Verkoopen mei '89

Provincie Gelderland

dienst milieu en water

KWETSBAARHEIDSSTUDIE KLASSE IV - GEBIEDEN

WV207

Mei 1989

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

Berg en Dalseweg 81
postbus 151
6500 AD Nijmegen
telefoon (080) 228015
telegramadres Haskoning
telex 48015

Provincie Gelderland

dienst milieu en water

KWETSBAARHEIDSSTUDIE KLASSE IV - GEBIEDEN

Mei 1989

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

Berg en Dalseweg 81
postbus 151
6500 AD Nijmegen
telefoon (080) 228015
telegramadres Haskoning
telex 48015

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

INHOUDSOPGAVE

		BLZ
	SAMENVATTING	
0.	INLEIDING	1
1.	LA CABINE (ARNHEM)	4
2.	't LOOHUIS (AALTEN)	9
3.	HAARLO (BORCULO)	12
4.	NOORDIJKERVELD (NEEDE)	14
5.	CORLE (WINTERSWIJK)	17
6.	VIERAKKER (ZUTPHEN)	19
7.	PINKENBERG (RHEDEN)	21
8.	WAGENINGSE BERG (WAGENINGEN)	25
9.	NIEUWE MARKTSTRAAT (NIJMEGEN)	27
10.	INDELINGSKRITERIA	32
11.	INDELING VAN DE WINGEBIEDEN	34
Literatuurlijst		36

41 figuren

5 bijlagen

Werknr.: 1470.64
Coll. : JL50/BK

HK 334 Repro

SAMENVATTING

In 1988 zijn de grondwaterbeschermingsgebieden in de provincie Gelderland ingedeeld in een aantal kwetsbaarheidsklassen:

Klasse I zeer kwetsbare winningen

Klasse II kwetsbare winningen

Klasse III weinig kwetsbare winningen

Klasse IV winningen die wegens onvoldoende gegevens nog niet ingedeeld konden worden in klasse I, II of III

Klasse IV betrof negen gebieden. In opdracht van de provincie Gelderland is in de periode maart/april 1989 door HASKONING een onderzoek van deze gebieden uitgevoerd wat betreft geologie, geohydrologie en het verloop van de grondwaterkwaliteit van de winningen. De voorliggende rapportage bevat de resultaten van dit onderzoek. Op basis van het onderzoek wordt een advies gegeven voor indeling van de negen klasse IV-gebieden in een der klassen I, II of III. Het advies is als volgt:

wingebied	klasse
La Cabine (Arnhem)	I
't Loohuis (Aalten)	I
Haarlo (Borculo)	I
Noordijkerveld (Neede)	I
Corle (Winterswijk)	I
Vierakker (Zutphen)	I
Pinkenberg (Rheden)	I
Wageningse Berg (Wageningen)	III
Nieuwe Marktstraat (Nijmegen)	I

HK 334 Repro

0. INLEIDING

Op 25 maart 1987 hebben Provinciale Staten het vigerende Grondwaterbeschermingsplan van de provincie Gelderland vastgesteld. Vervolgens werden op 28 juni 1988 door Gedeputeerde Staten zeven besluiten vastgesteld inzake de Verordening grondwaterbeschermingsgebieden. Besluit nr. 2 van deze verordening betrof het "Besluit kwetsbaarheidsindeling grondwaterbeschermingsgebieden" en trad in werking op 1 juli 1988. Door dit besluit zijn de in het vigerende Grondwaterbeschermingsplan aangegeven grondwaterbeschermingsgebieden ingedeeld in vier kwetsbaarheidsklasses:

Klasse I zeer kwetsbare winningen
Klasse II kwetsbare winningen
Klasse III weinig kwetsbare winningen
Klasse IV een restkategorie van negen gebieden die nog niet in één van de klassen I, II of III ingedeeld kon worden wegens onvoldoende gegevens.

Op de kriteria die ten grondslag liggen aan de indeling wordt in hoofdstuk 10 nader ingegaan.
Op 10 februari 1989 is door de provincie Gelderland aan HASKONING opdracht verleend (briefnr. MW89.4011 - MW2406) om een studie te verrichten van de negen klasse IV-gebieden, om tot een onderbouwing van een nadere indeling van deze gebieden te komen en hierover advies uit te brengen. In het voorliggende rapport worden de resultaten van dit onderzoek gepresenteerd en wordt op grond hiervan en een nadere analyse, van de eerder gehanteerde kriteria geadviseerd over de indeling van de klasse IV-gebieden.
Het onderzoek betreft de volgende wingebieden:

1. La Cabine (Arnhem)
2. 't Loohuis (Aalten)
3. Haarlo (Borculo)
4. Noordijkerveld (Neede)
5. Corle (Winterswijk)
6. Vierakker (Zutphen)
7. Pinkenberg (Rheden)
8. Wageningse Berg (Wageningen)
9. Nieuwe Marktstraat (Nijmegen)

HK 334 Repro

Aan ieder wingebied is in de rapportage één hoofdstuk gewijd. De nummering van de hoofdstukken korrespondeert met de hiervoor gegeven indeling. De opzet van elk van deze hoofdstukken is uniform en bestaat uit twee paragrafen. De eerste geeft een beschrijving van de geologische en geohydrologische situatie in de regio van het wingebied. De tweede paragraaf handelt over de waterkwaliteitsgegevens.

Wegens de per wingebied verschillende hoeveelheid beschikbare gegevens kon met name de beschrijving van geologie en geohydrologie niet bij elk wingebied gelijk van opzet zijn. Bij een aantal wingebieden konden vrij vergaande details worden opgespoord, bij andere was dit niet mogelijk.

Wat betreft de kwaliteit van het gewonnen water en het onderzoek naar mogelijke trendontwikkelingen is gekozen voor een uniforme benadering en is per wingebied voor zes makroparameters het verloop vanaf 1970-1988 grafisch weergegeven en geanalyseerd. Deze parameters zijn:

- nitraat (N);
- sulfaat (S);
- Σ N + S;
- geleidingsvermogen;
- totale hardheid;
- waterstofcarbonaathardheid.

Waar mogelijk en verhelderend zijn deze kwaliteitsgegevens met detailgegevens aangevuld.

Nitraat- en sulfaatgehalten zijn indikatoren van grondwaterverzurende processen. De som van nitraat en sulfaat geeft de mate van verzuring aan die het grondwater reeds heeft ondergaan. Wordt hier nog het ammoniumgehalte aan toegevoegd, dan ontstaat de somparameter Σ N + S, die het geheel van verzurende en potentieel verzurende komponenten in het water weergeeft.
Door optredende denitrifikatie komt in anaerobe winningen in Oost-Gelderland en bij aanwezigheid van FeS de uitspoeling van ammonium uit meststoffen niet alleen tot uitdrukking in het nitraatgehalte, maar voornamelijk in het sulfaatgehalte van het water. Voor een

HK 334 Repro

uitgebreide beschouwing van grondwaterverzurende processen wordt verwezen naar literatuur 7.3.

In hoofdstuk 10 wordt een beschouwing ten aanzien van gehanteerde indelingskriteria en een advies voor nadere nuancering gegeven. Hoofdstuk 11 geeft op basis van de resultaten van het onderzoek en de genuanceerde indelingskriteria een advies voor indeling van de negen onderzochte gebieden.
In hoofdstuk 12 worden nog enige punten in de onderhavige problematiek naar voren gebracht die wellicht in de toekomst van belang kunnen zijn.

HASKONING is de betrokken waterleidingbedrijven WOG, VNB, O.N. Nijmegen en GEWAB Arnhem erkentelijk voor hun medewerking in dit onderzoek. Voorts is een bijzonder woord van dank verschuldigd aan het Waterlaboratorium Oost voor het ter beschikking stellen van grafische weergaves van de waterkwaliteitsparameters.

HK 334 Repro

1. LA CABINE (ARNHEM)

(voor ligging en omvang van het beschermingsgebied, zie figuur 1.1)

1.1 Geologie en geohydrologie

In het verleden zijn ten behoeve van de winning van grondwater in de zuidelijke Veluwezoom diverse onderzoeken verricht door het voormalige Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening (RID). De hiernavolgende beschrijving van de geologische en geohydrologische situatie is grotendeels ontleend aan dergelijk RID-onderzoek, vastgelegd in literatuur 1.1. Voor een geologische tijdstabel wordt verwezen naar figuur 1.6.

Het regime van de grondwaterbeweging in de omgeving van Arnhem wordt in belangrijke mate bepaald door de bijzondere geologische opbouw van de ondergrond in dat gebied. Hierbij zijn vooral de lagen van de ondergrond van belang die zijn afgezet vanaf de aanvang van de Pleistocene periode (de periode van de ijstijden). Eerder afgezette grondlagen komen wegens hun diepte niet in aanmerking voor grondwaterwinning op grote schaal en zullen door hun vermoedelijk relatief slechte doorlatendheid weinig invloed uitoefenen op de grondwaterstroming in bovengelegen lagen. Hetzelfde geldt in iets mindere mate voor de in het Onder-Pleistoceen afgezette lagen van het (mariene) Icenien en de (fluviatiele) Formatie van Tegelen. De top hiervan ligt in de omgeving van Arnhem op circa NAP -100 m. De Formatie van Tegelen bevat in het Veluwegebied in het algemeen één of meer kleilagen waartussen soms grofzandige gedeelten van relatief geringe dikte voorkomen. Grofzandige pakketten van grote dikte die een groot doorlaatvermogen bezitten zijn afgezet in het bovenste deel van het Onder-Pleistoceen en in het Midden-Pleistoceen tot en met de voorlaatste, de zogenaamde Saale-ijstijd.
In deze ijstijd heeft het landijs Nederland gedeeltelijk bedekt. Daarbij lag het Veluwegebied aan de rand van de ijsmassa's. Deze randgebieden werden door het ijs opgedrukt tot langgerekte heuvelrijen (de stuwwallen), terwijl onder de ijsmassa door de schurende werking van het ijs en de druk ervan veelal een diep dal (het glaciale dal) ontstond.

HK 334 Repro

Aangenomen wordt dat in de Saale-ijstijd nog weer een aantal tussenperioden kunnen worden onderscheiden waarin het ijs zich gedeeltelijk terugtrok en daarna (soms vanuit een andere richting) weer opdrong. Hierdoor is het verklaarbaar dat op diverse plaatsen en in diverse richtingen stuwwallen konden ontstaan.

Ten noorden van Arnhem ontstond een gebied dat aan alle zijden is omgeven door stuwwallen, maar waarvan wordt aangenomen dat er nooit ijsmassa's van betekenis aanwezig zijn geweest. Dit gebied wordt de Sandr-vlakte van de zuidelijke Veluwe genoemd. Nadat het ijs zich terugtrok, werden de voormalige glaciale dalen en de Sandr-vlakte opgevuld met smeltwatersedimenten en van de heuvels verspoeld en vergleden materiaal. Deze toestand heeft zich daarna gekontinueerd, de stuwwallen zijn door erosie steeds verder afgevlakt, terwijl de voormalige glaciale dalen door sedimenten van diverse oorsprong steeds verder zijn opgevuld.

Bovengenoemde geologische opbouw heeft de volgende geohydrologische konsekwenties. Het bovenste deel van de stuwwallen, tot aan de zogenaamde basis van de stuwing, bevat veel grofzandig materiaal en enige kleilagen. Door de stuwing zijn deze lagen scheefgesteld, waardoor de (vertikale of hellende) kleilagen vaak een relatief geringe horizontale doorlatendheid van het pakket in zijn geheel veroorzaken. Onder de basis van de stuwing is de horizontale gelaagdheid vrijwel niet verstoord, zodat daar tot aan de lagen van Tegelen en het Icenien een goed watervoerend pakket aanwezig kan zijn. Te La Cabine wordt dit pakket tussen NAP -40 m en NAP -100 m aangetroffen. Dit watervoerend pakket zet zich zijwaarts voort tot onder de voormalige glaciale dalen (waarvan wordt aangenomen dat de bodem ongeveer samenvalt met de basis van de stuwing). De opvulling van de glaciale dalen heeft plaats gehad met in het algemeen minder grove sedimenten. Op deze sedimenten ligt in de glaciale dalen een dunne laag (10 à 20 m dik) van eolische of fluviatiele zanden welke gedurende het Weichselien (de laatste ijstijd) werd afgezet. Het doorlaatvermogen van deze laag is door de geringe dikte relatief gering.

Ook onder de Sandr-vlakte zal waarschijnlijk een goed waterdoorlatend pakket aanwezig zijn tussen de slecht doorlatende lagen van Tegelen

HK 334 Repro

en het Icenien en de bodem van de Sandr-opvulling (deze bodem zal waarschijnlijk hoger liggen dan de basis van de stuwing, omdat daar geen dalvorming door het landijs heeft plaatsgevonden). Daar het dal van de Sandr-vlakte vooral is opgevuld met van de stuwheuvels afkomstig (in het algemeen grofkorrelig) materiaal, moet worden aangenomen dat ook in de Sandr-opvulling nog goed waterdoorlatende lagen aanwezig kunnen zijn. Wellicht vormt echter de bodem van de Sandr-opvulling, doordat daar fijnkorrelige smeltwatersedimenten zijn afgezet, een min of meer waterkerend niveau.
In figuur 1.3 is een schematisch noord-zuid profiel door het gebied weergegeven.

Door de hoge ligging en de steilheid van de randen zijn de stuwwallen infiltratiegebieden waar de stand van het grondwater in het algemeen diep onder maaiveld ligt. Doordat ze bovendien voor een zeer groot deel uit grofzandig materiaal bestaan kan het neerslagoverschot gemakkelijk infiltreren en door het onder de stuwwal aanwezige watervoerend pakket worden afgevoerd. In het centrum van de stuwwallen worden daardoor geen waterlopen aangetroffen.
De opgevulde glaciale bekkens daarentegen vormen enerzijds laaggelegen gebieden waar het uit het gebied van de stuwwallen afkomstige grondwater opkwelt, anderzijds zal door de aanwezigheid van slecht doorlatende bovenlagen het neerslagoverschot voornamelijk via het oppervlaktewater worden afgevoerd en kan in deze landbouwgebieden een vastgesteld peil worden gehandhaafd. Het beheerste peil en de daarmee overeenkomende stand van het grondwater dicht onder maaiveld in de glaciale bekkens vormt het drainageniveau voor het grondwater in de stuwwallen. Dit niveau bepaalt - als randvoorwaarde - de stand van het grondwater in de stuwwallen.

In het overgangsgebied tussen de stuwwallen en de glaciale bekkens wordt plaatselijk in relatief laaggelegen dalen het grondwater aangetapt en ontstaat een beek. Indien een dergelijke beek (zoals vroeger wel gebeurde) wordt gegraven of een bestaande beek kunstmatig wordt verlengd en verdiept, dan wordt gesproken van een spreng.

De Sandr-vlakte sluit door zijn hoge ligging aan bij het infiltratiegebied van de stuwwallen. Hierbij moet wellicht een uitzondering

HK 334 Repro

worden gemaakt voor enige smalle beekdalen langs de voet van de stuwheuvels: ten noorden van de stuwwal Arnhem-Heelsum stroomt de Heelsumse Beek en aan de oostzijde van de stuwwal Wageningen-Lunteren stromen de Molenbeek en de Kortenburgse Beek. Het moet niet uitgesloten worden geacht dat vooral de benedenstrooms gelegen gedeelten van deze beekdalen kwelgebieden vormen waar dus de stand van het grondwater dicht onder maaiveld ligt.

Resumerend kan worden gesteld dat de zuidelijke Veluwezoom behoort tot een uitgestekt infiltratiegebied dat in het zuiden wordt begrensd door het Rijndal en het IJsseldal en wellicht het gebied waar de Heelsumse en de Kortenburgse Beek uitmonden in de Rijn, in het westen door de Gelderse Vallei, in het oosten door de IJsselvallei (met daarin het Apeldoorns Kanaal) en in het noorden gedeeltelijk door het gebied rond Wekerom en Otterlo (het overgangsgebied tussen stuwwal en glaciaal dal is hier breed en maakt deel uit van het infiltratiegebied).

De hiervoor geschetste regionale opbouw van de ondergrond wordt ondersteund door op de waterwinplaats uitgevoerde diepe boringen. Op circa 90 à 100 m - NAP wordt vaak een klei-, leem- of veenlaag en fijn zand aangetroffen. Deze lagen behoren waarschijnlijk tot de Formatie van Tegelen. Tussen circa NAP - 90 m en NAP - 40 m zijn grove zandlagen aanwezig (het diepe watervoerend pakket). Tussen circa NAP - 40 m en NAP - 20 m wordt vaak een komplex van klei, leem en fijn zand aangetroffen. Op regionale schaal wordt deze laag als een weerstandbiedende laag beschouwd. Op lokale schaal zijn er op relatief kleine afstanden belangrijke verschillen in doorlatendheid. Klei- of leemlagen kunnen volledig ontbreken. Ter illustratie zijn in de bijlagen 1.1 t/m 1.4 beschrijvingen opgenomen van vier boringen uitgevoerd op het terrein van La Cabine, twee aan de westzijde en twee aan de oostzijde (voor de lokatie zie figuur 1.2). De boringen 4 en 5 aan de westzijde vertonen op circa 50 m - mv duidelijke leem- en kleilagen. In de boringen 16 en 17 is daar op die diepte geen spoor van te vinden. Boring 16 geeft zelfs tot 73 m-mv alleen maar zand. Hiermee is duidelijk aangetoond dat de diepere klei- en leemlagen in dit gebied niet aaneengesloten zijn. Boven NAP - 20 m is ofwel gestuwd preglaciaal, dan wel een postglaciale dalopvulling (en waar-

HK 334 Repro

schijnlijk beide) aanwezig. Dit materiaal is in het algemeen grofzandig en vormt hierdoor het ondiepe watervoerend pakket.

Een in 1971 op het wingebied La Cabine uitgevoerde pompproef (literatuur 1.2) gaf onder meer als resultaat een kD-waarde van 3.000 m^2/dag voor het diepe watervoerend pakket (van circa 40 - circa 90 m - NAP) en een c-waarde van 200 dagen voor de daarboven gelegen weerstandbiedende laag tussen 20 en 40 m - NAP. Deze weerstand mag slechts als een regionale rekengrootheid geïnterpreteerd worden daar nu is aangetoond dat de "weerstand" niet overal aanwezig is.

1.2 Grondwaterkwaliteit

In figuur 1.4 is het verloop van de zes makroparameters weergegeven. Hieruit blijkt een lichte trend in nitraat en sulfaat. In figuur 1.5 is voor vier van de aanwezige putten afzonderlijk het verloop van de nitraatconcentraties gegeven. Met name voor bron III is de trend zeer signifikant. Bron IV vertoont sterke fluktuaties in de nitraatconcentratie. Bron IV is gelegen aan de oostzijde van het winningsveld waar, zoals eerder aangetoond, geen slecht doorlatende laag voorkomt.

HK 334 Repro

2. 't LOOHUIS (AALTEN)

(voor ligging en omvang van het beschermingsgebied, zie figuur 2.1)

2.1 Geologie en geohydrologie

Het beschermingsgebied en onttrekkingslokatie van de voorgenomen waterwinning 't Loohuis bevindt zich op het Oost-Nederlandse Plateau, juist ten oosten van de terrasrand die de grens tussen het plateau en het ten westen gelegen Pleistocene bekken vormt.

Ten oosten van de terrasrand komt het Tertiair, voornamelijk bestaande uit slecht doorlatende, slibhoudende fijne zanden en kleien tot vlak nabij het maaiveld. Behalve in enkele diepe geulinsnijdingen wordt het Tertiair slechts hier en daar door een betrekkelijk dunne laag van grof materiaal bedekt. Het Tertiair biedt over het algemeen weinig mogelijkheden voor de waterwinning en wordt in de meeste gevallen als de slecht doorlatende basis van het watervoerend pakket beschouwd.

Gedurende de Saale-ijstijd werden onder invloed van de zich steeds verlagende zeespiegel door de rivieren en door het smeltwater van het landijs diepe dalen ingesneden. Terwijl het landijs zich begon terug te trekken, werden de dalen en het omringende gebied opgevuld met fluvioglaciale afzettingen, bestaande uit grofkorrelige grindrijke zanden en leem.

Ten oosten van de terrasrand is het voorkomen van fluvioglaciale afzettingen grotendeels beperkt tot de geulen die soms tot diep in het Tertiair zijn ingesneden. Behalve door middel van boringen zijn deze dalen duidelijk aangetoond en vervolgd met behulp van geo-elektrische metingen. Eén van de belangrijkste geulsystemen die goed uitgekarteerd zijn kan worden vervolgd van Dinxperlo, via Aalten tot nabij Winterswijk. Deze geul "het dal van Winterswijk" is plaatselijk meer dan 100 m diep en biedt goede mogelijkheid voor waterwinning.

HK 334 Repro

Figuur 2.2 geeft de bodemopbouw weer in en in de onmiddellijke omgeving van het beschermingsgebied van 't Loohuis. Duidelijk herkenbaar is de geulinsnijding in de tertiaire afzettingen.

De tijdens de Saale-ijstijd afgezette grofkorrelige fluvioglaciale sedimenten en de minder doorlatende leemafzettingen worden tezamen gewoonlijk gerekend tot de Formatie van Drente. Na het terugtrekken van het Saale-landijs schijnt reeds spoedig een Rijnarm zijn loop door de Achterhoek genomen te hebben. De rivier sneed zich over een breed front van de Veluwe tot aan de terrasrand Aalten-Neede in de voornamelijk fluvioglaciale ondergrond in. Het grofzandige grindrijke materiaal, deels bestaande uit omgewerkt fluvioglaciaal en deels uit nieuw aangevoerd Rijnsediment, dat vervolgens werd afgezet, wordt de Formatie van Kreftenheye genoemd. De Formaties van Kreftenheye en Urk, beide augiethoudend en grof, zijn niet altijd gemakkelijk van elkaar te onderscheiden in de bestudeerde profielen.

Gedurende de laatste ijstijd (Weichsel) werden voornamelijk door de wind dekzanden afgezet. Dit zijn over het algemeen fijne zanden die soms humeus en slibhoudend zijn. Deze dekzanden, waarin ook lemige beekafzettingen voorkomen, worden gerekend tot de Formatie van Twente. De dikte van deze formatie varieert van 0 tot ongeveer 10 m.

De grove afzettingen van de Formatie van Urk, de fluvioglaciale afzettingen van de Formatie van Drente en de Formaties van Kreftenheye vormen tezamen het voornaamste watervoerend pakket.
Van belang voor een kwetsbaarheidsanalyse van het gebied is de op figuur 2.2 aangeduide keileemlaag die zich op een diepte van ongeveer 24 à 25 m-mv bevindt (boringen 45 en 46; zie figuur 2.1 voor de boorlokaties).

Ofschoon niet in alle gevallen beschreven als keileem, is er in de beschrijvingen van een viertal omringende boringen die in opdracht van de Waterleidingmij Oost-Gelderland (WOG) zijn uitgevoerd, eveneens sprake van een klei- of leemlaag op vergelijkbare diepten. Tevens is de klei/leemlaag aangetoond in een viertal boringen die door het WOG op de voorgenomen onttrekkingslokatie zijn uitgevoerd.

HK 334 Repro

Het bovenstaande kadasternummer is de voorgenomen onttrekkingslokatie van 't Loohuis. De klei/leemlaag in de bovengenoemde boringen varieert in dikte van 1,5 tot 5 m. De algemene geologische informatie als hiervoor weergegeven is grotendeels ontleend aan literatuur 2.1.

2.2 Grondwaterkwaliteit

Het pompstation 't Loohuis (Aalten) is nog niet in produktie. Er zijn derhalve weinig gegevens beschikbaar. Eind 1988 zijn van een viertal boringen analyses verricht. De gemiddelden van de zes makroparameters zijn als volgt:

- nitraat : niet aantoonbaar
- sulfaat : 65 mg/l
- geleidingsvermogen : 49 mS/m
- som N + S : 1,38 meq/l
- totale hardheid : 2,18 mmol/l
- waterstofcarbonaathardheid: 1,52 mmol/l

Beschouwt men de som N + S in relatie tot de overige pompstations (bijlage 2), dan blijkt 't Loohuis relatief hoog te zitten. De kwaliteit is vergelijkbaar met die van Corle en Eibergen. Ook daar is nauwelijks nitraat aantoonbaar maar is het sulfaatgehalte relatief hoog. Een verklaring hiervoor is dat voor de optredende denitrifikatie in de anaerobe winningen in Oost-Gelderland de uitspoeling van stikstof uit meststoffen hoofdzakelijk tot uiting komt in het sulfaatgehalte (literatuur 7.3).

HK 334 Repro

3. HAARLO (BORCULO)

(voor ligging en omvang van het beschermingsgebied, zie figuur 3.1)

3.1 Geologie en geohydrologie

In 1962 zijn door de Waterleidingmaatschappij Oostelijk-Gelderland in het betreffende gebied een achttal verkenningsboringen uitgevoerd (literatuur 3.1). De resultaten kunnen als volgt worden omschreven. Het watervoerend pakket bestaat uit twee lagen min of meer gescheiden door een dunne kleilaag die plaatselijk ontbreekt. De onderste laag wordt gevormd door de fluvioglaciale afzettingen van de Formatie van Drente welke hier hoofdzakelijk bestaat uit matig grove tot zeer grove zanden. Aan de bovenkant ligt plaatselijk een dunne laag kontinentaal Eemien met daarboven fijne zanden behorende tot de Formatie van Kreftenheye en de Formatie van Twente. De basis van het watervoerend pakket wordt gevormd door tertiaire afzettingen, bestaande uit fijne glauconiethoudende zanden en kleien.
De dunne kleilaag die het watervoerend pakket in twee lagen scheidt heeft een dermate lage weerstand (c = 33 dagen, literatuur 3.1) dat de twee watervoerende lagen hydrologisch gezien inderdaad als één pakket beschouwd mogen worden met een doorlaatvermogen van 2.100 m^2/dag.

In 1977 is door de STIBOKA (literatuur 3.2) een uitgebreid hydrologisch onderzoek in de omgeving van het wingebied Haarlo gedaan, met name om de invloed van de onttrekking op de ondiepe grondwaterstanden in de omgeving te bepalen.
Uit dit onderzoek bleek een vrij sterke relatie met verlagingen in het ondiepe grondwater te bestaan. Tevens kan worden opgemerkt dat het gebied hydrologisch wordt beïnvloed door de hooggelegen gronden, oostelijk van de lijn Eibergen-Groenlo-Aalten. Het water stroomt namelijk westwaarts af over de slecht doorlatende tertiaire afzettingen.

HK 334 Repro

3.2 Grondwaterkwaliteit

In figuur 3.2 is het verloop van de zes makroparameters weergegeven voor het pompstation Olde Eibergen. De weergegeven cijfers zijn de resultaten van het gemengde water van pompstation Olde Eibergen en pompstation Haarlo. Voor dit water blijkt een signifikante stijgende trend in sulfaat aanwezig.

Ook het verschil tussen totale hardheid en waterstofcarbonaathardheid is groter geworden tijdens de beschouwde periode 1970-1988. Beide verschijnselen zijn aanwijzingen voor een toenemende verzuring van het grondwater onder anaerobe omstandigheden en dus van beïnvleeding van bovenaf.

Vanaf 1985 zijn afzonderlijke gegevens bekend van de winning te Haarlo. Hoewel de sulfaatgehalten daar wat lager liggen dan voor de winning Eibergen, blijkt ook daar de trendontwikkeling (informatie Waterlaboratorium Oost).

HK 334 Repro

4. NOORDIJKERVELD (NEEDE)

(voor ligging en omvang van het beschermingsgebied, zie figuur 4.1)

De regio Neede is evenals een aantal andere wingebieden van het onderhavige onderzoek beïnvloed door stuwing in de Saale-ijstijd. Het resultaat hiervan is duidelijk herkenbaar in de Needse Berg. In het beschouwde gebied kan de stratigrafie als volgt worden geïnterpreteerd (zie ook figuur 4.5). Op circa 70 m-mv bevindt zich slecht doorlatende miocene klei. Daarboven is een 20 tot 40 m dik pakket mio- en/of pliocene glauconiet- en slibhoudende zanden afgezet. De doorlatendheid van dit pakket is gering. Deze afzettingen zijn van mariene oorsprong.
Gedurende het Plioceen is het facies veranderd van marien naar terrestrisch. Een maximaal 10 m dikke afzetting van matig grove zanden is waarschijnlijk gedurende de terrestrische fase van het Plioceen ontstaan. Deze zanden zijn vrij goed doorlatend.
De Formaties van Harderwijk en Enschede (Onder Pleistoceen) zijn in het beschouwde gebied waarschijnlijk nimmer afgezet. De Formatie van Urk (Midden-Pleistoceen) komt daarentegen wel voor. Deze formatie bestaat uit matig grove tot zeer grove zanden met een tamelijk grote permeabiliteit.

