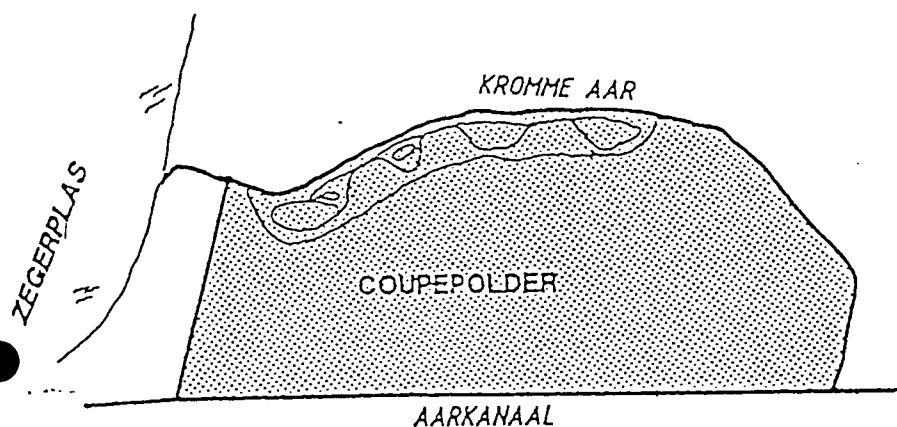


Provincie Zuid-Holland
Code: ZH 020/007

loc AA048401526
rap AA048402495

ONDERZOEK MONITORING
EN BEHEERSMAATREGELEN
STORT COUPÉPOLDER
ALPHEN AAN DEN RIJN

Deelrapportage fase 4,
Ontwerp monitoringsysteem en
technisch beslismodel



IWACO

Adviesbureau voor water en milieu

Postbus 8520
3009 AM Rotterdam

COLOFON:

IWACO B.V.
Regionale Vestiging Rotterdam
Postbus 8520, 3009 AM Rotterdam
Hoofdweg 490, 3067 GK Rotterdam
Telefoon (010-4076543)
Telefax (010-2200025)

27 augustus 1992
stortplaats, monitoring, ontwerpmethod
PRV
MON
048 / 537 / 429

Projectnummer: 10.2485.0
Projecttitel: Onderzoek monitoring en beheersmaat-
regelen stort Coupépolder
Alphen aan den Rijn
Rapporttitel: Rapportage fase 2, Ontwerp
monitoringsysteem en technisch
beslismodel
Opdrachtgever: Provincie Zuid-Holland
ZH 020/007

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm, elektronisch of op geluidsband of op welke andere wijze ook en evenmin in een retrieval systeem worden opgeslagen zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING	i
1. INLEIDING	1
2. MONITORINGSTRATEGIE	2
2.1 Uitgangspunten	2
2.2 Selectie signaalwaarden	3
3. BASISGEGEVENS	5
3.1 Geohydrologie	5
3.1.1 Bodemopbouw	5
3.1.2 Grondwaterstroming	6
3.2 Emissies van verontreinigingen	6
4. ONTWERPBEREKENINGEN MONITORINGSYSTEEM	7
4.1 Methodiek	7
4.2 Berekeningssysteem modisco	8
4.3 Verspreidingsscenario's	10
4.3.1 Calamiteiten in de stort	10
4.3.2 Verspreiding door de deklaag	10
4.3.3 Verspreiding in het watervoerend pakket	11
4.4 Berekeningsresultaten	11
4.5 Gevoeligheid van de berekeningen	12
5. SPECIFICATIES VAN HET MONITORINGSYSTEEM	13
5.1 Ontwerp	13
5.2 Analysepakket	14
5.3 Bemonsteringsfrequentie	14
5.4 Kostenraming monitoringsysteem	15
6. ONTWERP TECHNISCH BESLISMODEL	16
6.1 Procedures en criteria	16
6.2 Toelichting technische aspecten	17
7. LITERATUUR	19

TABELLEN

1. X-gem, X₉₅-en X₉₉-waarden benzeen
2. Achtergrondconcentraties en Signaalwaarden
3. Calamiteiten in de stort
4. Alternatieven monitoringsysteem
5. Exploitatiekosten

FIGUREN

1. Situatieschets met controlezone, monitoringszone en observatiezone
2. Schematische dwarsdoorsnede inclusief geohydrologische parameters
3. Methodiek ontwerp monitoringsysteem
4. Schematisatie lay-out van het monitoringsysteem
5. Onderdelen van het monitoringsysteem
6. Verspreiding van verontreinigingen en doorbraakcurves
7. Relatie trefkans en aantal monitoringspunten
8. Lay-out alternatief 2 monitoringsysteem
9. Ontwerp van een monitoringsput
10. Algemene opzet beslismodel
11. Technische procedures

BIJLAGEN

1. Beschrijving geografisch informatiesysteem ARC/INFO
2. Beschrijving stoftransportprogramma MOC^{em}
3. Beschrijving stoftransportprogramma PLUIM

SAMENVATTING

Als gevolg van verontreinigd materiaal in de stort Coupépolder kan het diepe grondwater onder en stroomafwaarts van de stort verontreinigd raken. Ter voorkoming van ongewenste verontreiniging van dit pakket heeft de Provincie Zuid-Holland besloten om beheersmaatregelen door middel van onttrekkingsputten direct naast de stort te nemen, zodra de verontreinigingssituatie daartoe aanleiding geeft. Een monitoringsysteem in het watervoerend pakket dient tijdig te signaleren wanneer de verontreinigingen vanuit de stort ontoelaatbaar dreigen te worden.

Het onderhavige rapport omschrijft het ontwerp van het monitoringsysteem, hetgeen fase 2 is van het totale "Onderzoek monitoring en beheersmaatregelen stort Coupépolder Alphen aan den Rijn". Fase 1 omvat het ontwerp van de beheersmaatregelen; fase 3 zal de beschrijving van het beslismodel omvatten waarin de besliscriteria en procedures alsmede de organisatorische aspecten behandeld zullen worden van monitoring en beheersen.

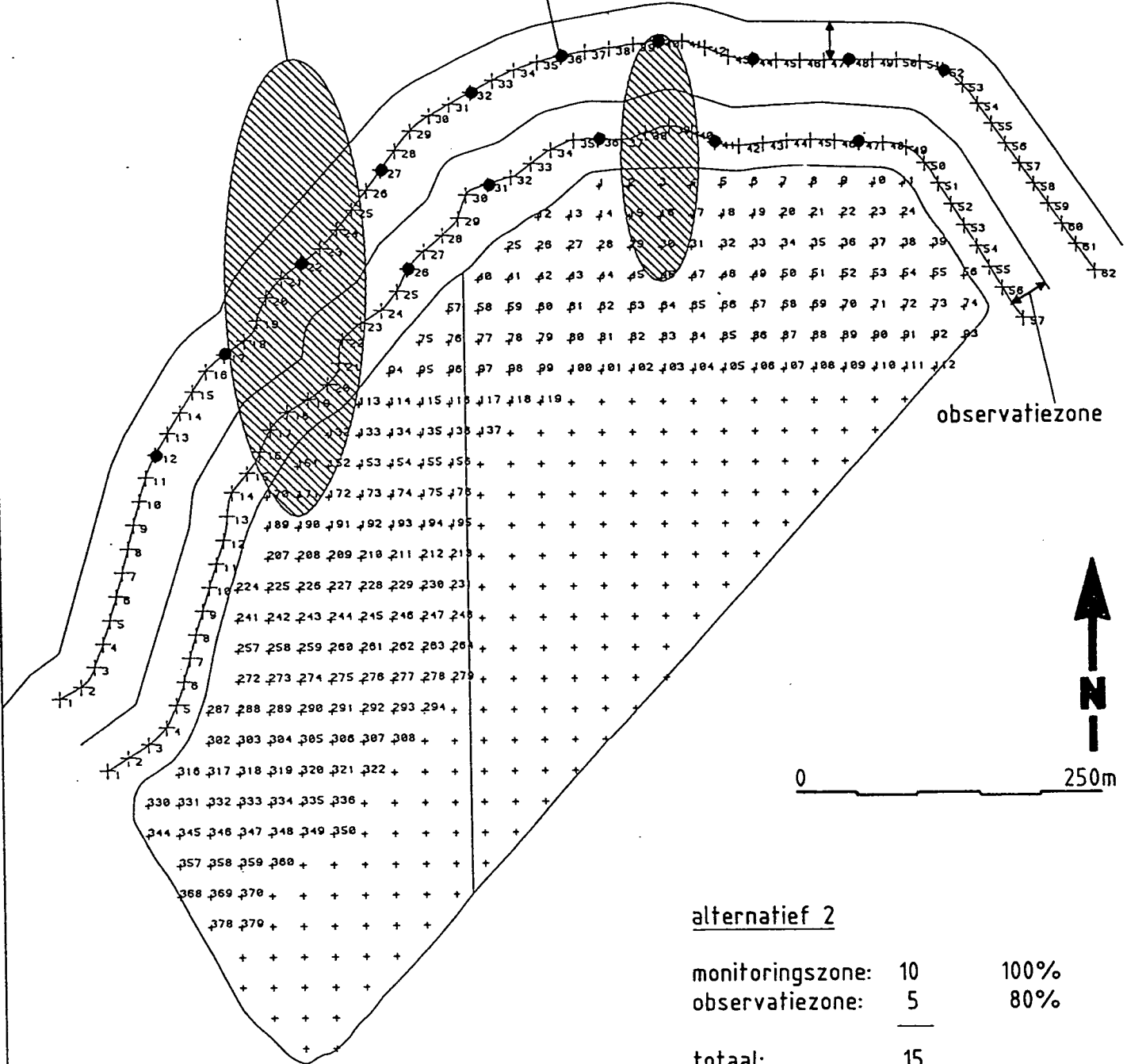
Stroomafwaarts van de Coupépolder wordt een controlezone van 120 meter gepland, waarin verontreinigingen zouden moeten worden geaccepteerd. Deze controlezone ligt ruimschoots binnen het invloedsgebied van de beheersputten die tot 175 meter van de stort ligt. De beheersputten kunnen uit milieuhygiënisch oogpunt niet onder de stort worden geplaatst, doch slechts aan de rand. Het zou milieuhygiënisch onverantwoord zijn om de beheersputten direct aan te zetten zodra licht verontreinigd water van onder de stort zou stromen; het totale milieuhygiënisch rendement mede in verband met de zuiveringsprocessen en het energieverbruik zou negatief zijn. Daarom wordt de controlezone ingesteld waarbij als absolute eis wordt gesteld dat verontreinigingen de grens van deze zone niet mogen passeren. Gedeputeerde Staten heeft als eis gesteld dat het watervoerend pakket buiten de controlezone niet beïnvloed mag worden door verontreinigingen uit de stort. Het monitoringsysteem heeft als doel tijdig te signaleren indien de gemeten concentraties significant afwijken van de lokale achtergrondwaarden.

De lokale achtergrondconcentraties variëren als gevolg van natuurlijke processen en menselijke ingrepen stroomopwaarts van de stort. Er is sprake van een significante afwijking van de gemeten concentratie en dus van een beïnvloeding vanuit de stort, indien deze groter is dan de 95% concentratiegrens. Deze laatste concentratie is gedefinieerd als de waarde waaronder 95% van de waarnemingen zich bevinden uitgaande van een log Pearson-kansverdeling van lokale achtergrondconcentraties. De signaalwaarde van het monitoringsysteem wordt gelijk gesteld aan de 95%-concentratiegrens. Is een waarneming groter dan de signaalwaarde, dan betekent dit, dat er sprake is van een significante afwijking van de achtergrondconcentraties en dus van beïnvloeding vanuit de stort. Voor benzeen is de achtergrondconcentratie $0,3 \mu\text{g/l}$ en de signaalwaarde is gesteld op $0,7 \mu\text{g/l}$. Omdat de achtergrondconcentraties in de loop der tijd zullen veranderen, dient ook de signaalwaarde van het monitoringsysteem jaarlijks te worden aangepast, dit wordt omschreven als het dynamisch signaalwaarde concept (D.S.C.).

geselecteerd monitoringpunt

geselecteerde vuilpluim

monitoringzone



alternatief 2

monitoringszone:	10	100%
observatiezone:	5	80%
totaal:	15	

In de controlezone zijn twee meetzones geprojecteerd:

- de monitoringszone aan de grens van de controlezone. Deze heeft als doel om met een zo hoog mogelijke trefkans (liefst 100%) tijdig te signaleren dat een significante emissie (één vat pure benzeen) de grens van de controlezone dreigt te passeren;
- de observatiezone direct stroomafwaarts van de stort ter plaatse van de geprojecteerde beheersputten. Deze heeft als doel om tijdig met een trefkans van 80% te signaleren dat grote emissies van enige tientallen vaten gif in de controlezone stromen.

De ontwerpmethodologie van het monitoringsysteem is gebaseerd op een simulatie van de verspreiding van potentiële en actuele verontreinigingen vanuit de stort via de deklaag naar het watervoerend pakket en vandaar door de controlezone naar de monitoringsputten. Via de zogenaamde Monte Carlo-methode wordt een groot aantal verontreinigingsgevallen startend vanuit een groot aantal emissiepunten (> 100) in de tijd gevolgd van 0 tot 40 jaar. Hierbij wordt als verontreinigingsscenario 160 liter puur benzeen gehanteerd. De simulatie van de verspreiding van de benzeen als gidsstof is uitgevoerd met de programma's MOC^{em} (in de deklaag) en PLUIM (in het eerste wvp). De simulatie van het functioneren van alternatieve monitoringsystemen is uitgevoerd met het programma MODISCO, een Geografisch Informatie Systeem op basis van ARC/INFO, speciaal gemaakt voor het doorrekenen van monitoringsystemen.

In het technisch beslismodel wordt met een systeem van procedures de monitoringsresultaten getoetst aan de signaalwaarden. Dit kan leiden tot verschillende besluiten met betrekking tot de monitoring zelf en het al dan niet nemen van beheersmaatregelen. Het beslismodel vormt, voor wat betreft het diepe grondwater, dus de koppeling tussen het monitoringsysteem en het beheerssysteem.

Uitgaande van het programma van eisen resulteren de berekeningen in een monitoringsysteem met de volgende specificaties.

Lay-out Monitoringszone Observatiezone Totaal systeem	10 punten 5 punten 15 punten
Specificatie monitoringsput Diepte Filterstelling Filterlengte	45 meter 7 filters tussen 10 en 45 ÷ m.v. 1PU 4 2 meter
Analysepakket Parameters	G.C.-analyse Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV) Kjeldahl-N Chloride Ammonium-N Zink VAK VOH
Bemonsteringsfrequentie Frequentie	1 bemonsteringsronde per jaar
Kosten Investeringskosten Exploitatiekosten Gekapitaliseerde kosten * (25 jaar effectieve rente van 5%)	f 240.000,-- exclusief BTW f 100.000,-- per jaar exclusief BTW f 1.750.000,-- exclusief BTW

1. INLEIDING

De Provincie Zuid-Holland heeft IWACO B.V. opdracht gegeven voor het onderzoek en ontwerp van het monitoringsysteem en de beheersmaatregelen van de stort Coupépolder te Alphen aan den Rijn. Het project is onderverdeeld in de volgende drie fasen, te weten:

- fase 1. Ontwerp beheersmaatregelen;
- fase 2. Ontwerp monitoringsysteem;
- fase 3. Beslismodel.

Het onderhavige rapport omschrijft het ontwerp van het monitoringsysteem en het technisch beslismodel. In deze fase is reeds een rapportage verschenen over de vaststelling van de signaalwaarde [1]. IWACO heeft een ontwerpmethodode ontwikkeld voor monitoringsystemen gericht op emissies vanuit stortplaatsen en bedrijfsterreinen. Deze methode is gebaseerd op het simuleren van potentiële verontreinigingsverplaatsingen en het functioneren van alternatieve monitoringsystemen. Op deze wijze wordt systematisch en reproduceerbaar het monitoringsysteem doorgerekend, uitgaande van een aantal ontwerpcriteria zoals trefkans, betrouwbaarheid en signaalwaarden.

Verontreinigingen zullen zich verplaatsen vanuit de stortplaats via de holocene deklaag (en eventuele zandbanen) naar het eronder gelegen watervoerende pakket. In fase 1 [2] heeft het onderzoek naar de beheersmaatregelen uitgewezen dat beheersing van de verontreinigingen vanuit de stort dient plaats te vinden door middel van een aantal putten in het watervoerende pakket direct naast de stort (beheersvariant 13 en 15). Deze putten zullen worden aangezet zodra de verontreinigingspluim in het watervoerende pakket onbeheersbaar dreigt te worden.

