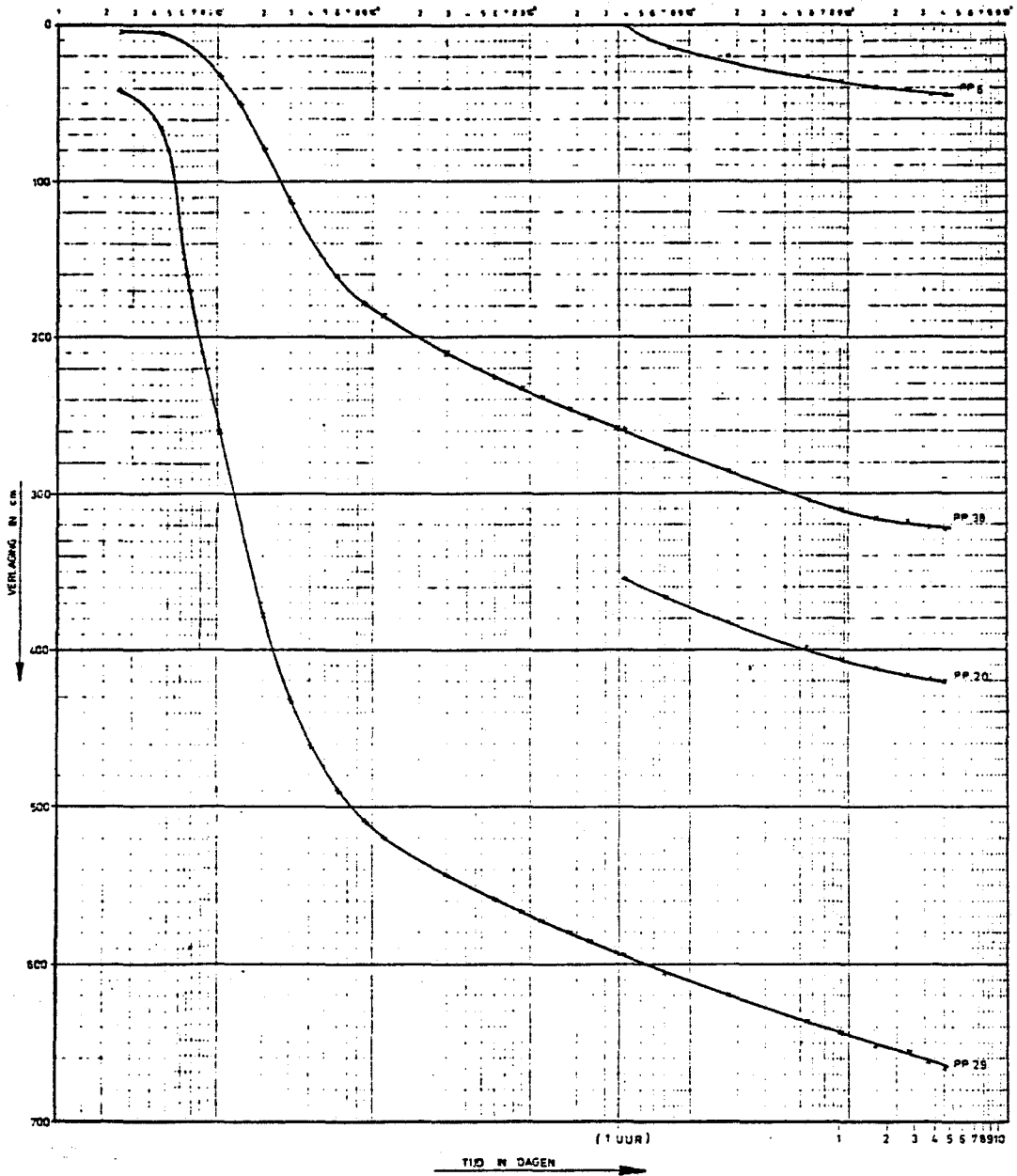
Omstorting volgens Hüneberger :  $4 \times d \ 50 = 1,06 \text{ mm}$