Een tweede stuwwal kan worden geïnterpreteerd van Geesteren via Gelselaar naar Stokkum. Tussen de stuwwallen is de voorkomende Formatie van Urk slechts ten dele geërodeerd. Een duidelijke glaciale erosiegeul is te herkennen. Deze is opgevuld met klei- en leemlagen, welke een maximale dikte van 7 m bereiken. Deze afzetting kan worden geklassificeerd ofwel als Formatie van Drente ofwel als afzettingen van Eemien ouderdom. In de geologische profielen van figuur 4.3 is de verbreiding van deze afzetting aangegeven. In oostelijke richting lijkt de verbreiding ter plaatse van boring 76 op te houden. Deze boring ligt op de rand van de 25-jaarszone.

In figuur 4.4 is op lokale schaal (het waterwingebied) het geologisch profiel van een vijftal boringen gegeven. Deze boringen geven aan dat in het wingebied zelf de Formatie van Drente niet onderbroken is.

HK 334 Repro

In geohydrologische zin worden de fijne mio- en pliocene zanden beschouwd als impermeabele basis. De Formaties van Kreftenheye en Urk mogen respektievelijk als eerste (freatisch water) en tweede (semi-spanningswater) watervoerend pakket worden aangemerkt. De grondwateronttrekking vindt plaats door middel van drie pompputten uit dit tweede watervoerend pakket. De klei/leemlaag (Formatie van Drente) vormt de semi-permeabele laag tussen beide watervoerende pakketten. De weerstand van deze semi-permeabele laag varieert. Waar geen klei/ leemlaag aanwezig is zal de weerstand vanzelfsprekend zeer gering zijn. De Formatie van Twente is debet aan een vertraagde uitlevering van neerslag aan het freatisch water. De gegeven schematisatie geldt (bij benadering) voor het gebied tussen de stuwwallen, niet voor de stuwwallen zelf. Deze zijn echter gesitueerd op grote afstand van het beïnvloedingsgebied van de onttrekking.

Figuur 4.5 geeft de geschematiseerde geohydrologische opbouw van het onderzoeksgebied (ontleend aan literatuur 4.1).

Gedurende enige jaren, voorafgaande aan de start van de produktie, zijn hydrologische gegevens (met name van peilbuizen) verzameld over de effekten van de grondwateronttrekking (literatuur 4.1). Deze gegevens ondersteunen in grote lijnen de geologische informatie dat de klei/leemlaag aaneengesloten zou zijn. Er is echter een merkwaardige afwijking gekonstateerd in boring 34B-66 (RGD-boring 217, zie lokatie op figuur 4.1). Hier bleek de invloed van de onttrekking op het diepe en ondiepe grondwater even groot te zijn, hetgeen duidt op het plaatselijk ontbreken van de semipermeabele Formatie van Drente. Deze hypothese wordt bevestigd door de beschrijving van deze boring (opgevraagd bij RGD) waaruit bleek dat tot 16 m-mv fijne tot uiterst grove zanden voorkomen en op 16 m een uiterst dunne leemlaag.

4.2 Grondwaterkwaliteit

Kwaliteitsgegevens zijn bekend vanaf de start van de winning in 1982 en weergegeven in figuur 4.6 voor de zes makroparameters.
Hoewel nitraat niet aantoonbaar is, vertoont het sulfaatgehalte vanaf 1984 een kontinu stijging. Ook wordt vanaf hetzelfde tijdstip het verschil tussen totale hardheid en waterstof-carbonaathardheid gro-

HK 334 Repro

ter. Beide ontwikkelingen duiden (ondanks de relatief lage waarden) op invloed van bovenaf (zie literatuur 7.3).

HK 334 Repro

5. CORLE (WINTERSWIJK)

(voor ligging en omvang van het beschermingsgebied, zie figuur 5.1)

5.1 Geologie en geohydrologie

Voor een algemene beschrijving van de geologie van het gebied waarin het beschermingsgebied van winplaats Corle zich bevindt, wordt verwezen naar hoofdstuk 2.1. Het puttenveld van Corle is slechts 5 km verwijderd van het ten zuidwesten gelegen voorgestelde puttenveld van 't Loohuis bij Aalten, het in hoofdstuk 2 behandelde gebied.

Corle maakt sedert 1926 gebruik van de in hoofdstuk 2 beschreven geulstruktuur, die ook wel als het "Dal van Winterswijk" wordt aangeduid. De geohydrologische betekenis van deze geul wordt duidelijk wanneer men de figuren 5.3.A en 5.3.B vergelijkt. Figuur 5.3.A geeft de bovenkant weer van de slecht doorlatende hydrologische basis in de regio (het beschermingsgebied van Corle is ingekaderd). De van het noordoosten naar het zuidwesten verlopende insnijding in de slecht doorlatende fijne zand en slibafzettingen van het Tertiair is goed herkenbaar. De fluvio-glaciale afzettingen (Formatie van Drente) die tijdens een opvolgende periode zijn afgezet, hebben geresulteerd in een watervoerend pakket dat qua vorm en dikte de geulstruktuur volgt (figuur 5.3.B). Het doorlaatvermogen van het watervoerend pakket is in de orde van 1.500 m^2/dag ter plaatse van de winning (figuur 5.3.C). Figuur 5.3.D geeft een beeld van de stijghoogten in het gebied van de onttrekking.

Een profiel van het gebied is schematisch weergegeven in figuur 5.4. De geografische ligging van de lijnen en van de boringen waarvan voor het samenstellen van het profiel gebruik is gemaakt, zijn op figuur 5.2 aangeduid. De profielen kruisen elkaar ter plaatse van boring nr. 63, zodat het boorprofiel van nr. 63 op figuur 5.4 is herhaald. Ten behoeve van een driedimensionale visualisatie zijn de twee boringen onder elkaar geplaatst.

Uit het profiel blijkt dat er sprake is van een freatisch watervoerend pakket. Dit wordt benadrukt door de tijdstijghoogtelijnen van

HK 334 Repro

een drietal waarnemingsputten met filters op verschillende diepten (figuur 5.5). In de putten 10 en 240 die zich op het pompstation bevinden is als gevolg van de grondwateronttrekking de stijghoogte circa 1,5 m lager dan die in de 1 km ten noorden van het pompstation gelegen waarnemingsput 246. Het vrijwel parallel lopen van de tijd-stijghoogtelijnen van de drie filters in put 246 geeft aan dat de plaatselijk aanwezige slecht doorlatende lagen een te geringe scheidende werking hebben voor het opdelen van de watervoerende toplaag in twee of meer watervoerende pakketten.

De afwezigheid van slecht doorlatende laten met enige horizontale kontinuïteit heeft als gevolg dat het watervoerend pakket ter plaatse van Corle gevoelig is voor infiltratie van neerslag overschot.

5.2 Grondwaterkwaliteit

In figuur 5.6 is het verloop van de zes makroparameters weergegeven van 1971-1988. Zowel uit de stijging in sulfaatconcentratie als ook uit het groter wordende verschil tussen totale hardheid en waterstof-carbonaathardheid, wordt gekonkludeerd dat hier verzuring van het grondwater optreedt.

HK 334 Repro

6. VIERAKKER (ZUTPHEN)

(voor ligging en omvang van het beschermingsgebied, zie figuur 6.1)

6.1 Geologie en geohydrologie

De ondiepe geologie (tot circa 30 m - NAP, of 40 m-mv) in de omgeving van de waterwinning Vierakker nabij Zutphen bestaat voornamelijk uit afzettingen van de Formatie van Drente, de Formatie van Kreftenheye en de Eem Formatie. De Formatie van Drente bestaat uit zowel kleiige pakketten en zandige afzettingen en kan als zodanig in het hydrologische profiel zowel een scheidende laag vormen als deel uitmaken van het watervoerend pakket. In figuur 6.2 is een geohydrologisch profiel van het gebied in de omgeving van Zutphen weergegeven. De tweede scheidende laag komt overeen met de Formatie van Drente en vormt tevens de basis van de waterwinning Vierakker.

Het profiel dat boven de kleien van de Formatie van Drente wordt aangetroffen is niet eenduidig. Op figuur 6.2 blijkt dit uit de onzekerheid betreffende de verspreidingen van een eerste scheidende laag. Waar deze afwezig is bestaat het watervoerend pakket waaruit het grondwater van Vierakker gewonnen wordt uit de grofzandige Formatie van Kreftenheye, en uit zandige afzettingen van de Eem Formatie. Waar wel een eerste scheidende laag wordt aangetroffen, bestaat deze uit kleiige afzettingen van de Eem Formatie.
Bij de interpretatie van de figuren 6.3 en 6.4 moet rekening worden gehouden met het heterogene karakter van de afzettingen en dienen de aangegeven lijnen en begrenzingen niet als exakt te worden beschouwd.

Gedetailleerde informatie van de bodemopbouw ter plaatse van het puttenveld is aanwezig in de vorm van een negental beschrijvingen van boringen die in opdracht van de Waterleidingmaatschappij Oost-Gelderland (WOG) zijn uitgevoerd. De boringen benadrukken het heterogene karakter van de verspreiding van de kleilagen. In vijf van negen boringen is op een trajekt tussen 20 en 25 m-mv een kleilaag aanwezig, variërend tussen de 1 en 4 m. In zes van de negen werd op een trajekt van 9 tot 17 m klei aangetroffen met een gemiddelde dikte van 4 m, en in één boring was geen kleilaag aanwezig.

HK 334 Repro

6.2 Grondwaterkwaliteit

In figuur 6.5 is het verloop van de zes makroparameters weergegeven voor 1971-1988. In sulfaat en geleidingsvermogen is met enige voorzichtigheid een lichte opwaartse trend herkenbaar. De hardheid van het water van dit pompstation behoort tot de hoogste van Gelderland.

HK 334 Repro

7. PINKENBERG (RHEDEN)

(voor ligging en omvang van het beschermingsgebied, zie figuur 7.1)

7.1 Geologie en geohydrologie

Evenals het pompstation La Cabine (Arnhem) en de Wageningse Berg (Wageningen) is de geologische situatie in de omgeving van Pinkenberg sterk beïnvloed door de ijstijden. In hoofdstuk 1 is van de daarmee gepaard gaande processen een goede beschrijving gegeven.
De winplaats Pinkenberg ligt juist ten noorden van Velp aan de zuidkant van de Veluwe. Het gebied in de omgeving van de winplaats wordt gekenmerkt door het voorkomen van stuwwallen met grove grindhoudende zandgronden. In zuidoostelijke en oostelijke richting vormt dit stuwwallengebied vanuit het Veluwemassief de overgang naar het dal van de IJssel.

De omgeving van de winplaats is sterk geaccidenteerd. In het stuwwalgebied varieert de hoogteligging van circa NAP + 25 m tot circa NAP + 100 m. In zuidelijke richting neemt de hoogte af tot circa NAP + 10 m in het dal van de IJssel.

Op grond van gegevens uit literatuur 7.1 en boringen op de winplaats kan worden gekonkludeerd dat onder andere door de stuwing en de verschubbing ter plaatse en in de omgeving van de winplaats een komplex geohydrologisch systeem is ontstaan. Ter plaatse van de winplaats Pinkenberg kan de ondergrond worden geschematiseerd tot drie watervoerende pakketten gescheiden door twee slechtdoorlatende lagen. De verbreiding van de slecht doorlatende laag tussen het eerste en tweede watervoerend pakket beperkt zich waarschijnlijk, vanuit de winplaats gezien, tot het gebied ten zuidwesten van de winplaats. In noordelijke richting naar het Veluwe-massief ontbreekt de slechtdoorlatende laag tussen het eerste en het tweede watervoerend pakket zodat daar sprake is van twee watervoerende pakketten. In zuidelijke en in zuidoostelijke richting is in het IJsseldal, evenals ter plaatse van de winplaats sprake van drie watervoerende pakketten. De slecht doorlatende laag tussen het eerste en het tweede watervoerend pakket wordt in tegenstelling tot de situatie ter plaatse van

HK 334 Repro

de winplaats niet alleen gevormd door kleilagen van de Formatie van Kedichem maar ook door kleilagen van de Formatie van Drente.
De opbouw van de ondergrond ter plaatse van de winplaats is schematisch weergegeven in tabel 7.1

Tabel 7.1 Geologische en geohydrologische opbouw ter plaatse van de winplaats (ontleend aan literatuur 7.1)

Diepte ten opzichte van maaiveld* in m	Bodemsoort	Afzetting	Geohydrologische betekenis
0 tot - 35 à - 50	zwak leemhoudend matig grof tot matig fijn zand, met enkele leemlaagjes	gestuwd en verschubd	1e watervoerend pakket
- 35 à - 50 tot - 80 à - 100	afwisselend lagen klei, leem en matig grof tot matig fijn zand	gestuwd en verschubd Formatie van Kedichem?	slecht doorlatende laag
- 80 à - 100 tot - 110 à - 135	grof tot matig fijn zand	gestuwd en verschubd (tot ?) Formaties van Enschede en Harderwijk?	2e watervoerend pakket
- 110 à 135? tot ?	grove tot fijne zanden met ingeschakelde kleilagen	Formaties van Tegelen en Maassluis	slecht doorlatende laag
? tot - 210 à - 230	matig fijn tot fijn zo nu en dan slibhoudend zand	Formaties van Maassluis en Oosterhout	3e watervoerend pakket
dieper dan - 210 à - 230	schelp- en glauconiethoudende zandige klei of klei	Formatie van Breda	basis van het 3e watervoerend pakket

* het maaiveld varieert ter plaatse van circa NAP + 30 m tot circa NAP + 55 m

HK 334 Repro

Het doorlaatvermogen van het eerste watervoerend pakket ter plaatse van de winplaats is onbekend. Aangezien het eerste watervoerend pakket uit gestuwd materiaal bestaat, waaronder enkele minder doorlatende leemlaagjes, heeft dit pakket een sterk, niet homogeen anisotroop karakter. Dit betekent dat de doorlatendheid in vertikale en horizontale richting sterk kan verschillen.

Het doorlaatvermogen van het tweede watervoerend pakket is zowel uit een putproef als een capaciteitsproef berekend. De berekende waarden bedroegen respektievelijk 1.760 en 2.700 m^2/d (literatuur 7.1). Het is niet bekend tot op welke diepte het tweede watervoerend pakket uit gestuwd materiaal bestaat. Tevens is niet bekend in welke mate dit pakket een anisotroop karakter heeft. Over de grootte van de weerstand van de slechtdoorlatende lagen tussen de watervoerende pakketten zijn geen nadere gegevens bekend.

Voor het karakter van de winning is van belang dat zowel uit het tweede watervoerend pakket als uit het eerste watervoerend pakket grondwater wordt onttrokken. De winputten in het eerste watervoerend pakket hebben overigens alleen een bemalingsfunktie om de pompgebouwen droog te houden en zijn niet per se nodig voor de capaciteit.

In figuur 7.2 is een geologisch profiel in noordzuid-richting gegeven, gebaseerd op de boringen 304, 264 (= put 13 van de winplaats) en 285. De lokaties van de boringen 304 en 264 zijn aangegeven in figuur 7.1. Boring 285 valt buiten het kaartblad. Wegens ontbrekende gegevens kon de scheidende laag in noordelijke richting niet doorgetrokken worden. In de 25-jaars beschermingszone tussen het wingebied en boring 304 is geen enkele boring die het inzicht kan vergroten. Ook in literatuur 7.2 wordt gekonkludeerd dat de geohydrologische opbouw in dit gestuwde gebied onvoldoende bekend is en wordt aanbevolen om meer diepe boringen te verrichten.

7.2 Grondwaterkwaliteit

Bedroeg de som van N + S in 1963 0,60 meq/l (literatuur 7.3), in 1988 was dit aanzienlijk lager met 0,25 meq/l. De oorzaak hiervan is het feit dat sinds 1963 de ondiepe winningen aan de rand van de

HK 334 Repro

woonkern geleidelijk zijn verlaten en vervangen door diepe putten in het bosgebied op grote afstand van de bebouwing (literatuur 7.3). De gehalten aan nitraat en sulfaat zijn daardoor beide afgenomen en de gehalten in het reine water die momenteel worden gemeten hangen daardoor in sterke mate af van de bijschakeling van de ondiepe winnningen (in 1988 334.000 m^3).

Hoewel de diepe putten van het wingebied (11 t/m 16) een zeer stabiele kwaliteit hebben met een lage som N + S, ontstaan in het gemengde water signifikante variaties (figuur 7.3) doordat de ondiepe putten (5 en 9/10) grotere variaties in samenstelling vertonen en een hogere som N + S hebben (in 1988 0,93 respektievelijk 0,85 meq/l, zie bijlage 2), hetgeen op beïnvloeding van bovenaf duidt. Opmerkelijk is de lage som N + S (zie bijlage 2) van de ondiepe put 6, die blijkbaar niet beïnvloed wordt. Dit geeft eveneens het onvoorspelbare karakter aan van de geohydrologische situatie in een stuwwalgebied met beperkte boorgegevens.

HK 334 Repro

8. WAGENINGSE BERG (WAGENINGEN)

(voor ligging en omvang van het beschermingsgebied, zie figuur 8.1)

8.1 Geologie en geohydrologie

Evenals dat voor La Cabine en de Pinkenberg het geval is, is de geologische situatie in de omgeving van Wageningen sterk beïnvloed door verschijnselen uit de ijstijden die uitvoerig zijn beschreven onder hoofdstuk 1 (La Cabine, Arnhem). De stuwwallen bij Wageningen en Doorwerth bereiken hoogten tot NAP + 50 m. Tussen de beide stuwwallen ligt een grote spoelzandvlakte; hierin bevinden zich de Renkumse en Heelsumse Sprengenbeken. De Gelderse Vallei aan de westzijde van het gebied ligt aanzienlijk lager, op ongeveer NAP + 6 à 7 m.

Geohydrologisch is het gehele gebied te schematiseren tot twee watervoerende pakketten die worden gescheiden door een kleilaag. Het doorlaatvermogen van het ondiepe, eerste watervoerend pakket (50-2.500 m^2/dag) is wat kleiner dan van het tweede watervoerend pakket (1.500-3.400 m^2/dag). De weerstand van de kleilaag varieert sterk van plaats tot plaats, namelijk van 50 tot meer dan 3.000 dagen. Het grondwater stroomt zowel in het eerste als tweede watervoerend pakket van het noordoosten naar de Rijn, aan de zuidkant van het gebied. De hoogste grondwaterstanden in het noordoosten komen tot NAP + 18 à 20 m. Langs de Rijn heerst een gemiddelde grondwaterstand van NAP + 7 à 8 m.

Een schematische opbouw in een dwarsdoorsnede van noord naar zuid is weergegeven in figuur 8.4 (ontleend aan literatuur 8.1). De onttrekking van het pompstation Wageningse Berg vindt plaats vanuit het tweede watervoerend pakket. In figuur 8.3 zijn twee geohydrologische profielen weergegeven, haaks op elkaar over de Wageningse Berg (ontleend aan literatuur 8.2). De ligging van de profielen is aangegeven in figuur 8.2. Deze profielen geven aan dat het tweede watervoerend pakket is gelegen onder de Formatie van Kedichem, c.q. Drente, die uit klei en leem bestaat. Deze profielen geven een aanwijzing dat de Formaties van Kedichem en Drente ter plaatse van de Wageningse Berg in alle richtingen aaneengesloten zijn. Ter aanvulling van dit beeld

HK 334 Repro

zijn enige diepe boringen in de nabijheid van het waterwingebied nader beschouwd, namelijk de boringen 552 en 553. Voor de lokatie van deze boringen wordt verwezen naar figuur 8.1 waarop ook de ligging van boring 240 staat aangegeven welke het kruispunt is van de geohydrologische profielen in figuur 8.3.

De boringen 552 en 553 geven beide op circa NAP - 30 à 40 m lagen van lichte tot zeer zware klei. In alle onderzochte gegevens zijn derhalve geen aanwijzingen die erop wijzen dat de Formaties van Kedichem en Drente in de omgeving van het wingebied gestoord en onderbroken zou zijn. Ook het waterleidingbedrijf de Veluwse Nutsbedrijven heeft in hun boorgegevens ter plaatse van de winning hierover geen aanwijzing.

8.2 Grondwaterkwaliteit

Het verloop van de zes makroparameters van 1979-1988 is weergegeven in figuur 8.5. Nitraat is in het gewonnen water niet aantoonbaar. Het sulfaatgehalte en geleidingsvermogen zijn laag. Het verschil tussen totale hardheid en waterstofcarbonaathardheid is verwaarloosbaar.
De weergegeven parameters zijn redelijk konstant. Er is geen trend in het verloop aanwezig. De somparameter N + S (zie bijlage 2) was in 1988 met 0,17 de op één na laagste van alle Gelderse winningen. Men kan met zekerheid stellen dat hier geen grondwaterverzuring aanwezig is en dat niets duidt op menselijke invloeden.

HK 334 Repro

9. NIEUWE MARKTSTRAAT (NIJMEGEN)

(voor ligging en omvang van het beschermingsgebied, zie figuur 9.1)

9.1 Geologie en geohydrologie

In 1983 is door het KIWA een uitvoerige inventarisatie gemaakt van de geologische en geohydrologische situatie van het wingebied. De resultaten van dit onderzoek zijn vastgelegd in literatuur 9.1 en 9.2. Gebaseerd op deze onderzoeksresultaten, aangevuld met mondelinge informatie van Openbare Nutsbedrijven Nijmegen wordt hier een overzicht gegeven van de relevante geologische en geohydrologische aspekten.

De oudste afzettingen die nog van belang zijn voor de grondwaterstroming zijn de slecht doorlatende mariene zanden en kleien van de Formatie van Breda. Ze zijn van tertiaire ouderdom en de bovenzijde ligt op een diepte van NAP -150 à -200 m. Daarboven worden de sterk van samenstelling wisselende tertiaire afzettingen van de Formatie van Oosterhout aangetroffen (schelphoudende kleien, zandige kleien en zanden), die ook van mariene oorsprong zijn. De bovenzijde bevindt zich op NAP -100 à -150 m.

De overgang van Tertiair naar Kwartair valt samen met de overgang van mariene naar fluviatiele afzettingen. Rijn, Maas en andere rivieren vanuit het oosten zetten in opeenvolgende koude en warme perioden pakketten af, die wat betreft samenstelling wisselen van klei tot zeer grof zand en grind (Formaties van Tegelen, Harderwijk, Kedichem en Urk).

Het landijs heeft gedurende de laatste ijstijd diepe bekkens uitgehold en het materiaal zijdelings omhoog gedrukt. De stuwwal van Nijmegen is vanuit het oosten en het noorden gestuwd, waardoor de stuwingsverschijnselen erg gekompliceerd zijn. De hoofdrichting van de strekking is noord-zuid. Het waterwingebied Nieuwe Marktstraat valt net binnen de begrenzing van de stuwwal (zie figuur 9.2). Overigens zal de ondergrond ook buiten deze grens nog wel kenmerken van

HK 334 Repro

de stuwing vertonen: scheefstelling, verkneding en over elkaar heenschuiven van lagen.

Gedurende de Saale-ijstijd zijn glaciale bekkenkleien en -zanden en fluvioglaciale grove zanden afgezet, behorend tot de Formatie van Drente. Nadat het landijs was verdwenen, werden door de rivieren grove grindhoudende zanden afgezet (Formatie van Kreftenheye). De holocene rivierafzettingen (zandige oeverwallen en leemklei) komen voor ten westen van de stuwwal (Betuwe Formatie).

Geohydrologisch gezien zijn er in grote lijnen twee watervoerende pakketten te onderscheiden:

- het tweede watervoerend pakket vanaf de slecht doorlatende basis op een diepte van NAP -150 m à 200 m (Formatie van Breda) tot de scheidende laag (klei van de Formatie van Kedichem en fluvioglaciale klei van de Formatie van Drente);
- het eerste watervoerend pakket vanaf de scheidende laag tot de slecht doorlatende deklaag (of tot het maaiveld als deze laag ontbreekt). Dit pakket wordt gevormd door de zandige afzettingen van de Formaties van Kreftenheye en Drente. In het pakket komen plaatselijk kleilagen voor.

In het gestuwde gebied (waarbinnen ook het wingebied Nieuwe Marktstraat ligt) is deze onderverdeling niet zinvol. Er is hier sprake van één watervoerend pakket dat echter "doorspekt" is met scheefgestelde, verschubde en vermengde kleilagen. Op sommige plaatsen kan de vertikale doorlatendheid hierdoor zo sterk afnemen, dat er schijngrondwaterspiegels optreden. Waar zeer sterk hellende kleilagen van enige omvang voorkomen, ondervindt ook de horizontale stroming een weerstand. Als deze weerstand groot is, spreekt men van kompartimentering. De ligging van de slecht doorlatende barrières is echter meestal niet bekend.

Ook buiten het gestuwde gebied zijn niet overal twee watervoerende pakketten aanwezig. Figuur 9.2 geeft globaal aan hoe de begrenzing is van het gebied waarbinnen de beide watervoerende pakketten samen zijn genomen. Dit op grond van het ontbreken van de scheidende laag of vanwege het ontbreken van gegevens omtrent de ligging of de ver-

HK 334 Repro

breiding van die laag (ontleend aan literatuur 9.3). Het betreft een strook langs de stuwwal en het gebied rond Beuningen. Tevens is de dikte van beide watervoerende pakketten vermeld. Het betreft hier gegevens op regionale schaal. Plaatselijk kan de situatie hiervan afwijken.

De geohydrologische parameters als doorlaatvermogen (kD-waarde), weerstand van slecht doorlatende lagen (c-waarde) en bergingskoëfficiënt (S) zijn in het gebied rond Nijmegen maar op enkele plaatsen bekend (zie figuur 9.2). De wijze van bepaling is echter zodanig dat de gegeven waarden slechts als indikatie mogen worden opgevat. Dit geldt met name in de stuwwal, doch in mindere mate ook in de aangrenzende gebieden. Gegevens over de c-waarde op regionale schaal ontbreken.

Uit de voorgaande beschrijving van de regionale situatie wordt het volgende gekonkludeerd:

- Er is in de omgeving van Nijmegen maar een beperkt gebied waar duidelijk twee watervoerende pakketten zijn te onderscheiden;
- Er kunnen overal elders slecht doorlatende lagen voorkomen, die een zekere vertikale weerstand hebben. Deze lagen zijn niet aaneengesloten en zeer variabel in dikte en samenstelling.

Om meer inzicht te krijgen in het voorkomen van slecht doorlatende klei- en leemlagen op meer lokale schaal (direkte omgeving waterwingebied) is in het KIWA-onderzoek (literatuur 9.1) de situatie geanalyseerd aan de hand van een groot aantal boringen. Het resultaat van deze analyse is weergegeven in figuur 9.3. Bij de analyse is een aantal niveaus onderscheiden waarop slecht doorlatende lagen al of niet voorkomen. De vertikale weerstand is van plaats tot plaats verschillend. Om een indruk te krijgen van de grootte, zijn gemeten grondwaterstanden en boorprofielen geanalyseerd. Uit deze analyse volgt dat de weerstand 200 à 300 dagen is. Deze waarde is op te vatten als een gemiddelde rekengrootheid over een strook van ongeveer 1 km vanaf de Waal.

Van belang voor het onderhavige onderzoek is dat blijkt dat ter plaatse van het pompstation Nieuwe Marktstraat op geen van de onder-

HK 334 Repro

scheiden niveaus een aaneengesloten slecht doorlatende laag van betekenis aanwezig is.

9.2 Grondwaterkwaliteit

In 1984 is door het KIWA (literatuur 9.2) een onderzoek verricht naar de kwaliteit van het grondwater, onttrokken door het pompstation Nieuwe Marktstraat. Die studie is verricht aan de hand van de routinematig verzamelde kwaliteitsgegevens van alle putten en een isotopenonderzoek. Het doel van de studie was om de herkomst en ouderdom van het onttrokken grondwater aan te geven. Uit de studie zijn de volgende konklusies getrokken (letterlijke weergave).