Het monitoringsysteem heeft als doel:

"Het signaleren van onacceptabele verontreinigingen in het watervoerend pakket teneinde tijdig de beheersmaatregelen te kunnen effectueren"

In het onderhavige rapport (fase 2) wordt ingegaan op de monitoringstrategie, de signaalwaarden, de ontwerpmethodode en het ontwerp inclusief de specificaties van het monitoringsysteem.

Het monitoringsysteem, vooralsnog bestaande uit een aantal monitoringsputten rondom de stort, levert analyseresultaten van verschillende micro- en macro-parameters en stijghoogten. Op basis van het provinciale beleid, de monitoringstrategie en doelstelling zal een selectie worden gemaakt van de signaalwaarden zijnde concentratieniveaus, die bij overschrijding het signaal geven tot bepaalde actie. In hoofdstuk 6 van het onderzoek zal door middel van een beslismodel worden aangegeven welke procedures en technische aspecten een rol spelen bij de exploitatie van het monitoringsysteem, de overschrijding van signaalwaarden en het geheel of gedeeltelijk in werking stellen van het beheerssysteem. Het beslismodel vormt hiermede de koppeling tussen het monitoringsysteem en het beheerssysteem.

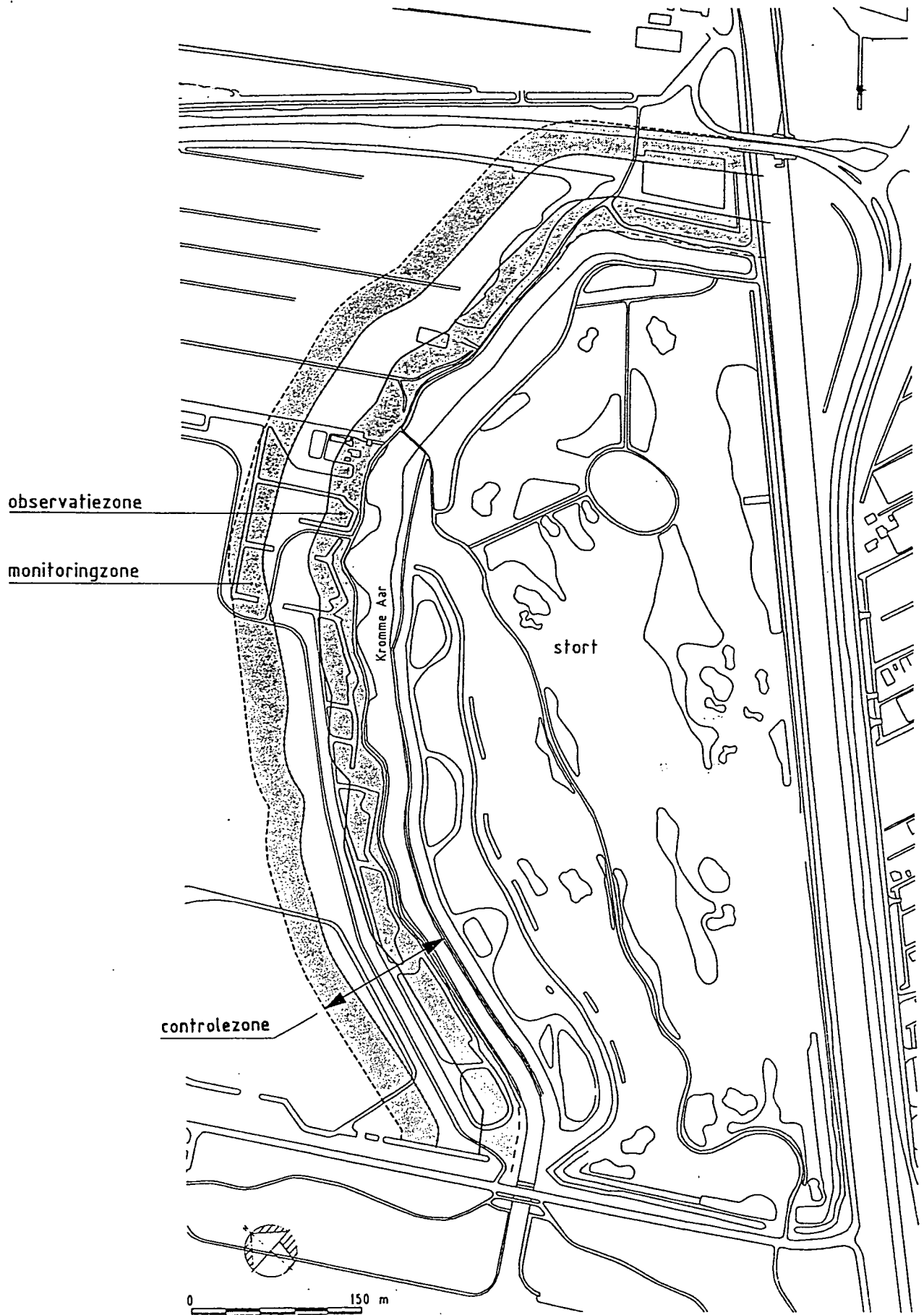


Fig. 1. Situatieschets met controlezone, monitoringzone en observatiezone

2. MONITORINGSTRATEGIE

2.1 UITGANGSPUNTEN

De Gedeputeerde Staten van de Provincie Zuid-Holland heeft als eis gesteld dat bij een onbeheersbare verontreiniging van het eerste watervoerend pakket de beheersmaatregelen in werking moet worden gesteld. De beheersputten kunnen vanuit milieuhygiënisch oogpunt gezien niet onder de stort worden geplaatst, maar zullen direct aan de noordoostelijke rand worden geplaatst [2]. Het is daarmee onmogelijk om te voorkomen dat verontreinigingen in het watervoerend pakket zullen komen. Het direct aanzetten van het beheerssysteem zodra de concentraties van verontreinigingen significant afwijken van de achtergrondconcentraties direct buiten de stort is milieuhygiënisch onverantwoord. Door het oppompen van deze lage concentraties wordt het uitloogproces vanuit de stort bevorderd en het oppompen en zuiveren veroorzaakt daarnaast ook een extra milieubelasting. Daarom is gekozen voor het instellen van een controlezone.

De controlezone is een strook van circa 120 meter stroomafwaarts van de stort waarbinnen verontreinigingen net als onder de stort worden geaccepteerd. Deze controlezone ligt ruim binnen het invloedsgebied van de beheersputten zodat alle verontreinigingen in dit gebied door middel van de putten kunnen worden teruggehaald (zie fig. 1).

De snelheid waarmee dit gebeurt, verschilt per type verontreiniging en wordt bepaald door fysieke- en chemische retardatie- of vertragingsskarakteristieken.

Aan de buitenrand van de controlezone wordt een monitoringszone ingericht bestaande uit een aantal putten. Deze monitoringszone heeft als doel te signaleren wanneer de concentraties van verontreinigingen significant afwijken van de achtergrondwaarden. De signaalwaarden worden dus gedefinieerd als de concentratie van verontreinigingen die significant afwijken van het gekozen kwaliteitscriterium, in dit geval de lokale achtergrondwaarde. De monitoringszone bewaakt de grens van de controlezone. Daarnaast wordt direct buiten de stort een observatiezone ingericht naast de lokaties van de toekomstige beheersputten. Deze observatieputten hebben als doel de emissies te registreren vanuit de stort. De resultaten van de observatieputten hebben drie doelen:

1. verschaffen van informatie ten behoeve van het analyseprogramma in de monitoringszone en inzicht te krijgen in het verspreidingsbeeld binnen de controlezone;
2. het tijdig signaleren van grote emissies van enige tientallen vaten gif vanuit de stort;
3. het inzicht in de verontreinigingssituatie in de monitoringszone en de observatiezone bepalen de uiteindelijke beheersstrategie.

Overwogen kan worden om de observatieputten zodanig uit te voeren dat zij eenvoudig kunnen worden omgebouwd tot duurzame beheersputten. Dit vraagt om een extra investering van f 10.000,- per observatieput omdat met grotere diameter moet worden geboord en er voorzieningen moeten worden aangelegd voor de toekomstige aansluitingen ten behoeve van de pomp en afvoer van het water.

2.2 SELECTIE SIGNAALWAARDEN

In het rapport "Signaalwaarden" eveneens onderdeel vormend van fase 2 is een aanzet gegeven om tot een keuze te komen voor de te hanteren signaalwaarden. De signaalwaarde is de concentratie van verontreiniging waarbij sprake is van een significante afwijking van de lokale achtergrondconcentraties. In de periode 1981 t/m 1991 zijn circa 2000 grondwaterkwaliteitsgegevens verzameld die als basis dienen voor de bepaling van achtergrondconcentraties en signaalwaarden. In overleg met de Provincie Zuid-Holland is voor het ontwerp van het monitoringsysteem de achtergrondconcentratie als signaalwaarde gehanteerd.

De grondwaterkwaliteitsgegevens stroomopwaarts van de stort vertonen als gevolg van natuurlijke processen en diffuse verontreinigingsbronnen als gevolg van monsternamen, analyse- en/of interpretatiefouten een bepaalde variatie. De verdeling van achtergrondconcentraties kan worden beschreven door middel van een kansverdeling. De kansverdeling is een wiskundige functie die de relatie aangeeft tussen de concentratie en de kans dat die concentratie wordt overschreden als gevolg van natuurlijke variaties. Belangrijke parameters voor een statische verdeling zijn onder meer het gemiddelde, de standaardafwijking en de overschrijdingskans. De X_{95} -waarde is een belangrijke parameter in de kansverdeling; deze is gedefinieerd als de concentratie waarbij 95% van de "natuurlijke" grondwaterkwaliteitsconcentraties kleiner zijn. Het selecteren van een passende kansverdeling [7] voor de lokale grondwaterkwaliteitsgegevens, niet beïnvloed door de stort, is uitgevoerd voor de gemeten benzeenconcentraties met de volgende verdelingen:

- normale verdeling;
- log-normale verdeling;
- log-Pearson verdeling.

In onderstaande tabel zijn de X_{95} en X_{99} -waarden weergegeven voor de drie verdelingen voor de stof benzeen in het "natuurlijke" grondwater.

Tabel 1. X -gem, X_{95} en X_{99} -waarden benzeen

Functie	X gem.	X_{95} -waarde	X_{99} -waarde
	concentratie in $\mu\text{g/l}$		
Normale verdeling	0,30	0,67	0,87
Log normale verdeling	0,30	0,62	1,03
Log-Pearson verdeling	0,30	0,70	1,48

Bij het bepalen van kansverdelingen van concentraties van grondwaterverontreinigingen blijkt het toepassen van de log Pearson-verdeling (type III, ref. [7]) een geschikt instrument te zijn. Deze functie houdt rekening met een scheve verdeling, omdat de gemiddelde concentraties in "natuurlijk" diep grondwater meestal in de buurt liggen van de detectiegrens terwijl de maximale concentraties zeer hoog kunnen zijn. De signaalwaarde wordt gelijk gesteld aan de X_{95} -waarde.

Indien een bepaalde concentratie de signaalwaarde overschrijdt is de kans dat dit een natuurlijke variatie is minder dan 5%; daarmee wordt verondersteld dat er sprake is van een significante en ontoelaatbare verhoging van de verontreinigingsconcentratie ten opzichte van de natuurlijke achtergrondswaarde. Voor alle relevante micro-parameters is op dezelfde methode als voor benzeen de signaalwaarde bepaald (zie tabel 2).

Tabel 2. Achtergrondconcentraties en Signaalwaarden

Parameter	Eenheid	Gemiddelde achtergrondconcentratie	Signaalwaarde
CZV	mg/l	32	61
kjeldahl-N	mg/l	8	35
ammonium	µg/l	9,6	43
chloride	mg/l	135	166
barium	µg/l	60	97
koper	µg/l	4,6	15
zink	µg/l	80	156
benzeen	µg/l	0,3	0,7
tolueen	µg/l	0,2	0,4
ethylbenzeen	µg/l	0,2	0,3
xylenen	µg/l	0,3	0,8
dichloormethaan	µg/l	1,3	3,3
tetrachlooretheen	µg/l	0,8	2,3
cis 1,2-dichlooretheen	µg/l	1,2	6,3

Tijdens elke monitoringsronde worden de achtergrondconcentraties gemeten alsmede de concentraties stroomafwaarts van de stort. Deze laatste worden getoetst aan de signaalwaarden. De achtergrondswaarden kunnen als gevolg van natuurlijke processen of als gevolg van menselijke ingrepen stroomopwaarts van de stort worden beïnvloed. Verandering van de achtergrondswaarde betekent een aanpassing van de signaalwaarden. Tevens zou de signaalwaarde bij wijziging van de monsternamen- c.q. analysemethoden moeten worden aangepast. Het jaarlijks bijstellen van de signaalwaarde wordt het Dynamische Signaalwaarde Concept (DSC) genoemd. Met de toename van het aantal meetresultaten stroomopwaarts wordt de signaalwaarde in de tijd nauwkeuriger vastgesteld. De besliscriteria en procedures zullen verder worden uitgewerkt in het beslismodel (fase 3).

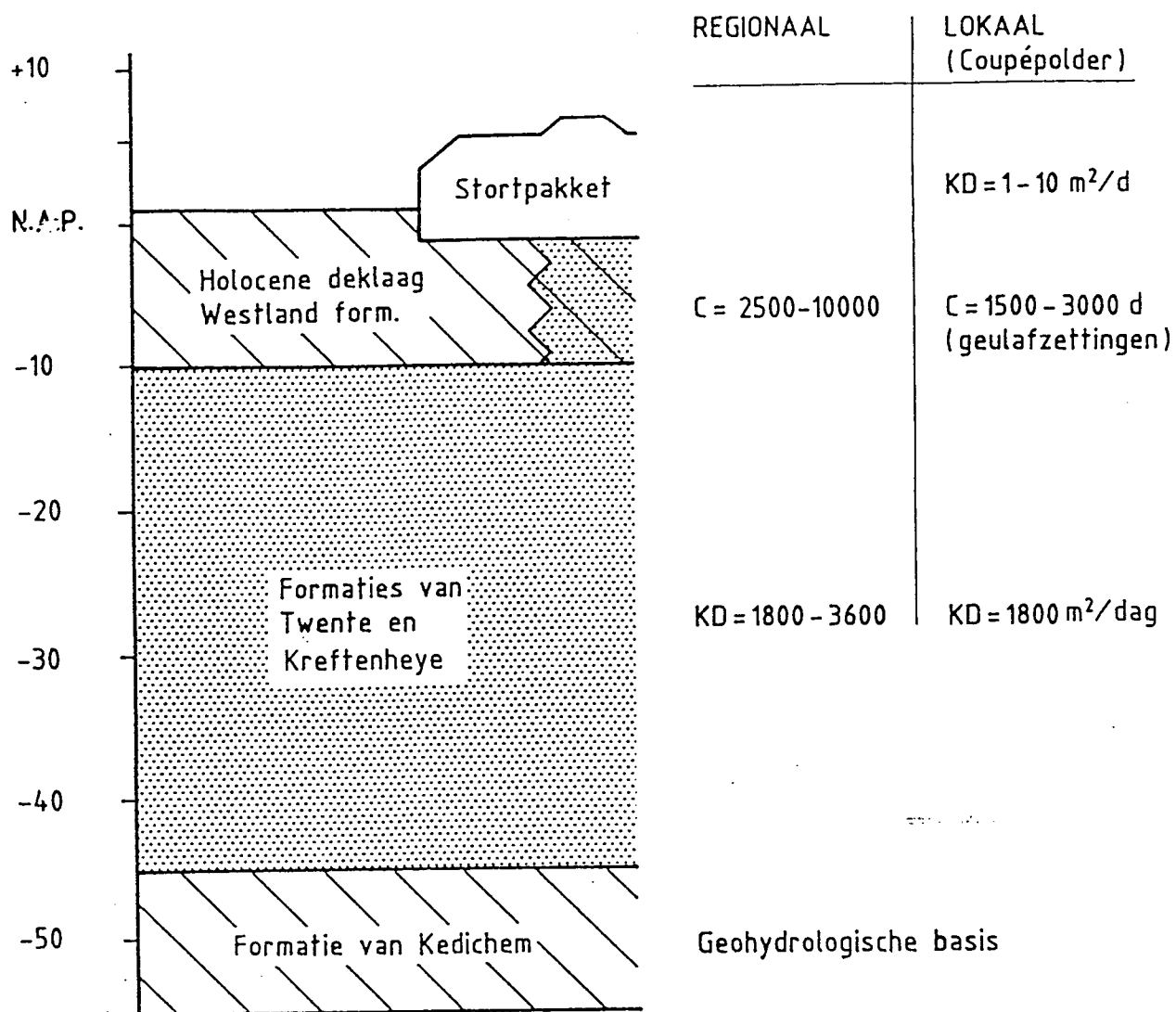


Fig. 2. Schematische dwarsdoorsnede inclusief geohydrologische parameters

3. BASISGEGEVENS

3.1 GEOHYDROLOGIE

3.1.1 Bodemopbouw

Stort

De maaiveldhoogte van de stort varieert van NAP +2,0 meter in het zuidelijk deel van de stort, tot NAP +12,0 meter op de 'bult', die in het noordelijk deel ligt. De stort ligt dus beduidend hoger dan de omgeving, die ongeveer op NAP -1,0 tot NAP -1,5 meter ligt. De dikte van de stort onder het hoogste punt bedraagt circa 14 meter, terwijl de dikte op het vlakke gedeelte varieert van 3 tot 6 meter. Uit boorstaten van voorgaande onderzoeken blijkt, dat de onderzijde van de stort op ongeveer NAP -2,0 meter ligt. Uit voorgaande onderzoeken is gebleken dat lokaal stortmateriaal tot NAP - 4 meter kan worden aangetroffen.

