

KWALITEIT VAN GRONDWATER EN OPPERVLAKTEWATER IN DE
OMGEVING VAN DE VUILSTORTPLAATS 'KOEGORSPOLDER'
(GEMEENTE TERNEUZEN)

mej. E.Laarman, ing. B. van der Weerd,
J. Harmsen en dr. J. Hoeks

BIBLIOTHEEK
STADINGEBOUW

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking



JSN 160231-01

I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. OPZET VAN HET ONDERZOEK	2
3. GEOLOGISCHE OPBOUW VAN DE BODEM	5
4. HYDROLOGIE VAN HET GEBIED	6
5. KWALITEIT VAN HET GRONDWATER	12
6. KWALITEIT VAN HET OPPERVLAKTEWATER	18
7. VERONTREINIGING MET OLIEACHTIGE STOFFEN	19
8. CONCLUSIES	22
9. LITERATUUR	25

1. INLEIDING

De vuilstortplaats 'Koegorspolder' ligt in Zeeuws-Vlaanderen ten zuiden van Terneuzen, op het terrein van de A.C.Z. de Carbonization ten oosten van het fabriekscomplex (een cokesfabriek). De oppervlakte van de stortplaats bedraagt ongeveer 3 ha. Tot voor kort werd hier alleen afval van de cokesfabriek gestort. Dit afval bestaat uit teerprodukten, cokes- en steenkoolresten en verder de gewone bedrijfsafvalstoffen. Ongeveer 20 jaar geleden is deze stortplaats in gebruik genomen.

Sinds november 1977 is de stortplaats in gebruik bij de gemeente Terneuzen, die er het huishoudelijk afval en het bedrijfsafval uit de gemeente stort. De verwerking van het afval op de stortplaats geschiedt volgens de methode van 'gecontroleerd storten'. Het afval wordt sterk verdicht met behulp van een compactor en wordt dagelijks afgedekt met een laagje grond.

De sloot in de verlande kreek ten oosten van de stortplaats is bij het stortterrein gevoegd en wordt opgevuld met puin. Een tiental meters oostwaarts is een nieuwe sloot langs het stortterrein gegraven.

Op verzoek van de gemeente Terneuzen is een onderzoek uitgevoerd, waarbij is nagegaan in hoeverre het grondwater en het oppervlaktewater verontreinigd is door de in het verleden gestorte afvalstoffen van de cokesfabriek. Hierbij is vooral aandacht besteed aan olieachtige verbindingen afkomstig van de teerafvalprodukten. Het onderzoek heeft bovendien tot doel om, op grond van hydrologische gegevens, aan te geven in welke mate de stortplaats, nu deze gebruikt wordt voor het storten van stedelijk afval, aanleiding zal geven tot verontreiniging van het grondwater en oppervlaktewater.

2. OPZET VAN HET ONDERZOEK

In november 1977 werden rondom de startplaats 10 spoelboringen uitgevoerd. In februari 1978 werden op nog 9 plaatsen in de direkte omgeving van het stort ondiepe boringen uitgevoerd. Bij de spoelboringen zijn per boorgat 3 pvc-stijgsbuizen met filters op verschillende diepten, respectievelijk 2,6 en 12,5 meter beneden NAP, aangebracht (zie tabel 1). Bij de latere boringen is slechts 1 buis per boorgat geplaatst met een filter op circa 2 meter diepte. De ligging van de boorpunten in het terrein is aangegeven op de situatiekaart in fig. 1.