1. Het drinkwater geproduceerd door het pompstation Nieuwe Marktstraat bestaat voor circa 40% uit Waal-oevergrondwater en voor 60% uit geïnfiltreerd regenwater.
2. Hetzelfde water (mengsel) bevat circa 55% water jonger dan 20 jaar.
3. De kwaliteit van het grondwater rond het pompstation is als volgt ruimtelijk verdeeld. In het noordwestelijke deel wordt voornamelijk oevergrondwater met een redelijke kwaliteit en geen/nauwelijks stedelijke verontreiniging aangetroffen, in het noordoostelijke deel voornamelijk stuwwalgrondwater met een goede kwaliteit en weinig stedelijke verontreiniging en circa 30% oevergrondwater bijgemengd, terwijl in het zuidelijke en zuidoostelijke gedeelte stuwwalgrondwater voorkomt met een stedelijke verontreiniging en 0-35% oevergrondwater bijgemengd.
4. Het waterwingebied is tamelijk kwetsbaar voor stedelijke verontreiniging, gezien het vrij hoge percentage jong grondwater (< 20 jaar), verhogingen in concentraties van vooral NO_3, K en SO_4 en de aanwezigheid van organische mikroverontreinigingen in het opgepompte water van een aantal pompputten.

De konklusie van stedelijke verontreiniging in het grondwater is gebaseerd op relatief hoge concentraties tri, chloroform en tetra in de zuidelijke en zuidoostelijke putten. In figuur 9.6 is de vermoedelijke verbreiding van het verontreinigd grondwater weergegeven. De noordelijk hiervan gelegen pompputten onttrekken water met een betere

HK 334 Repro

kwaliteit (in 1984). Het aandeel oevergrondwater is daar globaal hoger.

In figuur 9.5 is van enkele parameters het verloop van 1920-1982 weergegeven (ontleend aan literatuur 9.2). Uit deze gegevens in kombinatie met de produktiegegevens is het volgende afgeleid:

1. Er bestaat sind 1925 een redelijk positieve korrelatie tussen de drinkwaterproduktie en het NO_3-gehalte en tussen het Cl- en HCO_3-gehalte.
2. Het Cl- en NO_3-gehalte vertonen sinds 1950 min of meer een tegenovergesteld verloop, vermoedelijk door een groeiende bijdrage van oevergrondwater.
3. De samenstelling van het drinkwater vertoont in 1982 overeenkomsten met oevergrondwater, meer dan voorheen.

Een belangrijke invloed op het gekonstateerde heeft:

a. het stoppen met grondwateronttrekking door Schut Superieur en Gelderland Tielens in respektievelijk 1977 en 1971, waardoor sedertdien meer oevergrondwater naar het pompstation kan toestromen, en
b. het recentelijk (sinds medio 1977) als interceptieputten fungeren van enkele putten, die verontreinigd stuwwalgrondwater leverden (voornamelijk W55 en W56).

In figuur 9.4 is het verloop van de vier bekende makro-parameters vanaf 1970-1988 weergegeven. Ook hierin blijkt de belangrijke invloed van het stoppen van de onttrekking van het bedrijf Schut Superieur in 1977.

HK 334 Repro

10. INDELINGSKRITERIA

10.1 Huidige kriteria

De in 1988 door de provincie gehanteerde indelingskriteria zijn als volgt:

Klasse I
Zeer kwetsbare winningen. Deze groep bevat freatische winningen. Hierbij wordt gewonnen vanuit een watervoerend pakket waarboven geen beschermende deklagen voorkomen. Ook zijn in deze groep winningen ingedeeld die gelegen zijn in gestuwd gebied en waar eventueel aanwezige beschermende lagen geplooid zijn.

Klasse II
Kwetsbare winningen. Deze groep bevat winningen waarbij aan de oppervlakte een kleilaag aanwezig is die in ieder geval voor diffuse verontreinigingen een zekere bescherming biedt.

Klasse III
Weinig kwetsbare winningen. Deze groep bevat winningen waarbij sprake is van een vrijwel ondoorlatende klei- of leemlaag op diepte (hiermee werd door de Provincie bedoeld dat de winningen plaatsvinden van onder de kleilaag en dat de kleilaag aaneengesloten is over minimaal het 25-jaarsgebied).

Klasse IV
Wingebieden waar onvoldoende bekendheid bestaat over het effekt van het beschermingsregime. Deze groep bevat winningen waarbij op diepte een minder doorlatende of onderbroken (klei-) laag aanwezig is.

10.2 Voorstel voor nuancering van kriteria

Een nuancering van de huidige kriteria moet ons inziens in dit stadium bestaan uit een verdieping c.q. uitbreiding van die kriteria zonder ze inhoudelijk aan te tasten. Tevens moet met reeds bestaande gegevens toepassing van de kriteria mogelijk zijn. Wij stellen de volgende modifikaties c.q. aanvullingen voor:

HK 334 Repro

Klasse I

Zeer kwetsbare winningen. Deze groep bestaat uit:

- freatische winningen;
- winningen in gestuwd gebied waar is aangetoond dat een bovenliggende slecht doorlatende laag niet kontinu is of waar vooralsnog grote onzekerheid bestaat over de kontinuïteit van een bovenliggende slecht doorlatende laag;
- winningen waarbij het waterkwaliteitsverloop binnen een periode van 25 jaar wijst op toenemende verzuring of andere kwalijke invloeden van bovenaf.

Klasse II

Weinig kwetsbare gebieden. Deze groep bestaat uit:

- winningen waarbij is aangetoond dat een bovenliggende slecht doorlatende deklaag tamelijk kontinu is en geen signifikante verandering in de waterkwaliteit van het gewonnen water in de afgelopen periode van 25 jaar is opgetreden.

Klasse III

Weinig kwetsbare winningen. Deze groep bestaat uit:

- winningen (in ongestuwd of gestuwd gebied) waarbij is aangetoond dat zich op diepte en boven de winning een zeer slecht doorlatende laag bevindt, tevens de kwaliteit van het gewonnen grondwater konstant van kwaliteit is en er geen aanwijzingen zijn op invloeden van bovenaf.

Ter toelichting wordt het volgende opgemerkt. Een winning in gestuwd gebied dient volgens de voorgaande beschrijving ingedeeld te worden in klasse I indien grote onzekerheid bestaat over de kontinuïteit van een bovenliggende slecht doorlatende laag. Dit is zo gesteld omdat er in gestuwd gebied een zeer grote kans is dat een dergelijke laag niet kontinu. Slechts als kan worden aangetoond dat die laag zeer waarschijnlijk wel kontinu is en er geen andere aanwijzingen zijn op beïnvloeding van bovenaf, kan men besluiten de betreffende winning in klasse III in te delen.

HK 334 Repro

11. INDELING VAN DE WINGEBIEDEN

11.1 La Cabine (Arnhem)

De ontwikkeling van de waterkwaliteit duidt op signifikante beïnvloeding van bovenaf. Dat de mogelijkheid op snelle beïnvloeding aanwezig is, wordt bevestigd door de geologische en geohydrologische gegevens. Wij adviseren dit wingebied op te nemen in klasse I.

11.2 't Loohuis (Aalten)

De aanwezige grondwaterkwaliteit wijst op verzuring van het grondwater en dus een snelle beïnvloeding van bovenaf. Wij adviseren dit wingebied op te nemen in klasse I.

11.3 Haarlo (Borculo)

De geohydrologische gegevens wijzen op een sterke relatie tussen diep en ondiep grondwater en dus op een snelle beïnvloeding. Uit de waterkwaliteitsgegevens blijkt een signifikante verslechtering. Wij adviseren dit gebied op te nemen in klasse I.

11.4 Noordijkerveld (Neede)

Er zijn geologische en geohydrologische aanwijzingen dat de klei/leemlaag niet aaneengesloten is. Uit de kwaliteitsgegevens blijkt een verzuring van het grondwater. Wij adviseren dit gebied op te nemen in klasse I.

11.5 Corle (Winterswijk)

Slecht doorlatende lagen met enige kontinuïteit zijn afwezig met als gevolg een snelle beïnvloeding van het watervoerend pakket. De verzuring van het grondwater bevestigt de snelle invloed van bovenaf. Wij adviseren dit gebied op te nemen in klasse I.

HK 334 Repro

11.6 Vierakker (Zutphen)

De verspreiding van de kleilagen is zeer heterogeen en niet aaneengesloten. De kwaliteit van het grondwater wijst op invloed van bovenaf. Wij adviseren dit gebied op te nemen in klasse I.

11.7 Pinkenberg (Rheden)

De ondiepe winning wordt snel beïnvloed van bovenaf. Zolang deze ondiepe winning in produktie is, adviseren wij dit gebied op te nemen in klasse I. Het geologisch en geohydrologisch inzicht in dit wingebied is zeer gebrekkig. Wij adviseren nader onderzoek in deze, en tevens aandacht voor de ontwikkeling van de waterkwaliteit in de diepe putten.

11.8 Wageningse Berg (Wageningen)

Er zijn geen geologische of geohydrologische aanwijzingen op een mogelijk snelle beïnvloeding van bovenaf. De waterkwaliteit is reeds zeer lang konstant van samenstelling met een niet-beïnvloede kwaliteit. Wij adviseren dit gebied op te nemen in klasse III.

11.9 Nieuwe Marktstraat (Nijmegen)

De geologische situatie en daarmee gepaard gaande geohydrologie duiden op de mogelijkheid van een snelle beïnvloeding van bovenaf. Dit wordt bevestigd door gegevens over de verblijftijd van het gewonnen water (55% jonger dan 20 jaar) en de kwaliteitsontwikkeling. Wij adviseren dit gebied op te nemen in klasse I.

HK 334 Repro

Literatuurlijst

1.1 RID, 1972. Nota inzake de mogelijkheden ter bepaling van de winbare hoeveelheid grondwater in het gebied van de zuidelijke Veluwezoom.

1.2 RID, 1981. Nota inzake de resultaten van de in februari 1971 op de waterwinplaats La Cabine (Arnhem) gehouden pompproef.

2.1 DGV/TNO, 1972. Grondwaterkaart van Nederland, kaartblad 34 West en 41 West.

3.1 DGV/TNO, 1972. Grondwaterkaart van Nederland. Kaartblad 34 West.

3.2 STIBOKA, 1977, rapportnr. 1328. Hydrologisch onderzoek pompstation Haarlo, gemeente Borculo.

4.1 WOG, 1983. Gevolgen waterwinning Neede-Noordijkerveld.

7.1 Commissie Grondwaterwet Waterleidingbedrijven. Brief d.d. 26 september 1985, kenmerk GW 626/6, gericht aan het College van Gedeputeerde Staten van de provincie Gelderland, betreffende de waterwinning Rozendaal (Pinkenberg).

7.2 DGV/TNO. Grondwaterkaart van Nederland, kaartblad 40 west.

7.3 Van Bennekom, C.A. en J.C. Kruithof. Kwantificering van verzurende processen in grondwater. H_2O (21) 1988, nr. 10

8.1 Provincie Gelderland, Dienst Waterbeheer, januari 1983. Beleid op korte termijn voor het onttrekken van grondwater in Renkum en Wageningen.

8.2 DGV/TNO, juli 1977. Grondwaterkaart van Nederland, Inventarisatierapport Rhenen, Kaartblad 39 Oost.

9.1 KIWA, 1983. Geohydrologisch onderzoek rond het pompstation Nieuwe Marktstraat.

9.2 KIWA, 1984. Isotopenhydrologisch en hydrochemisch onderzoek rond het pompstation Nieuwe Marktstraat.

9.3 DGV/TNO, Aelmans, F.G., 1981. Inventarisatierapport kaartblad 40 west (Arnhem-west).

Algemene literatuur

Provincie Gelderland, Dienst Waterbeheer, mei 1984. Berekende verblijftijdzones van 1,10 en 25 jaar voor drinkwaterwinning in Gelderland.

HK 334 Repro

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs-
en Architectenbureau

F I G U R E N

HK 334 Repro

Lokatie en beschermingsgebieden van het pompstation La Cabine (Arnhem)

1.1

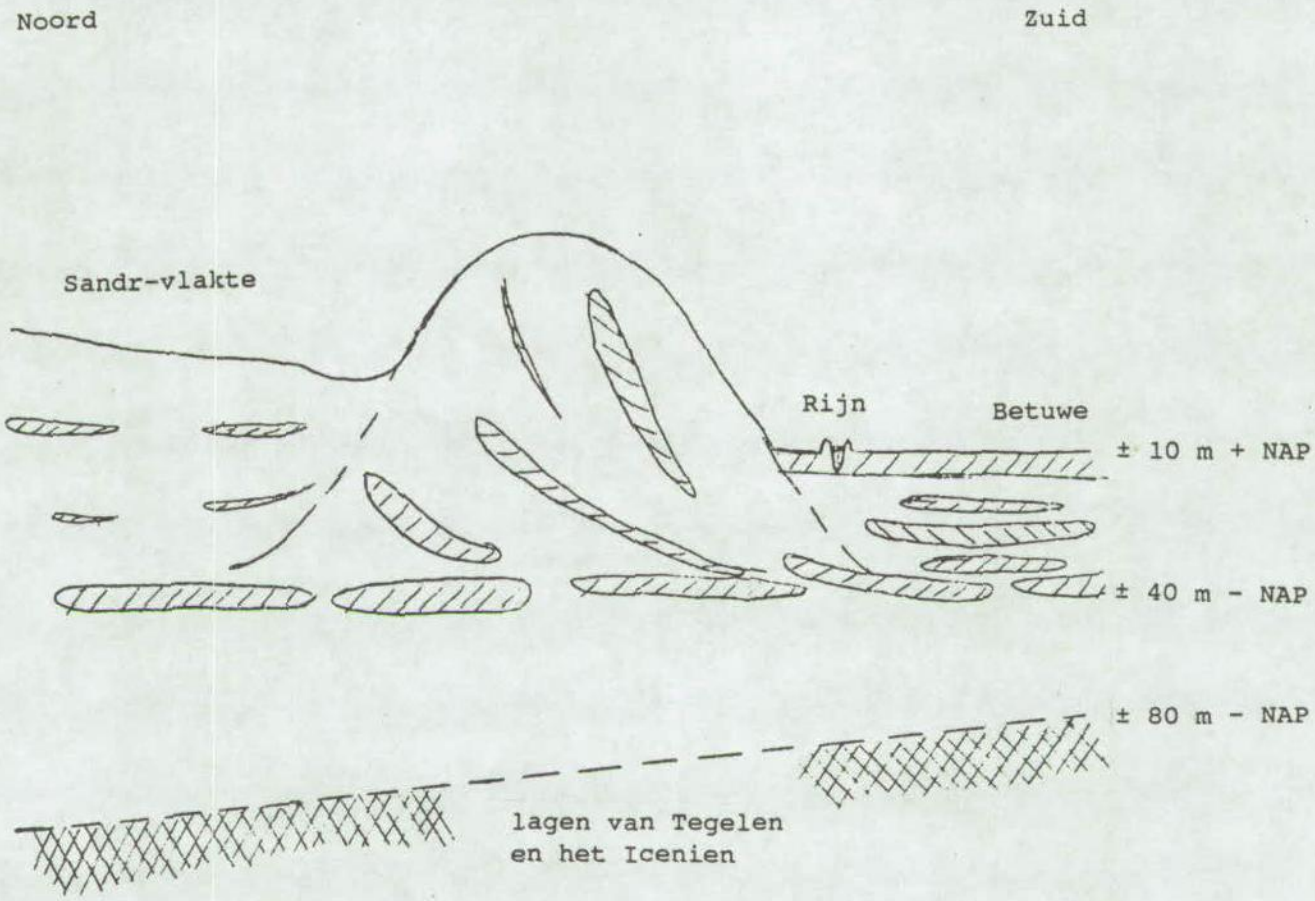
HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

✱ **BOORLOCATIE**

Pompstation La Cabine (Arnhem)
Lokaties van de boringen 4, 5, 16 en 17

1.2

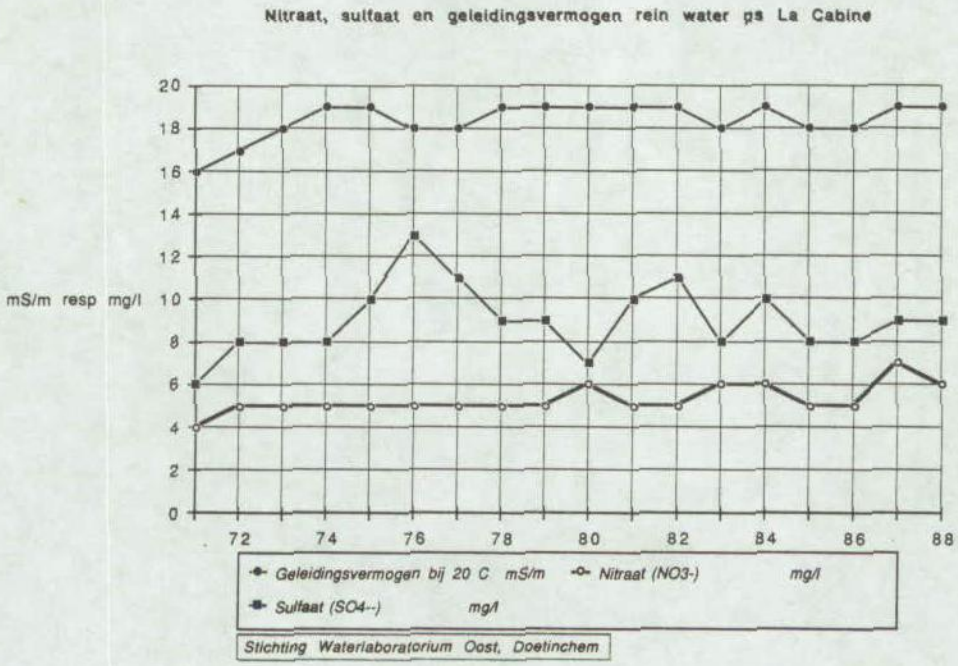
HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

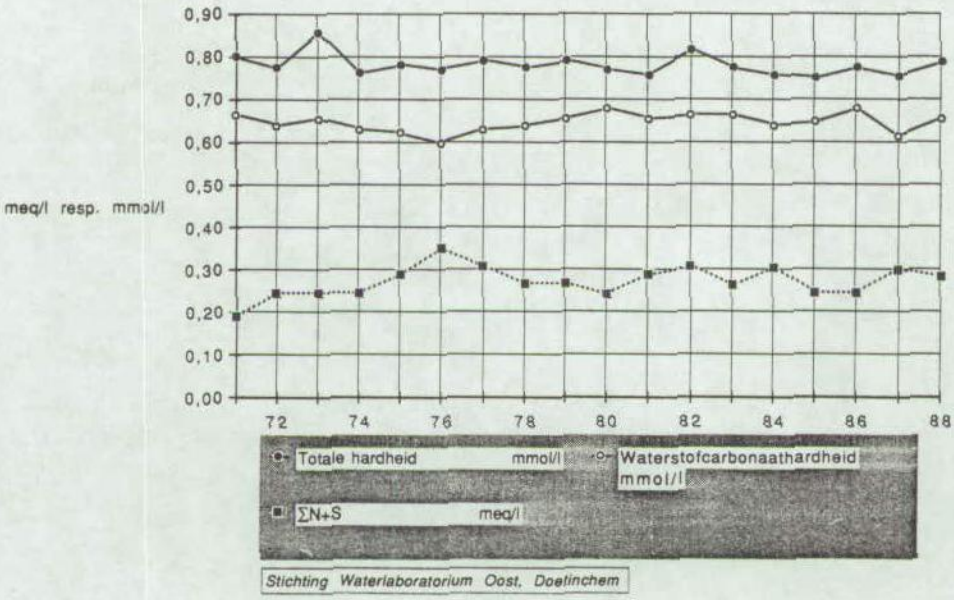


Schematische weergave van een noord-zuid-profiel over de Zuid-Veluwe-zoom

1.3

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

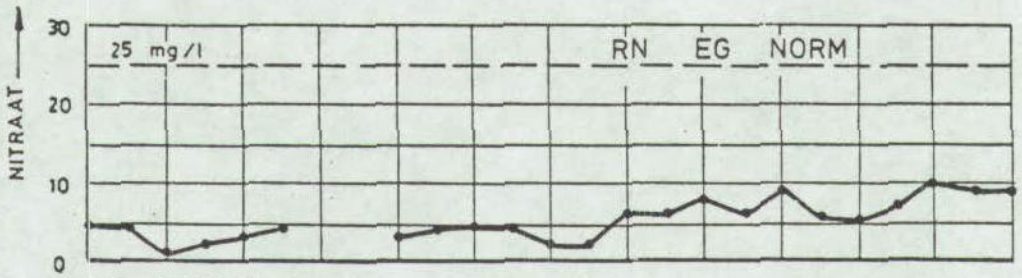




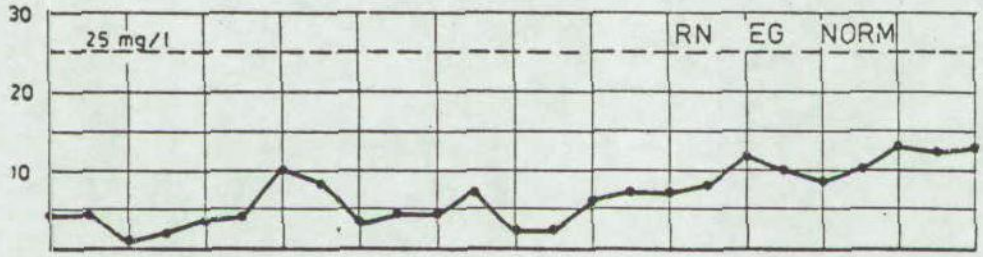
Het verloop van 5 macro-parameters in het pompstation La Cabine (Arnhem), 1970-1988

1.4

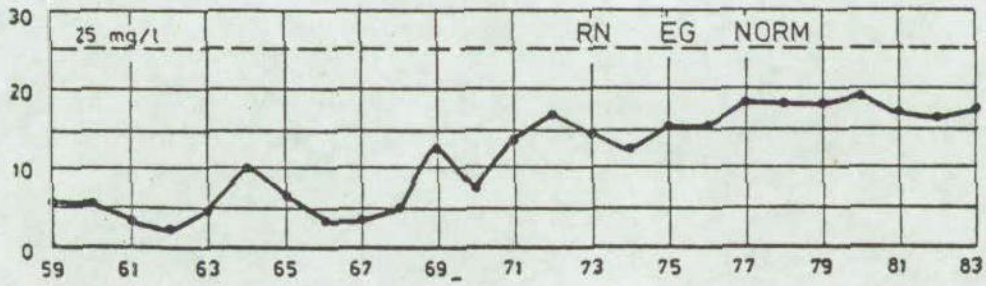
HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau



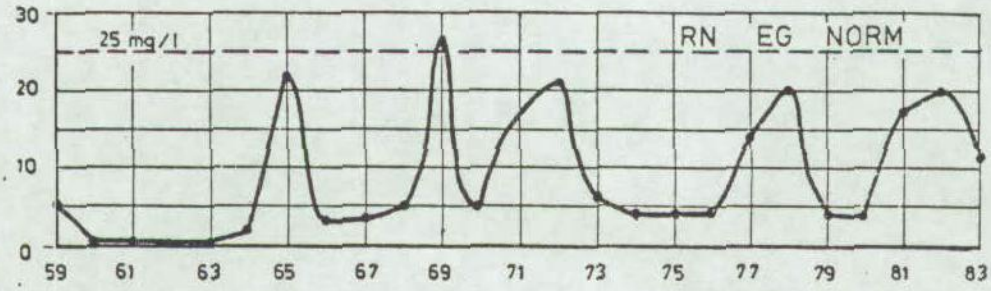
LC BRON I



LC BRON II



LC BRON III

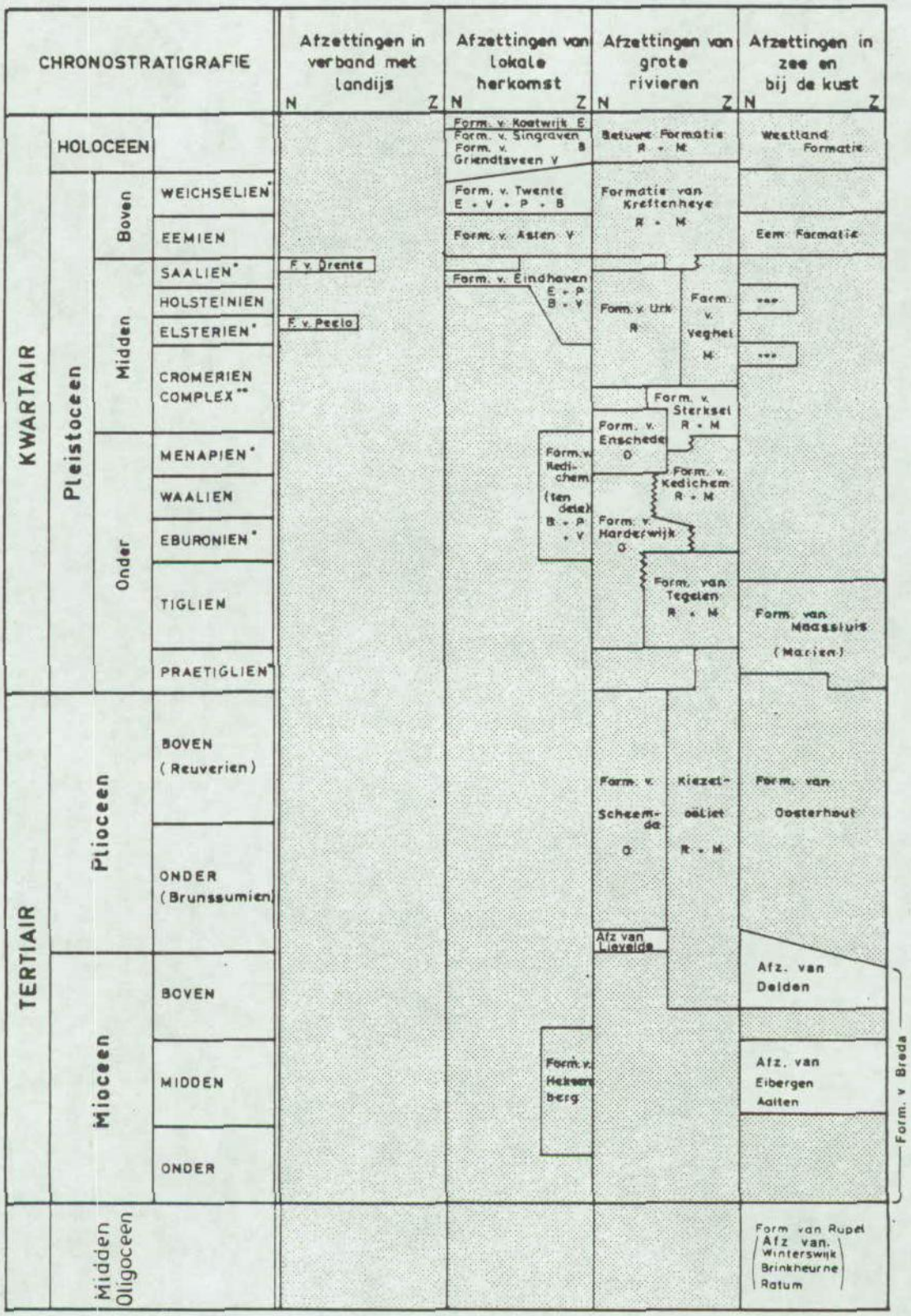


LC BRON IV

Trend in nitraatconcentraties in de bronnen 1 t/m 4 van het pompstation La Cabine (Arnhem), 1959-1983

1.5

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau



E = Eolische afzettingen
P = Periglaciale afzettingen
B = Beekafzettingen
V = Veen

R = Rijn
M = Maas
O = Oostelijke noord-duitse rivieren en voorlopers

* Koude tijd
** Complexe eenheid bestaande uit tenminste 4 warme en 3 koude tijden
*** Nog onbenoemd, voorlopig bij Formatie van Urk

De boven-tertiaire en kwartaire formaties, gerangschikt naar ouderdom en genese (volgens de RGD, 1975)