Vanwege het inhomogene karakter van vuilstortplaatsen, kan de hydraulische permeabiliteit lokaal sterk variëren. Literatuurwaarden liggen tussen de 0,1 en 1 meter/dag. Uit isohypsenbeelden kan worden geconcludeerd dat rond de bult de waarden relatief laag zijn en, dat het afval op de rest van de stort een hogere permeabiliteit heeft.

Deklaag

De opbouw van de ondergrond in de omgeving van de Coupépolder en onder de stort is als volgt te schematiseren. Vanaf maaiveld tot een diepte van NAP -10 meter wordt het holocene afdekkend pakket aangetroffen (Westland Formatie). Deze afzettingen bestaan uit de oud-holocene klei- en veenlagen (Calais-fase) en de jong-holocene zandige geulafzettingen (Duinkerken-fase). De dikte van dit pakket bedraagt 6 à 8 meter. Uit de ijking van het grondwaterstromingsmodel in fase 1 van het onderzoek is gebleken, dat de gemiddelde hydraulische weerstand (C-waarde) onder het zuidelijk gedeelte van de Coupépolder (Calais-fase) 4.000 dagen bedraagt. De C-waarde van de zandige geulafzettingen in het noordelijk gedeelte van de stort bedraagt 3.000 dagen.

Eerste watervoerend pakket

Onder het holocene pakket ligt het eerste watervoerend pakket. Dit is opgebouwd uit matig fijne tot matig grove zanden van de Formaties van Twente en Kreftenheye. Het doorlaatvermogen varieert op regionale schaal van 500 tot ruim 4.000 m²/dag. Het pakket heeft in de omgeving van de Coupépolder een dikte van circa 35 meter en een doorlaatvermogen van 1.800 m²/dag. Tussen het eerste en het tweede watervoerend pakket bevindt zich de eerste scheidende laag. Deze bestaat uit een 10 meter dik pakket fijne slibhoudende zanden en kleilagen van de Formatie van Kedichem. De gemiddelde weerstand van dit pakket wordt geschat op 10.000 dagen. De bovenzijde van deze laag wordt beschouwd als de hydrologische basis. Bij het ontwerp van het monitoringsysteem wordt het schematische dwarsprofiel gebruikt, zoals in figuur 2 is weergegeven.

3.1.2 Grondwaterstroming

Het freatisch watervoerend pakket wordt gevormd door het stortmateriaal met daarin percolatiewater. Het pakket wordt rechtstreeks gevoed door de neerslag. Het freatisch vlak is vrij plat, met een lichte opbolling onder het noordelijk deel van de stort. De freatische grondwaterstand varieert in de stort van NAP - 1,8 meter tot NAP + 0,9 meter, met een gemiddelde waarde van circa NAP - 0 meter.

Binnen het eerste watervoerend pakket varieert de stijghoogte van NAP -3,3 meter onder het zuidelijk deel van de stort, tot NAP - 3,9 meter onder het noordelijk deel. Tussen dit pakket en het freatisch pakket bestaat dus een gemiddeld stijghoogteverschil van circa 3,6 meter. Gezien het relatief geringe verschil in C-waarde tussen de kleiige afzettingen en de zandige geulafzetting, wordt bij een gemiddelde C-waarde van 3.500 dagen uitgegaan van een neerwaartse verticale stromingssnelheid van circa 1 mm/dag. In het eerste watervoerend pakket noordelijk van de stort vindt grondwaterstroming plaats in noordelijke richting, met een gradiënt van circa 1:5.000.

3.2 EMISSIES VAN VERONTREINIGINGEN

Er is onvoldoende informatie over de soort, de exacte ligging, hoeveelheid en de concentraties van de verontreinigingen in de stort. De stort wordt daarom benaderd als een "blackbox". Ook de exacte lokatie of het tijdstip waarop en de duur waarover emissie plaatsvindt naar het onderliggende eerste watervoerend pakket is op voorhand niet te bepalen c.q. te berekenen. Daarom wordt gesteld, dat het risico van een emissie vanuit de stort overal als even groot wordt beschouwd.

Diffuse bron

Verontreinigingen kunnen zich zowel diffuus als in de vorm van een puntbron verspreiden onder de stort. Wanneer een verontreiniging zich diffuus verspreidt zal deze over een groot oppervlak met een relatief grote trefkans kunnen worden waargenomen. Stel, dat overal in de stort de concentratie benzeen 5.000 $\mu\text{g/l}$ bedraagt, dan zou bij een gelijkmatige neerwaartse verspreiding over circa twintig jaar de concentratie benzeen in het eerste watervoerend pakket onder de stort sterk moeten toenemen tot 1000 à 2000 $\mu\text{g/l}$.

Puntbron

De onbekendheid over de verontreinigingssituatie in de stort en de heterogene opbouw van de onderliggende deklaag maken het gevaar, dat uitgaat van de emissie door een puntbron, groter in vergelijking met een diffuse bron. Een vat (160 liter) gevuld met benzeen is een goed voorbeeld van een puntbron; zodra het vat is doorgeroest ontstaat een lekkage en het benzeen wordt meegevoerd met de grondwaterstroming naar het eerste watervoerend pakket. Het verontreinigingsbeeld van zo'n bron zal er afgebakend uit zien, mogelijk in een pluimvorm. Voor het ontwerp van het monitoringsysteem zullen daarom de relatief kleine, moeilijk te detecteren, pluimen afkomstig van puntbronnen maatgevend zijn. Het monitoringsysteem is dan in staat om zowel kleine (maatgevende) pluimen als grote diffuse pluimen te detecteren.

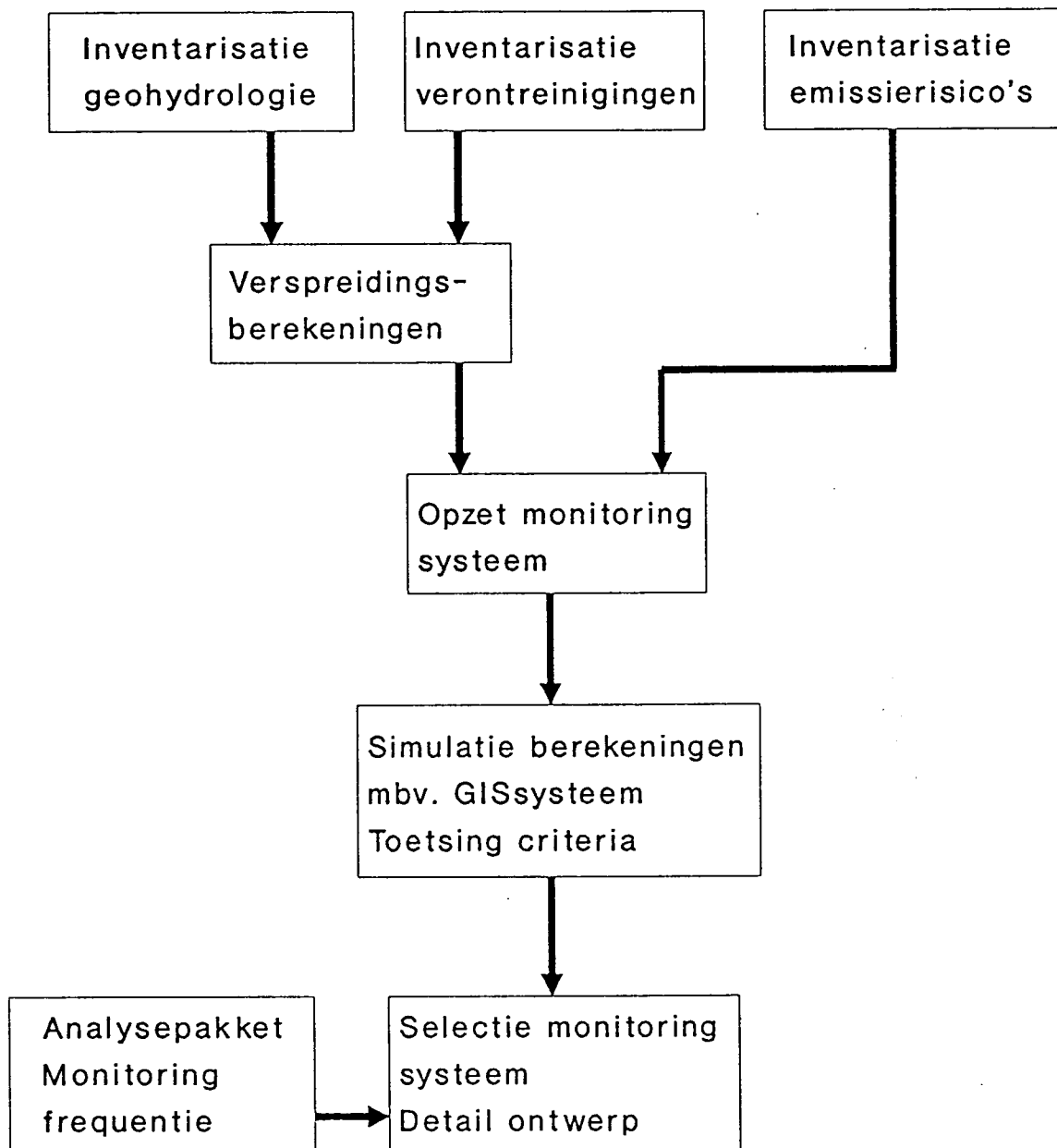


Fig. 3. Methodiek ontwerp monitoringsystemen

Emissie-scenario

Omdat enerzijds pluimen afkomstig van puntbronnen maatgevend zijn voor het monitoring-systeem en het anderzijds aannemelijk is dat er duizenden vaten met gif zijn gestort, zijn emissie-scenario's opgesteld die uitgaan van lekkende vaten.

Selectie gidsstof

Als gidsstof voor de stoftransportberekeningen en het ontwerp van het monitoringsysteem is gekozen voor de stof benzeen. Alhoewel het analysepakket van het monitoringsysteem bestaat uit de in paragraaf 2.2.2 genoemde verontreinigingen zijn voor de calamiteit scenario's berekeningen met de gidsstof benzeen uitgevoerd. Benzeen wordt beschouwd als de gidsstof van de genoemde verontreinigingen, omdat benzeen het best voldoet aan de criteria van algemeen voorkomen op de stort, mobiliteit, stabiliteit en detecteerbaarheid. Als huidige signaalwaarde voor benzeen is een concentratieniveau gekozen van 0,7 µg/l, zoals is aangegeven in hoofdstuk 2 van dit rapport.

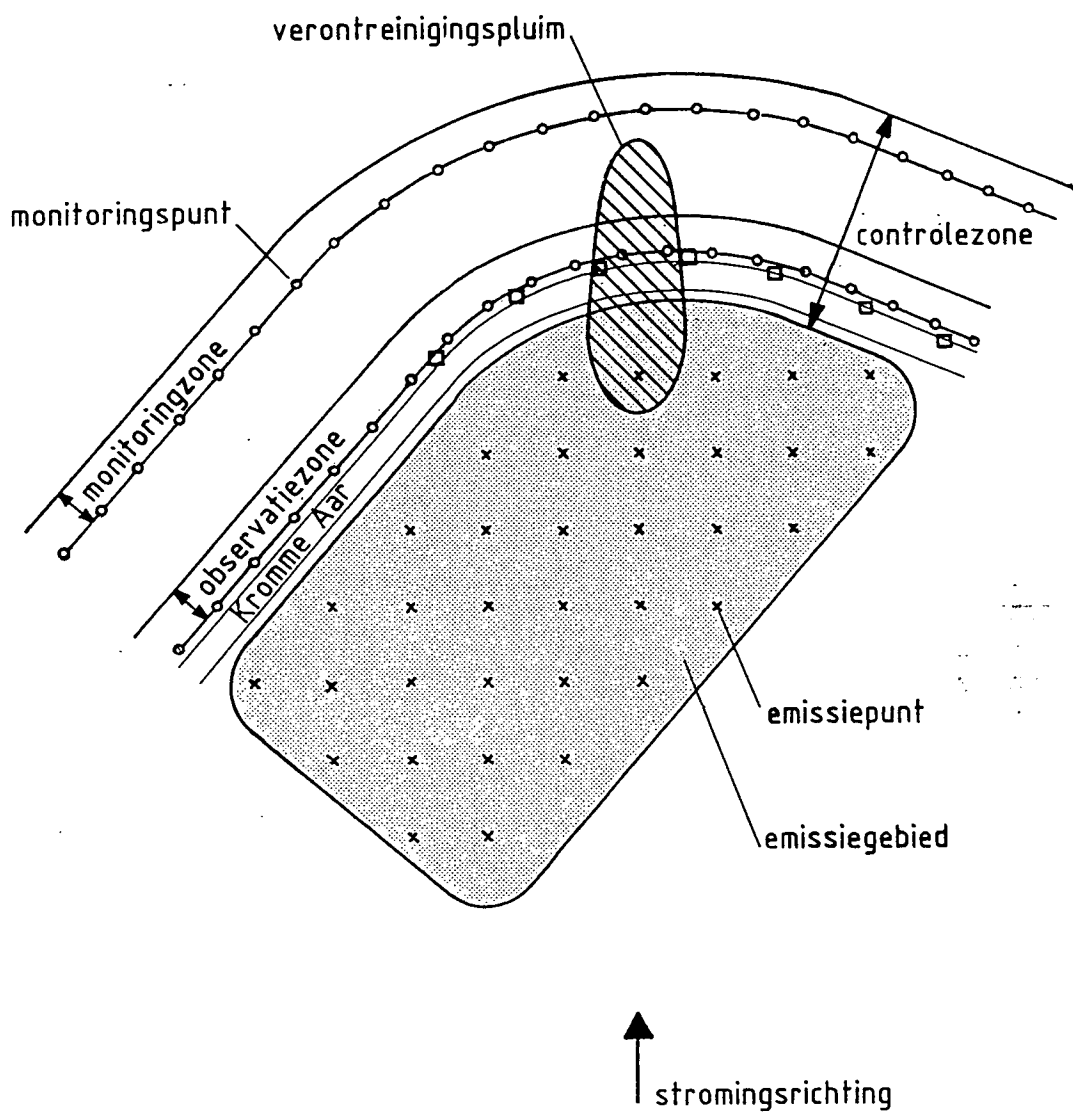
4. ONTWERPBEREKENINGEN MONITORINGSYSTEEM

4.1 METHODIEK

Een monitoringsysteem bestaat uit een aantal peilbuizen met filters op (diverse) diepten. Tot nu toe werden vrij arbitraire of met het gezond verstand ontworpen systemen opgezet, vaak zodanig, dat deze binnen een bepaald budget pasten. Door anderen is geprobeerd de betrouwbaarheid van een systeem met behulp van statistische benaderingen te bepalen. Tot op heden heeft deze benadering nog geen eenduidige ontwerpen opgeleverd.