Omstorting volgens DIN 4924 :  $4 \times d \ 85 = 1,66 \text{ mm}$



Boorprofiel PP en WP 5

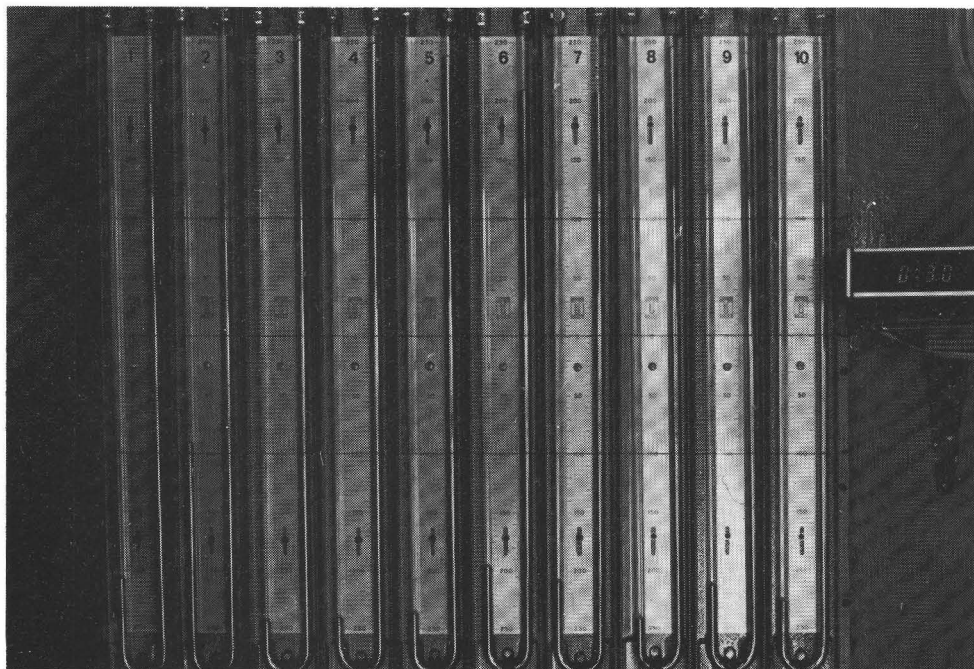
- 200 :  $d_{50} = 0,2 \text{ mm}$
- # : steekmonster nr. 2
- 2 : waarnemingsfilter nr. 2
- [stippled box] : kleiafdichting
- $\phi$  : elektrodenpaar Geohm



Verlagingslijnen van de filters in de persput tijdens de pompproef.



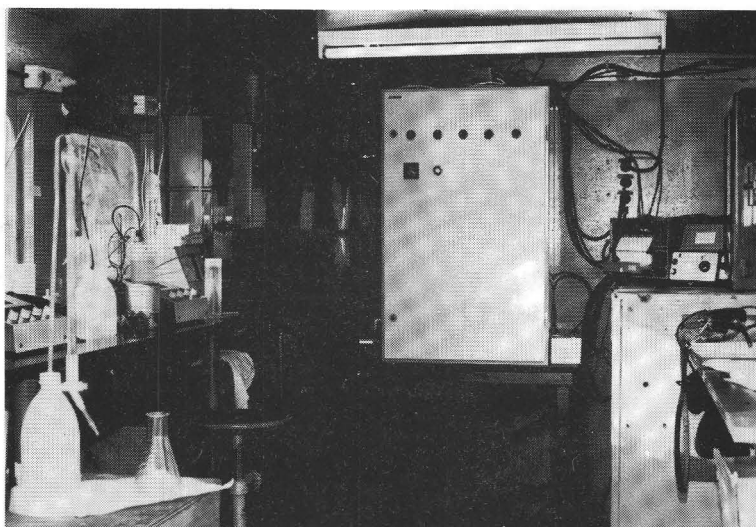
Opstelling borrelbuizen tijdens de pompproef



Manometerbord; beeld na 30 sec.