Tabel 1. Diepte van de grondwaterfilters ten opzichte van maaiveld en NAP in meters

Boring	Filterdiepte		Boring	Filterdiepte	
	m-mv	m-NAP		m-mv	m-NAP
T1-1	12,98	12,86	T6-1	13,20	12,96
T1-2	6,88	6,76	T6-2	7,05	6,81
T1-3	2,86	2,74	T6-3	2,75	2,51
T2-1	14,00	12,73	T7-1	13,40	12,11
T2-2	6,95	5,68	T7-2	6,60	5,31
T2-3	3,85	2,58	T7-3	2,30	1,01
T3-1	14,56	13,64	T8-1	13,57	12,21
T3-2	6,97	6,05	T8-2	6,71	5,35
T3-3	3,67	2,75	T8-3	3,02	1,66
T4-1	13,65	12,43	T9-1	13,60	12,52
T4-2	7,45	6,23	T9-2	6,35	5,27
T4-3	3,64	2,42	T9-3	2,36	1,28
T5-1	11,24	10,01	T10-1	13,70	12,32
T5-2	5,58	4,35	T10-2	6,75	5,37
T5-3	3,73	2,50	T10-3	2,65	1,27

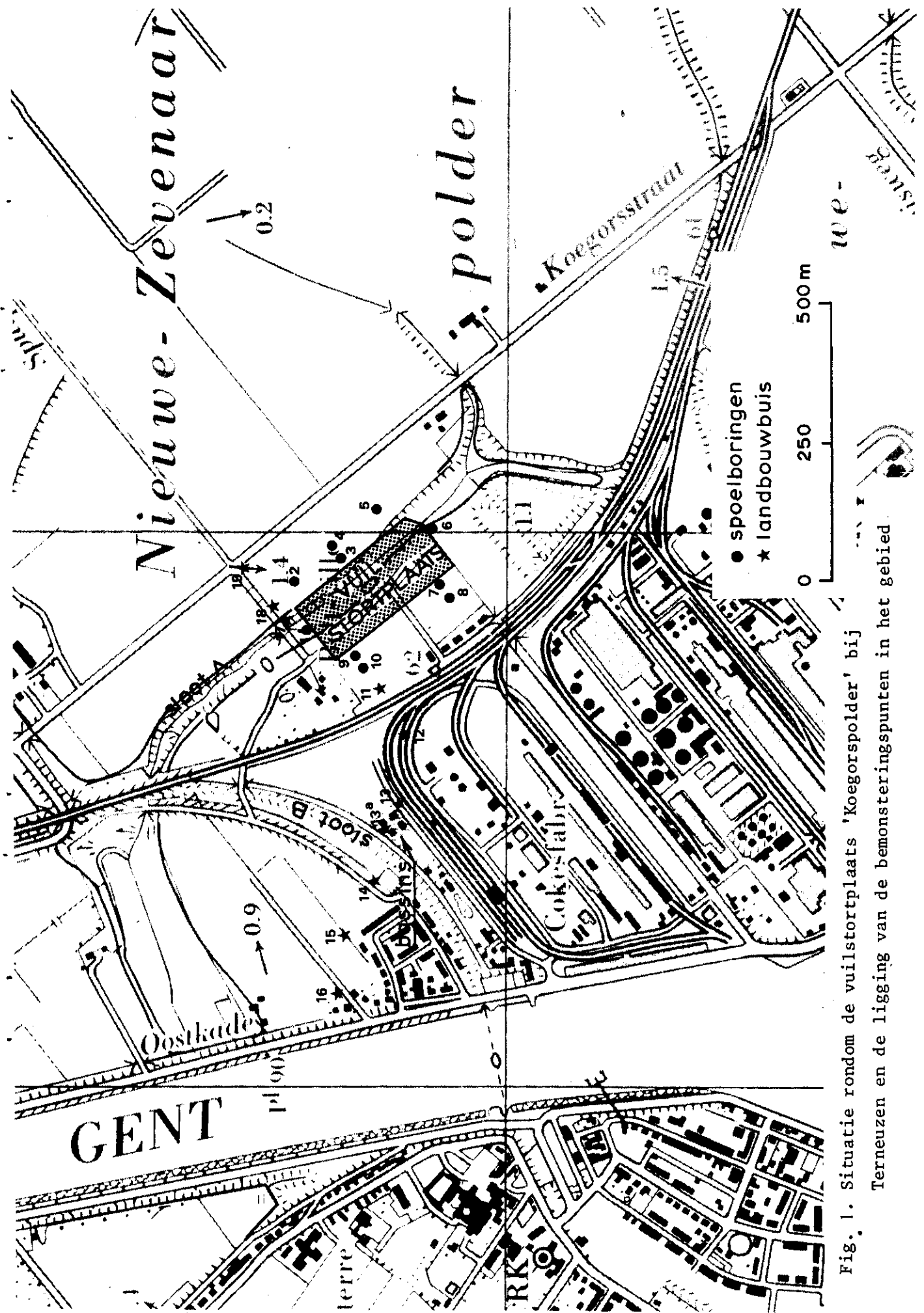


Fig. 1. Situatie rondom de vuilstortplaats 'Koegorspolder' bij Terneuzen en de ligging van de bemonsteringspunten in het gebied.

Voor het verkrijgen van een representatief grondwatermonster werd, voorafgaand aan de monsternamen, het filter doorgepompt (ongeveer 1 à 2 maal de waterinhoud van de stijgbuis). Het grondwater is eenmalig bemonsterd in maart 1978. Voorafgaand aan de bemonstering werd de grondwaterstand gemeten.

De grondwaterstanden in de stijgbuizen zijn in december 1977 en januari 1978 tweemaal per maand gemeten. Daarna is de frequentie teruggebracht tot eenmaal per maand.

Het oppervlaktewater is op enkele plaatsen bemonsterd, namelijk in sloot A langs de stortplaats (beneden- en bovenstrooms), in het bassin op het fabrieksterrein en in sloot B langs het bassin (zie fig. 1).

De watermonsters zijn op het eigen laboratorium onderzocht op geleidingsvermogen, zuurgraad, chloride, natrium- en kaliumgehalte, terwijl de overige analyses zijn uitgevoerd op het laboratorium van de Stichting Waterlaboratorium Oost in Doetinchem, volgens de normen van het Nederlands Normalisatie Instituut (NEN 3235 en NEN 1056).