Een monitoringsysteem kan bestaan uit passieve of actieve monitoringspunten. Bij passieve monitoringsystemen wordt periodiek grondwater bemonsterd uit geplaatste peilbuizen. Actieve monitoringspunten zijn peilbuizen waaruit continu een geringe hoeveelheid grondwater wordt onttrokken die periodiek (of mogelijk continu) wordt bemonsterd en geanalyseerd. Actieve monitoringspunten hebben als belangrijk voordeel, dat het invloedsgebied van een peilbuis aanzienlijk kan worden vergroot en, dat een gemiddelde concentratie wordt gemeten. Actief monitoringsystemen zijn momenteel in ontwikkeling en nog niet inzetbaar in de praktijk, zodat voor het ontwerp voor de Coupépolder wordt uitgegaan van een passief monitoringsysteem.

Het probleem bij het ontwerpen van een monitoringsysteem schuilt in het bepalen van de mate van zekerheid of trefkans van het systeem [3 en 4]. Onder de trefkans van het systeem wordt verstaan de kans, dat het monitoring- of bewakingssysteem alle mogelijke onacceptabele emissies van verontreinigingen, die een afgebakend gebied verlaten via het grondwater signaleert. Het is daarom noodzakelijk om betere en meer objectieve ontwerpcriteria op te stellen. Een dergelijke methode moet 'wetenschappelijk' zijn onderbouwd. De beperkingen van de methode dienen daarbij te worden aangegeven. De methodiek dient eenduidige kwantificeerbare resultaten op te leveren voor wat betreft het aantal peilbuizen, de ligging van de peilbuizen, de monitoringsfrequentie, de diepte van de monitoringsfilters, de uiteindelijke trefkans van het systeem en de kosten. De methodiek moet in veel voorkomende situaties toepasbaar en reproduceerbaar zijn. De methodiek wordt zoveel mogelijk geautomatiseerd, zodat diverse alternatieven kunnen worden doorgerekend en vergeleken.



□ potentiële lokatie beheerssysteem

Fig. 4. Lay-out monitoringsysteem Coupépolder

De methodiek is gebaseerd op het simuleren van potentiële en actuele verspreidingsprocessen van verontreinigingen geëmitteerd vanuit de stort die via het watervoerend pakket in de controlezone de monitoringspunten bereiken. De opzet van deze methodiek is schematisch weergegeven in figuur 3. Voor het ontwerp van het monitoringsysteem zijn de volgende gegevens nodig:

- geohydrologische gegevens van de stort, het onderliggende holocene pakket (met de zandbanen) en het eerste watervoerend pakket inclusief de geohydrologische basis; geochemische en stoftransportparameters;
- gegevens betreffende soort, concentraties en eigenschappen van de potentiële verontreinigingen; op basis van deze inventarisatie wordt een selectie gemaakt voor de gidsparemeter, in dit geval benzeen, zie hoofdstuk 3;
- gegevens betreffende de emissierisico's; in bepaalde gedeelten van het emissiegebied zou het risico op het voorkomen van verontreinigingen en daarmee het emitteren en uitloggen groter kunnen zijn. De ontwerpmethodiek kan rekening houden met deze verschillen in risico.

De ontwerpmethodiek is gebaseerd op het simuleren van potentiële verontreinigingsemissies. Vanuit het emissiegebied worden een groot aantal verontreinigingspluimen, startend op de emissiepunten in de tijd gevolgd. Berekend wordt hoe deze zich verplaatsen vanuit de stort, door de deklaag naar het watervoerend pakket tot in de controlezone. In de monitoringszone wordt de trefkans bepaald door de pluimen te projecteren over potentiële monitoringspunten. De trefkans wordt omschreven als de kans dat een pluim in een monitoringspunt wordt gesignaleerd. Een schematisatie van de lay-out is weergegeven in figuur 4. Door de berekeningen voor een groot aantal situaties, verschillende ontwerpen van het monitoringsysteem en een groot aantal emissiepunten met de daarbij behorende vuilpluimen uit te voeren, wordt op basis van trial and error het functioneren van elk alternatief monitoringsysteem beproefd. Vervolgens kan op basis van het programma van eisen een selectie worden gemaakt van het monitoringsysteem.

4.2 BEREKENINGSSYSTEEM MODISCO

Het berekeningsplan MODISCO, gebaseerd op het Geografisch Informatie Systeem (GIS) ARC/INFO, is gebruikt voor opslag van gegevens voor het monitoringsysteem en het verwerken van de gegevens. In bijlage 1 wordt informatie over het GIS-systeem weergegeven. In het GIS-systeem is de ontwerpmethodiek in drie onderdelen verdeeld, te weten een invoer-, verwerkings- en uitvoergedeelte.

INVOER

De volgende invoergegevens zijn opgeslagen in de databank welke een onderdeel van het GIS-systeem is:

Emissiegebied

Dit betreft het hele gebied waar is gestort, begrensd door de zogenaamde terreingrens. Binnen dit emissiegebied zijn een groot aantal emissiepunten gedefinieerd.

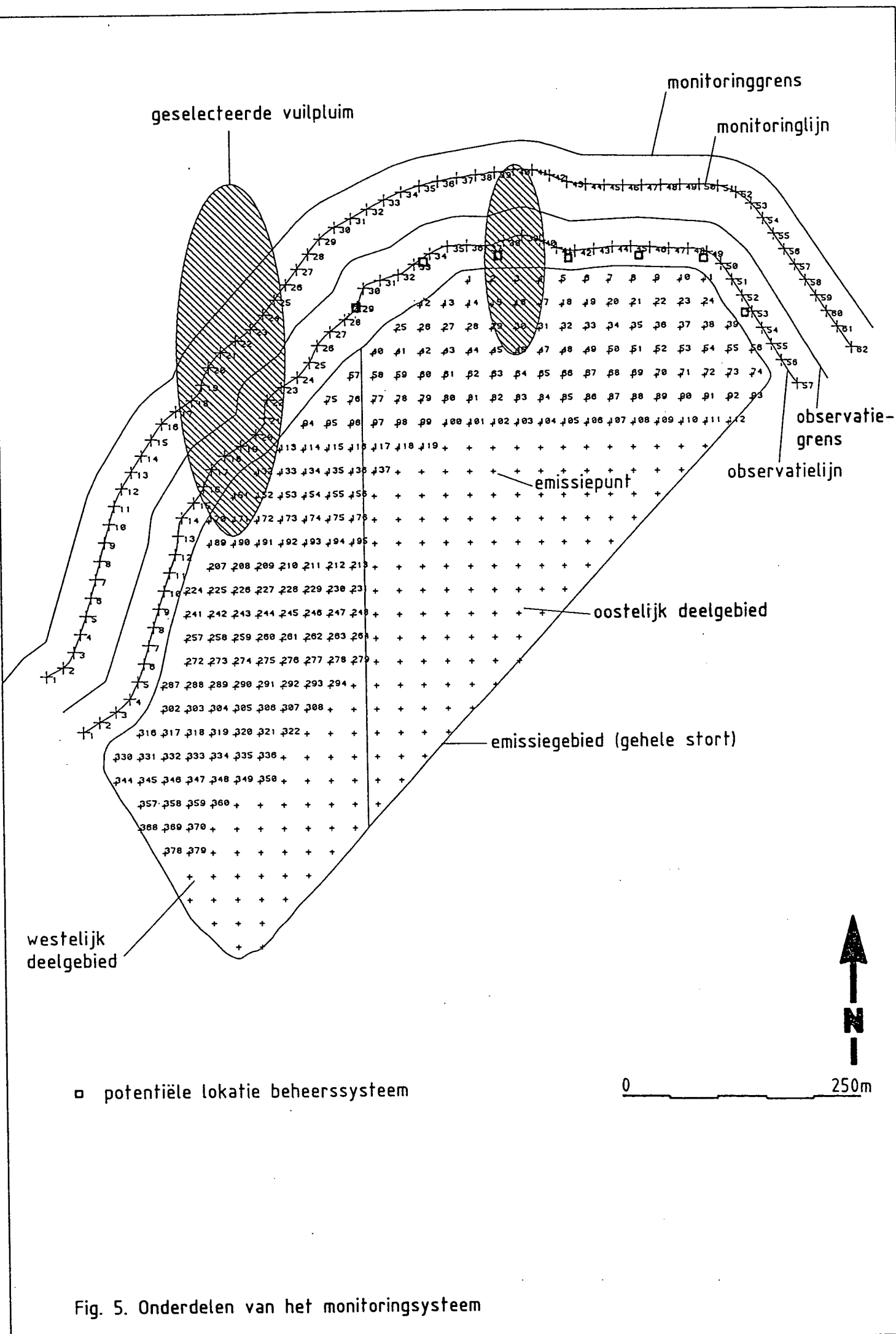


Fig. 5. Onderdelen van het monitoringsysteem

Geohydrologisch deelgebied

Uit het gemeten stijghoogtepatroon blijkt dat de grondwaterstroming noordwaarts gericht is; er is derhalve slechts één geohydrologisch deelgebied te onderscheiden. Het toepassen van geohydrologische deelgebieden met die reden wordt daarom niet zinvol geacht. Omdat in het westelijk gedeelte van de Coupépolder de stromingsrichting, niet haaks op de monitoringslijn, groter is, bleek het wenselijk twee aparte gebieden te definiëren. In het westelijk deelgebied is met grotere (lees oudere) pluimen gerekend, terwijl in het oostelijk deelgebied met kleinere pluimen is gerekend.

Vuilpluimen

Dit betreft een set iso-concentratielijnen (lijnen waarop de concentratie overal hetzelfde is) van benzeen, die zijn aangemaakt met het programma PLUIM. De berekening van de verontreinigingspluimen wordt besproken in paragraaf 4.3.3.

Monitoringslijn

De monitoringslijn met monitoringspunten ligt op 70 meter van het beheerssysteem (pomp-putten). Op de monitoringslijn liggen monitoringspunten initieel op een onderlinge afstand van 20 meter.

Monitoringsgrens

De monitoringsgrens ligt op 30 meter van de monitoringslijn ofwel 100 meter van de pomp-putten.

Observatielijn

Deze ligt langs de noordzijde van de Kromme Aar, ter plaatse van de denkbeeldige lijn die de beheersputten met elkaar verbindt. Op de observatielijn liggen monitoringspunten initieel op een onderlinge afstand van 20 meter.

Observatiegrens

De observatiegrens ligt op 30 meter van de monitoringslijn.

De onderdelen van het monitoringsysteem voor de Coupépolder zijn weergegeven in figuur 5.

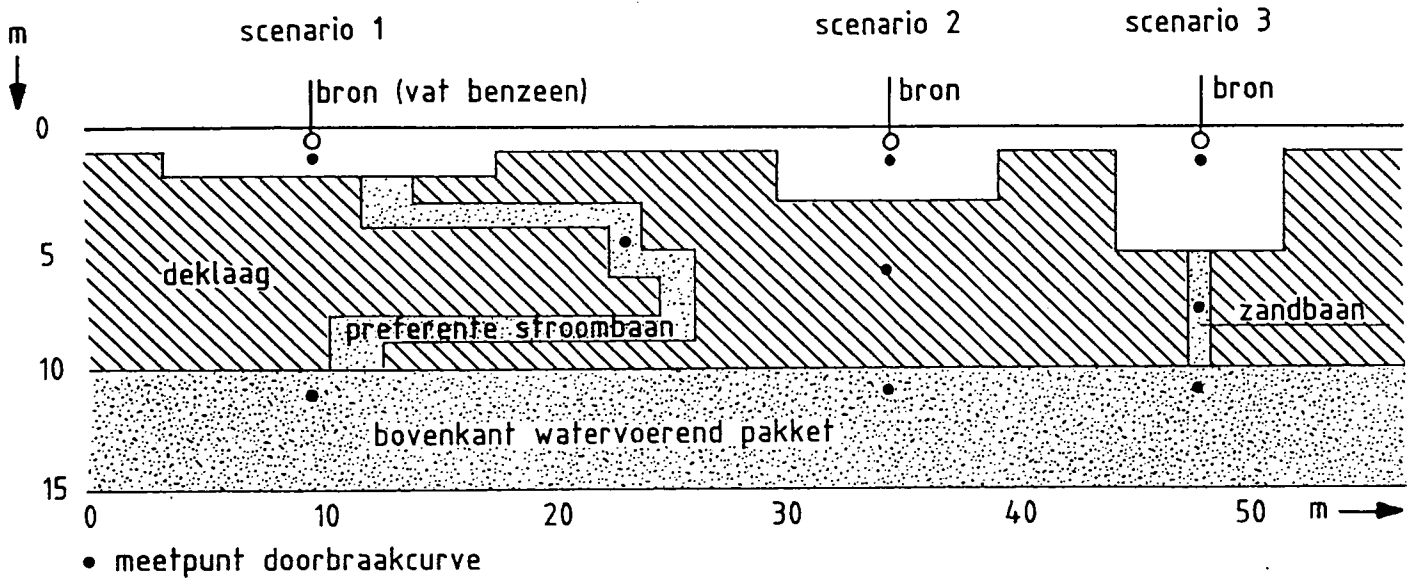
VERWERKING

Door MODISCO worden de verontreinigingspluimen op de emissiepunten geprojecteerd. Tijdens de projecties wordt bijgehouden of de verontreinigingspluim de monitoringslijn, monitoringsgrens en monitoringspunten raakt. Afhankelijk van het aantal treffers wordt een status toegekend aan de pluim.

Om nu tot een ontwerp te komen met een lagere trefkansen dan 100% worden uitduncriteria toegepast. Het programma gaat net zolang door met het verwijderen van monitoringspunten, totdat een (opgegeven) minimum waarde voor de trefkans is bereikt.

UITVOER

De uitvoer van MODISCO zijn files met daarin de gegevens over de doorgekende verontreinigingspluimen alsmede de gegevens van het gesimuleerde functioneren van de diverse monitoringspunten. Daarnaast wordt de trefkans berekend van elke alternatieve configuratie van monitoringspunten.



scenario 1

scenario 2

scenario 3

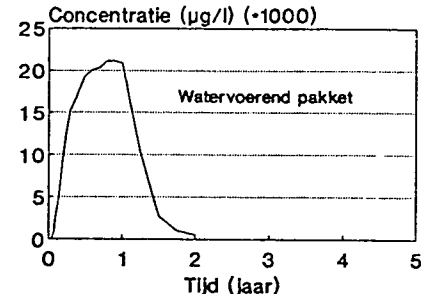
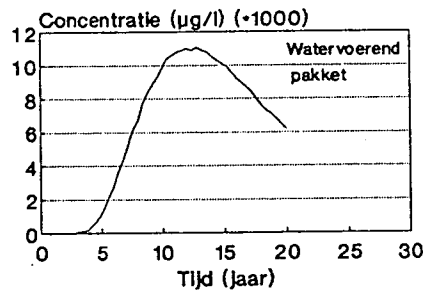
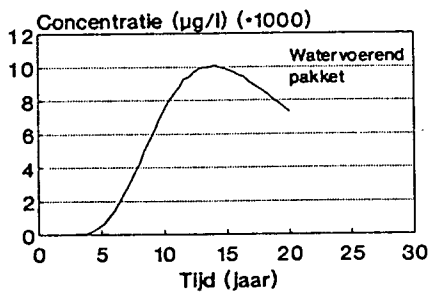
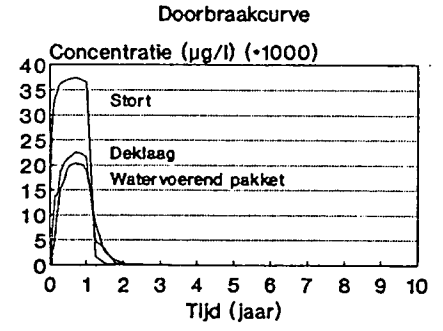
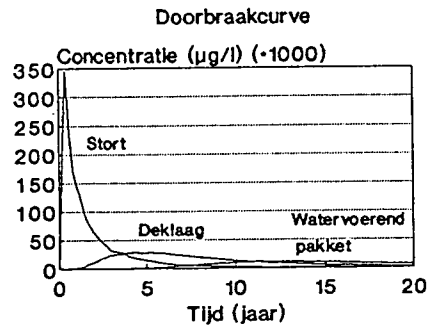
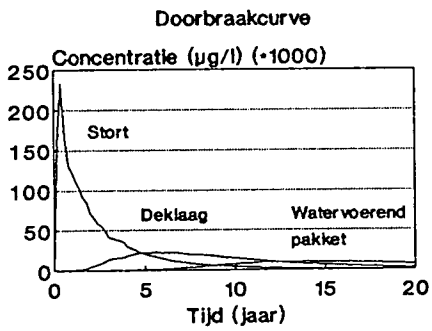


Fig. 6. Verspreiding van verontreinigingen en doorbraakcurves

4.3 VERSPREIDINGSSCENARIO'S

Het pad dat een verontreiniging (in dit geval benzeen) volgt, wordt opgedeeld in twee gedeelten. Eerst wordt berekend hoe de verontreiniging zich door de deklaag neerwaarts verplaatst naar het eerste watervoerend pakket met behulp van het stoftransportprogramma MOC^{em} [6]. Met behulp van doorbraakcurves (tijd-concentratie grafieken) wordt bepaald hoe de verontreiniging het eerste watervoerend pakket bereikt.