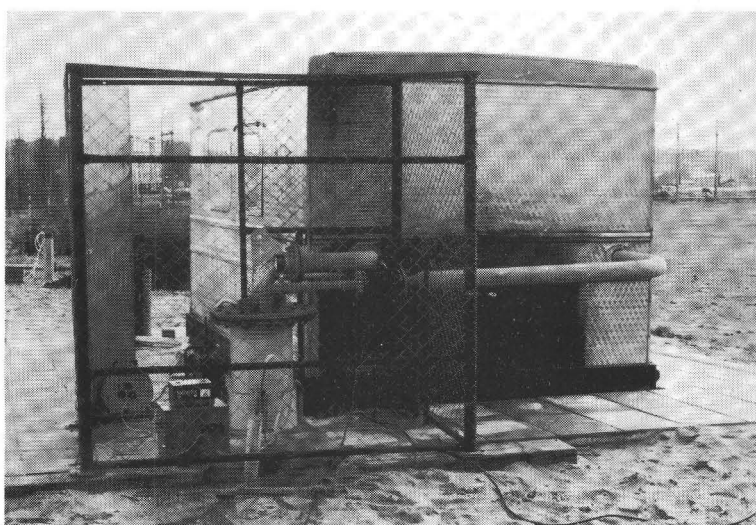


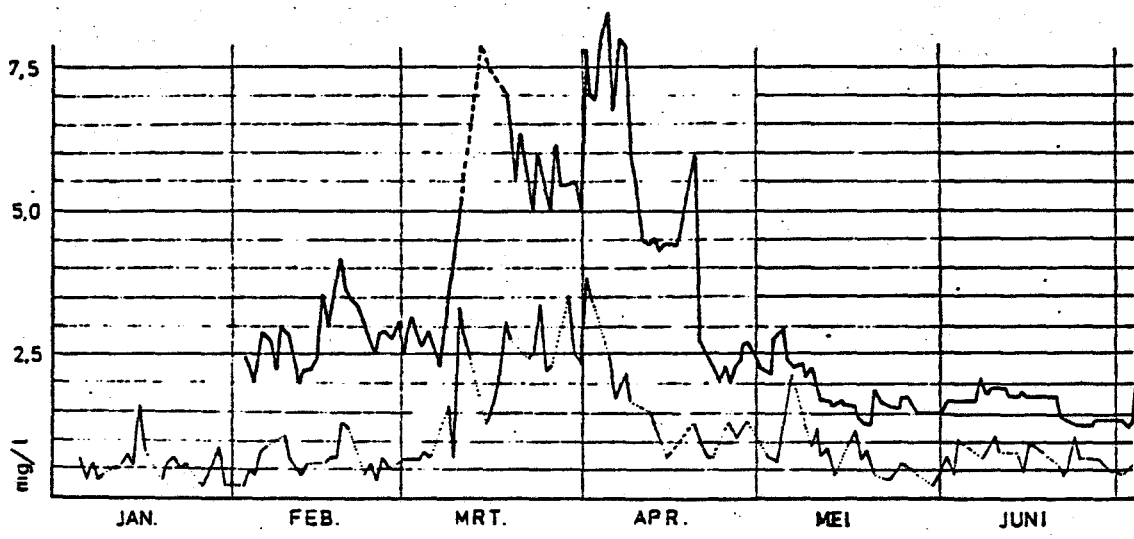
Proefopstelling persput.