De volgende analyses zijn uitgevoerd:

- kationen (mg/l):	Na, K, Ca, Mg, $\text{NH}_4\text{-N}$, Fe-totaal
- anionen (mg/l):	Cl, SO_4 , HCO_3 , $\text{NO}_3\text{-N}$
↔ overige bepalingen:	stikstof - kjeldahl-N (mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$)
	- organisch N (mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$)
	fosfaat - totaal PO_4 (mg $\text{PO}_4\text{/l}$)
	- ortho PO_4 (mg $\text{PO}_4\text{/l}$)
	hardheid - totaal ($^{\circ}\text{D}$)
	- bicarbonaat ($^{\circ}\text{D}$)
	geleidingsvermogen ($\mu\text{S/cm}$ bij 25°C)
	COD (mg $\text{O}_2\text{/l}$)
	zuurgraad (pH)

Voor alle bepalingen zijn de monsters vooraf gefiltreerd. Het totaal Fe-gehalte is bepaald in aangezuurde monsters. Het organisch N-gehalte is berekend als verschil tussen Kjeldahl-N en anorganisch NH_4 . De bicarbonaat hardheid is berekend uit de HCO_3 -concentratie.

Bovendien zijn verschillende monsters onderzocht op het gehalte aan olieachtige componenten, dit in verband met de aanwezigheid van teerprodukten op de stortplaats. De monsters zijn daartoe

geëxtraheerd of uitgeschud met hexaan, nadat ze vooraf waren gefiltreerd. Het extract is ingedampt en gaschromatografisch onderzocht. Enkele extracten zijn over een silicagel kolom geleid, waarna de alifaten en aromaten afzonderlijk zijn bepaald.

3. GEOLOGISCHE OPBOUW VAN DE BODEM

De voor dit onderzoek verrichte boringen geven weinig informatie over de opbouw van de bodem, omdat deze boringen zijn uitgevoerd als spoelboringen. Het ligt in de bedoeling om binnenkort 1 of 2 puls-boringen uit te voeren, waarmee dan meer gegevens over de profiel-opbouw ter plaatse zullen worden verkregen.