1.6

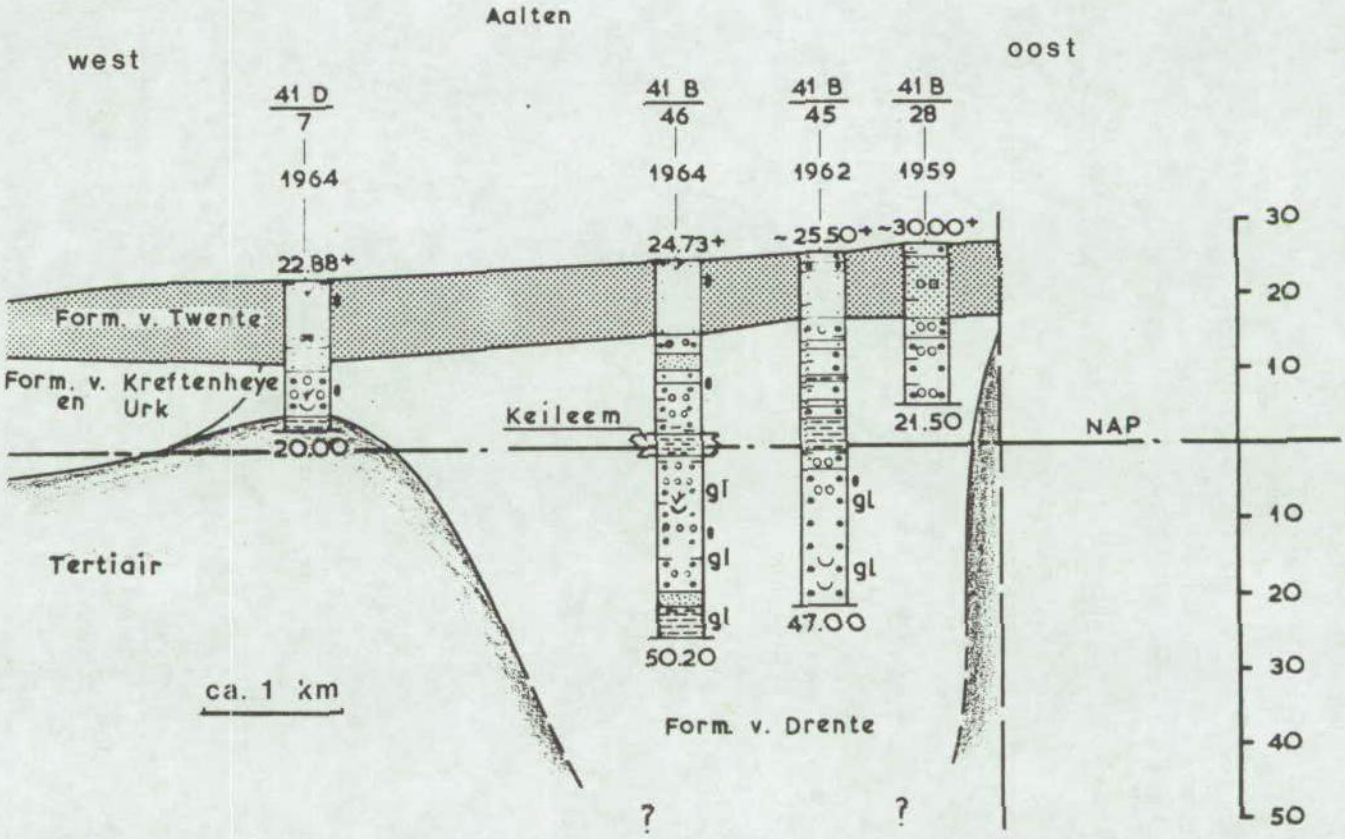
HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

* BOORLOKATIE

Lokatie en beschermingsgebieden van het pompstation 't Loohuis (Aalten)

2.1

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau



Pompstation 't Loohuis (Aalten)
Geologisch profiel van west naar oost

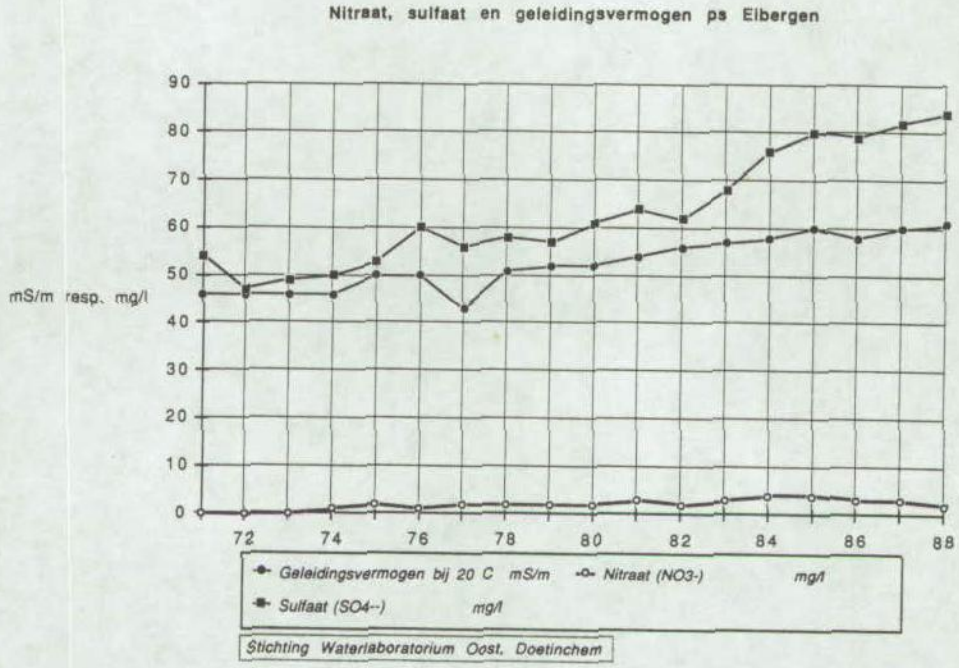
2.2

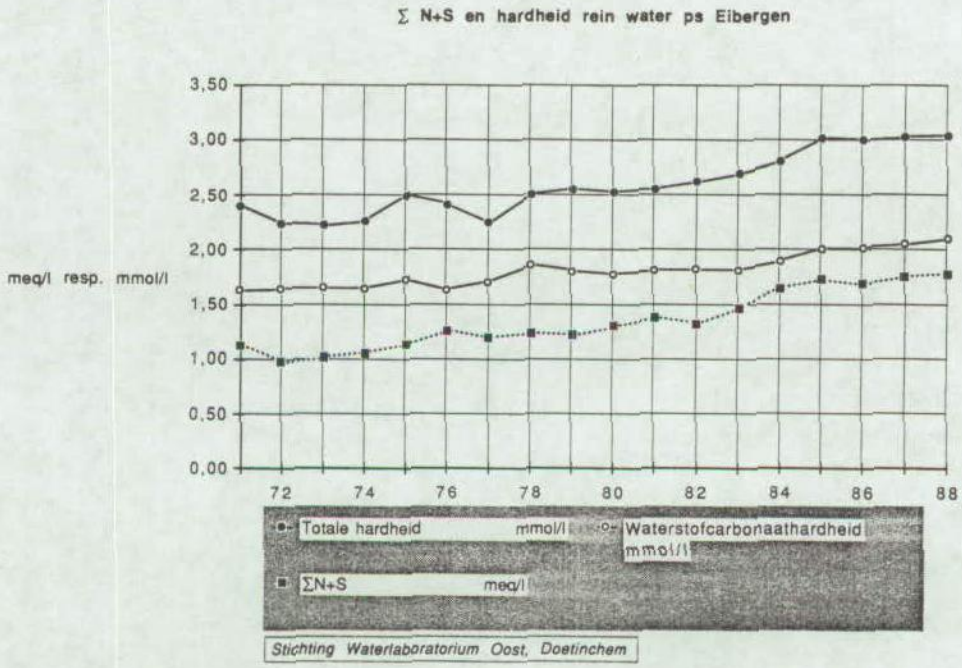
HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

Lokatie en beschermingsgebieden van het pompstation Haarlo (Borculo)

3.1

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau





Pompstation Eibergen
Het verloop van zes makroparameters, 1970-1988

3.2

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

* BOORLOCATIE

Lokatie en beschermingsgebieden van het pompstation Noordijkerveld (Neede)

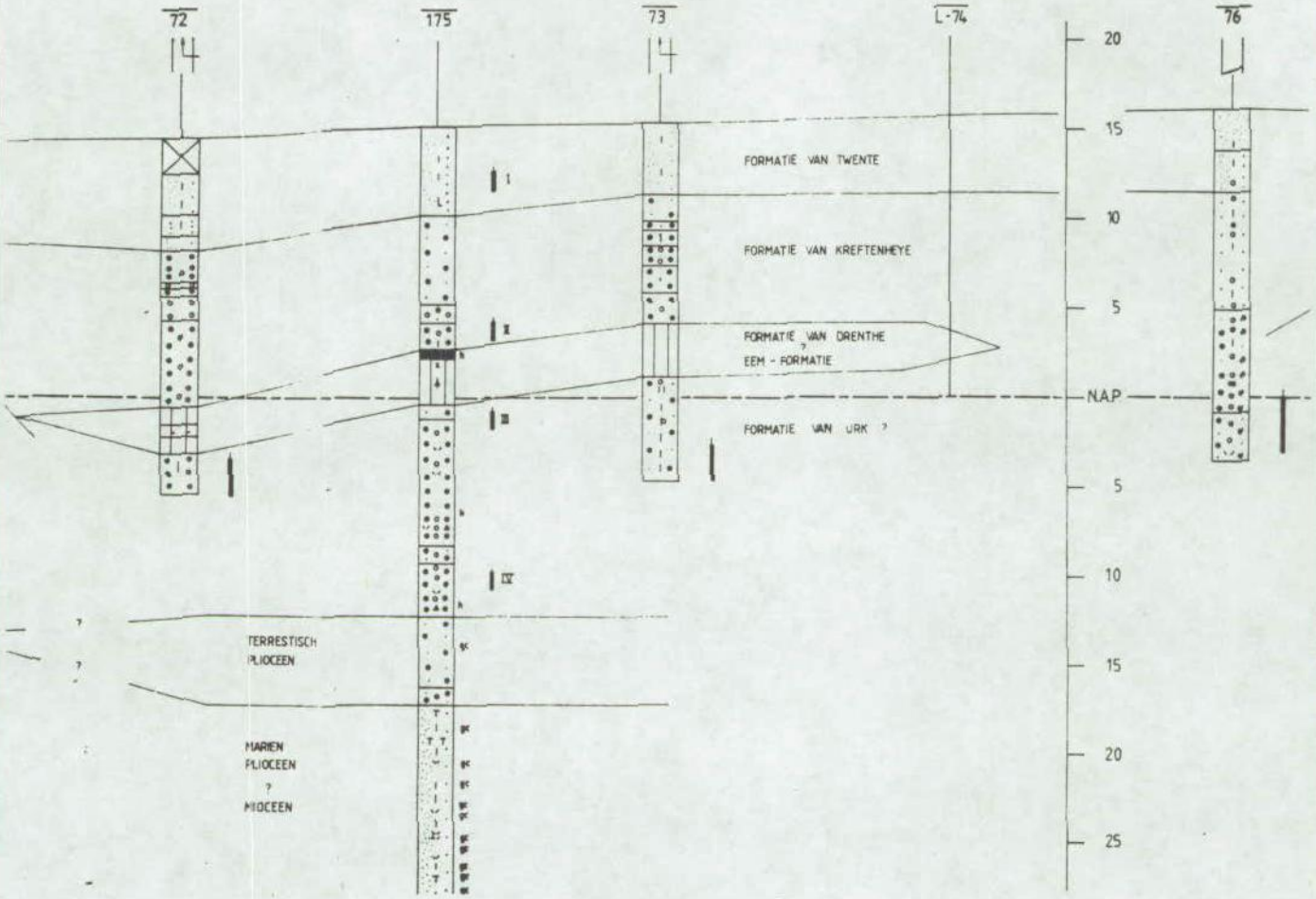
4.1

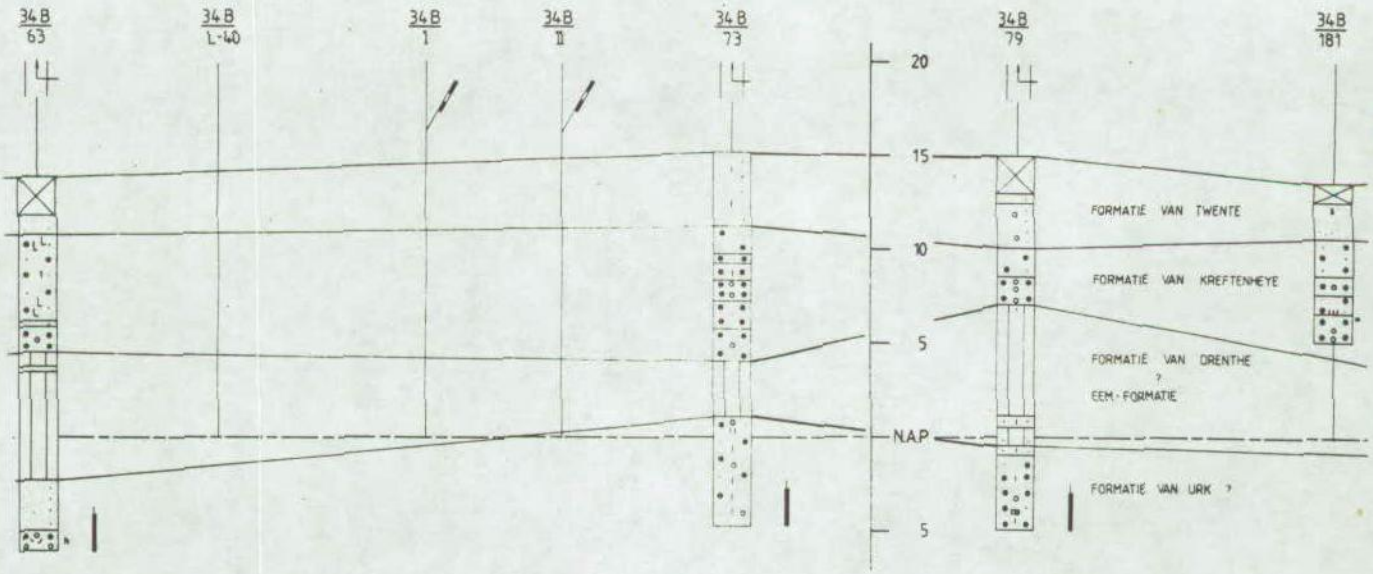
HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

Pompstation Noordijkerveld (Neede)
Ligging van enige geologische profielen

4.2

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

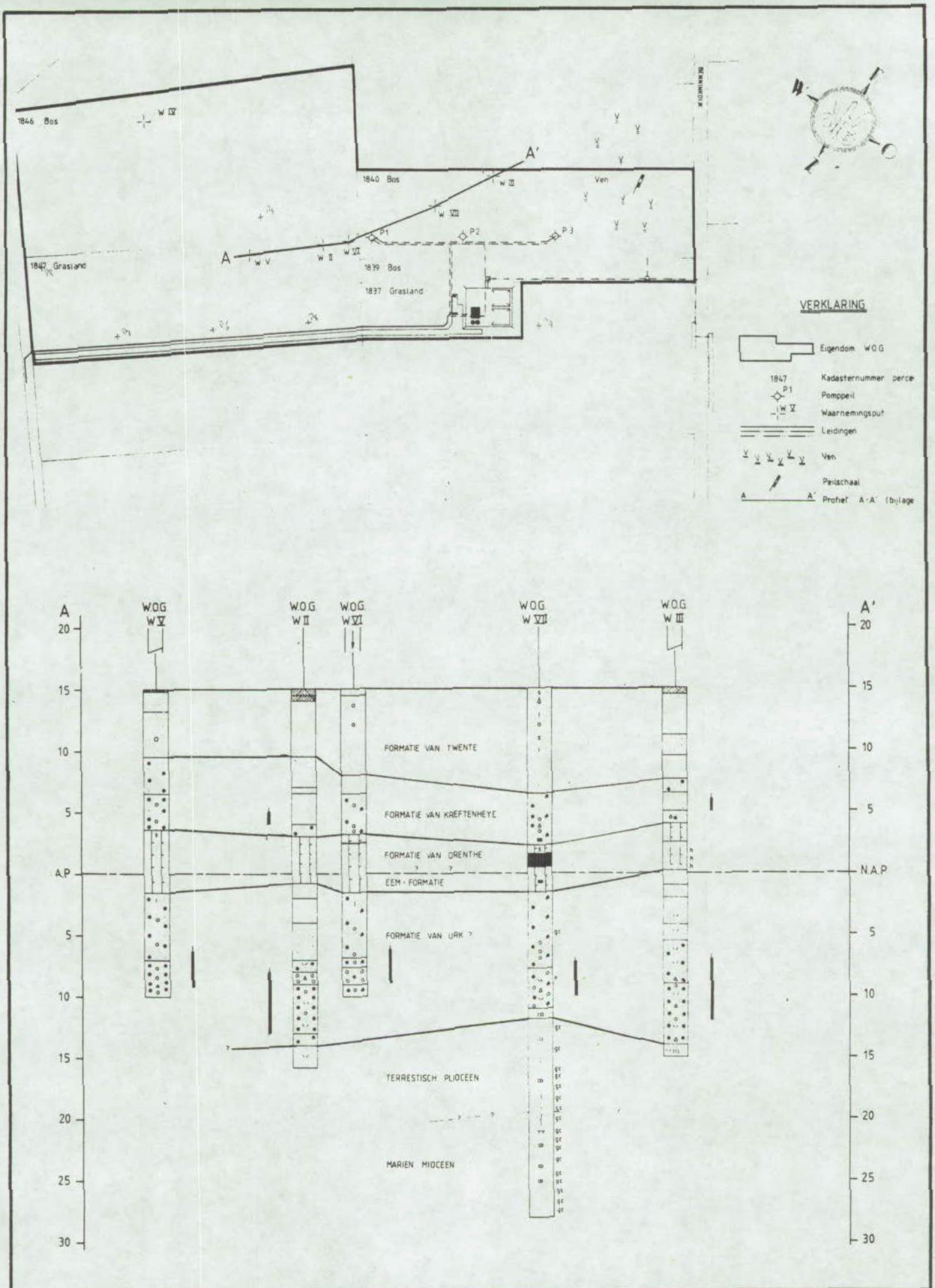




Pompstation Noordijkerveld (Neede)
Delen van de geologische profielen D-D^1 en C-C^1 met stratigrafische indeling

4.3

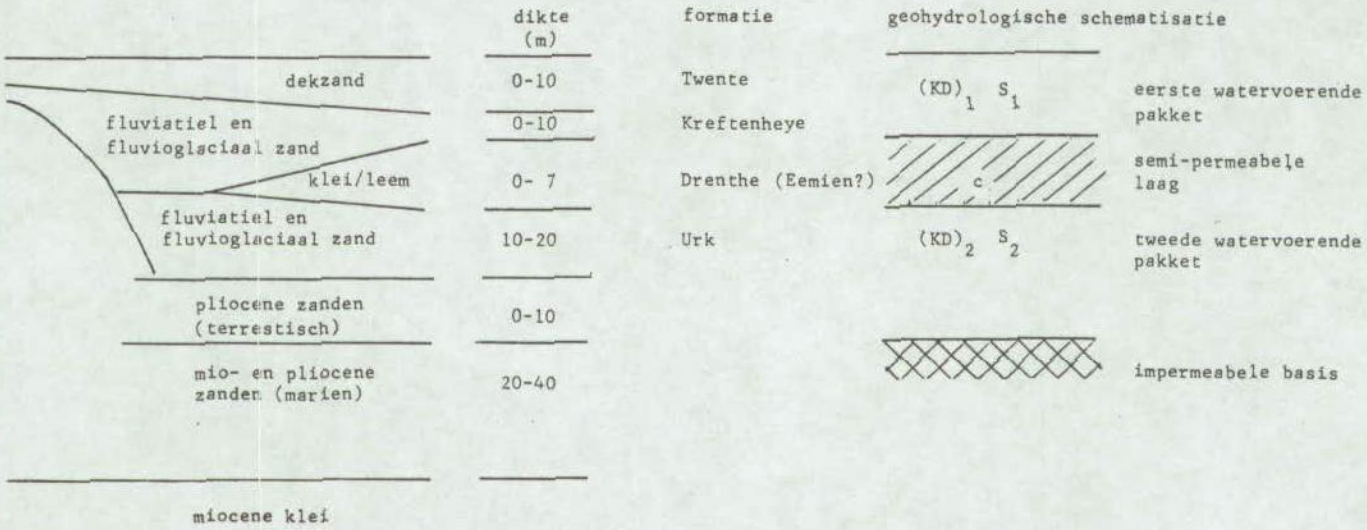
HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau



Noordijkerveld (Neede), detailkaart waterwinplaats
Geologisch profiel A-A[1] met stratigrafische indeling
(ontleend aan literatuur 4.1)

4.4

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

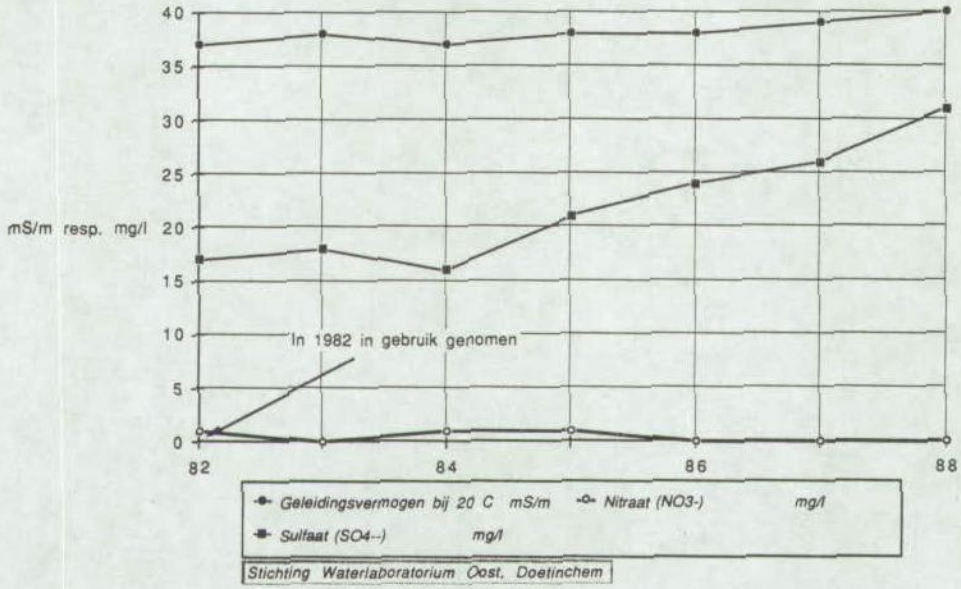


Pompstation Noordijkerveld (Neede)
Geologische en geohydrologische schematisatie
(ontleend aan literatuur 4.1)

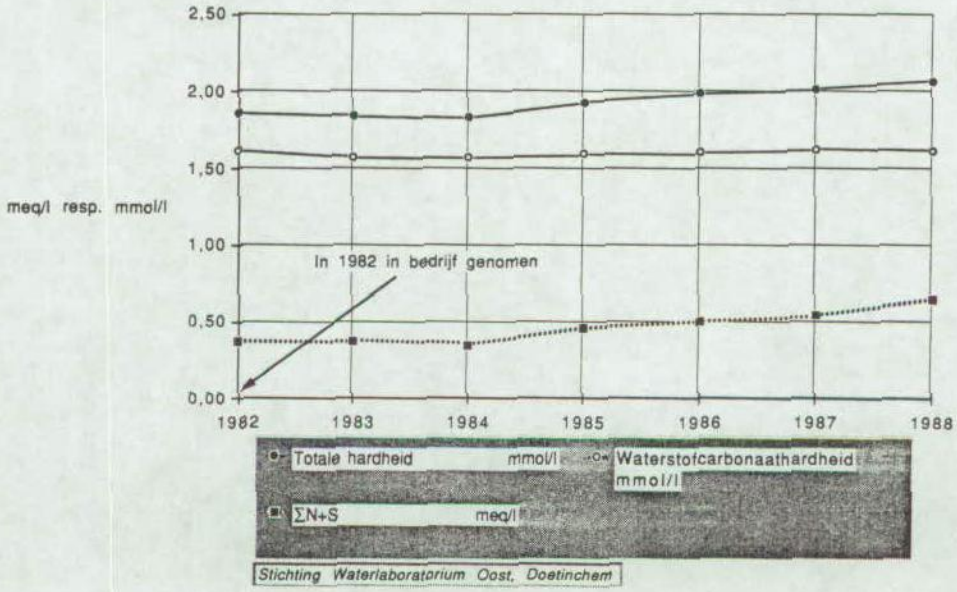
4.5

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

Nitraat, sulfaat en geleidingsvermogen rein water ps Noordijkerveld



Σ N+S en hardheid rein water ps Noordijkerveld



Pompstation Noordijkerveld (Neede)
Het verloop van zes makroparameters, 1982-1988

4.6

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

Lokatie en beschermingsgebieden van het pompstation Corle (Winterswijk)

5.1

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

SCHAAL 1:25000

0 500 1000m

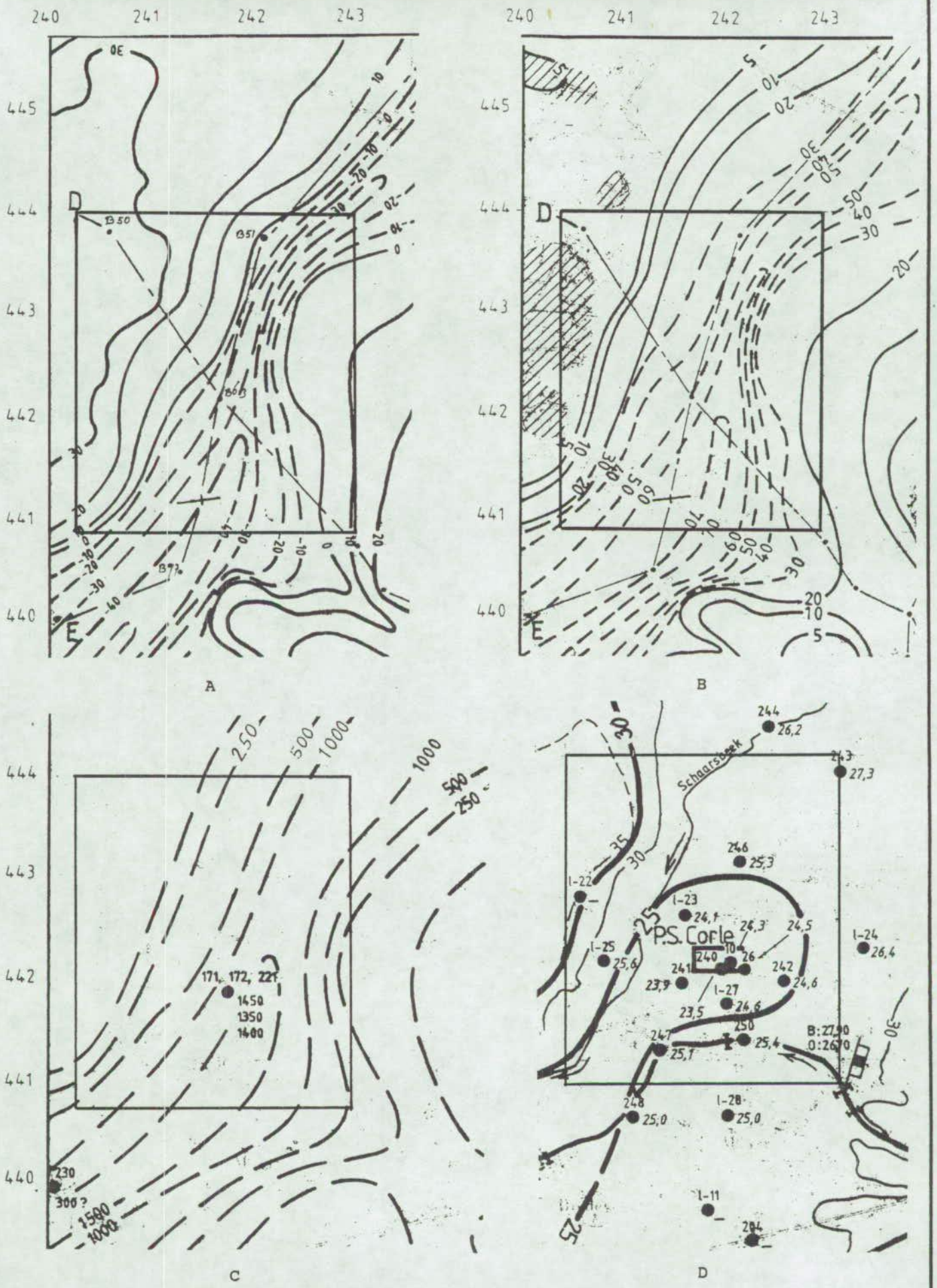
Corle

KAARTBLAD(EN): 41E

5.2

Profiellijnen en boorlokaties

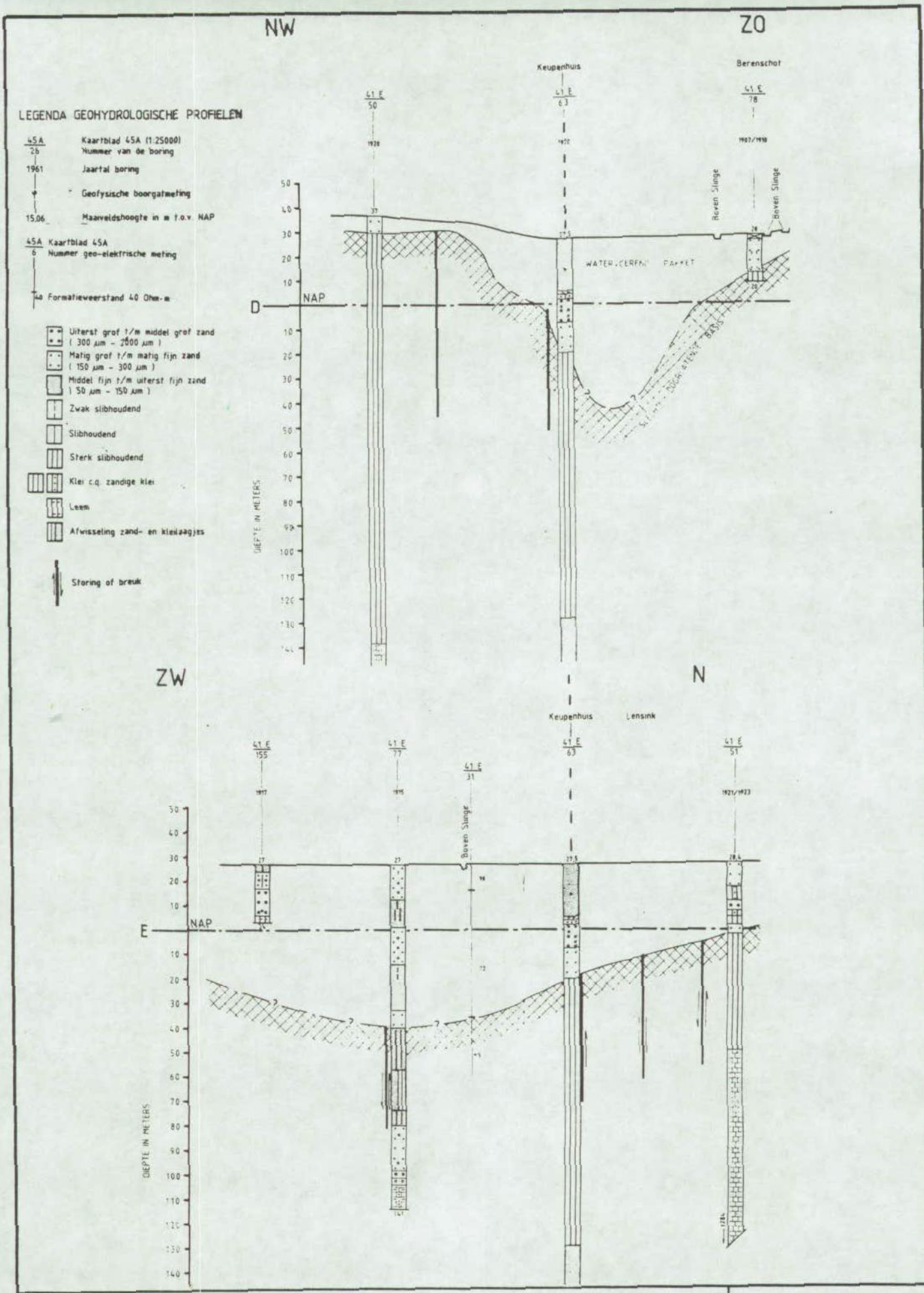
HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau