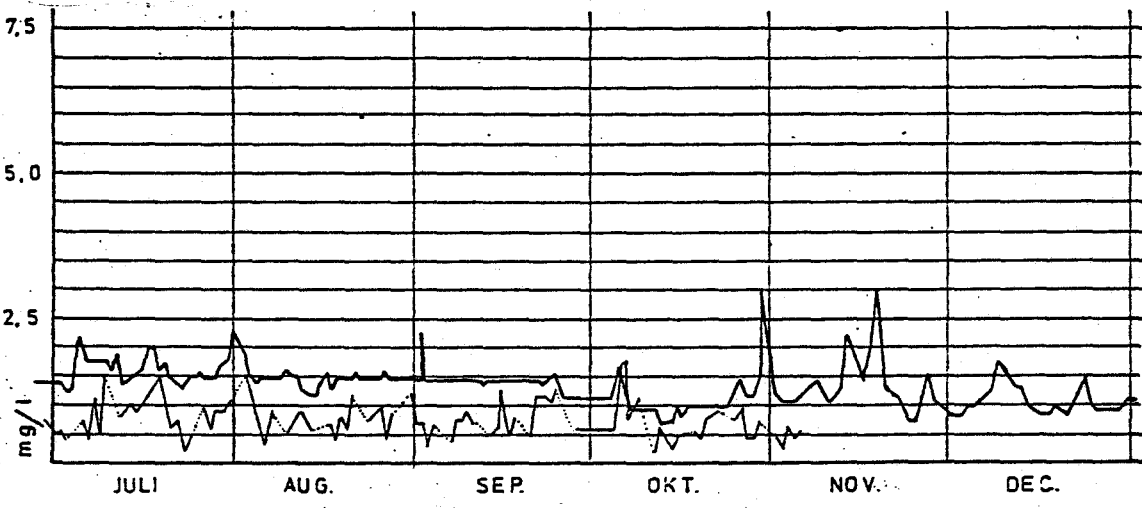
Interieur meetkabine.↑

Persput.↓

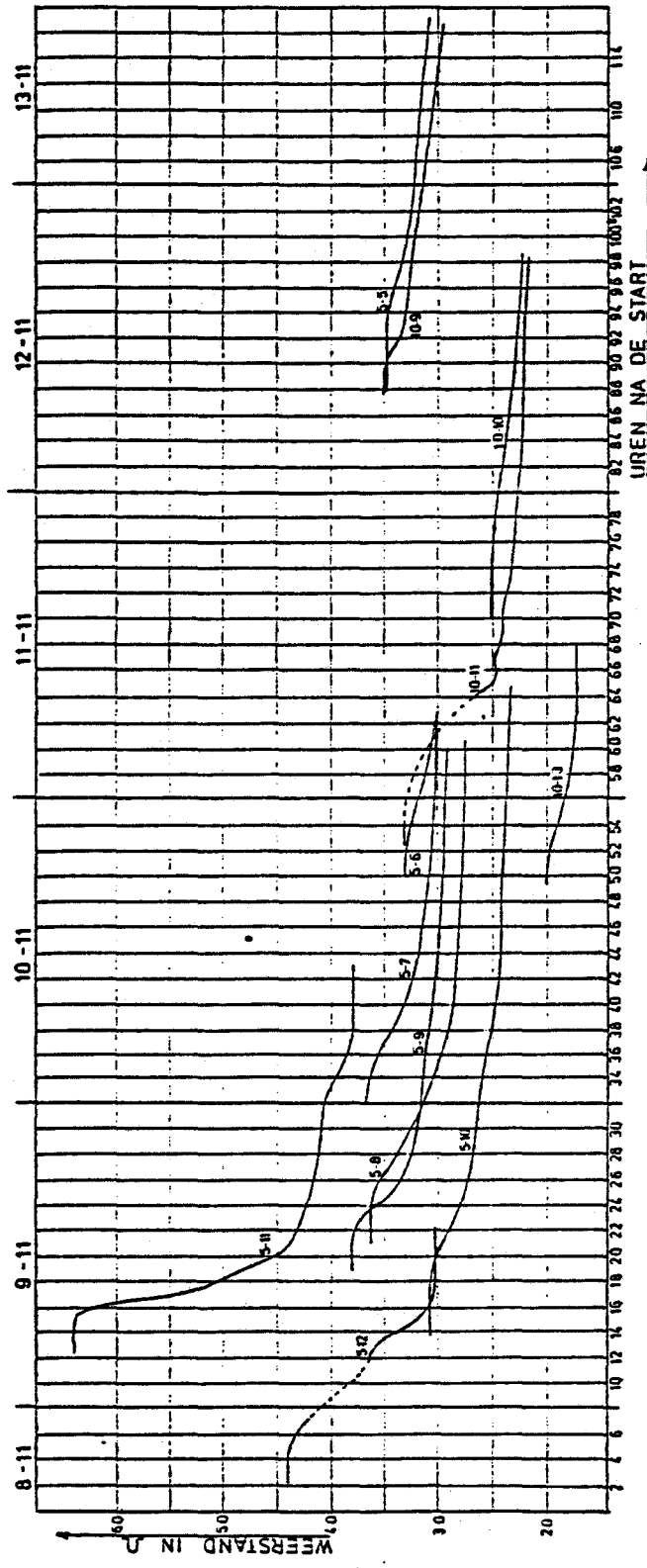




— Troebelingsgraad te Leiduin in mg/l SiO<sub>2</sub> (continumeting Sigrist-fotometer)  
 - - - Slibgehalte te Jutphaas in mg/l (gedroogd bij 110° C)