Vervolgens wordt de horizontale verspreiding in het watervoerend pakket gesimuleerd met het stoftransportprogramma PLUIM. Hiermee worden de contourlijnen (lijnen van gelijke concentratie) van de verontreiniging langs de stromingsrichting van het eerste watervoerend pakket berekend [5]. Hierbij geldt de geselecteerde signaalwaarde voor benzeen (0,7 µg/l) als buitenste grens van de pluim.

4.3.1 Calamiteiten in de stort

Een aantal calamiteiten-scenario's is opgesteld om verontreinigingen te simuleren. Uitgaande van het feit dat er vele vaten met verontreinigingen zijn gestort, zijn benaderingen gekozen voor het effect van lekkende vaten in de stort. De volgende calamiteiten zijn opgesteld waarbij het stoftransport door de deklaag en het eerste watervoerend pakket is gesimuleerd:

Tabel 3. Calamiteiten in de stort

Calamiteit	Volume (liter)	Concentratie (g/liter)	Verontreinigingsvracht (gram)	Tijdsduur (jaar)
1 vat	160	1,78	285	1
5 vaten	800	1,78	1.425	1
10 vaten	1.600	1,78	2.850	1

Hoe groter het aantal vaten is dat tegelijkertijd lek gaat, hoe groter de trefkans is voor het monitoringsysteem. De vereiste trefkans (bijv. 80%) dient gekoppeld te worden aan een bepaalde verontreinigingsvracht. Als uitgangspunt is gekozen voor het verontreinigings-scenario van één vat benzeen dat vanuit een emissiepunt gaat stromen. De berekeningen zijn gebaseerd op dit verontreinigingsscenario.

4.3.2 Verspreiding door de deklaag

Met behulp van het stoftransportprogramma MOC^{em} is een gedeelte van de stort, de deklaag en het bovenste gedeelte van het watervoerend pakket schematisch gemodelleerd. Een beschrijving van MOC^{em} en de invoergegevens zijn weergegeven in bijlage 2.

Doorbraakcurves op punten in de deklaag en bovenin het watervoerend pakket geven aan hoelang de verontreinigingsvracht er over doet om zich door de deklaag heen te verplaatsen.

Trefkans en aantal monitoringpunten
Monitoringzone Coupe polder

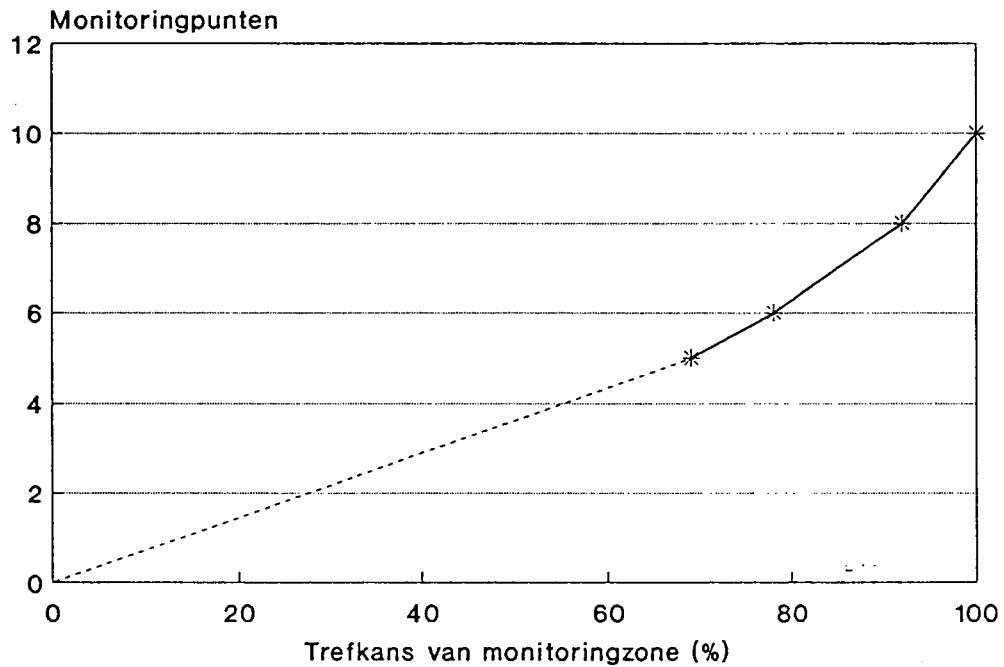


Fig. 7. Relatie trefkans en aantal monitoringpunten

De totale verontreinigingsvracht wordt verondersteld gelijk te blijven; als worst-case benadering wordt aangenomen dat er geen afbraak of adsorptie van benzeen plaatsvindt. Drie varianten voor de bodemopbouw van de deklaag zijn gesimuleerd met verschillende ontgravingniveaus en een zandbaan.

Uit figuur 6 blijkt dat in scenario 1 circa veertig jaar voorbij gaat, voordat de totale vracht in het watervoerend pakket arriveert. In scenario 2 en 3 duurt dit respectievelijk dertig en twee jaar. Gekozen is voor de worst case, dit is hier de meest snelle verspreiding door de deklaag. De resultaten van scenario 3 worden daarom gebruikt als invoer voor het programma PLUIM.

4.3.3 Verspreiding in het watervoerend pakket

Het stoftransportprogramma PLUIM is gebruikt voor de berekening van de verspreiding van de verontreiniging in het grondwater op basis van de resultaten uit paragraaf 4.3.2. Het programma is gebaseerd op een analytische berekening welke tweedimensionaal de concentratie (c) van een stof op plaats (x,y) en een tijdstap (t) berekend. Een beschrijving van het stoftransportprogramma PLUIM en de invoergegevens zijn weergegeven in bijlage 3.

De gegevens van scenario 3 zijn gebruikt voor de berekening van de pluimensets. Deze pluimen worden gebruikt ter bepaling van de detectiekans en het ontwerp van het monitoring-systeem.

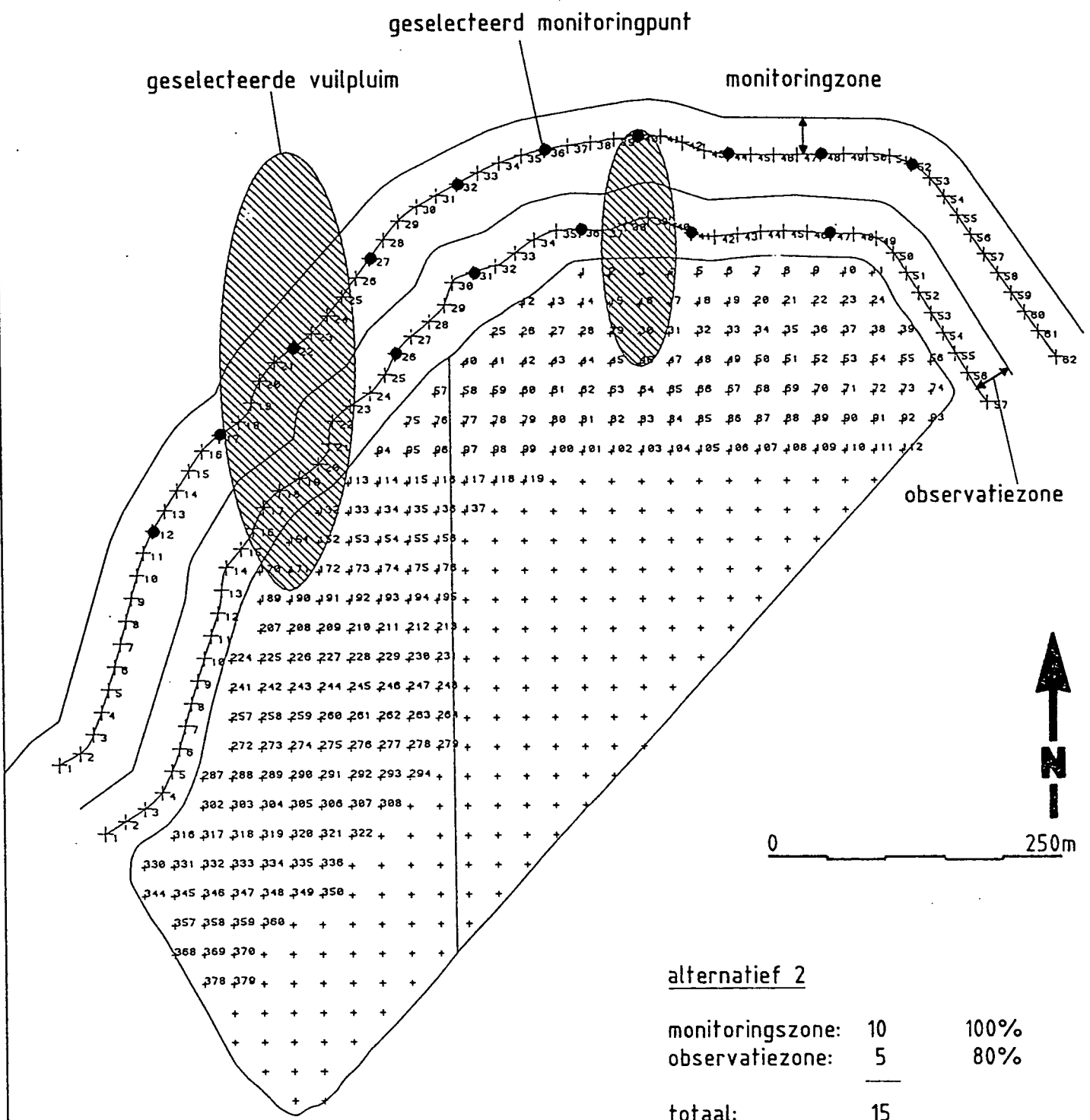
4.4 BEREKENINGSRESULTATEN

Met behulp van het programma MODISCO zijn een groot aantal scenario's en alternatieven doorgerekend, respectievelijk voor de monitoringszone en de observatiezone.

Het resultaat van de berekeningen met de ontwerpmethodode laat zien hoeveel monitoringspunten nodig zijn om een bepaalde trefkans te bereiken, en waar deze zich ruimtelijk bevinden. Simulaties zijn uitgevoerd voor het ontwerpen van de monitorings- en observatiezone, voor de monitoringszone zijn twee alternatieven uitgewerkt met een hoge trefkans (circa 100% en 80%) en voor de observatiezone met een trefkans met een trefkans van circa 80%.

Berekeningen zijn uitgevoerd met verschillende aantallen meetpunten, verontreinigings-scenario's en signaalwaarden teneinde inzicht te krijgen in de gevoeligheid van de invoergegevens en de variatie van de resultaten. De relatie tussen trefkans en aantal monitoringspunten voor de monitoringszone uitgaande van de signaalwaarden 0,7 µg/l en het verontreinigingsscenario van één vat is weergegeven in figuur 7.

Alternatief 1 voor de monitoringszone laat zien dat een trefkans van 78% kan worden bereikt met behulp van 7 monitoringspunten (zie tabel 4). Alternatief 2 heeft een trefkans van 100% met behulp van 10 monitoringspunten. Dit is gebaseerd op het detecteren van een verontreinigingsscenario van één vat ergens uit de stort waarbij als signaalwaarden voor de gidsstof benzeen 0,7 µg/l is gebruikt.



alternatief 2

monitoringszone:	10	100%
observatiezone:	5	80%
<hr/>		
totaal:	15	

Fig. 8. Lay-out alternatief 2 monitoringsysteem

Het aantal monitoringspunten voor de observatiezone is eveneens uitgerekend. Hierbij is als uitgangspunt gehanteerd, dat de observatieputten met een trefkans van 80% een calamiteit van de emissie van 10 vaten dient te signaleren. Hiervoor zijn 5 putten noodzakelijk.

Tabel 4. Alternatieven monitoringsysteem

	Alternatief 1		Alternatief 2	
	Trefkans (%)	Punten (aantal)	Trefkans (%)	Punten (aantal)
Monitoringszone	78	7	100	10
Observatiezone	80	5	80	5
Totaal		12		15

4.5 GEVOELIGHEID VAN DE BEREKENINGEN

De berekeningen zijn gebaseerd op een zo getrouw mogelijke weergave van emissieprocessen die bij de stort Coupépolder kunnen optreden. De procedure bezit dus een voorspellend karakter. Gestreefd wordt naar een zo goed mogelijke simulatie van de werkelijkheid. Dit wordt hier vooral bepaald door drie aspecten:

1. De mate van inzicht in de verontreinigingssituatie;
2. De mate van inzicht in de emissieprocessen;
3. De schematisatie van de werkelijkheid.

Ad 1.

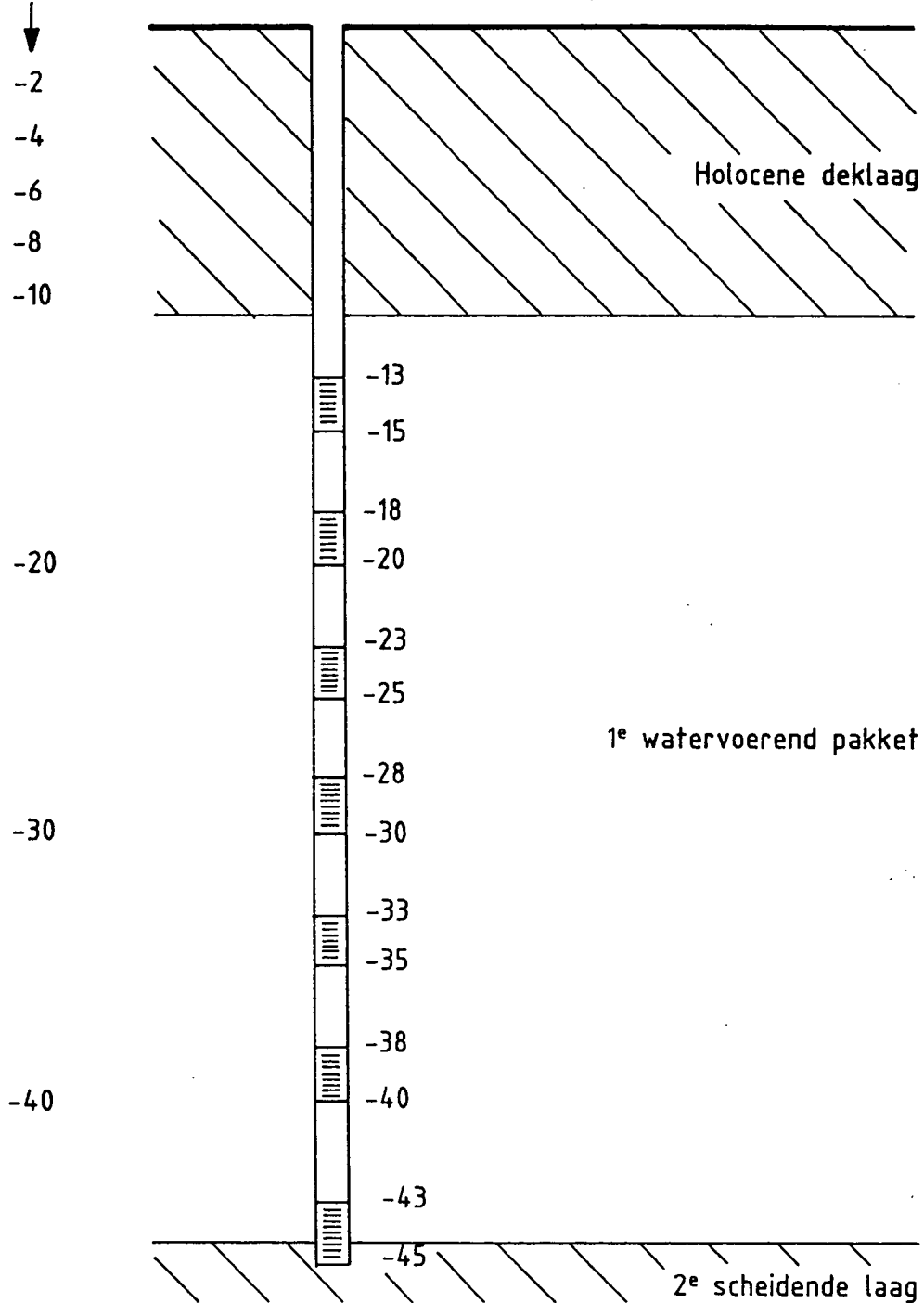
Alhoewel er honderden analyseresultaten beschikbaar zijn, is het inzicht in de verontreinigingssituatie in en buiten de stort relatief beperkt. De series waarop gemiddelden, spreiding en kansverdelingen zijn bepaald zijn klein, hetgeen de statistische verantwoording bemoeilijkt. Concentraties die beneden de detectielimiet liggen zijn behandeld als waren zij gelijk aan de detectielimiet (worst-case benadering).