A bovenkant slecht doorlatende basis, m + NAP
B dikte watervoerend pakket, meters
C Kd-waarden, m^2/dag
D stijghoogten, d.d. 27 augustus 1982, m + NAP.
dunne lijn = maaiveld
schaal: 1:50.000 (ontleend aan literatuur 5.1)

5.3

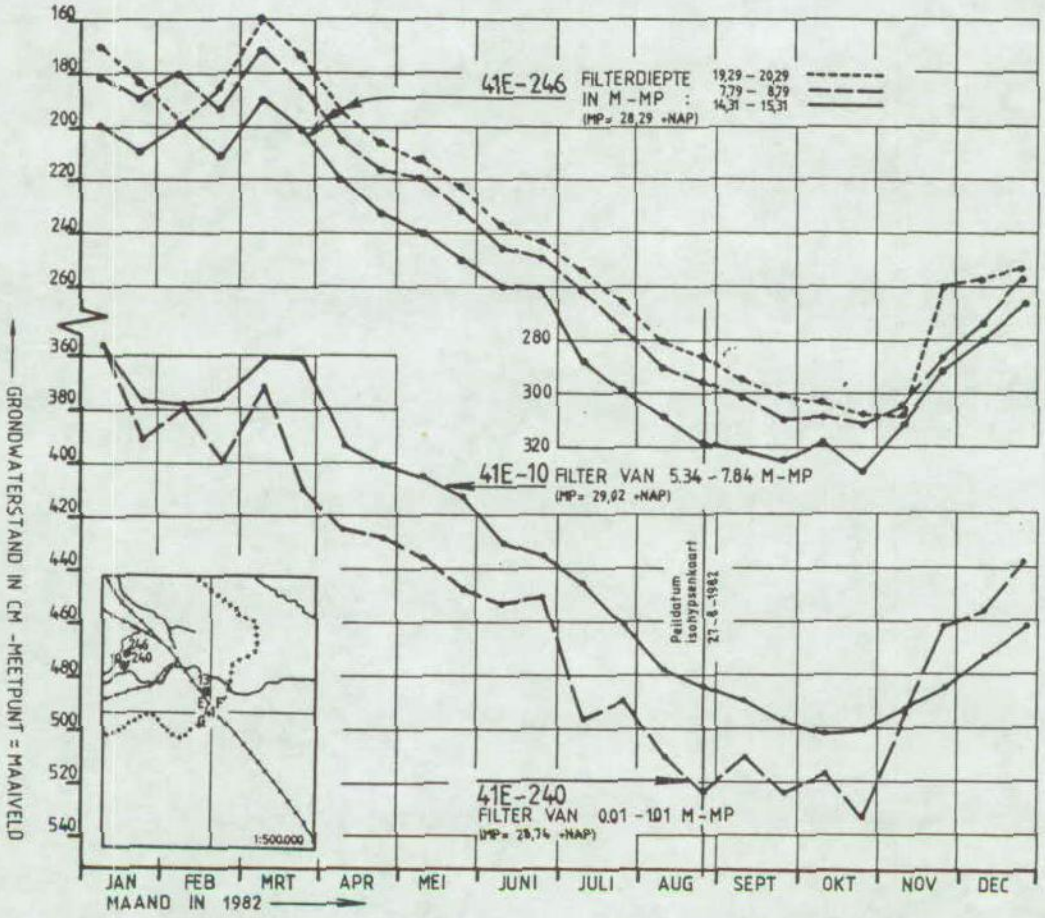
HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau



Corle, Winterswijk
Geohydrologische profielen
(ontleend aan literatuur 5.1)

5.4

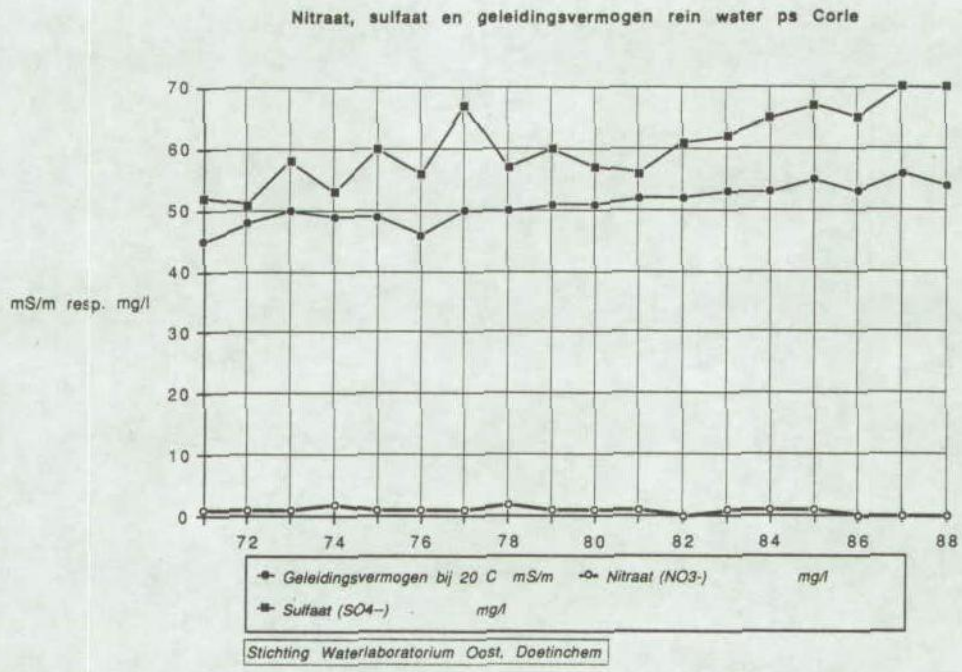
HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

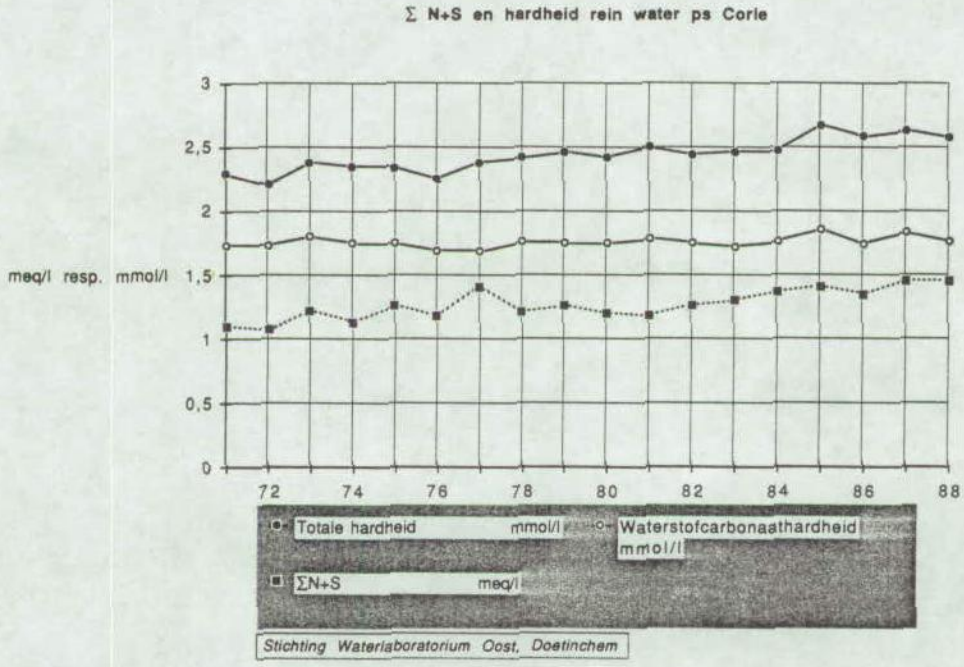


Pompstation Corle
Tijdstijghoogtelijnen van enkele waarnemingsputten

5.5

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau





Pompstation Corle (Winterswijk)
Het verloop van de zes makroparameters

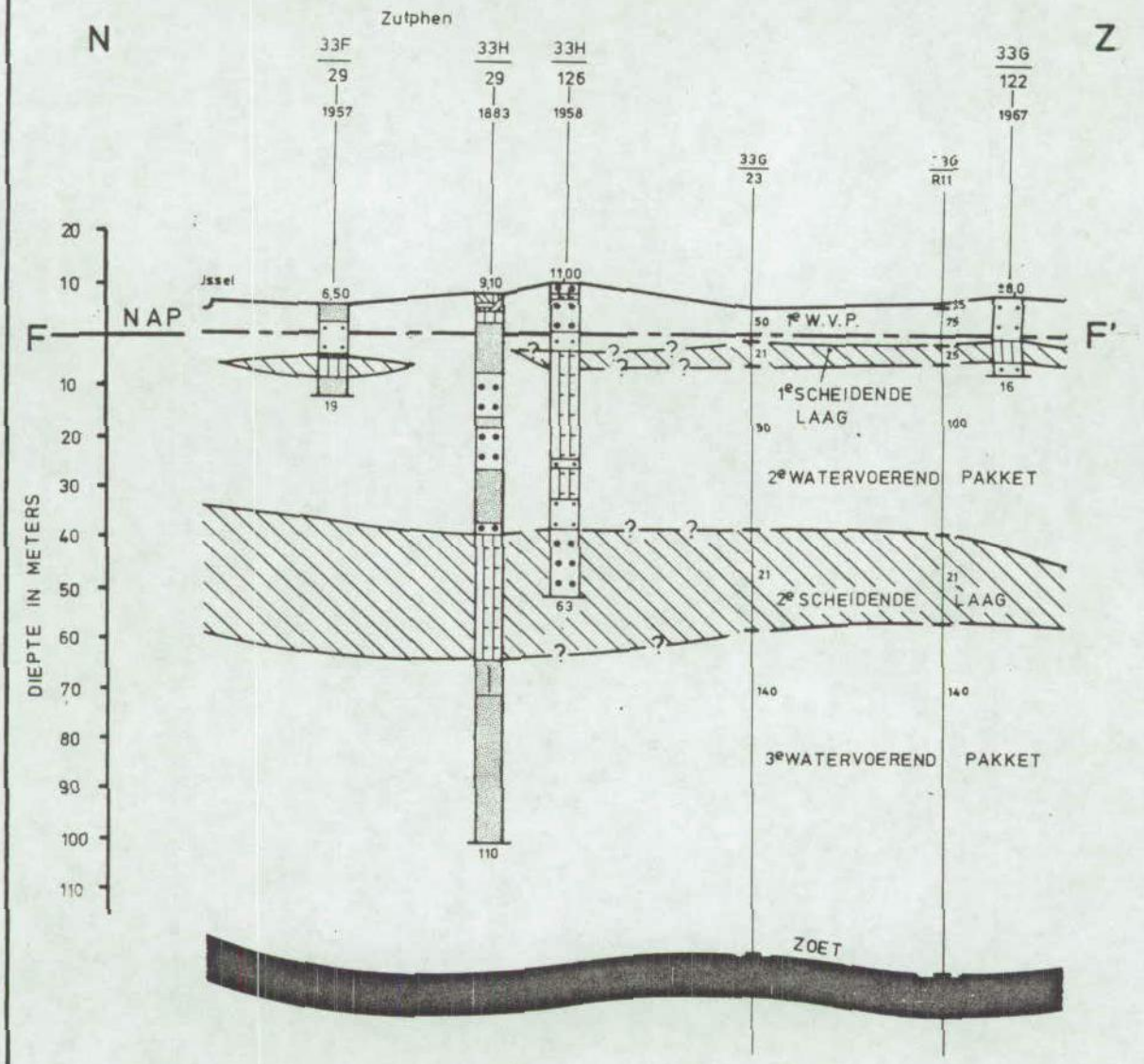
5.6

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

Lokatie en beschermingsgebieden van het pompstation Vierakker (Zutphen)

6.1

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau



LEGENDA GEOHYDROLOGISCHE PROFIELEN

45A/26 — Kaartblad 45A (1 : 25000) Nummer van de boring

1961 — Jaartal boring

φ — Geofysische boorgatmeting

15,06 — Maaiveldshoogte in m t.o.v. NAP

45A/6 — Kaartblad 45A Nummer geo-elektrische meting

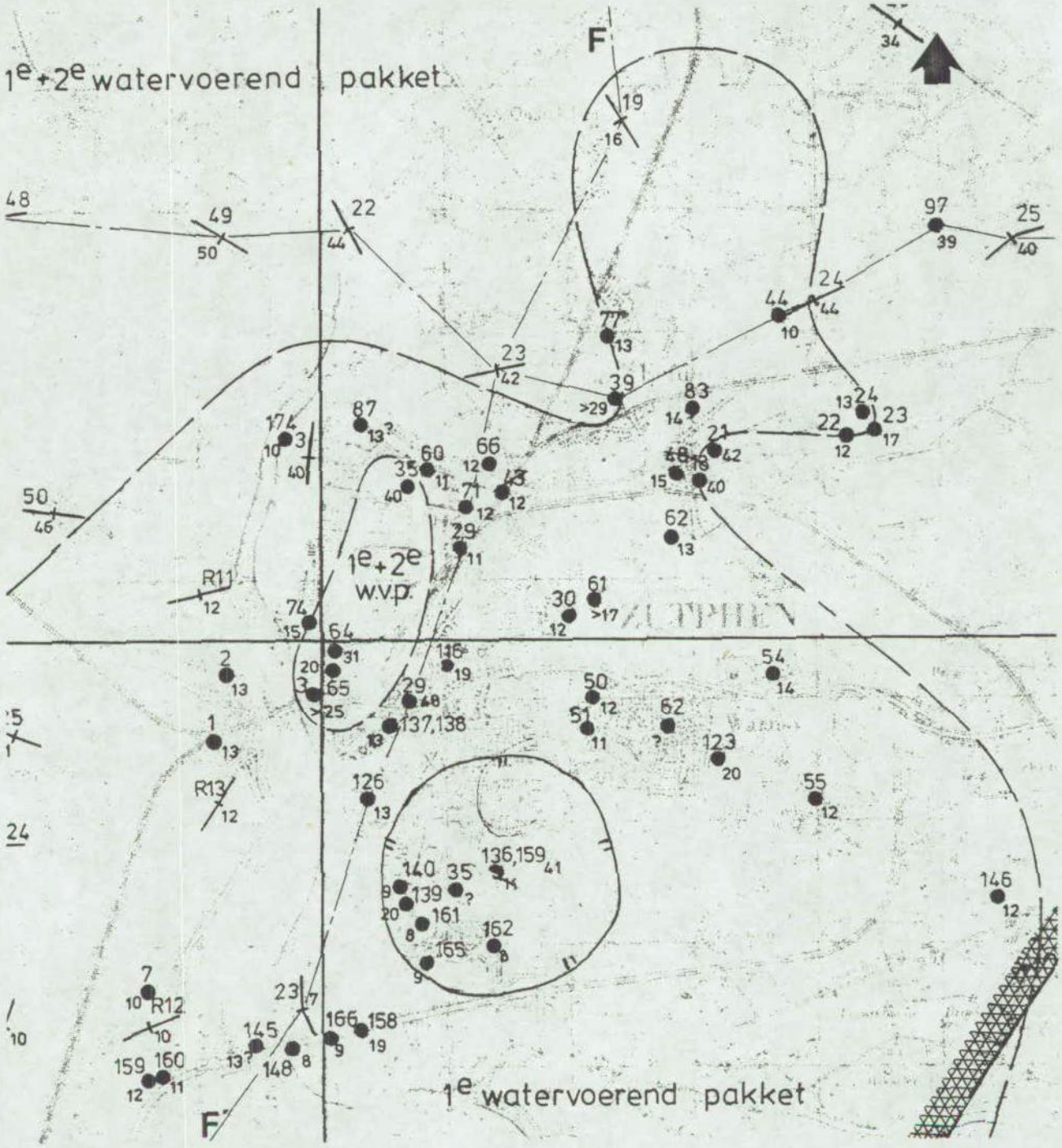
40 — Formatieweerstand 40 Ohm.m

- Opgebrachte grond
- Grind
- Grindig c.q. sterk grindig
- Uiterst grof t/m middel grof zand (300 μm - 2000 μm)
- Matig grof t/m matig fijn zand (150 μm - 300 μm)
- Sterk slibhoudend
- Klei c.q. zandige klei
- Leem
- Afwisseling zand- en kleilaagjes
- Middel fijn t/m uiterst fijn zand (50 μm - 150 μm)
- Zwak slibhoudend
- Slibhoudend
- Veen

Vierakker (Zutphen)
Geohydrologisch profiel

6.2

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau



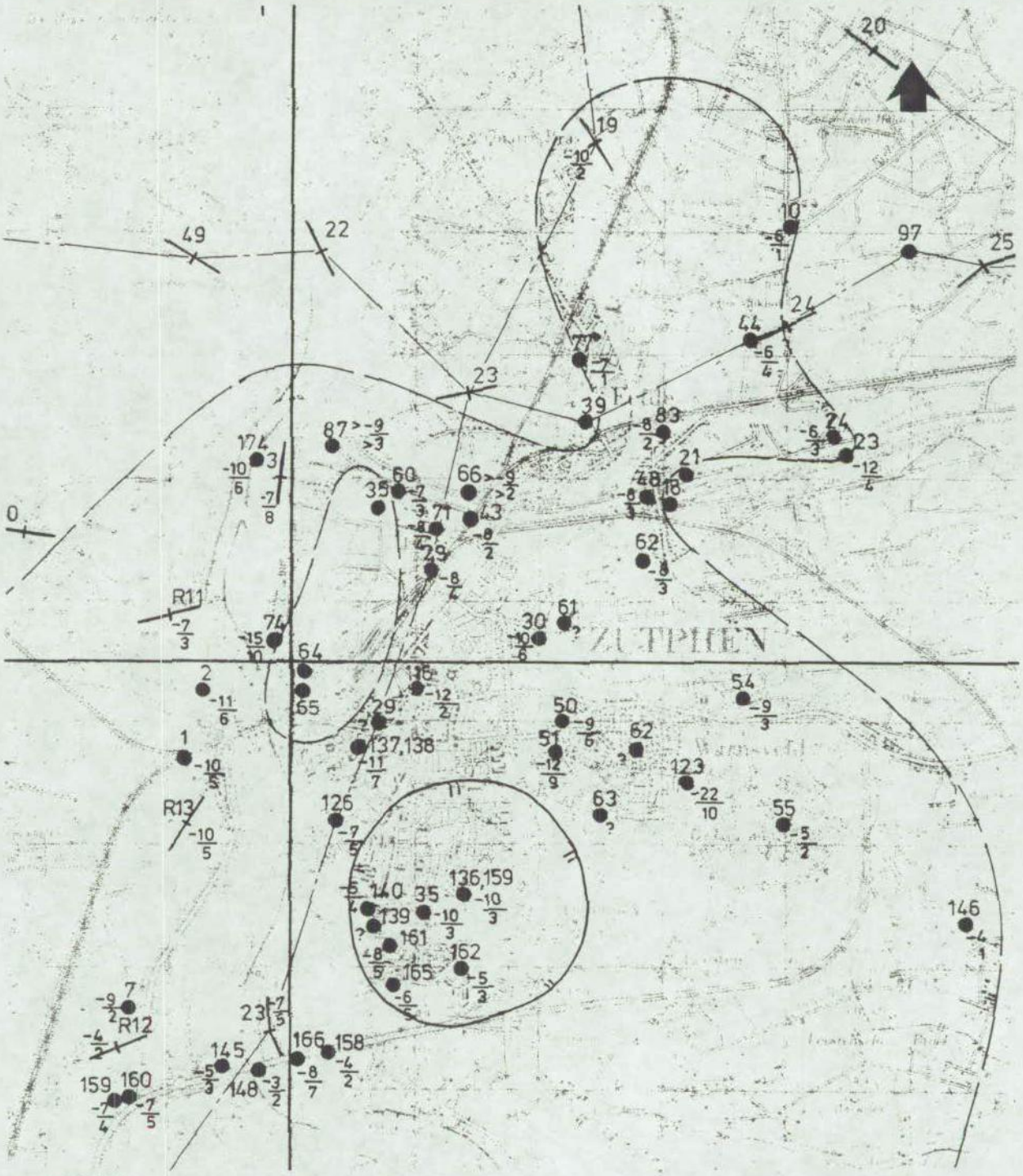
LEGENDA:

- 24 ● lokatie boring, nummer volgens archief RID/RGD
- geofysische boorgatmeting
- 32 lokatie geo-elektrische meting, nummer volgens archief DGV-TNO
- 12 dikte van het 1e watervoerend pakket in meters
- R meting RWS
- begrenzing van de 1e scheidende laag
- begrenzing van de 2e scheidende laag
- F — · — F' geohydrologisch profiel F – F'

Vierakker (Zutphen)
Dikte van het eerste watervoerend pakket

6.3

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau



LEGENDA:

24 ● lokatie boring, nummer volgens archief RID/RGD

geofysische boorgatmeting

32 R lokatie geo-elektrische meting, nummer volgens archief DGV-TNO

meting RWS

-9 / 2 basis van de 1e scheidende laag in meters — NAP

dikte van de 1e scheidende laag in meters

begrenzing van de 1e scheidende la

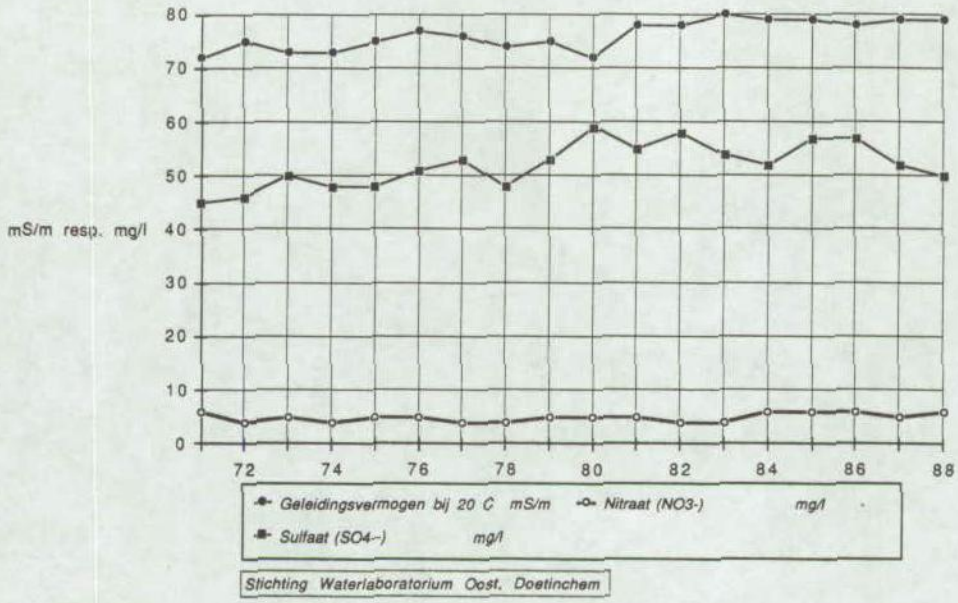
A — · — A' geohydrologisch profiel A — · — A'