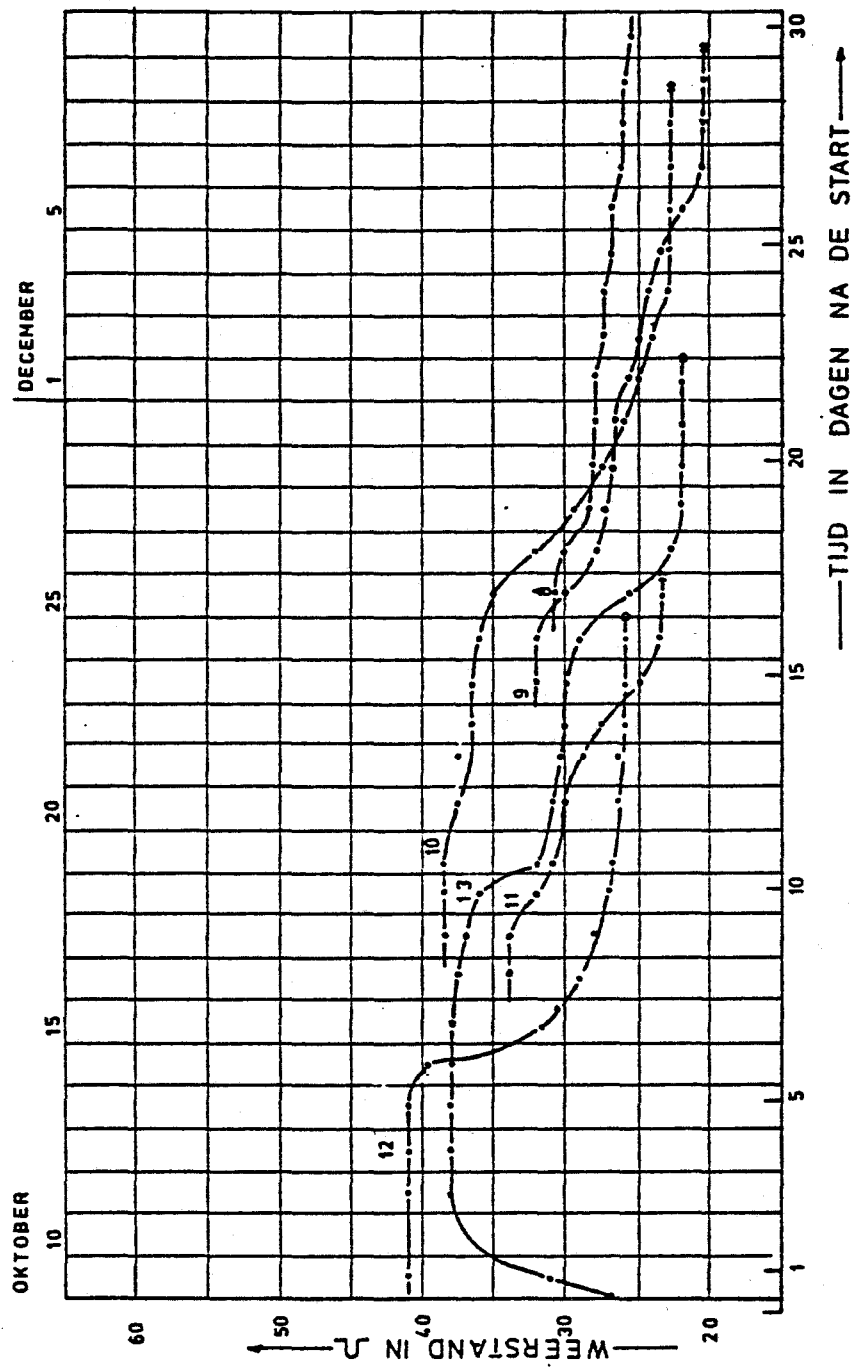


Troebelingsgraad WRK I in 1976



Verandering van de zoutwachters gedurende de eerste 100 uur van de proef.