Ad 2.

Het inzicht in de emissieprocessen is enerzijds gebaseerd op de beschikbare geohydrologische en geochemische gegevens en anderzijds op het mogelijk voorkomen van grote hoeveelheden toxische stoffen (vaten met gif). Op basis van een worst case benadering voor de verspreiding van toxische stoffen is het ontwerp voor een monitoringsysteem uitgevoerd:

- één type verontreiniging (benzeen, want toxisch en mobiel);
- zeer snelle verspreiding via een goed doorlatende verticale zandbaan, direct onder stort;
- normale verspreidingsnelheid in het eerste watervoerend pakket;
- calamiteit, in de vorm van een lekkend vat met puur benzeen (zeer hoge concentraties);
- geen retardatie (maximale mobiliteit);
- geen afbraak/omzetting (vracht blijft gelijk);

meters
t.o.v.
maaiveld




 peilbuisfilter

Fig. 9. Ontwerp van een monitoringput

Het monitoringsysteem detecteert in principe grotere emissies (grotere vuilpluimen) makkelijker dan hele kleine emissies. Kleine emissies kunnen echter ook risico's opleveren voor de omgeving. Daarom is gekozen voor een relatief kleine emissie van 160 l benzeen als maatgevend verontreinigingsscenario.

Ad 3.

Bij de schematisatie van de ondergrond zijn een aantal aannamen gedaan om het proces te kunnen modelleren. Ook hier is van een worst-case benadering, bij gebrek aan gedetailleerde informatie uitgegaan:

- verspreiding door de deklaag is geschematiseerd op basis van een preferente stroming door een zandlaag waarbij de retardatie nagenoeg 0 is;
- verspreiding van de verontreinigingen in het watervoerend pakket is geschematiseerd op basis van een dispersiviteit factor van 10% van de pluimlengte, hetgeen aan de veilige kant is. Daarnaast is ter ondervanging van het effect van preferente stroming slechts met een dikte van 20 meter watervoerend pakket gerekend.

5. SPECIFICATIES VAN HET MONITORINGSYSTEEM

5.1 ONTWERP

Alvorens een definitieve keuze wordt gemaakt, zal het concept-ontwerp voor alternatief 1 en alternatief 2 worden gepresenteerd. De lay-out van alternatief 2 is weergegeven in figuur 8. De meerkosten voor alternatief 2 met in totaal 15 monitoringsputten (in plaats van 12) en een trefkans van nagenoeg 100% (ten opzichte van 80%) zijn gering (*f* 40.000,-- zie par. 5.4). Daarom wordt aanbevolen om alternatief 2 in detail verder uit te werken.

De filterstelling van de monitoringsputten dient over de gehele lengte van het watervoerend pakket te worden verdeeld (van 10 m tot 45 ÷ m.v.). In de praktijk bedraagt de lengte van een peilbuisfilter 2 meter. Eén filter per monitoringpunt zal in de meeste gevallen echter onvoldoende zijn om een verontreinigingssituatie te karakteriseren. Een filterlengte gelijk aan de dikte van het eerste watervoerend pakket is praktisch mogelijk, maar schiet bij een relatief kleine pluim zijn doel voorbij (men verkrijgt een niet representatief monster). Een tussenoplossing is het installeren van meerdere filters per monitoringpunt. IWACO adviseert om per monitoringpunt een zevental filters te installeren.

Het maximum aantal te installeren peilbuizen bij een standaard puls boring bedraagt circa zeven à acht. Indien deze regelmatig verdeeld zijn over het watervoerend pakket, wordt een betrouwbare indruk van de verontreinigingssituatie verkregen. De verticale ruimte tussen de filters bedraagt bij zeven filters gemiddeld 3,5 meter. Per monitoringpunt dient rekening gehouden te worden met het voorkomen van meer of minder doorlatende zones in het eerste watervoerend pakket. Verontreinigingen verspreiden zich in principe in de meest doorlatende (grovere) zones. De filterstelling dient daarom in sommige gevallen 0,5 tot maximaal 1,5 meter naar boven of beneden te worden aangepast in afwijking van de standaard lay-out. De onderkant van het diepst gelegen filter dient altijd op de bovenkant van de eerste scheidende laag te worden gesitueerd, zodat ook de verspreiding van stoffen met een hoger soortelijk gewicht (bijvoorbeeld puur tetrachlooretheen) dan water kan worden aangetoond. Het standaard ontwerp van een monitoringpunt is weergegeven in figuur 9.

5.2 ANALYSEPAKKET

Het analysepakket is gebaseerd op een aantal mobiele en voorkomende tracers. Het gaat om de volgende anorganische en organische parameters:

- Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV);
- Kjeldahl-N;
- chloride;
- ammonium-N;
- zink;
- gecombineerde Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen (VAK of BTEX) en Vluchtige Organische Halogenen (VOH).

De analysekosten bedragen circa *f* 320,-- per monster (inclusief 25% korting). De monsternamekosten bedragen ongeveer *f* 180,-- (inclusief filtreren en meting van de pH en de elektrische geleidbaarheid).

Voor één monitoringspunt bedragen de analysekosten circa *f* 3.500,-- per bemonsteringsronde.

In verband met het dynamisch karakter van de signaalwaarde, dienen tijdens elke monitoringsronde ook de stroomopwaarts gesitueerde peilbuizen (Pb 15, 17 en 18) te worden bemonsterd en geanalyseerd op de bovenbeschreven parameters.

5.3 BEMONSTERINGSFREQUENTIE

De bemonsterings- of monitoringsfrequentie wordt bepaald door de stroomsnelheid van het grondwater en de breedte van de observatie- en/of monitoringszone. Na realisatie van het monitoringsmeetnet dient een nul-situatie (grondwaterkwaliteit) te worden vastgelegd. In de praktijk zal in eerste instantie bij de observatiezone worden geconstateerd of de controlezone verontreinigd raakt. Een frequentie van één monitoringsronde per jaar is hiertoe voldoende. In de monitoringszone kan, totdat voldoende zeker is dat de controlezone op grote schaal verontreinigd raakt, met een frequentie van één ronde per twee jaar worden volstaan. In een later stadium kan de frequentie worden verhoogd tot één ronde per jaar. Voor de exploitatiekosten is gerekend met een frequentie van één ronde per jaar van alle monitoringspunten.

De drie peilbuizen in het stroomopwaartse compartiment dienen eveneens één maal per jaar te worden bemonsterd.

5.4 KOSTENRAMING MONITORINGSYSTEEM

Investeringskosten

De kosten van het monitoringsysteem bestaan uit investeringskosten en exploitatiekosten. Onder investeringskosten worden verstaan de kosten die gemoeid zijn met de realisatie van het monitoringsysteem: het voorbereiden, het uitvoeren van de boringen en het installeren en afwerken van peilbuizen en filters.

De investeringskosten worden geraamd op circa *f* 300,-- per meter boor- en installatiewerk (inclusief voorbereidingswerkzaamheden). De kosten verbonden aan een duurzame bovenafwerking van de monitoringspunten bedragen *f* 2.500,-- per punt.

Dit betekent dat de investeringskosten voor het monitoringsysteem met 15 monitoringspunten circa *f* 240.000,-- exclusief BTW bedragen (prijspeil 1992). Voor alternatief 1 met 12 monitoringspunten zouden de investeringskosten circa *f* 200.000,-- bedragen. Indien 5 putten in de observatiezone tevens worden uitgevoerd als toekomstige beheersputten bedragen de meerkosten circa *f* 50.000,--. De totale investeringskosten bedragen dan *f* 290.000,--.

De kosten van aparte realisatie van een beheersput bedragen *f* 30.000,-- per put.

Exploitatiekosten

De exploitatiekosten omvatten de kosten van monstername, voorbereiking, analyse, interpretatie, rapportage en overleg en onderhoud van de monitoringspunten.

Tabel 5. Exploitatiekosten

Analysekosten	108 monsters à <i>f</i> 500,--	<i>f</i> 54.000,--
Vorbereiding monstername interpretatie rapportage en overleg per ronde		<i>f</i> 25.000,--
Onderhoud monitoringspunten	5% à <i>f</i> 240.000,--	<i>f</i> 12.000,--
Onvoorzien	± 10%	<i>f</i> 9.000,--
Totaal per jaar exclusief BTW		<i>f</i> 100.000,--

Gekapitaliseerde kosten

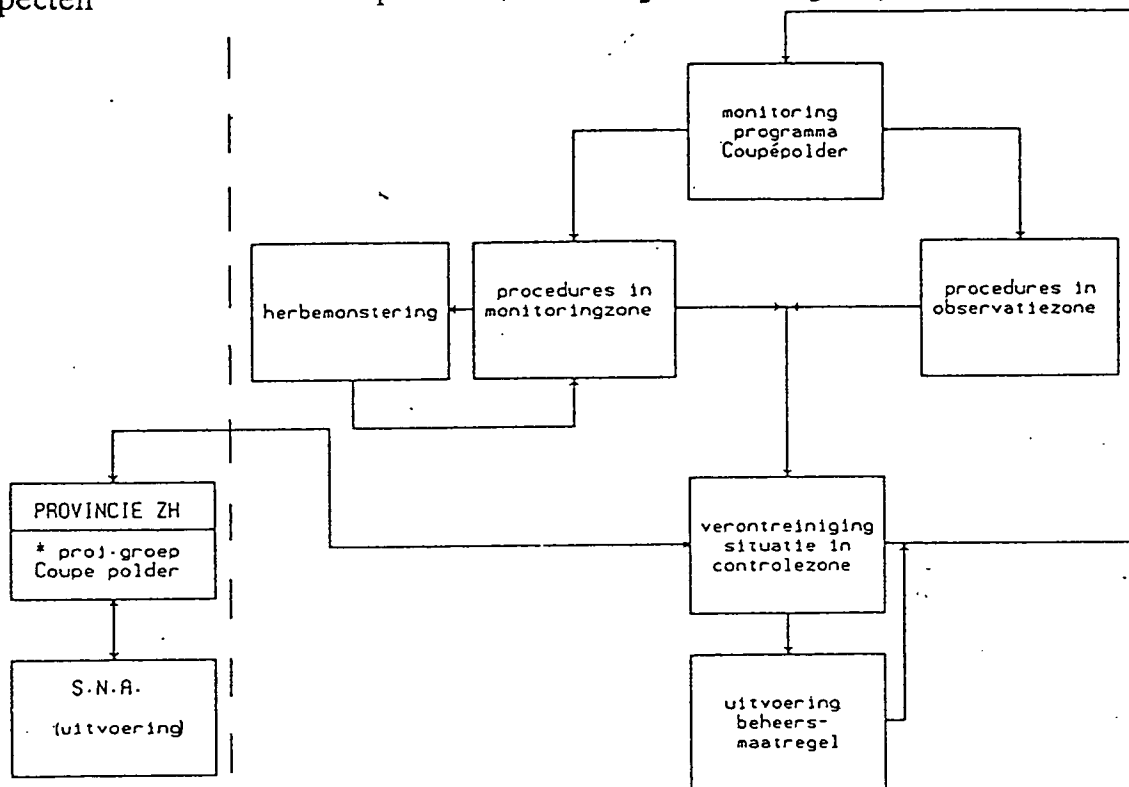
De netto contante waarde, op basis van een effectieve rente van 5% en een levensduur van 25 jaar, is voor drie uitvoeringsvarianten geraamd:

- Alternatief 2 zonder beheersputten: *f* 1.750.000,--
- Alternatief 2 met gelijktijdige realisatie van 5 beheersputten in de plaats van 5 observatieputten *f* 1.800.000,--
- Alternatief 2 met realisatie van 5 onafhankelijke beheersputten na 10 jaar *f* 1.850.000,--

Aanbevolen wordt vijf beheersputten gelijktijdig te realiseren met de observatiepunten, zodat bij de noodzaak tot beheersen direct maatregelen kunnen worden genomen.

Organisatorische aspecten

Technische aspecten (monitoring/beheersing diepe grondwater)



figuur 10 algemene opzet beslismodel

6. ONTWERP TECHNISCH BESLISMODEL

6.1 PROCEDURES EN CRITERIA

De werking van het technische beslisschema voor de onderkant wordt aan de hand van een stroomdiagram uitgelegd. In figuur 10 is de algemene opzet van het beslismodel in de vorm van een stroomdiagram weergegeven.

Het rechtergedeelte van het stroomdiagram bestaat uit vijf technische procedures:

- procedures voor de monitoringszone;
- procedures voor herbemonstering (gekoppeld aan monitoringszone);
- procedures voor de controlezone (vaststellen verontreinigingsbeeld);
- procedures voor beheersmaatregelen.

Een algemeen criterium van het beslismodel is, dat bij overschrijding van een signaalwaarde (bepaald volgens het Dynamisch Signaalwaarde Concept) het beheerssysteem wordt aangezet. Overschrijdingen van signaalwaarden worden als laag of als hoog gewaardeerd. De herbemonsteringsstrategie wordt daarop afgestemd. Voorgesteld wordt om de nieuwe, humaan en ecotoxicologische onderbouwde C-waarde daarbij als grens te beschouwen.

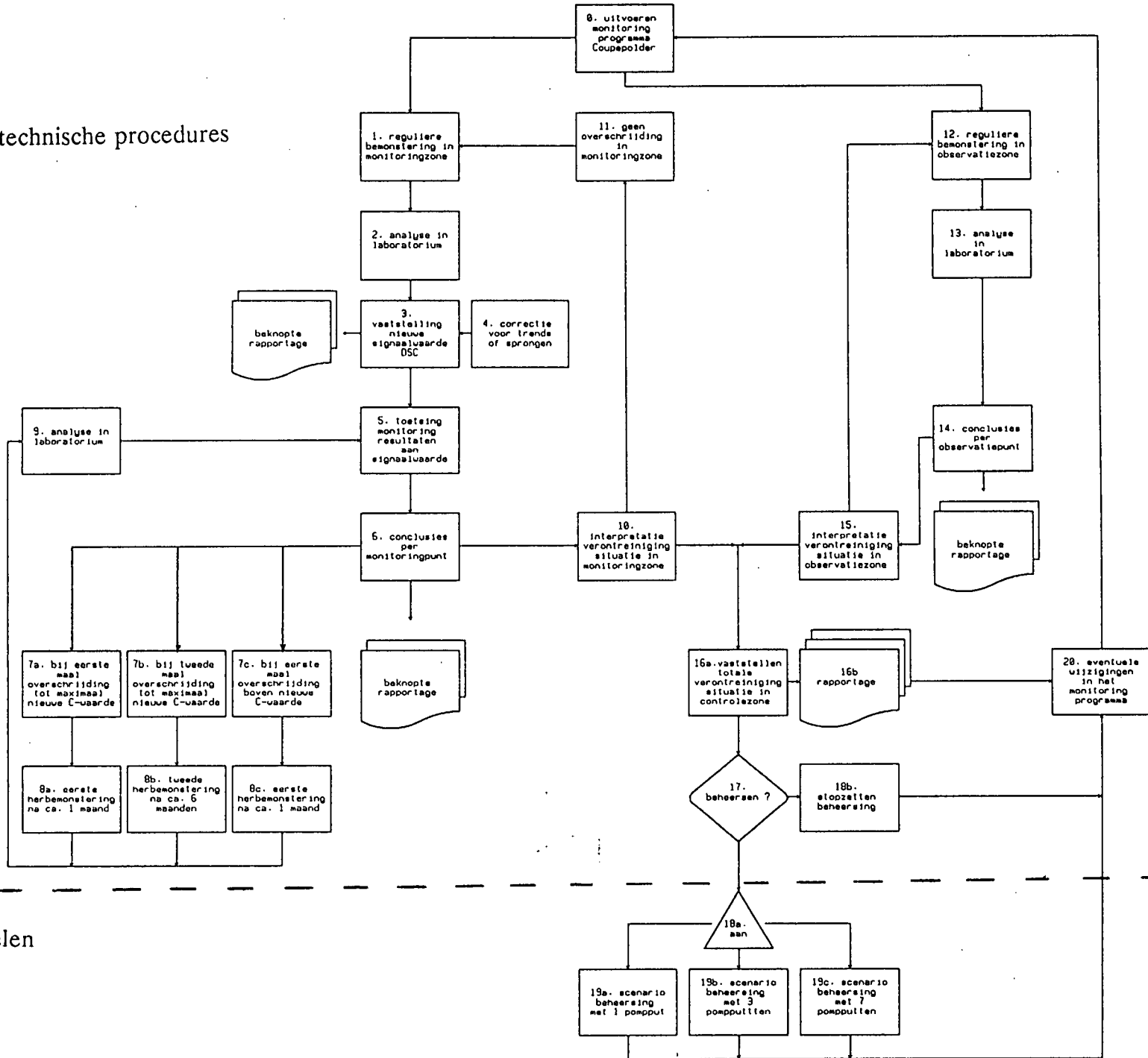
De procedures zelf bestaan uit meerdere bouwstenen (activiteiten). Figuur 10 dien in de toekomst te worden uitgebreid met technische beslisschema's voor de getroffen beheersmaatregelen aan de bovenkant, zijkanten en omgeving van de stort. Het beslisschema bezit een zich herhalende structuur. In het beslisschema is door middel van een onderbroken lijn aangegeven wat de denkbeeldige grens is tussen monitorings- en beheersactiviteiten. Figuur 10 dient in de toekomst te worden uitgebreid met technische beslisschema's voor de getroffen beheersmaatregelen aan de bovenkant, zijkanten en omgeving van de stort.