Vierakker (Zutphen)
Basis en dikte van de eerste scheidende laag

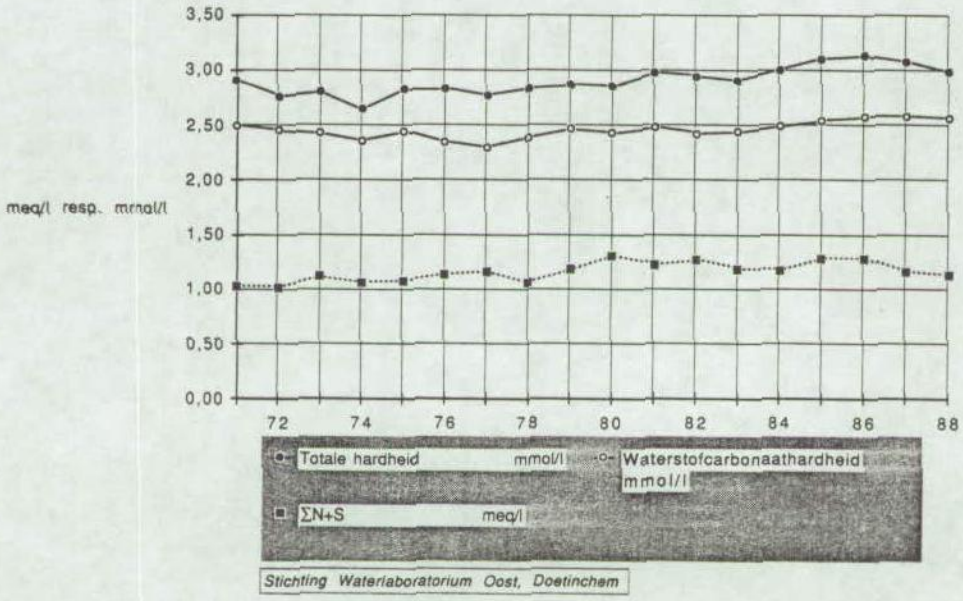
6.4

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

Nitraat, sulfaat en geleidingsvermogen rein water ps Zutphen



Σ N+S en hardheid rein water ps Zutphen



Pompstation Vierakker (Zutphen)
Het verloop van zes makroparameters, 1971-1988

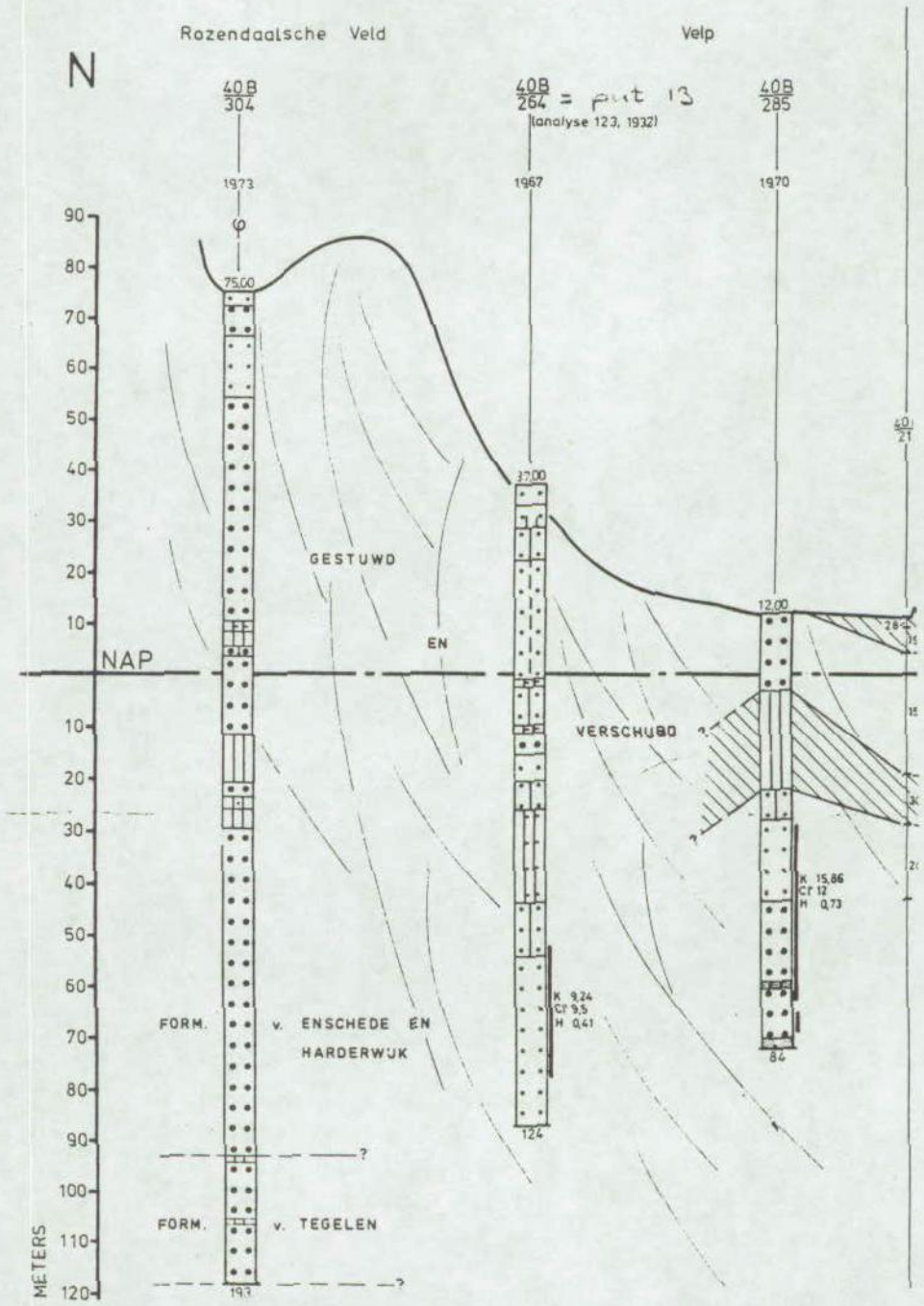
6.5

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

Lokatie en beschermingsgebieden van het pompstation Pinkenberg (Rheden)

7.1

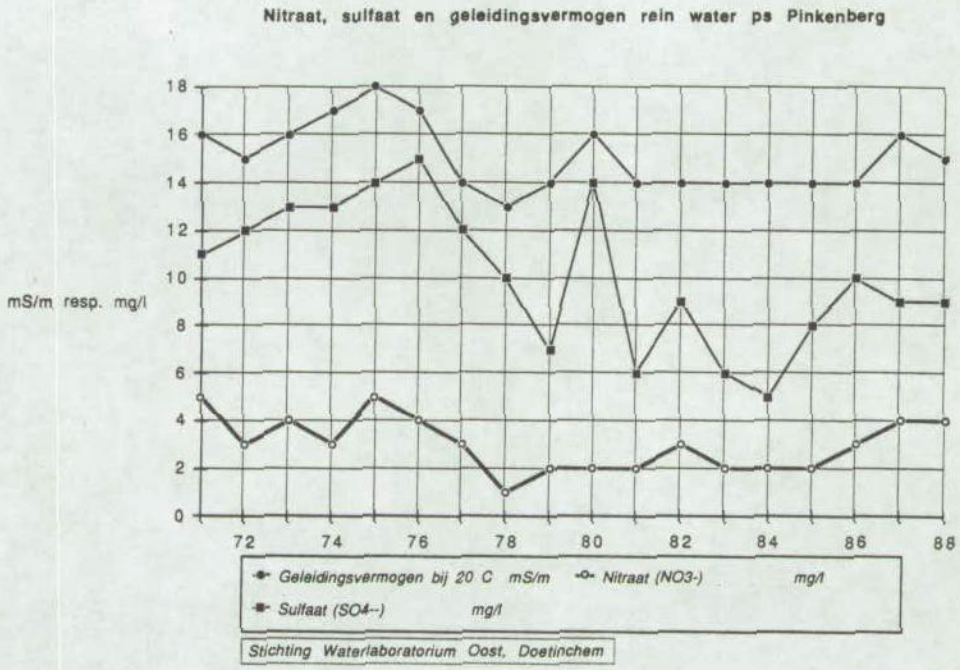
HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

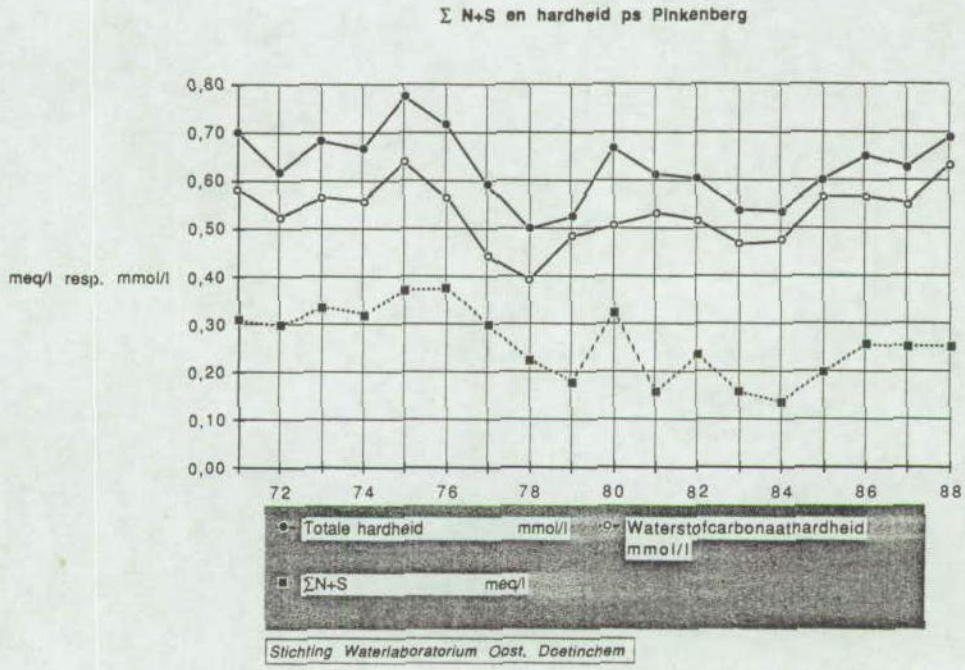


Pompstation Pinkenberg (Rheden)
Schematisch geologisch profiel in de richting noord-zuid, ter plaatse van de winplaats

7.2

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau





Pompstation Pinkenberg (Rheden)
Het verloop van zes makroparameters, 1970-1988

7.3

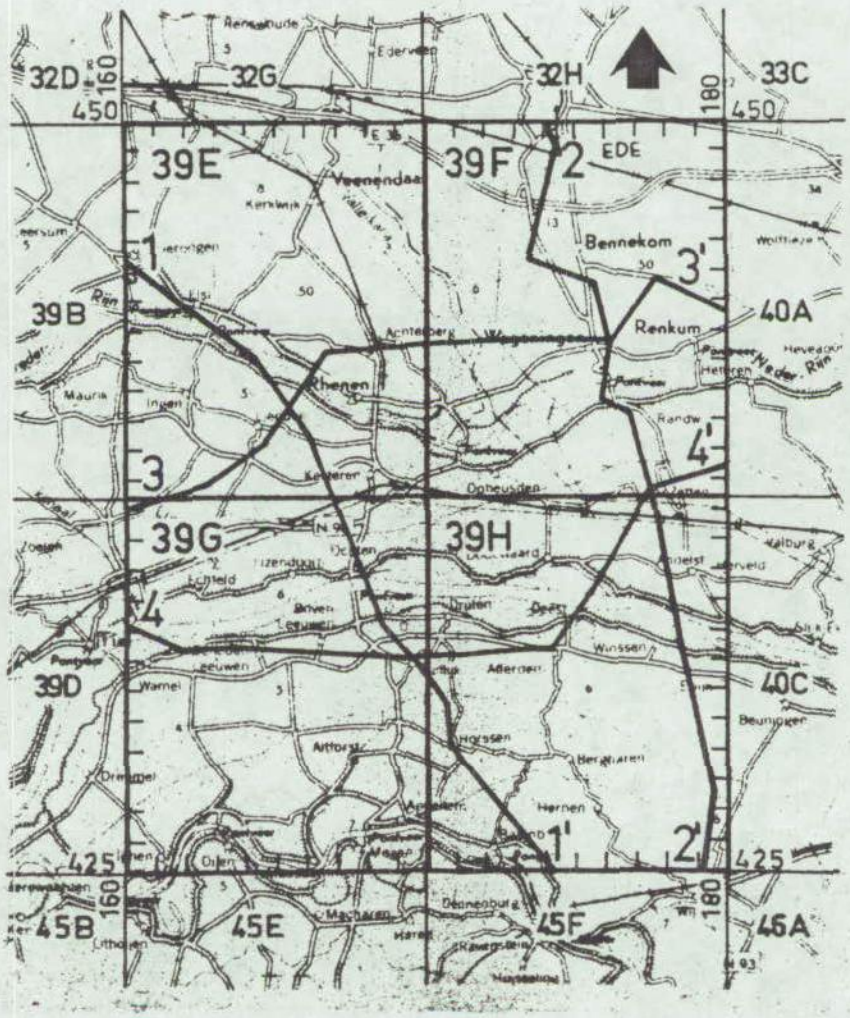
HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

✱ **BOORLOCATIE**

Lokatie en beschermingsgebieden van het pompstation Wageningse Berg (Wageningen)

8.1

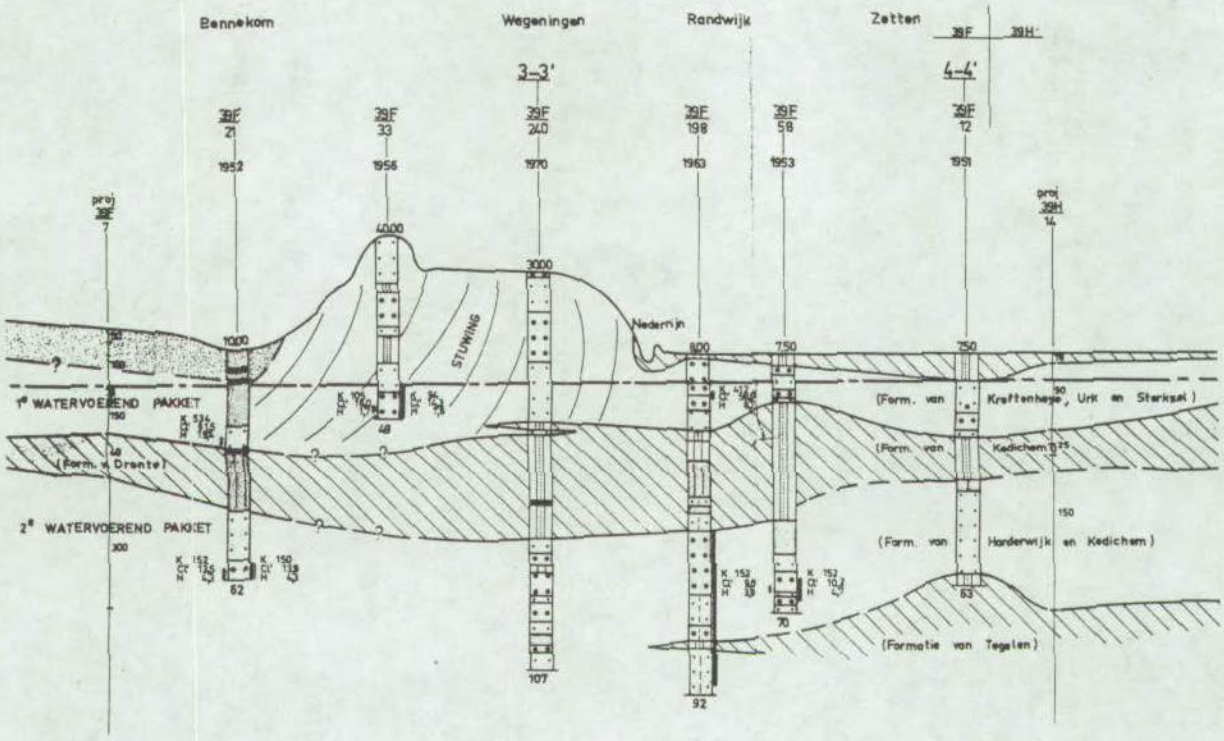
HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

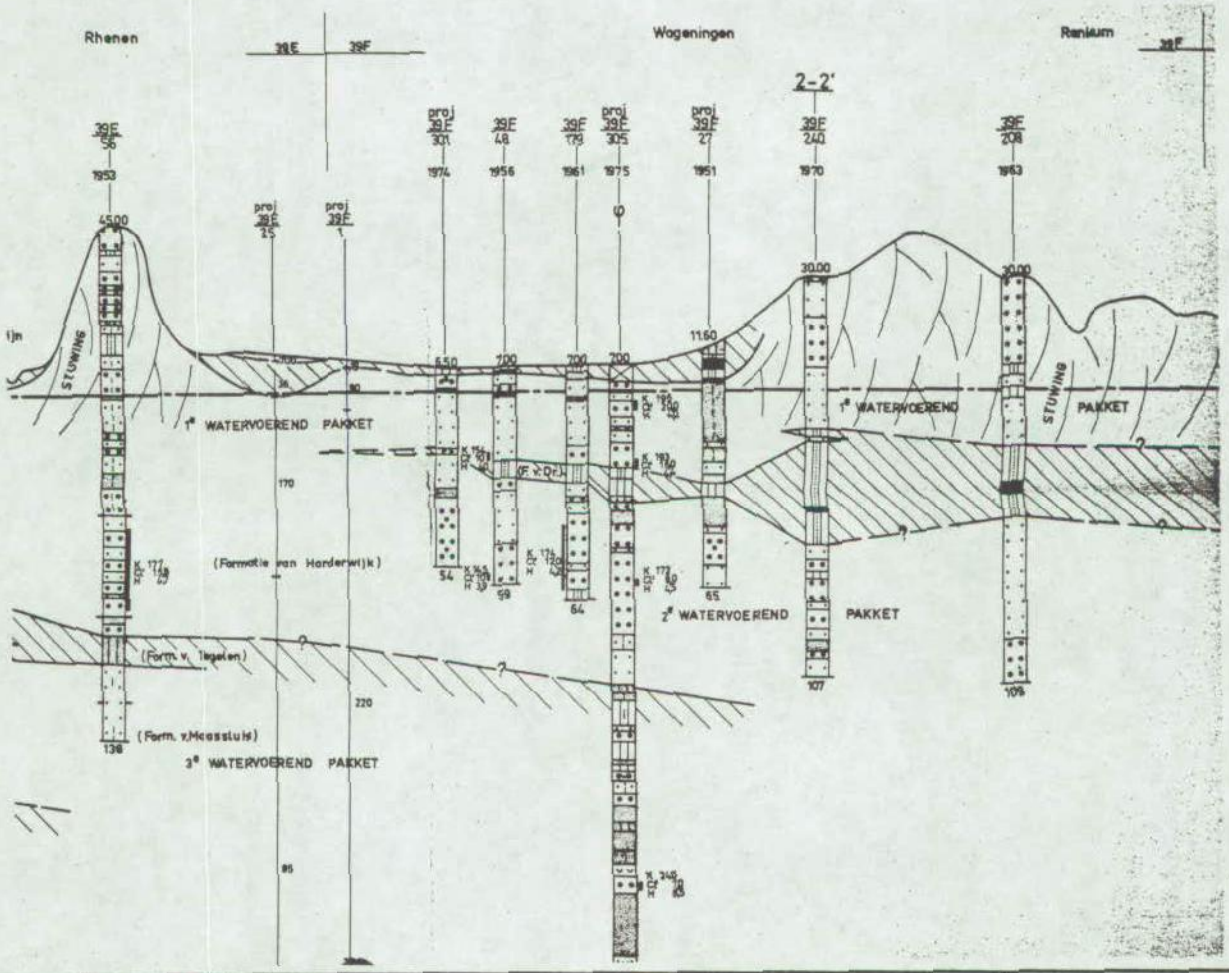


Pompstation Wageningse berg (Wageningen)
Situatietekening van geohydrologische profielen in kaartblad 39 Oost

8.2

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

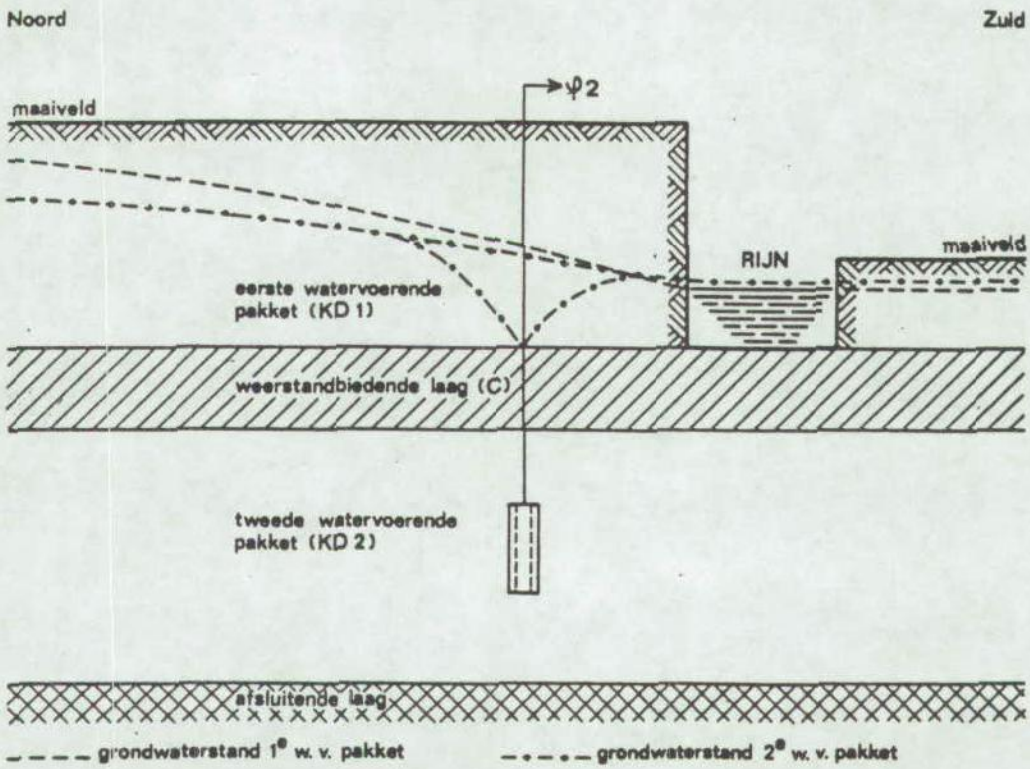




Pompstation Wageningse berg (Wageningen)
Geohydrologische profielen in de regio Wageningen
(ontleend aan literatuur 8.1)

8.3

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

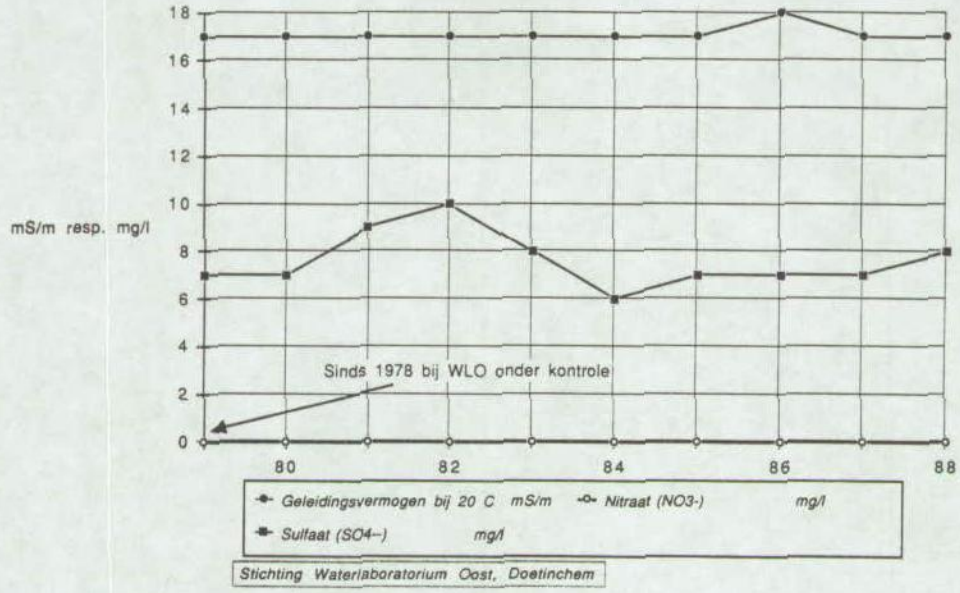


Pompstation Wageningse berg (Wageningen)
Schematische dwarsdoorsnede van noord naar zuid ter plaatse van de Wageningse berg

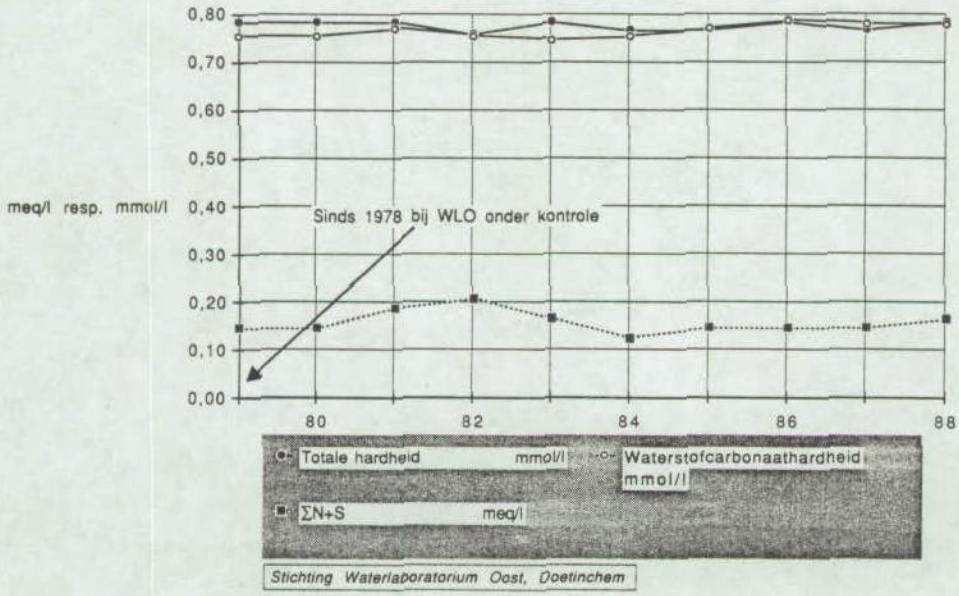
8.4

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

Nitraat, sulfaat en geleidingsvermogen rein water ps Wageningen



∑ N+S en hardheid rein water ps Wageningen



Pompstation Wageningse Berg (Wageningen)
Het verloop van zes makroparameters, 1979-1988

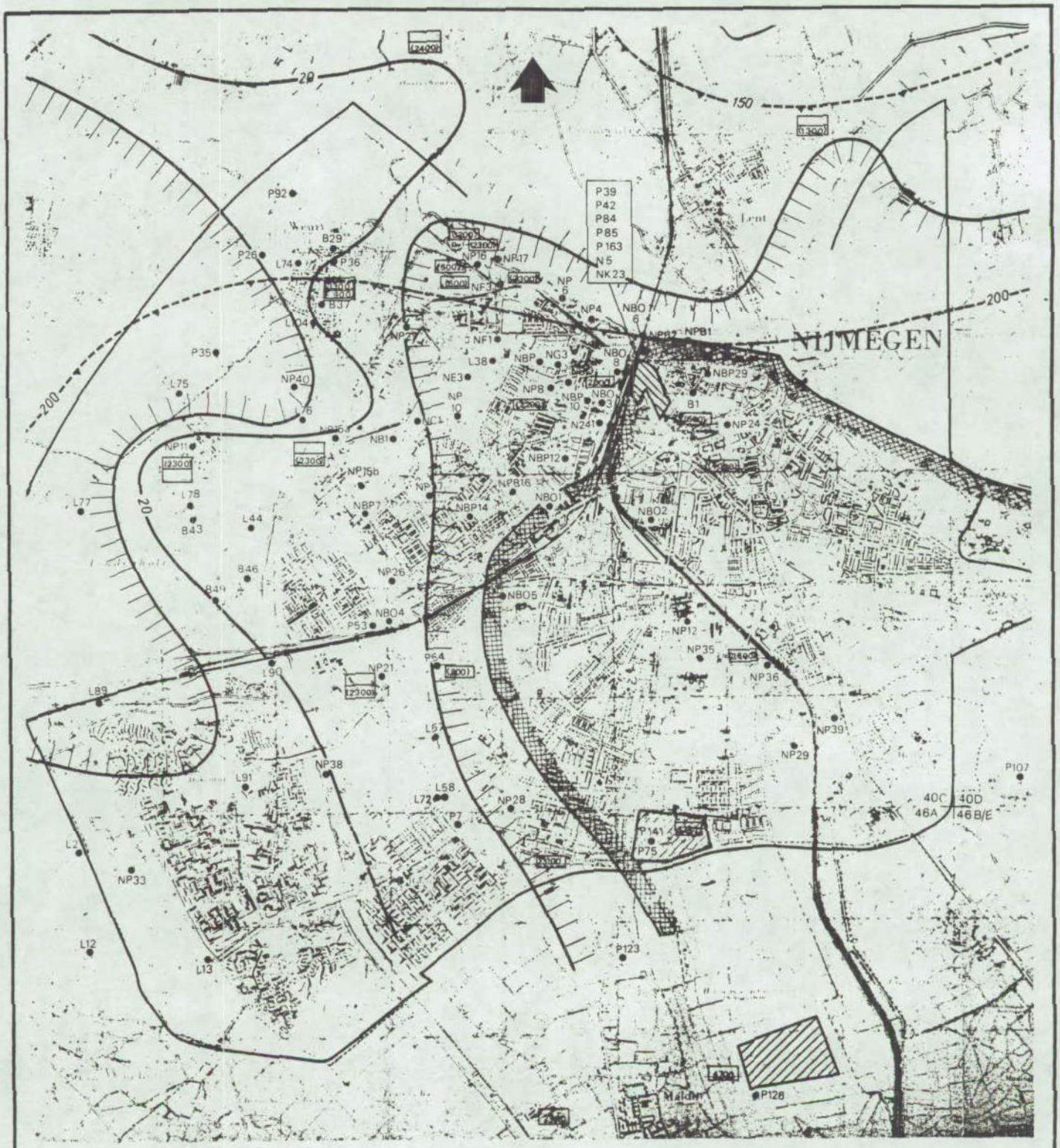
8.5

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

Lokatie en beschermingsgebieden van het pompstation Nieuwe Marktstraat (Nijmegen)