Verandering van de zoutwachters van WP 20

		Waarnemingsput: 5 m (filter 22 m -NAP) in het jaar 1976.														
		uur:	nultoe-stand	9/11 4.00	9/11 6.00	9/11 8.00	9/11 11.00	9/11 14.00	11/11 9.00	13/11 15.00	15/11 11.00	17/11 8.00	19/11 8.00	22/11 8.00	26/11 8.00	3/12 9.00
TEMP IN °C		10,8	11,4	11,1	10,9	11,0	11,0	10,2	10,7	10,0	10,2	10,0	10,2	9,15	8,95	
EGVlin SI		1065	680	720	775	895	940	957	975	970	980	940	955	990	955	
pH bepaald		7,08	7,47	7,44	7,48	7,36	7,46					7,95	7,97	7,70	7,95	
TOC(in mgC/l)		8,4	5,1	4,6	3,8	3,6	3,2	4,0	3,6	3,2	3,7	2,5	3,1	2,5	3,0	
Chloride (Cl <sup>-</sup> )		79	77	88	113	154	171	184	185	177	194	170	181	184	179	
Nitriël (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )		<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03					<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Nitraat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		<0,3	1,3	1,2	2,6	4,1	4,8	4,7		4,8		4,7	5,5	5,8	9,6	
Sulfaat (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )		80,5	15,7	21,4	34,6	58,5	69,0	74,8	73,1	76,4	84,7	72,1	70,0	78,1	74,8	
Hydrocarbonaat (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		514	294	282	257	227	215	203	205	210		215	216	201	209	
Vrij koolzuur (CO <sub>2</sub> )			4,9	4,9	3,9	2,6	2,1	1,3	1,2	0,8	1,1	1,4	1,2	0,9	0,95	
Orthofosfaat (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )		0,07	2,1	2,1	2,5	2,4	2,3	0,97		0,32		0,18	0,22	0,11	0,09	
MEQ / l		12,33	7,41	7,64	8,23	9,43	9,91	10,17		10,11						
Kiezelzuur (SiO <sub>2</sub> )		34,6	44,1	42,8	39,1	31,5	23,7	12,9		11,4		4,1	4,2	2,0	11,8	
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		5,0	7,3	8,1	8,8	11,0	10,0	2,1		0,22		0,33	0,25	0,21	0,13	
Ijzer totaal (Fe)		9,0	2,0	2,1	1,7	1,8	1,1	0,84		0,05		<0,05	<0,05	0,19	<0,05	
Ijzer -ferro na filtr.		7,6	0,46	0,92	0,28	0,54	0,82					<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Mangaan		2,7	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2		0,59		0,22	0,17	0,15	<0,05	
Calcium (Ca <sup>++</sup> )		173	89	88	87	87	76	80	91	91	91	93	94	93	94	
Magnesium (Mg <sup>++</sup> )		16,3	12,0	13,2	13,8	16,8	18,0	16,9	11,3	11,3	12,9	10,6	10,7	11,2	10,8	
Natrium (Na <sup>+</sup> )		45	34	39	47	64	85	100	103	103	107	99	108	113	105	
Kalium (K <sup>+</sup> )		5,7	5,0	5,5	6,1	7,0	6,9	6,8	8,0	8,1	8,1	7,8	7,3	7,6	7,5	
MEQ / l		12,37	7,47	7,79	8,19	9,32	9,74	10,05		10,18						
NaHCO <sub>3</sub>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Zuurstof		0,10	0,15	0,15	0,20	0,4	0,3	0,11	0,1	0,4	1,2	2,0	2,65	4,1	5,3	
Fluoride (F <sup>-</sup> )		0,16	0,25	0,24	0,27	0,25			0,23			0,24		0,25		
Tot. H.H. in °D		28,0	15,3	15,4	15,4	16,1	14,8	15,1	15,4	15,4	15,7					
Tijd. H.H. in °D		23,6	13,5	12,9	11,8	10,4	9,9	9,3	9,4	9,6						
mg/l, indien niet anders vermeld																

ONDERZOEK PERSPUTTEN GWA  
 RESULTATEN ANALYSES WATERMONSTERS (uitgev. door het KIWA)

GEMEENTEWATERLEIDINGEN  
 AMSTERDAM

get. datum  
 PGM G 6-1-1977

A 4  
 Bijlage 14