De bouwstenen van het technische beslisschema zijn weergegeven in het meer gedetailleerde stroomdiagram in figuur 11. De bouwstenen zijn genummerd en worden in paragraaf 6.2 kort toegelicht.

Het beslisschema bezit een zich herhalende structuur. In figuur 11 uit zich dat doordat na alle stappen of bouwstenen te hebben doorlopen steeds weer wordt teruggekeerd naar de eerste stap (nummer 10).

In het beslisschema is door middel van een onderbroken lijn aangegeven wat de denkbeeldige grens is tussen monitorings- en beheersactiviteiten.

figuur 11 technische procedures



monitoring

beheersmaatregelen

6.2 TOELICHTING TECHNISCHE ASPECTEN

De bouwstenen van het technische beslisschema (figuur 11) voor de onderkant van de stort worden in het onderstaande nader toegelicht:

0. Het ontwerp van het monitoringsysteem is besproken in fase 2 van het onderzoek. Onder uitvoering van het monitoringsprogramma wordt zowel de realisatie van het systeem als de exploitatie (bemonstering, analyse, interpretatie, overleg, onderhoud, enz.) verstaan, met inachtneming van de uitgangspunten zoals die in fase 2 zijn geformuleerd.
1. De jaarlijkse bemonstering van alle 70 peilfilters in de monitoringszone en die in het stroomopwaartse compartiment (Pb 15, 17 en 18). Aanbevolen wordt om gedurende de eerste jaren een intensiever bemonsteringsprogramma uit te voeren gericht op het vergroten van de betrouwbaarheid (c.q. het inzicht in de variatie) van de gemeten concentratie.
2. Analyse van de grondwatermonsters in een gecertificeerd laboratorium op de volgende parameters: CZV, kjeldahl-N, chloride, ammonium-N, zink, VAK, VOH, geleidbaarheid, temperatuur en Ph. Tevens, maar minder frequent, G.C.-analyses.
3. Het vaststellen van de nieuwe signaalwaarde voor de tracerstoffen op basis van een log-Pearson-type III kansverdelingsfunctie (overeenkomstig het Dynamisch Signaalwaarde Concept).
4. Correctie van de signaalwaarden indien trends of sprongen in de reeks achtergrondconcentraties worden opgemerkt.
5. De analyse-resultaten toetsen aan de signaalwaarden.
6. Per monitoringspunt vaststellen of signaalwaarden al dan niet worden overschreden. Indien geen overschrijdingen, dan door naar bouwsteen 10. Indien wel overschrijdingen, dan door naar bouwsteen 7.
7. Een algemeen uitgangspunt van het beslismodel is dat bij overschrijding van de signaalwaarde het beheerssysteem wordt aangezet. Overschrijdingen van signaalwaarden worden als laag of als hoog gewaardeerd. Voorgesteld wordt om de nieuwe, humaan en ecotoxicologisch onderbouwde C-waarde daarbij als grens te beschouwen.

Aangezien de constatering dat er een overschrijding heeft plaatsgevonden op een fout kan berusten, wordt voorgesteld om een herbemonstering uit te voeren. De herbemonstering (8A, 8C) wordt circa 1 maand na de oorspronkelijke bemonstering (2) uitgevoerd. De analyse (9) vindt plaats op die parameters waarvan overschrijdingen van de signaalwaarden zijn geconstateerd. Indien bij hertoetsing (5) opnieuw een lage overschrijding wordt geconstateerd, vindt circa 6 maanden na de oorspronkelijke bemonstering (2) opnieuw een herbemonstering plaats. De hierboven gegeven perioden voor herbemonstering taste de werking (of betrouwbaarheid) van het monitoringsysteem niet aan.

Indien na bouwsteen 8B, 8C en 6 de conclusie wordt getrokken dat de signaalwaarden voor één of meer parameters worden overschreden dan impliceert dat het starten van een bepaalde beheersmaatregel.

10. De totale verontreinigingssituatie in de monitoringszone beoordelen.

Indien er geen overschrijdingen zijn geconstateerd (11) dan wordt doorgedaan met de reguliere monitoring (1). Indien de signaalwaarde is overschreden, dan zal mede in afhankelijkheid van de verontreinigingssituatie in de observatiezone (16) een beheersscenario moeten worden vastgesteld.

12. De jaarlijkse bemonstering van alle 35 peilbuizen in de observatiezone.

13. Analyse van de grondwatermonsters in een gecertificeerd laboratorium op de volgende parameters; CZV, kjeldahl-N, chloride, ammonium-N, zink, VAK, VOH, geleidbaarheid, temperatuur en pH. Tevens, maar minder frequent, G.C. analyses.

14. Per observatiepunt constateren of vanuit de stort bepaalde emissie(s) plaatsvinden.

15. De totale verontreinigingssituatie in de observatiezone beoordelen. In principe doorgaan met de reguliere bemonstering (12).

16. De totale verontreinigingssituatie in de controlezone jaarlijks rapporteren. Besluitvorming over monitoring en/of beheersing dient hier plaats te vinden (zoals nader toegelicht in de paragrafen over organisatorische aspecten). Indien geen beheersmaatregel nodig is door naar bouwsteen 0. Tevens dient vastgesteld te worden of de geohydrologische uitgangspunten voor het monitoring- en beheerssysteem niet gewijzigd zijn.

17. Indien uit bouwsteen 10 volgt dat een beheersmaatregel noodzakelijk is, dient op basis van de verontreinigingssituatie in de controlezone (16) een geschikt beheersscenario te worden opgestart (8A). Tevens kan bij een reeds in werking zijnde beheersmaatregel het besluit op basis van bouwsteen 16 worden genomen om de beheersing stop te zetten en alleen door te gaan met het reguliere monitoringsprogramma.

18. Afhankelijk van de in bouwsteen 16 vastgestelde verontreinigingssituatie het in detail plannen en uitvoeren van een beheersmaatregel. Hierbij wordt voor het bepalen van het pompregime gebruik gemaakt van het grondwaterstromingsmodel voor de Coupépolder uit fase 1. Tevens wordt vastgesteld op welke wijze de werking en de voortgang van de beheersmaatregel wordt gecontroleerd.

19. Als voorbeeld zijn voor drie potentiële verontreinigingssituaties beheersscenario's gegeven (zie ook figuur 3).

20. Het doorvoeren van wijzigingen in het monitoringsprogramma indien bouwstenen 16, 18 of 19 daartoe aanleiding geven.

7. LITERATUUR

1. IWACO B.V., Deelrapportage (3): Signaalwaarden Coupépolder, IWACO 1024850, augustus 1992.
2. IWACO B.V., Deelrapportage (2): Beheersmaatregelen voor het diepe grondwater Coupépolder, IWACO 1024850, augustus 1992
3. Freeze, R.A., Massman, J., Smith, L., Sperling, T., James, B. (1990). Hydrogeological Decision Analysis: 1. A Framework. Vol. 28, No. 5 Ground Water.
4. Freeze, R.A. Massman, J., Smith, L., Sperling, T., James, B. (1991). Hydrogeological Decision Analysis: 2. Applications to Ground-Water Contamination. Vol. 29. No. 4 Ground Water.
5. Kinzelbach W., Numerische Methoden zur Modellierung des Transports von Schadstoffen im Grundwasser, Oldenbourg; 1987
6. Konikow L. en J. Bredehoeft, Computer model of two-dimensional solute transport and dispersion in ground water, USGS, book 7, chapter C2; 1978
7. McBean E. en F. Rovers, Estimation of the probability of exceedance of contaminant concentrations, Groundwater Monitoring Review, Winter; 1992

BIJLAGEN

Bijlage 1

Beschrijving geografisch informatiesysteem ARC/INFO

Geografische Informatie Systemen

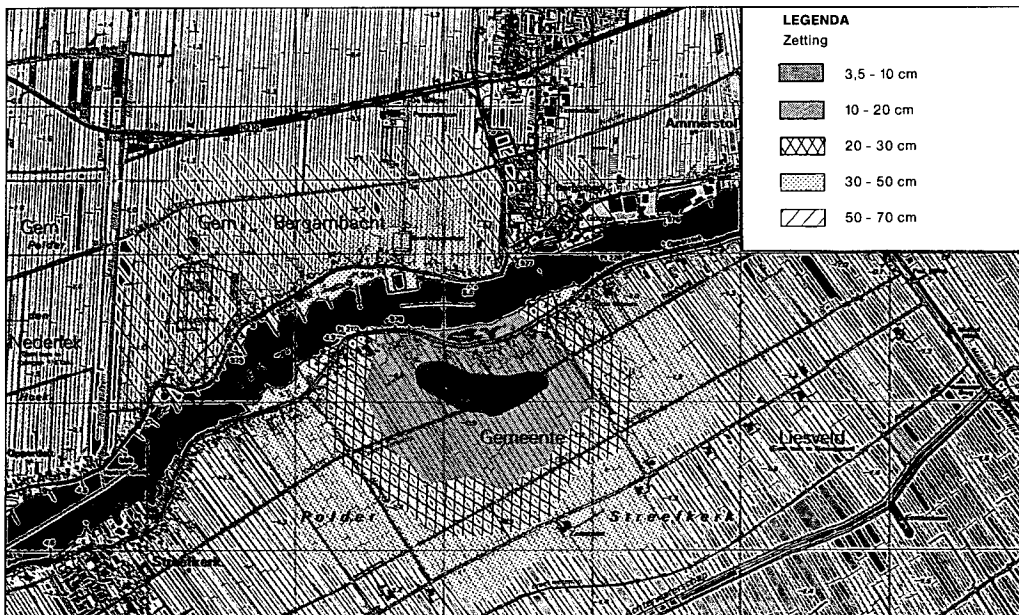
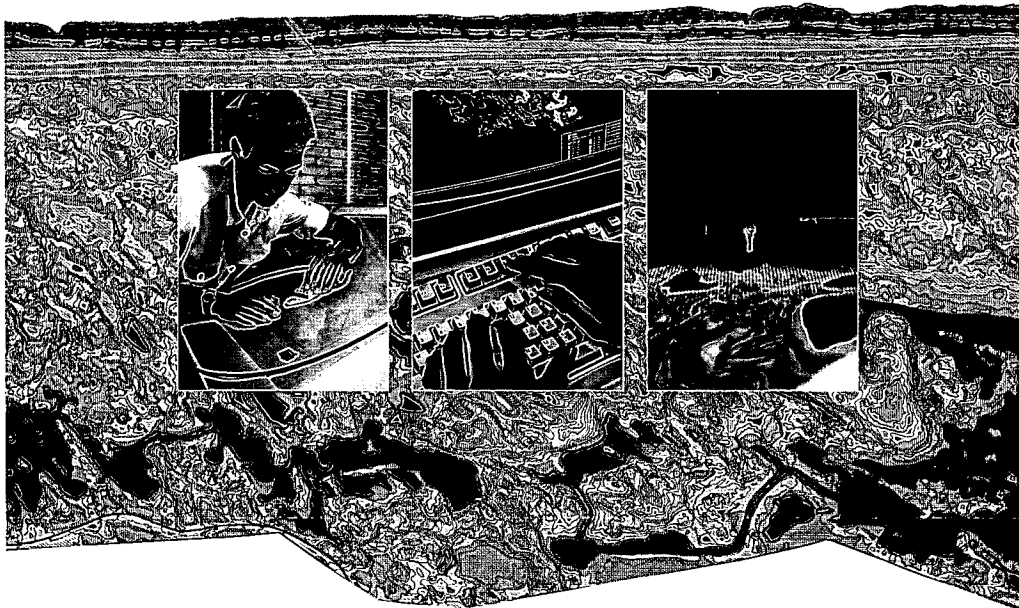
Het verwerken van basisgegevens tot informatie die beslissingen mogelijk maakt is een belangrijke stap bij het oplossen van problemen. Bij veel milieuproblemen is de hoeveelheid gegevens groot. Vaak zijn de beschikbare gegevens divers en hangen op een complexe manier met elkaar samen. Eén van de methoden om de informatie te rangschikken is om deze te koppelen aan ruimtelijke eenheden. Een dergelijke ordening van informatie kan geautomatiseerd worden met een Geografisch Informatie Systeem (GIS).

Toepassing

GIS wordt toegepast wanneer men snel inzicht wil hebben wat de situatie op een bepaalde locatie is en als het niet meer te doen is om de relevante informatie met de hand bij elkaar te zoeken. In de milieuwetenschappen biedt GIS perspectieven wanneer informatie over de kwetsbaarheid van een gebied gekoppeld moet worden aan gegevens over de bedreigingen (grondwaterkwaliteitsmeetnetten, regionale bodemverontreinigingskaarten). Ook kan GIS gebruikt worden bij een gebiedsgerichte benadering van de milieuproblematiek. Men kan dan snel inzicht krijgen in de consequenties van beslissingen op het gebied van de ruimtelijke ordening, b.v. het uitbreiden van een stuk natuurgebied.

Projectbenadering

Voor het opzetten van een geïntegreerd GIS zijn 5 stappen nodig:

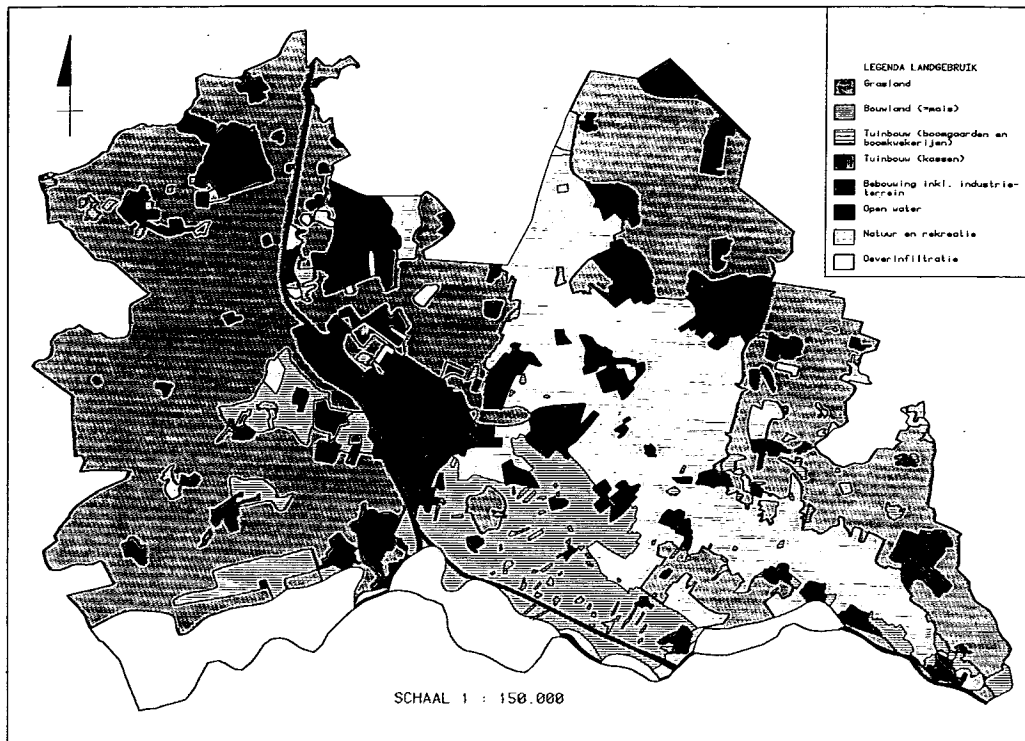


Voorbeeld 1: inklinken van de bodem

Op een groot aantal punten kan de te verwachten zetting (inklinken van de bodem) als gevolg van grondwaterstandsverlaging worden berekend. De

kaart met geotechnische gegevens en de grondwatertrappenkaart moeten gedigitaliseerd worden. De grondwaterstandsveranderingen kunnen direct worden ingelezen uit de resultaten van bijvoorbeeld een grondwatermodel. Het re-

sultaat is een gedetailleerd overzicht van de zettingen over een groot gebied. Ook wordt de verdroging of vernatting als gevolg van zetting en grondwaterstandsverandering berekend en weergegeven op contourlijnenkaarten.