9.1

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau



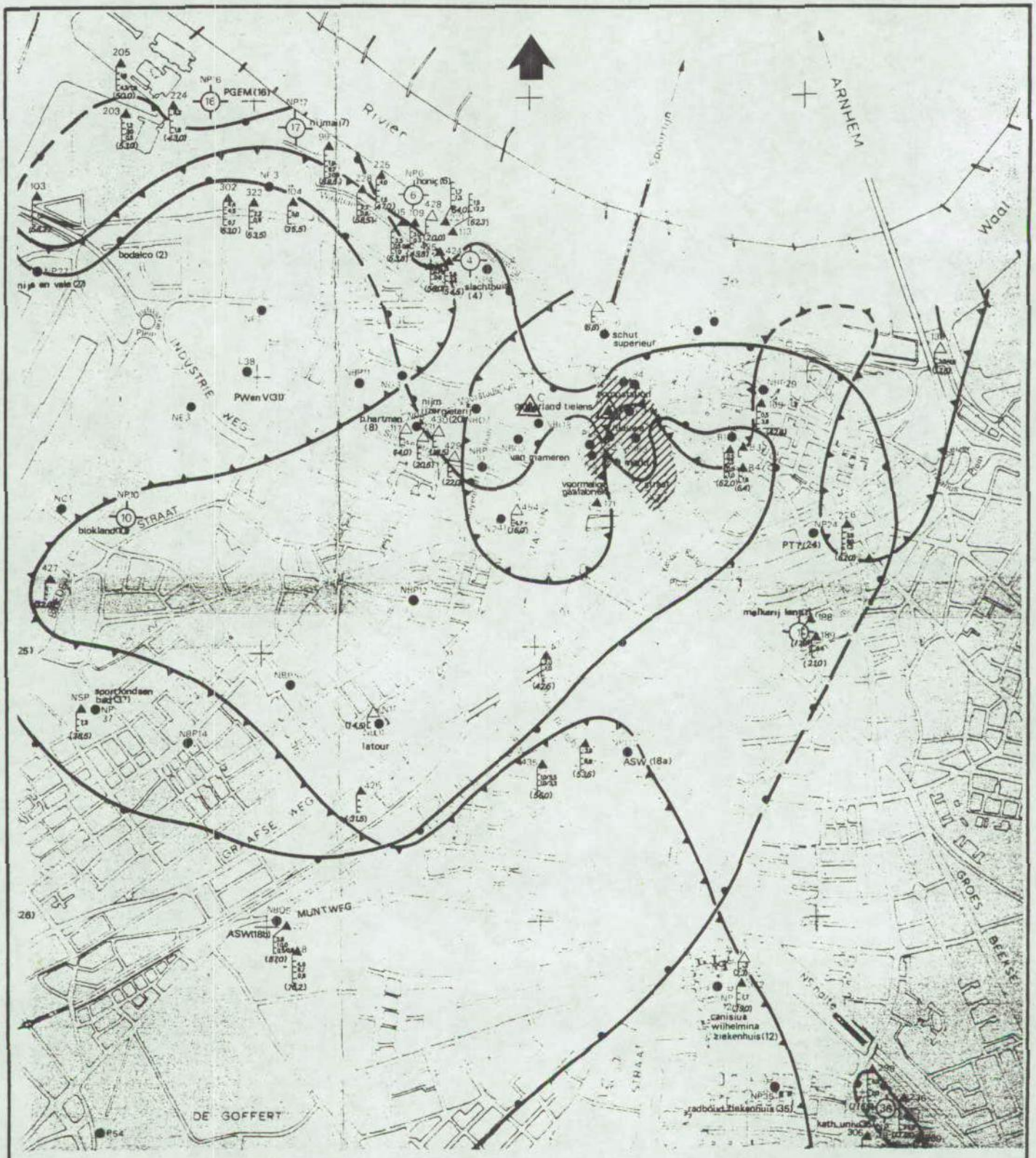
LEGENDA

- Pompstation Nieuwe Marktstraat
- Pompstation Heumensoord
- Peilbuis met nummer (DGV-TNO)(PBL)
- Peilbuis met nummer (Nijmegen)
- Grens onderzoeksgebied
- Begrenzing gestuwd gebied (volgens DGV - TNO)
- 1e en 2e watervoerend pakket samen (scheidende laag afwezig, of ligging/verbreiding ervan onvoldoende bekend)
- 20 Dikte lijn 1e watervoerend pakket (m)
- 150 Dikte lijn 2e watervoerend pakket (m)
- kD waarde 1e en 2e watervoerend pakket (m^2/d)
- kD-waarde 1e watervoerend pakket (m^2/d)
- kD-waarde 2e watervoerend pakket (m^2/d)
- kD-waarde uit capaciteitsproef bepaald
- kD-waarde uit korrelgrootte geschat
- kD-waarde uit putproef berekend
- kD-waarde uit pompproef berekend

Pompstation Nieuwe Marktstraat (Nijmegen)
Regionale geohydrologische gegevens
(ontleend aan lit. 9.3)

9.2

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau



LEGENDA

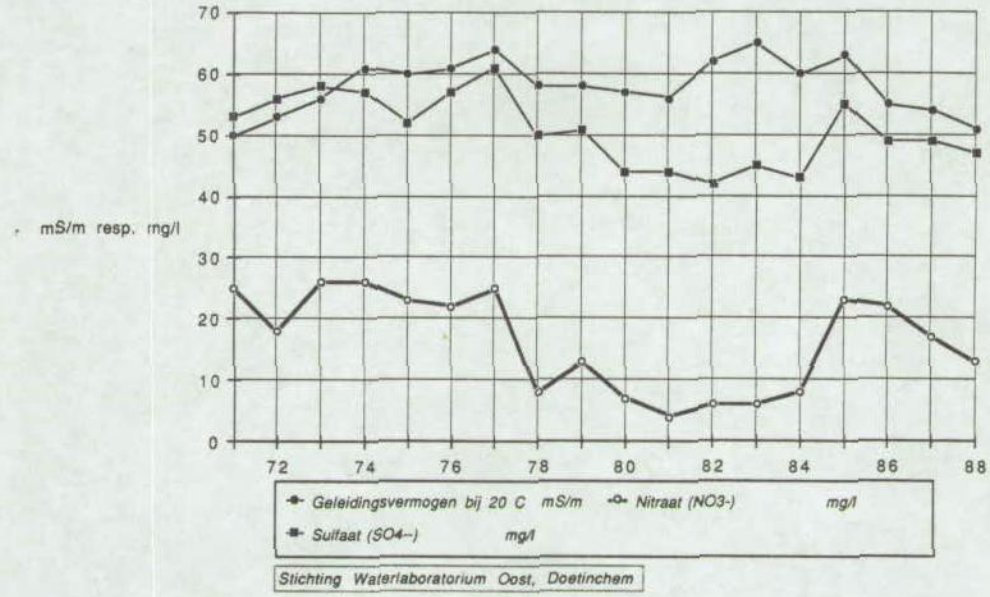
- P36 Peilbuis met nummer DGV/TNO (P.B.L.)
- Peilbuis met nummer Nijmegen (N.)
- (industriele) ontrekking van betekenis in 1980/81/82
- Boring in freatisch grondwater (<50m -mv. of <30m -N.A.P.) met nummer RID/RGD
- Diepe boring (>50m -mv. of dieper dan 30m -N.A.P.) met nummer RID/RGD
- A Cluster van boringen met verwijzing naar lijst A met nummers RID/RGD (zie bijlage 1)
- Boring met dikte slecht doorlatende lagen (in m) tussen de aangegeven grenzen (in m. t.o.v. N.A.P.) (geschatte) diepte boring in m – N.A.P.
- Begrenzing van het gebied waar slecht doorlatende lagen van meer dan 2 m dikte voorkomen tussen N.A.P. – 5m en N.A.P. – 20m
- Begrenzing van het gebied waar slecht doorlatende lagen van meer dan 1.5 m dikte voorkomen tussen N.A.P. – 20 m en N.A.P. – 40 m
- Puttenveld pompstation Nieuwe Marktstraat (Oostelijk deel is het Kronenburgerpark)

Pompstation Nieuwe Marktstraat (Nijmegen)
Aanwezigheid van slecht doorlatende lagen
(ontleend aan lit. 9.1)

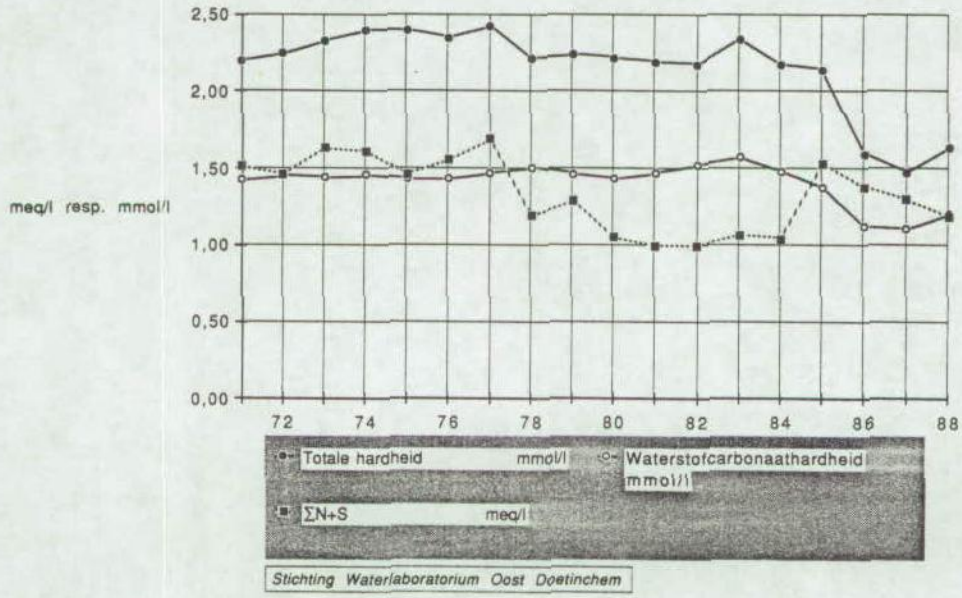
9.3

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

Nitraat, sulfaat en geleidingsvermogen rein water ps Nieuwe Marktstraat



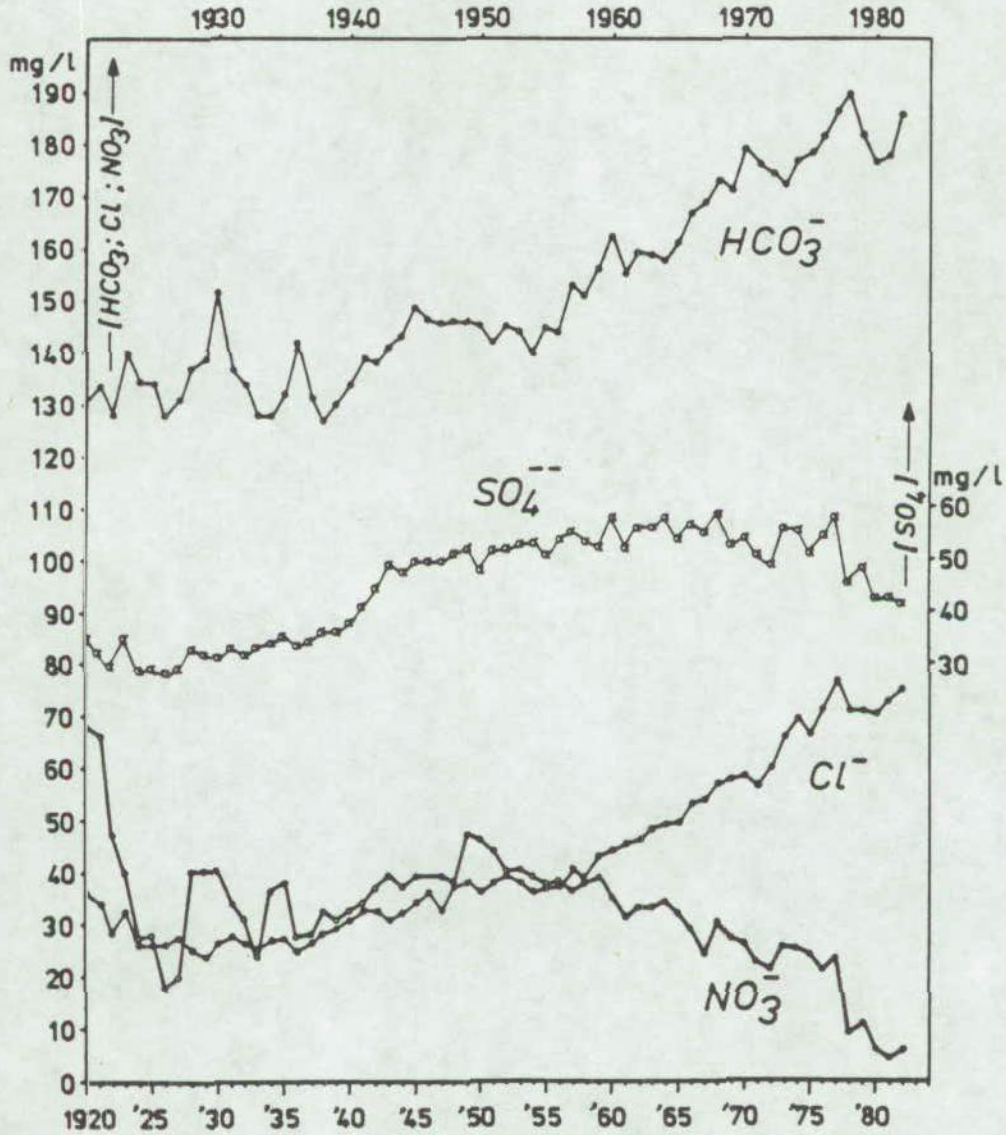
Σ N+S en hardheid rein water ps Nieuwe Marktstraat



Pompstation Nieuwe Marktstraat (Nijmegen)
Het verloop van zes macro-parameters van 1970-1988

9.4

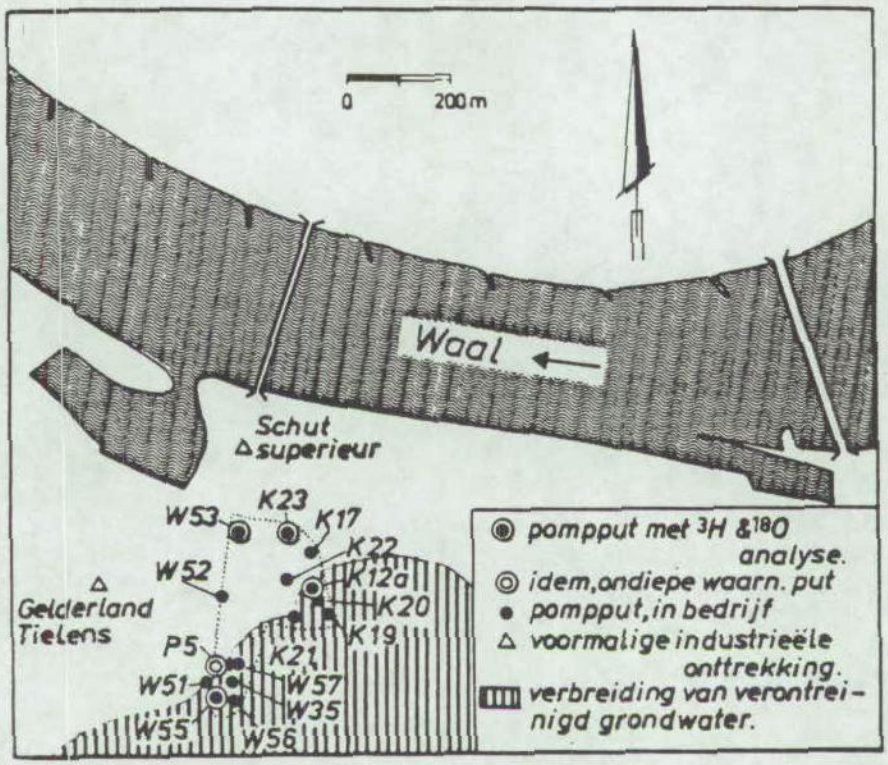
HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau



Pompstation Nieuwe Marktstraat (Nijmegen)
Het verloop van enige kwaliteitsparameters van 1920-1982

9.5

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau



Vermoedelijke verbreiding van verontreinigd grondwater rond het pompstation Nieuwe Marktstraat (ontleend aan lit. 9.2)

9.6

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs-
en Architectenbureau

B I J L A G E N

HK 334 Repro

GRONDBOORBEDRIJF

H. HAITJEMA & ZN. N.V.

DEDEMSVAART – Tel. 05230-2061

OPDRACHT No.

DATUM:

JAAR: 1970.

Boring no XVI

OPDRACHTGEVER	Gemeentelijk Waterleidingbedrijf Arnhem.
PLAATS v. d. BORING	ARNHEM, La Cabine
UITGEVOERD	van 26-3 tot 18-4-'70
BOORMEESTER	P. Snoyer
BOORBUIS/BOORDIAM.	⌀ 600 mm | 0.00 tot 124.00 m-mv
"	⌀ mm | tot m-mv
"	⌀ mm | tot m-mv
EINDDIEPTE	124.00 m-mv

POMPFILTER CONSTRUCTIE

	Diepte van/tot	Lengte	Diam. inw./uitw.	Mat.	Perf.	OMSTORTING Mat.	OMSTORTING Hoeveelh.
ZANDVANG	122,29–121,29 m-mv	1.00	250 / 255 mm	rvs			
FILTER	121,29–79,87 m-mv	41.42	250 / 255 mm	rvs			
"	— m-mv		/ mm				
"	— m-mv		/ mm				
"	— m-mv		/ mm				
"	— m-mv		/ mm				
STIJGBUIS	79,87–32,50 m-mv	47,37	250 / 280 mm	a.c.			
	32,50–1,50 m-mv	31,00	350 / 396 mm	a.c			
	— m-mv		/ mm				
	— m-mv		/ mm				

WAARNEMINGS-/PROEF-/PEILFILTER CONSTRUCTIE

FILTER	80,97–79,97 m-mv	1,00	1½" / mm	pvc			
	— m-mv		/ mm				
	— m-mv		/ mm				
	— m-mv		/ mm				
STIJGBUIS	79,97 – 0 m-mv	79,97	1½" / mm	pvc			
binnenpeilb.	32,50 – 0 m-mv	32,50	1½" / mm	pvc			
	— m-mv		/ mm				
	— m-mv		/ mm				
	— m-mv		/ mm				
ZUIG/PERS BUIS							

KLEP of AFSLUITER	VOETKLEP/TERUGSLAGKLEP DIAMETER:
BRONKOP bestaande uit: flens + blindflens.	NORMAAL GEBOORDE FLENS + CONTRA/BLINDFLENS DIAMETER: STEEKCIRKEL: AANTAL BOUTEN: 10

PROEFPOMPEN OP / van tot = uur

GRONDWATERSTAND IN DE PUT VOOR HET POMPEN m-mv

BIJ OPBRENGST	m³/p. uur	DALING v/d BRON	m; v/h PEILFILTER		m
" "	m³/p. uur	" " "	m; "	"	m
" "	m³/p. uur	" " "	m; "	"	m
" "	m³/p. uur	" " "	m; "	"	m
" "	m³/p. uur	" " "	m; "	"	m

WATERMONSTER WEL/NIET VERSTUURD NAAR R.V.D.

put XVI

Kantoor-Werkplaatsen
Wisseling 10
DEDEMSVAART
Telefoon 05230-2061 na 18 uur 2882

GRONDBOORBEDRIJF
H. HAITJEMA & Zn. N.V.
DEDEMSVAART

BORING

Locatie : ARNHEM. La Cabine.
Opdrachtgever : Gemeentelijk Waterleidingbedrijf. Arnhem.
Uitgevoerd : 26 maart tot 18 april 1970.
Boormeester : P. Snoyer
Boringsdiameter : 600 mm
Boorsysteem : roterend zuigen
Grondwaterstand : 13,80 mtr - maaiveld.

BOORPROFIEL

Diepte in Meters - Maaiveld	Omschrijving grondsoorten	Bijzonderheden
0,00-0,20	BOSGROND, zwart, met humus.	
0,20-1,40	ZAND, grof, bruin, met grint.	
1,40-3,00	ZAND, grof, geel-bruin, met grint.	
3,00-5,00	ZAND, zeer grof, geel-bruin, met veel stenen.	
5,00-6,50	ZAND, zeer grof, geel-bruin, met grint.	
6,50-8,00	ZAND, grof, geel-bruin.	
8,00-10,50	ZAND, grof, geel-bruin.	
10,50-13,50	ZAND, grof, geel-bruin, met veel grint.	
13,50-14,00	ZAND, grof, geel-bruin, met enkele stenen.	
14,00-17,00	ZAND, zeer grof, geel-bruin, met grint.	
17,00-19,00	ZAND, zeer grof, geel-bruin, met grint.	
19,00-20,50	ZAND, grof, geel-bruin, met grint.	
20,50-22,00	ZAND, zeer grof, geel-bruin, met grint.	
22,00-25,00	ZAND, grof, geel-bruin.	
25,00-28,00	ZAND, grof, geel-bruin, met een enkel steentje.	
28,00-31,00	ZAND, grof, geel-bruin.	
31,00-34,50	ZAND, grof, geel-bruin, met een enkel kleistukje.	
34,50-36,00	ZAND, grof, geel-bruin, met een enkel kleistukje.	
36,00-39,00	ZAND, grof, geel-bruin.	
39,00-42,00	ZAND, grof, met een enkel steentje, geel-bruin.	
42,00-45,00	ZAND, zeer grof, geel-bruin, met veel grint.	
45,00-47,50	ZAND, zeer grof, geel-bruin, met veel grint.	
47,50-48,50	ZAND, zeer grof, geel-bruin.	
48,50-51,50	ZAND, grof, geel-bruin, met iets grint.	
51,50-52,20	ZAND, zeer grof, geel-bruin, met veel grint.	
52,20-53,00	ZAND, zeer grof, geel-bruin, met veel grint.	
53,00-56,50	ZAND, grof, geel-bruin.	
56,50-59,00	ZAND, grof, bruin, met kleistukjes.	
59,00-60,00	ZAND, matig grof, geel-bruin, met kleistukjes.	

GRONDBOORBEDRIJF H. HAITJEMA & ZN. DEDEMSVAART - Tel. 05230-2061

BOORPROFIEL *vervolg* .....

Diepte in Meters – Maaiveld	Omschrijving grondsoorten	Bijzonderheden
60,00-63,00	ZAND, matig grof, geel-bruin.	
63,00-66,00	ZAND, matig grof, geel-bruin.	
66,00-68,00	ZAND, matig grof, geel-bruin.	
68,00-69,50	ZAND, grof, bruin, met kleistukjes.	
69,50-73,00	ZAND, matig grof, bruin, met veel kleistukjes.	
73,00-75,50	KLEI, met fijn zand, grijs.	
75,50-78,00	ZAND, grof, geel-bruin.	
78,00-83,50	ZAND, grof, geel-bruin.	
83,50-86,00	ZAND, grof, bruin, met kleistukjes.	
86,00-88,30	ZAND, grof, bruin.	
88,30-90,00	ZAND, zeer grof, bruin, met een enkel steentje.	
90,00-91,50	ZAND, grof, geel-bruin.	
91,50-93,50	ZAND, zeer grof, geel-bruin, met veel grint.	
93,50-94,00	ZAND, grof, geel-bruin.	
94,00-99,50	ZAND, grof, geel-bruin.	
99,50-101,00	ZAND, zeer grof, geel-bruin.	
101,00-102,50	ZAND, grof, geel-bruin, met stenen.	
102,50-105,50	ZAND, zeer grof, geel-bruin, met enkele stenen.	
105,50-108,00	ZAND, grof, geel-bruin.	
108,00-110,50	ZAND, grof, geel-bruin.	
110,50-113,00	ZAND, zeer grof, geel-bruin.	
113,00-115,00	ZAND, grof, geel-bruin.	
115,00-119,00	ZAND, grof, geel-bruin.	
119,00-120,50	ZAND, fijn, geel-bruin.	
120,50-121,00	ZAND, matig grof, geel-bruin.	
221,00-123,00	KLEI, grijs, met hout en ijzer.	
123,00-124,00	ZAND, zeer fijn, grijs.	

GRONDBOORBEDRIJF

H. HAITJEMA & ZN. N.V.

DEDEMSVAART – Tel. 05230-2061

OPDRACHT No.

DATUM:

JAAR: 1970.

OPDRACHTGEVER	Gem Waterleidingbedrijf Arnhem.
PLAATS v. d. BORING	ARNHEM. La Cabine
UITGEVOERD	van 20-4- tot/m 22-5-'70
BOORMEESTER	P. Snoyer
BOORBUIS/BOORDIAM.	Ø600 mm 0.00 tot 124.00 m-mv
"	Ø mm tot m-mv
"	Ø mm tot m-mv
EINDDIEPTE	124.00 m-mv

POMPFILTER CONSTRUCTIE

	Diepte van/tot	Lengte	Diam. inw./uitw.	Mat.	Perf.	OMSTORTING Mat.	OMSTORTING Hoeveelh.
ZANDVANG	119,80—118,80 mv	1.00	250/255 mm	r.vs			
FILTER	118,80— 77,95 mv	40,85	250/255 mm	rvs			
"	— m-mv		/ mm				
"	— m-mv		/ mm				
"	— m-mv		/ mm				
"	— m-mv		/ mm				
STIJGBUIS	77,95—31.60 m-mv	46,35	250/280 mm	a.c.			
	31,60— 1.50 m-mv	30,10	350/396 mm	a.c.			
	— m-mv		/ mm				
	— m-mv		/ mm				

WAARNEMINGS-/PROEF-/PEILFILTER CONSTRUCTIE

FILTER	79,00—78.00 m-mv	1.00	1½" / mm	pvc			
	— m-mv		/ mm				
	— m-mv		/ mm				
	— m-mv		/ mm				
STIJGBUIS	78,00—0,00 m-mv	78.00	1½" / mm	pvc			
	— m-mv		/ mm				
binnenpeilbuis	31,50—0,00 m-mv	31.50	1½" / mm	pvc			
	— m-mv		/ mm				
	— m-mv		/ mm				
ZUIG/PERS BUIS							

KLEP of AFSLUITER: VOETKLEP/TERUGSLAGKLEP — DIAMETER:

BRONKOP bestaande uit: flens + blindflens

NORMAAL GEBOORDE FLENS + CONTRA/BLINDFLENS

DIAMETER: STEEKCIRKEL: AANTAL BOUTEN: 10

PROEFPOMPEN OP / van tot = uur

GRONDWATERSTAND IN DE PUT VOOR HET POMPEN m-mv

BIJ OPBRENGST	m³/p. uur	DALING v/d BRON	m; v/h PEILFILTER m
" "	m³/p. uur	" " "	m; " " m
" "	m³/p. uur	" " "	m; " " m
" "	m³/p. uur	" " "	m; " " m
" "	m³/p. uur	" " "	m; " " m

WATERMONSTER WEL/NIET VERSTUURD NAAR R.V.D.

Kantoor-Werkplaatsen
Wisseling 10
DEDEMSVAART
Telefoon 05230-2061 na 18 uur 2882

GRONDBOORBEDRIJF
H. HAITJEMA & Zn. N.V.
DEDEMSVAART

BORING XVII.

ingekomen 3 juni 1970
No. 222.1073-70

Locatie : ARNHEM, La Cabine
Opdrachtgever : Gemeentelijk Waterleidingbedrijf Arnhem.
Uitgevoerd : 20 april t/m 22 mei 1970.
Boormeester : P. Snoyer
Boringsdiameter : 600 mm
Boorsysteem : roterend zuigen.
Grondwaterstand : 16,40 mtr - maaiveld.