Voorbeeld 2: grondwaterkwaliteitsmeetnetten

In verschillende provincies worden grondwaterkwaliteitsmeetnetten ontwikkeld. Een belangrijke doelstelling van een dergelijk meetnet is het onderkennen van trends in de grondwaterkwaliteit als functie van het landgebruik, de geohydrologische situatie en het bodemtype.

Speciale aandacht is besteed aan de vraag om met slechts een beperkt aantal meetpunten zo goed mogelijk aan de doelstelling te voldoen. Met behulp van het softwarepakket Arc/Info zijn de bodemgebruikskaart, de bodemtypenkaart, de geohydrologische situatie (kwel of infiltratie) en de grondwaterbeschermingszones gedigitaliseerd. Vervolgens zijn deze 4 thematische kaarten gecombineerd en is het totaaloppervlak ingedeeld in homogene deelgebieden. Op basis van afzonderlijke gewichten voor de 4 thema's en op basis van de oppervlakte is per deelgebied een totaalscore berekend.

Vervolgens is met behulp van een statistische methode iteratief bepaald welke deelgebieden het meest in aanmerking komen voor een meetpunt. De vergaand geautomatiseerde werkwijze heeft als voordeel dat de gevoeligheid van de werkwijze eenvoudig kan worden bepaald door de toe te kennen gewichten te variëren. Bovendien kunnen alle te nemen stappen inzichtelijk worden gemaakt door eenvoudig te produceren kaartmateriaal.

1. *Informatieanalyse:*
 - probleemdefinitie;
 - organisatorische en personele aspecten.
2. *Ontwerp:*
 - functioneel ontwerp, hard- en softwarekeuze, technisch ontwerp.
3. *Programmering en documentatie;*
4. *Implementatie:*
 - vastlegging van technische informatie
 - digitalisatie van geografische informatie (kaarten, luchtfoto's, satellietbeelden)
 - verwerking: combinatie van technische en geografische informatie
 - training.
5. *Nazorg.*

Deze activiteiten kunnen worden uitgevoerd ten behoeve van:

* een door IWACO uit te voeren

studieproject, bijvoorbeeld een milieu effectrapportage of grondwaterstudie;
* de automatisering van de gegevensverwerking van een opdrachtgever zoals leidingnetregistratie of bodembeheer.

Projectervaring

IWACO is relatief vroeg begonnen met het ontwikkelen van GIS. Oorzaak hiervan is dat IWACO veel in omvangrijke regionale projecten werkt en omdat men in alle vakgebieden veel met (geautomatiseerde) informatieverwerking te maken heeft.

Ook de randvoorwaarden waren gunstig. IWACO werkt met multi-disciplinaire teams, waarbij de vertaling van vakinformatie voor anderen een belangrijk aspect is. Daarnaast hebben de meeste vakspecialisten ervaring met complexe informatieverwerking en ervaring met automatisering.

Uitgangspunten

Voor het opzetten van een GIS heeft IWACO de volgende uitgangspunten:

- * het werk wordt gedaan door adviseurs die naast hun kennis van gegevensverwerking en automatisering vakinhoudelijke kennis hebben van water en/of milieu;
- * het accent ligt bij het werk meer op de informatieverwerking dan op de automatisering.
- * een GIS moet kosteneffectief zijn; voorkomen moet worden dat niet essentiële informatie in het systeem opgenomen wordt.

Hoofdkantoor IWACO

Postbus 8520
3009 AM Rotterdam
Hoofdweg 490
3067 GK Rotterdam
Tel. : 010 - 407 65 43
Telex : 24069 iwaco nl
Fax : 010 - 220 10 05

Laboratorium en Regionale Vestiging Rotterdam

Postbus 8520
3009 AM Rotterdam
Hoofdweg 490
3067 GK Rotterdam
Tel. : 010 - 407 65 43
Fax : 010 - 220 00 25

Regionale Vestiging 's-Hertogenbosch

Postbus 525
5201 AM 's-Hertogenbosch
Stationsplein 21-22
5211 AP 's-Hertogenbosch
Tel. : 073 - 87 41 11
Fax : 073 - 12 07 76

Regionale Vestiging Groningen

Postbus 2198
9704 CD Groningen
Wegalaan 3-5
9742 NA Groningen
Tel. : 050 - 73 44 55
Fax : 050 - 71 14 30

Bijlage 2

Beschrijving stoftransportprogramma MOC^{em}

Beschrijving stoftransportprogramma MOCsm

ALGEMEEN

MOCsm is een zogenaamde "extended memory version" van het computerprogramma MOC. MOC is een computerprogramma voor tweedimensionaal transport van opgeloste stoffen en dispersie in het grondwater. Het programma is in 1978 ontwikkeld door L. Konikow en J. Bredehoeft. Het programma kan het transport van opgeloste stoffen (bijvoorbeeld verontreinigingen) in het grondwater simuleren. Het kan worden toegepast voor één- en tweedimensionale stationaire en niet-stationaire grondwaterstroming. Het programma berekent concentratieveranderingen in de tijd veroorzaakt door convectie, hydrodynamische dispersie en menging (of verdunning). Het programma veronderstelt, dat gradiënten in dichtheid, viscositeit en temperatuur de grondwaterstroming niet beïnvloeden. Aan het gesimuleerde medium, waarin de grondwaterstroming plaatsvindt, kunnen zowel verschillende doorlatendheden als anisotropie worden toegekend. Een met MOC gemaakt model bestaat uit rechthoekige gridcellen. De berekeningen zijn gebaseerd op de eindige differentie methode. In het model kunnen injectie- en onttrekkingsputten, diffuse neerslag (ruimtelijk variabel), doorlaatvermogen (ruimtelijk variabel), randvoorwaarden, initiële stijghoogten en initiële concentratie worden gedefinieerd. Om het stoftransport te simuleren, kan gebruik gemaakt worden van:

- eerste orde reacties;
- reversibele evenwichts sorptie (lineaire, Freundlich en Langmuir isothermen);
- reversibele ionen uitwisseling voor monovalente en divalente ionen.

De maximale griddimensies voor grondwaterstroming bedragen 120 bij 120 gridcellen. Voor het stoftransport kunnen, binnen het bovengenoemde stromingsveld, maximaal 60 bij 60 gridcellen worden gedefinieerd.

In de rapportage (deel 1b) van de risico-evaluatie (IWACO-rapport 1804; april 1989) is het stoftransport met het aan MOCsm verwante programma STIWACO toegepast.

SIMULATIE VAN VERSPREIDING VERONTREINIGINGEN DOOR DEKLAAG

De verspreiding van verontreinigingen door de deklaag onder de stort is gesimuleerd met het bovenbeschreven programma MOCsm. Het model representeert een verticale dwarsdoorsnede van een gedeelte van de Coupépolder met een horizontale afmeting van 55 meter en een verticale afmeting van 15 meter. In het gemodelleerde vlak liggen zowel de stort, de deklaag als de bovenste 5 meter van het eerste watervoerend pakket. De dikte van de gemodelleerde stort varieert van 2,0 tot 5,0 meter.

Horizontaal bestaat het model uit vijfenvijftig cellen met een breedte van 1,0 meter. Verticaal zijn 30 cellen met een diepte van 0,5 meter gedefinieerd. De breedte van de cellen bedraagt 1 meter.

De geohydrologische invoergegevens zijn gebaseerd op het grondwaterstromingsmodel uit fase 1 (IWACO-rapportnummer 1024850.001; oktober 1991). Aan de bovenzijde van het model, in het stortpakket, is een vaste stijghoogte gedefinieerd van NAP 0,00 meter. Aan de onderzijde van het model, in het eerste watervoerend pakket, is een vaste stijghoogte van NAP -3,60 meter gedefinieerd. De verticale hydraulische weerstand van de deklaag bedraagt 3.500 dagen (doorlatendheid 0,003 m/dag). De doorlatendheid in de stort bedraagt 0,5 m/dag. In het eerste watervoerend pakket bedraagt de doorlatendheid 30 m/dag. De verhouding tussen de verticale en horizontale doorlatendheid van de gridcellen bedraagt 0,5.

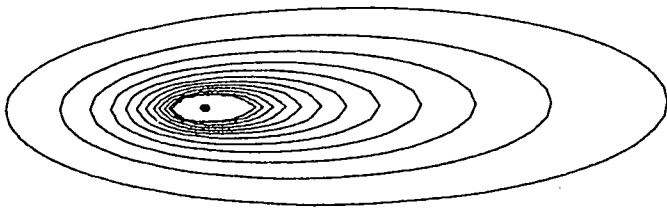
Het stoftransport is gebaseerd op een longitudinale en transversale dispersiviteit van 1 meter. Vertraging van het stoftransport door adsorptie is niet verondersteld. De lekkende vaten zijn gesimuleerd door injectieputten (één put per vat per gridcel) met een debiet van 0,4 mm/dag. Een vat is na één jaar leeggestroomd. Dit leegstromen wordt gesimuleerd in de eerste periode. In de tweede en laatste periode wordt de verdere verspreiding gesimuleerd.

Binnen het gemodelleerde gebied zijn drie scenario's voor de bodemopbouw gesimuleerd. Deze zijn weergegeven in figuur 8. De doorlatendheid van de preferente stroombaan in scenario 1 is tien maal zo klein als die van de omringende kleiige deklaag. De verticale zandbaan in scenario 3 heeft een doorlatendheid van 1 m/dag. Scenario 3 is gebaseerd op de boorstaat van boring COB14, waarin de kleiige deklaag ontbreekt. Alhoewel de representativiteit van een dergelijke bodemopbouw wordt betwijfeld, is scenario 3 een karakteristieke "worst-case" voor de simulatie van het stoftransport. Verontreinigingen zullen via de verticale zandbaan relatief snel in het eerste watervoerend pakket arriveren.

Bijlage 3

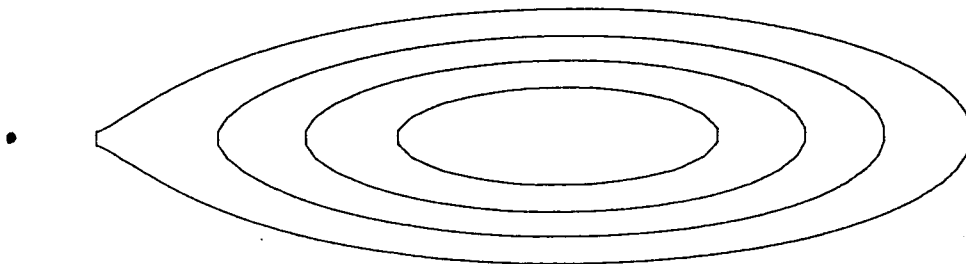
Beschrijving stoftransportprogramma PLUIM

Figuur 1. Concentratie verdeling van een continue puntbron



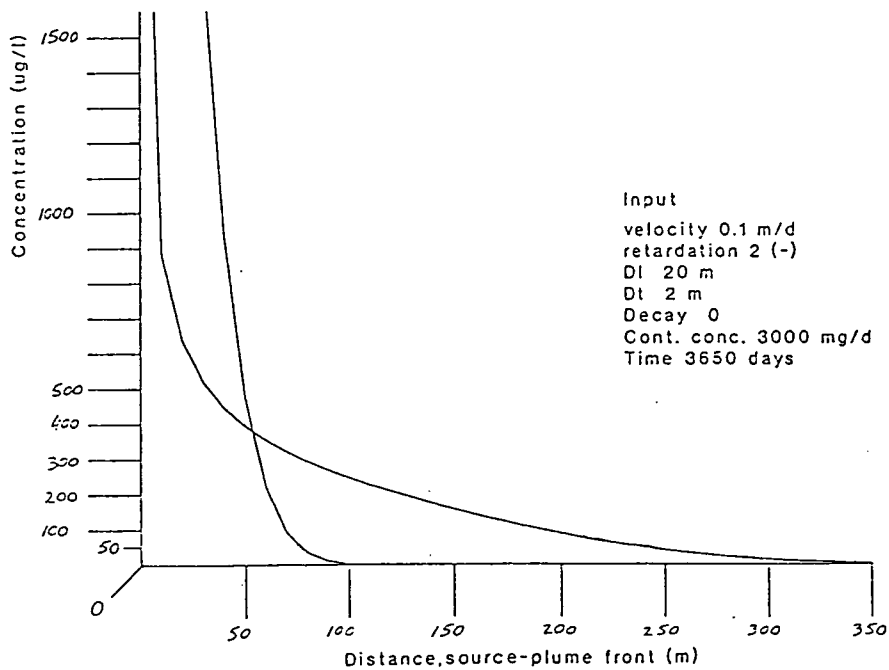
NIET OP SCHAAL

Figuur 2. Concentratie verdeling van een tijdelijke puntbron



NIET OP SCHAAL

Figuur 3. Concentratieverloop in de stroomrichting



Beschrijving stoftransportprogramma PLUIM

Het stoftransportprogramma PLUIM berekent de verspreiding van een opgeloste stof in het grondwater. Het programma is gebaseerd op een analytische berekening, welke tweedimensionaal de concentratie (c) van een bepaalde stof op plaats (x,y) en een tijdstap (t) berekend. Deze benadering is ontwikkeld door W. Kinzelbach in 1987.

De analytische benaderingen van het stoftransport zijn gebaseerd op hun overeenkomst met warmtetransport en diffusie. Hierbij wordt een standaard-oplossing gesuperponeerd door een weight function. De Hantush functie is vereenvoudigd door een Laplace benadering.

De benadering gaat uit van een stationaire, homogene parallelle stroming door het pakket, dit betekent dat er een continue snelheid wordt aangenomen in plaats en tijd. Verder wordt aangenomen, dat de aquifer isotroop is en er eenvoudige randvoorwaarden heersen.

Benodigde invoerparameters voor de berekening zijn:

- snelheid van het grondwater (Darcy) (m/dag);
- aquifer dikte (m);
- porositeit (vol. %);
- influx van de verontreiniging (mg/dag);
- retardatie (-);
- dispersiviteit (longitudinaal, transversaal) (m);
- afbraak (m/dag);
- achtergrond concentratie ($\mu\text{g/l}$);
- tijdstap (dag).

De influx van verontreinigingen wordt ingebracht in de vorm van een puntbron, als tijdelijke- of continue bron met een constante concentratie.

Voor de berekening van de verspreiding wordt een rekenveld opgegeven, waarbinnen voor ieder knooppunt de concentratie van de stof wordt berekend. Voor de presentatie van de resultaten, kunnen concentratie contourlijnen geselecteerd en geplot worden. Een andere uitvoeroptie is het plotten van het concentratieverloop, binnen een pluim, in een grafiek.

De berekende pluimen zijn, afhankelijk van de invoergegevens, min of meer parabolisch van vorm. Wanneer een continue influx wordt opgegeven, zal de pluim zich rond de bron ontwikkelen. Door een eindtijd op te geven voor de influx, zal de pluim zich los van de bron verwijderen.

Een voordeel van het model is de korte rekentijd en eenvoudige invoer van gegevens. De betrouwbaarheid van de berekening wordt deels bepaald door de nauwkeurigheid van de invoergegevens en de mate waarin schematisatie van de lokatie mogelijk is. Wanneer enige calibratie mogelijk is aan de hand van gemeten concentratiewaarden, kan een redelijke indicatie van de verspreiding van de desbetreffende stof worden gegeven.