BOORPROFIEL

Diepte in Meters - Maaiveld	Omschrijving grondsoorten	Bijzonderheden
0,00-0,50	TEELAARDE, zwart, met fijn grint.	-
0,50-1,80	ZAND, grof, bruin-geel, met steentjes.	
1,80-2,80	ZAND, grof, bruin-geel, met een enkel steentje.	
2,80-3,00	ZAND, grof, bruin-geel, met grint en steentjes.	
3,00-6,00	ZAND, grof, bruin-geel.	
6,00-7,00	ZAND, grof, licht-grijs, met veel grint en stenen.	
7,00-9,50	ZAND, zeer grof, licht-grijs, met veel grint en stenen.	
9,50-13,00	ZAND, bruin-geel, met steentjes.	
13,00-15,50	ZAND, scherp tot matig grof, bruin-geel.	
15,50-17,00	ZAND, zeer grof, bruin-geel, met veel steentjes.	
17,00-20,00	ZAND, grof, bruin-geel.	
20,00-22,00	ZAND, grof, licht-grijs.	
22,00-24,00	ZAND, grof, bruin.	
24,00-28,50	ZAND, grof, bruin-geel.	
28,50-30,00	LEEM, bruin.	
30,00-32,00	ZAND, grof, bruin-geel.	
32,00-37,50	ZAND, grof, licht-grijs.	
37,50-40,00	ZAND, bruin-geel, met een enkel steentje.	
40,00-42,50	ZAND, grof, bruin-geel, met een enkel steentje.	
42,50-45,00	ZAND, zeer grof, bruin-geel, met veel grint.	
45,00-47,50	ZAND, grof, bruin-geel, met veel grint.	
47,50-49,00	ZAND, grof, grijs.	
49,00-50,50	ZAND, zeer grof, bruin-geel, met veel grint.	
50,50- 53,00	ZAND, grof, bruin-geel.	
53,00-54,50	ZAND, grof, bruin-geel, met veel grint.	
54,50-57,50	ZAND, grof, licht-grijs.	

BOORPROFIEL vervolg XVII

Diepte in Meters – Maaiveld	Omschrijving grondsoorten	Bijzonderheden
57,50-62,00	ZAND, grof, licht-grijs.	
62,00-66,00	ZAND, grof, geel-bruin, met steentjes.	
66,00-69,00	ZAND, grof, licht-grijs.	
69,00-70,00	ZAND, grof, licht-grijs.	
70,00-74,00	LEEM, bruin.	
74,00-75,00	ZAND, geel-bruin, met steentjes.	
75,00-79,00	ZAND, matig grof, geel-bruin.	
79,00-82,00	ZAND, zeer grof, geel-bruin.	
82,00-83,50	ZAND, zeer grof, geel-bruin, met enkele steentjes.	
83,50-86,00	ZAND, grof, geel-bruin.	
86,00-88,00	ZAND, grof, geel-bruin, met steentjes.	
88,00-88,50	ZAND, grof, geel-bruin, met steentjes.	
88,50-89,00	LEEM, bruin.	
89,00-92,00	ZAND, zeer grof, geel-bruin, met veel grint.	
92,00-94,00	ZAND, zeer grof, geel-bruin, met veel grint.	
94,00-95,00	ZAND, grof, geel-bruin, met een enkel steentje.	
95,00-98,00	ZAND, licht-grijs, met steentjes.	
98,00-99,50	ZAND, bruin-geel, met steentjes.	
99,50-101,00	ZAND, zeer grof, grijs-geel, met steentjes.	
101,00-103,00	ZAND, zeer grof, grijs-geel.	
103,00-105,00	ZAND, zeer grof, grijs-geel.	
105,00-106,50	ZAND, grof, bruin, met steentjes.	
106,50-107,00	ZAND, zeer grof, grijs-geel.	
107,00-108,00	ZAND, grof, bruin-geel.	
108,00-109,50	ZAND, zeer grof, grijs-geel, met een enkel steentje.	
109,50-110,00	ZAND, zeer grof, bruin-geel, met een enkel steentje.	
110,00-112,00	ZAND, zeer grof, grijs-geel, met veel grint.	
112,00-115,00	ZAND, grof, grijs-geel.	
115,00-117,50	ZAND, zeer grof, grijs-geel, met enkele steentjes.	
117,50-120,00	ZAND, zeer grof, grijs-geel, met steentjes.	
120,00-122,50	KLEI, grijs, met versteende klei.	
122,50-124,00	ZAND, matig grof, grijs, met kleistukjes.	

BORING 4. IV

Bijlage 1.3

Locatie : ARNHEM. (La Cabine).
Opdrachtgever : Gemeentelijk Waterleidingbedrijf, Arnhem.
Uitgevoerd : 25 nov - 17 dec. 1968.
Boormeester : H. Bennink.
Boringsdiameter : 500 mm.
Boorsysteem : Roterend zuigen.
Grondwaterstand :

BOORPROFIEL

Diepte in Meters – Maaiveld	Omschrijving grondsoorten	Bijzonderheden
0.00-0.20	TEELAARDE met humusresten.	
0.20-0.60	OPGEBRACHTE GROND.	
0.60-0.90	ZAND, donkerbruin.	
0.90-1.80	ZAND, grof, bruingeel.	
1.80-2.50-	ZAND, grof, bruin, met grint.	
2.50-3.00	ZAND, grof, bruingeel.	
3.00-6.50	ZAND, matig grof, bruingeel.	
6.50-7.20	ZAND, grof, bruingeel, met grint.	
7.20-14.00	ZAND, matig grof, bruingeel.	
14.00-16.80	ZAND, grof, bruingeel, met grint.	
16.8 -21.00	ZAND, grof, bruingeel.	
21.00-23.50	ZAND, grof, bruingeel, met grint.	
23.50-24.50	ZAND, bruingeel, veel grint met enkele leemlaagjes.	
24.50-25.00	ZAND, grof, bruingeel, met grint.	
25.00-27.50	ZAND, grof, bruingeel, met grint met leemstukjes.	
27.50-29.00	ZAND, grof, bruingeel.	
29.00-30.00	ZAND, grof, bruingeel, met iets fijn grint.	
30.00-33.50-	ZAND, grof, bruingeel.	
33.50-33.80	ZAND, grof tot zeer grof, bruingeel.	
33.80-34.00	ZAND, zeer grof, bruingeel.	
34.00-36.00	ZAND, zeer grof, bruin, met veel fijn grint.	
36.00-37.00	ZAND, zeer grof, bruin, zeer veel fijn grint.	
37.00-37.80	GRINT, matig grof, met iets grof zand.	
37.80-38.00	GRINT, fijn met iets grof zand.	
38.00-38.30	ZAND, grof, geel, zeer veel fijn grint.	
38.30-38.60	ZAND, zeer grof, bruingeel, met veel fijn grint.	
38.60-39.00	ZAND, bruingeel, met veel matig grof grint.	
39.00-39.30	GRINT, fijn, met iets grof zand.	
39.30-39.35	GRINT, matig grof.	
39.35-39.50	GRINT? GROF.	

BOORPROFIEL vervolg boring 4.

Diepte in Meters – Maaiveld	Omschrijving grondsoorten	Bijzonderheden
39.50-39.75	GRINT, zeer grof, met stenen.	
39.75-40.50	ZAND, bruingeel, met matig veel grint en stenen.	
40.50-40.60	GRINT, met iets grijs zand en stenen.	
40.60-41.50	GRINT, fijn en grof, met iets zand.	
41.50-42.10	GRINT, grof, met iets grof zand.	
42.10-43.00	ZAND, bruingeel,grof, met iets grint.	
43.00-44.00	ZAND, matig grof, bruingeel.	
44.00-44.50	ZAND, matig grof, bruin, scherp, met steentjes.	
44.50-45.50	ZAND, matig grof, bruin, met enkele leemstukjes.	
45.50-46.30	ZAND, matig grof, bruingeel, met enkele steentjes.	
46.30-47.00	ZAND, bruingeel, scherp, met enkele steentjes.	
47.00-48.00	ZAND, bruingeel, scherp, met enkele steentjes.	
48.00-48.50	LEEM, met iets zand en stenen.	
48.50-48.80	LEEM, bruin, hard.	
48.80-48.90	LEEM, en klei.	
48.90-49.00	KLEI, donkergrijs.	
49.00-49.50	KLEI, lichtgrijs.	
49.50-49.80	KLEI, grijs gelaagd.	
49.80-50.20	KLEI, lichtgrijs.	
50.20-51.50	KLEI, grijs gelaagd.	
51.50-51.80	KLEI, grijs.	
51.80-51.85	KLEI, donkergrijs.	
51.85-52.00	KLEI, donkergrijs gelaagd.	
52.00-52.50	ZAND, bruingeel, scherp, met enkele grintjes.	
52.50-53.50	ZAND, grijsgeel scherp, met enkele steentjes.	
53.50-54.00	ZAND, bruingeel, scherp, met enkele steentjes.	
54.00-54.80	ZAND, scherp tot matig grof, bruingeel met enkele steentjes.	
54.80-55.00	LEEM met stenen.	
55.00-55.80	ZAND, bruingeel, met enkele stenen en leemstukjes.	
55.80-56.00	ZAND, matig grof, bruingeel, enkele steentjes.	
56.00-58.00	ZAND, matig grof tot grof, bruingeel met enkele steentjes.	
58.00-58.50	LEEM. bruin.	
58.50-58.80	ZAND, matig grof, bruin.	
58.80-59.00-	ZAND, matig grof, bruin, met enkele leemstukjes.	

BOORPROFIEL vervolg boring 4.

Diepte In Meters – Maaiveld	Omschrijving grondsoorten	Bijzonderheden
59.00-60.00	ZAND, matig grof, bruin,met enkele leemstukjes.	
60.00-60.50	ZAND, matig grof tot grof, bruin, met enkele steentjes.	
60.50-61.50	ZAND, matig grof tot grof, bruin.	
61.50-62.00	ZAND, grof, bruingeel, met iets grint.	
62.00-62.50	ZAND, grof, bruingeel, met matig veel grint.	
62.50-63.00	ZAND, zeer grof, bruingeel, matig veel grint.	
63.00-63.80	ZAND, zeer grof, bruingeel, met zeer veel grint.	
63.80-64.20	ZAND, zeer grof, bruingeel, met veel grint en stenen.	
64.20-64.80	ZAND, matig grof, bruingeel, met enkele leemstukjes.	
64.80-66.50	ZAND, matig grof, bruin, met enkel leemstukjes en enkele steentjes.	
66.50-67.50	ZAND, grof, bruin, met iets grint.	
67.50-68.00	ZAND, grof, bruingeel, met iets grint.	
68.00-69.00	ZAND, grof tot zeer grof, bruingeel, met iets grint.	
69.00-69.50	ZAND, zeer grof, bruingeel met iets grint.	
69.50-70.80	ZAND, grof, bruingeel, met iets grint.	
70.80-71.50	ZAND, matig grof tot grof, bruin, met enkele steentjes.	
71.50-72.50	ZAND, matig grof, bruin,met enkele stenen.	
72.50-72.80	ZAND, matig grof, bruin.	
72.80-73.00	ZAND, grof, bruingeel, matig veel fijn grint.	
73.00-74.50	ZAND, grof, bruin, met enkele steentjes.	
74.50-74.80-	ZAND, grof tot zeer grof, bruingeel, met fijn grint.	
74.80-75.00	ZAND, grof, bruingeel, met fijn grint.	
75.00-76.50	ZAND, zeer grof, bruingeel, met veel fijn grint.	
76.50-77.50	ZAND, grof, bruingeel, met matig veel grint.	
77.50-78.50	ZAND, grof, bruingeel,matig veel grint.	
78.50-79.00	ZAND, matig grof tot grof. bruingeel.met enkel grint.	
79.00-80.50	ZAND, matig grof,bruingeel, met iets grint.	
80.50-81.00	ZAND, matig grof tot grof, bruingeel, met iets fijn grir	
81.00-83.00	ZAND, matig grof, bruin met iets grint.	
83.00-84.20	ZAND, grof, bruin, met iets fijn grint.	
84.20-86-80	ZAND, matig grof, bruin, met enkele stenen.	
86.80-89.50	ZAND, matig grof tot grof, bruin met enkele stenen	
89.50-92.80	ZAND, grof, bruin, matig veel grint.	
92.80-97.00	ZAND, fijn, bruingeel.	
97.00-97.50	ZAND, fijn, bruingeel, met dikke stenen + iets klei.	

BOORPROFIEL vervolg boring 4.

Diepte in Meters – Maaiveld	Omschrijving grondsoorten	Bijzonderheden
97.50-100 .00	ZAND,grof, grijsgeel, met iets fijn grint.	
100.00-102.50	ZAND, grof, grijsgeel, matig veel grint.	
102.50-103.00	ZAND, grof, grijsgeel, met enkele leemstukjes en stenen.	
103.00-108.80	ZAND, grof tot zeer grof, grijsgeel.met iets grint.	
108.80-112,00	ZAND, fijn, grijs, scherp	

Telefoon: 05230-2061 na 18 uur 2882

BORING 5. V

Locatie : ARNHEM(La Cabine).

Opdrachtgever : Gemeentelijk Waterleidingbedrijf, Arnhem.

Uitgevoerd : 18 dec. 1968 tot 20 jan. 1969.

Boormeester : H. Bennink.

Boringsdiameter : 500 mm.

Boorsysteem : Roterend zuigen.

Grondwaterstand :

BOORPROFIEL

Diepte in Meters – Maaiveld	Omschrijving grondsoorten	Bijzonderheden
0.00 - 0.30	ZWARTE GROND.	
0.30 - 1.20	ZAND, bruin.	
1.20 - 1.50	ZAND, zwart.	
1.50 - 2.50	ZAND, matig grof, bruin.	
2.50 - 3.20	ZAND, grof, bruingeel.	
3.20 - 6.00	ZAND, grof, geelbruin.	
6.00 - 9.50	ZAND, grof, geelgrijs met grint.	
9.50 -12.50	ZAND, matig grof, geelbruin.	
12.50 -14.00	ZAND, grof, geelbruin met iets grint.	
14.00 -15.50	ZAND, zeer grof, geelbruin met veel grint.	
15.50 -20.00	ZAND, grof, bruingeel met iets grint.	
20.00 -25.50	ZAND, matig grof, bruingeel met enkele stenen.	
25.50 -28.00	ZAND, grof, bruingeel met veel grint.	
28.00 -30.00	ZAND, scherp, bruin met leemdelen.	
30.00 -32.50	ZAND, matig grof, bruin met iets grint.	
32.50 -36.50	ZAND, grof, bruin met iets grint.	
36.50 -37.50	ZAND, zeer grof, bruingeel met veel fijn grint.	
37.50 -41.00	ZAND, grof, bruingrijs met zeer veel grof grint.	
41.00 -42.50	ZAND, zeer grof, bruingrijs met veel fijn grint.	
42.50 -43.70	ZAND, zeer grof, bruingeel met iets fijn grint.	
43.70 -45.00	ZAND, grof, bruin met iets grint.	
45.00 -47.80	ZAND, zeer grof, bruingeel met veel grint.	
47.80 -49.50	ZAND, grof, bruin met leemdelen.	
49.50 -50.70	LEEM, bruin.	
50.70 -53.00	LEEM, grijs.	
53.00 -54.40	LEEM, grijs.	
54.40 -55.80	LEEM, bruingeel.	
55.80 -57.50	LEEM, bruingeel met stenen.	
57.50 -58.80	ZAND, zeer grof, bruin met iets grint en	

BOORPROFIEL vervolg boring 5.

Diepte in Meters – Maaiveld	Omschrijving grondsoorten	Bijzonderheden
58.80 - 60.00	LEEM, grijs.	
60.00 - 61.20	LEEM, bruin.	
61.20 - 65.80	ZAND, grof, geel met weinig fijn grint.	
65.80 - 66.50	LEEM met zandlaagjes.	
66.50 - 67.20	ZAND, grof, bruin met leemdelen.	
67.20 - 69.00	LEEM, bruingrijs.	
69.00 -72.00	ZAND, grof, bruin met matig veel fijn grint.	
72.00 - 75.80	ZAND, grof, geel met veel fijn grint.	
75.80 - 78.50	ZAND, matig grof, geel.	
78.50 - 80.20	ZAND, zeer grof, bruingeel met veel fijn grint.	
80.20 - 83.00	ZAND, grof, bruin met iets grint.	
83.00 - 83.50	ZAND, grof, geel met zeer veel grof grint.	
83.50 - 89.00	ZAND, grof, bruin met weinig fijn grint.	
89.00 - 90.50	ZAND, grof tot zeer grof, geelbruin met iets grint.	
90.50 - 91.00	ZAND, zeer grof, bruingeel met veel fijn grint.	
91.00 - 95.50	ZAND, grof, bruin met weinig fijn grint.	
95.50 - 98.80	ZAND, zeer grof, geelgrijs met veel dikke stenen.	
98.80 -101.70	ZAND, zeer grof, geelgrijs met enkele stenen.	
101.70 -102.70	ZAND, zeer grof, geelgrijs met veel dikke stenen.	
102.70 -104.50	GRINT, fijn en grof met iets grof zand.	
104.50 -106.50	KLEI, grijs.	
106.50 -107.50	ZAND, matig grof, grijs met kleidelen.	
107.50 -108.50	ZAND, zeer grof, grijs met veel fijn grint.	
108.50 -110.00	ZAND, grof, grijs met veel klei- en houtdelen en iets grint.	
110.00 -111.80	ZAND, matig grof, grijs.	
111.80 -112.00	ZAND, matig grof, scherp, grijs.	

=======

BRON no. 5.

OPDRACHTGEVER	Gemeentelijk Waterleidingbedrijf, Arnhem.
PLAATS v. d. BORING	ARNHEM. Pompstation La Cabine.
UITGEVOERD	van 18 dec. 1968 tot 20 jan. 1969.
BOORMEESTER	H. Bennink.
BOORBUIS/BOORDIAM.	⌀ 500 mm 0.00 tot 112.00 m-mv
"	⌀ mm tot m-mv
"	⌀ mm tot m-mv
EINDDIEPTE	112.00 m-mv

POMPFILTER CONSTRUCTIE

	Diepte van/tot	Lengte	Diam. inw./uitw.	Mat.	Perf.	OMSTORTING Mat.	Hoeveelh.
ZANDVANG	10561-10461 m-mv	1.00	250 /255 mm	r.v.s.		$1\frac{1}{2}$-$2\frac{1}{2}$	
FILTER	10461-69.48 m-mv	35.13	250 /255 mm	r.v.s.		$1\frac{1}{2}$-$2\frac{1}{2}$	
" blind	69.48-65.58 m-mv	3.90	250 /255 mm	r.v.s.		$1\frac{1}{2}$-$2\frac{1}{2}$	
"	— m-mv		/ mm				
"	— m-mv		/ mm				
"	— m-mv		/ mm				
STIJGBUIS	61.58-31.50 m-mv	30.08	250 /284 mm	a.c.			
Opzetbuis	31.50-1.50 m-mv	30.00	350 /390 mm	a.c.			
	— m-mv		/ mm				
	— m-mv		/ mm				

WAARNEMINGS-/PROEF-/PEILFILTER CONSTRUCTIE

FILTER	62.58-61.58 m-mv	1.00	38.2 /47.8 mm	pvc			
	— m-mv		/ mm				
	— m-mv		/ mm				
	— m-mv		/ mm				
STIJGBUIS	61.58-0.02 m-mv	61.60	38.2 /47.8 mm	pvc			
	— m-mv		/ mm				
	— m-mv		/ mm				
	— m-mv		/ mm				
	— m-mv		/ mm				
ZUIG/PERS BUIS							

KLEP of AFSLUITER: VOETKLEP/TERUGSLAGKLEP DIAMETER:

BRONKOP bestaande uit: NORMAAL GEBOORDE FLENS + CONTRA/BLINDFLENS

DIAMETER: STEEKCIRKEL: AANTAL BOUTEN:

PROEFPOMPEN OP / van tot = uur

GRONDWATERSTAND IN DE PUT VOOR HET POMPEN m-mv

BIJ OPBRENGST	m³/p. uur	DALING v/d BRON	m; v/h PEILFILTER m
" "	m³/p. uur	" " "	m; " " m
" "	m³/p. uur	" " "	m; " " m
" "	m³/p. uur	" " "	m; " " m
" "	m³/p. uur	" " "	m; " " m

WATERMONSTER WEL/NIET VERSTUURD NAAR R.V.D.

Overzicht rein water 1988 Gelderse pompstations gesorteerd naar Σ N+S

Stichting Waterlaboratorium Oost
Vijfstraat 50
7005 BN Doetinchem

Bedrijf / Pompstation		WCG Tolkamer	VNB Wageningen	Arnhem Ir Sijmons	Renkum Oosterbeek	VNB Schalterberg	VNB Pinkenberg	Arnhem La Cabine	VNB Hoenderloo	VNB mersf.weg	VNB Edese bos	WCG Noordijkerveld	WMOVZ Ellecom	VNB Hoog Soeren	Nijmegen Heumensoord	WCG Vorden	WCG Hengelo Klooster	WCG Zutphen	Nijmegen Nw. Marktst	WCG Gorssel	WCG Varsseveld	WCG Lichtenvoorde	WCG Hengelo 1	WCG Corle	WCG vHeek Montf.	WCG Lochem	WCG Harfsen	WCG De Pol	WCG Eibergen	WCG Dinxperlo	WCG Ruurlo
Aluminium (Al)	µg/l	<	<	<	<	<	<	<	<	<	11	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Arseen (As)	µg/l	5	<	<	<	<	3	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	3	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Barium (Ba)	µg/l	20	6	15	<	<	6	7	11	12	5	37	7	29	11	68	89	120	17	59	120	58	110	29	14	30	71	130	33	100	140
Cadmium (Cd)	µg/l	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Chroom (Cr)	µg/l	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Koper (Cu)	µg/l	<	11	<	12	<	<	<	21	14	6	<	6	9	<	<	<	<	16	46	<	30	<	13	85	<	56	37	<	5	<
Kwik (Hg)	µg/l	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Lood (Pb)	µg/l	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Nikkel (Ni)	µg/l	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	7	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Seleen (Se)	µg/l	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Zink (Zn)	µg/l	<	<	<	20	10	<	10	5	<	<	7	5	<	<	<	<	<	10	<	5	8	<	19	<	<	<	10	<	13	10
Kleur	mgPt/l	8	5	5	4	3	3	3	4	3	3	12	4	3	3	12	10	14	4	13	18	16	8	13	3	4	14	7	10	6	6
Kaliumpermanganaatverbruik	mg/l	3	<	1	<	<	<	<	<	<	<	7	<	<	<	8	6	9	<	8	11	12	6	9	<	<	8	6	9	3	4
Chloride (Cl-)	mg/l	5	6	9	12	12	9	13	18	18	16	25	17	38	21	26	25	96	68	32	54	34	35	38	24	33	37	35	38	41	49
Nitraat (NO3-)	mg/l	<	<	<	3	1	4	6	11	5	10	<	17	19	21	<	<	6	13	<	<	3	12	<	40	27	12	9	2	3	6
Sulfaat (SO4--)	mg/l	2	8	9	8	11	9	9	12	17	22	31	20	25	29	48	48	50	47	59	59	59	58	70	41	55	69	77	84	86	93
Waterstofcarbonaat (HCO3-)	mg/l	223	95	183	108	72	77	80	133	87	87	197	72	44	78	214	244	313	147	236	264	310	251	216	97	138	282	257	258	232	257
Vrij kooldioxyde (CO2)	mg/l	12	2	6	3	1	2	6	6	2	1	16	5	0	<	5	18	19	1	16	26	47	20	8	4	6	20	15	22	12	23
Carbonaat (CO3--)	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosfaat (PO4---)	mg/l	0,14	0,07	0,15	0,04	0,03	0,04	0,10	0,04	<	0,10	<	<	0,03	<	<	<	0,06	<	<	<	<	0,08	<	<	<	<	<	<	<	<
Silicaat	mg/l	17	13	15	13	13	14	13	15	15	11	15	13	13	13	12	12	16	12	12	13	18	14	24	12	14	13	12	15	13	8
Calcium (Ca++)	mg/l	58	28	49	33	25	24	27	43	32	36	75	28	27	30	81	90	101	51	93	102	117	101	92	45	64	112	108	111	103	113
Magnesium (Mg++)	mg/l	7,5	2,1	5,3	3,3	1,6	2,2	2,7	4,6	2,3	2,4	4,8	5,4	4,3	7,4	6,4	7,4	11,5	8,8	7	6,9	7,3	8	6,8	9,1	7,2	8,8	7,4	6,7	7,6	9,8
Natrium (Na+)	mg/l	7	6	9	8	8	8	9	12	11	11	10	11	21	14	14	14	65	49	17	32	19	16	20	15	22	22	20	22	23	25
Kalium (K+)	mg/l	2,0	0,6	5,8	0,8	0,7	1,0	0,8	2,0	0,9	0,6	1,5	1,2	1,4	2,0	1,4	1,2	6,1	4,2	1,0	1,4	2,2	1,6	2,6	1,3	2,1	2,9	3,6	1,8	2,4	5,5
Totale hardheid	mmol/l	1,76	0,78	1,44	0,96	0,69	0,69	0,78	1,26	0,89	1,00	2,07	0,92	0,85	1,05	2,28	2,55	2,99	1,63	2,61	2,83	3,22	2,85	2,58	1,50	1,89	3,16	3,00	3,05	2,88	3,22
Waterstofcarbonaathardheid	mmol/l	1,83	0,78	1,50	0,89	0,59	0,63	0,66	1,09	0,71	0,71	1,61	0,59	0,36	0,64	1,75	2,00	2,57	1,20	1,93	2,16	2,54	2,06	1,77	0,80	1,13	2,31	2,11	2,11	1,90	2,11
Geleidingsvermogen bij 20 C	mS/m	33	17	29	21	17	15	19	28	22	23	40	23	27	28	46	49	79	51	52	63	63	57	54	36	45	64	60	61	60	67
Nitriet (NO2-)	mg/l	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,03	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Ammonium (NH4+)	mg/l	<	<	0,10	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
IJzer (Fe++)	mg/l	0,02	0,02	0,03	<	<	0,01	0,04	0,01	<	0,03	0,02	0,01	<	0,04	0,01	0,02	0,04	0,05	0,02	0,04	0,02	0,01	0,07	0,02	0,02	0,05	0,02	0,03	0,06	0,01
Mangaan (Mn++)	mg/l	<	<	<	<	<	<	0,02	<	0,01	0,01	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,02	<	<	<	<	<	0,01	0,01	<	0,01	0,02
Troebelheid	FTE	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,2	<	<	0,3	<	0,1	0,2	<	0,1	0,2	0,1	<	0,3	0,2	0,2	0,3	<	0,2	0,2	<
Temperatuur	C	11,8	10,9	11,4	10,4	9,8	10	10	10,9	10,2	9,3	10,3	10	9,7	10,6	10	10,1	11,1	12,1	10,1	10,7	10,6	10,5	10,6	9,5	10,4	10,4	10,6	10,4	10,5	10,6
Waterstofexponent (pH)		7,50	7,90	7,80	8,00	8,10	8,00	7,40	7,60	7,90	8,10	7,40	7,60	8,00	8,20	7,90	7,40	7,50	8,30	7,50	7,30	7,10	7,40	7,60	7,60	7,70	7,40	7,50	7,40	7,50	7,30
Zuurstof (O2)	mg/l	10,6	6,6	10	8,2	6,6	10	6,7	4,9	6,5	7,3	8,7	4,4	11,7	5	11,6	9,1	5,1	10,7	10	8,9	8,4	10,1	10	6,3	8,3	10,7	7,9	8,2	10	8,6
ΣN+S	meq/l	0,04	0,17	0,19	0,22	0,25	0,25	0,28	0,43	0,43	0,62	0,65	0,69	0,83	0,94	1,00	1,00	1,14	1,19	1,23	1,23	1,28	1,40	1,46	1,50	1,58	1,63	1,75	1,78	1,84	2,03
Ionen - neg	meq/l	3,84	1,89	3,44	2,32	1,76	1,77	1,96	3,11	2,29	2,50	4,58	2,08	2,62	2,47	5,24	5,70	8,97	5,30	6,00	7,08	7,32	6,50	6,07	3,77	4,77	7,30	6,95	7,08	6,80	7,63
Ionen - pos	meq/l	3,88	1,85	3,43	2,29	1,75	1,76	1,99	3,11	2,29	2,50	4,62	2,36	2,66	2,78	5,23	5,76	8,99	5,52	6,00	7,10	7,34	6,45	6,11	3,69	4,81	7,37	6,98	7,11	6,85	7,70
pH-evenwicht		7,59	8,22	7,73	8,11	8,39	8,38	8,32	7,93	8,22	8,17	7,55	8,37	8,61	8,32	7,49	7,39	7,29	7,86	7,40	7,33	7,20	7,35	7,45	8,07	7,78	7,26	7,31	7,30	7,38	7,30
Saturatie-index (S.I.)		-0,09	-0,32	0,07	-0,11	-0,29	-0,38	-0,92	-0,33	-0,32	-0,07	-0,15	-0,77	-0,61	-0,12	0,41	0,01	0,21	0,44	0,10	-0,03	-0,10	0,05	0,15	-0,47	-0,08	0,14	0,19	0,10	0,12	0,00