Voorlopig moet daarom worden volstaan met de reeds beschikbare gegevens van andere onderzoekingen in Zeeland, en met name in Zeeuws-Vlaanderen. Uit het agrohydrologisch onderzoek in Zeeland (N.A. DE RIDDER e.a., 1957) zijn diepboor-raaien beschikbaar, waaruit het dichtst bij de stortplaats gelegen boorpunt is gekozen (ongeveer 3 km ten westen van de stortplaats). Aan de hand van deze gegevens blijkt dat de bodem op die plaats globaal is opgebouwd uit vier verschillende pakketten:

- de bovenste 1 à 2 meter bestaat uit jonge zeeklei (zavelgrond), met een slibgehalte van 20-40%;
- daaronder, tot ongeveer 10 meter beneden maaiveld, is zwak tot matig slibhoudend fijn zand aanwezig, met een slibgehalte van 2-5% (Jong-Holocene Scheldeloop);
- tussen ongeveer 10 en 30 meter beneden maaiveld zijn zandige sedimenten aanwezig (Afzetting van Vlissingen), bestaande uit matig fijn tot middelfijn zand, met een laag gehalte aan afslibbare delen, dat meestal niet meer dan enkele procenten bedraagt; plaatselijk worden in dit pakket meer of minder dikke lagen met een hoger slibgehalte aangetroffen;
- op circa 30 meter diepte begint een kleilaag met een slibgehalte van 10-20% (Oligoceen); plaatselijk kan deze laag ook 20-40% slib bevatten.

Tot de slechtdoorlatende of waterkerende lagen worden gerekend de kleilagen en lagen van slibrijke fijne zanden. Hiertoe behoren de jonge zeeklei afzettingen in de bovenste 2 meter van het profiel, en dieper in het profiel beneden 30 meter beneden maaiveld de Oligocene kleilaag. Deze Oligocene kleilaag is een zeer belangrijke waterkerende laag in de ondergrond van Zeeland, en komt het meest ondiep voor in Zeeuws-Vlaanderen. Gezien de dikte en zwaarte van deze klei moet de laag als sterk waterafsluitend worden beschouwd.

Boven deze kleilaag komt een watervoerend pakket voor, bestaande uit de afzettingen van de Jong-Holocene Scheldeloop en de Afzetting van Vlissingen. De doorlatendheid van deze afzettingen ligt in de orde van 3 à 15 m/dag.

Tussen de Afzetting van Vlissingen en de Oligocene kleilaag komt 3 KM ter N.O. van de stortplaats nog een afzetting voor uit het Boven-Mioceen. De Oligocene kleilaag duikt daar dieper weg, tot 40 meter beneden maaiveld. Het Boven-Mioceen vertoont qua doorlatendheid grote variaties, maar ter hoogte van Terneuzen is het matig tot vrij goed doorlatend.

4. HYDROLOGIE VAN HET GEBIED

De vuilstortplaats ligt ongeveer 800 meter ten oosten van het Kanaal van Gent naar Terneuzen. Het overtollige water uit dit kanaal wordt bij Terneuzen op de Westerschelde geloosd, terwijl toevoer van water plaats vindt vanuit Gent. Langs de stortplaats loopt een sloot (kreek), die in open verbinding staat met de Otheense Kreek. De ontwatering van het gebied rondom en ten oosten van de stortplaats geschiedt door een stelsel van krekken, zoals blijkt uit fig. 2. Het overtollige water van dit gebied wordt via de Otheense Kreek afgevoerd en geloosd op de Westerschelde.

Uit de isohypsenkaart (fig. 3A) blijkt dat het diepe grondwater (op ca. 12,5 meter -NAP) in noordoostelijke richting stroomt. Dit diepe grondwater stroomt zeer waarschijnlijk in de richting van de Otheense Kreek. De sloot langs de stortplaats blijkt weinig of geen invloed te hebben op de grondwaterstroming op deze diepte.

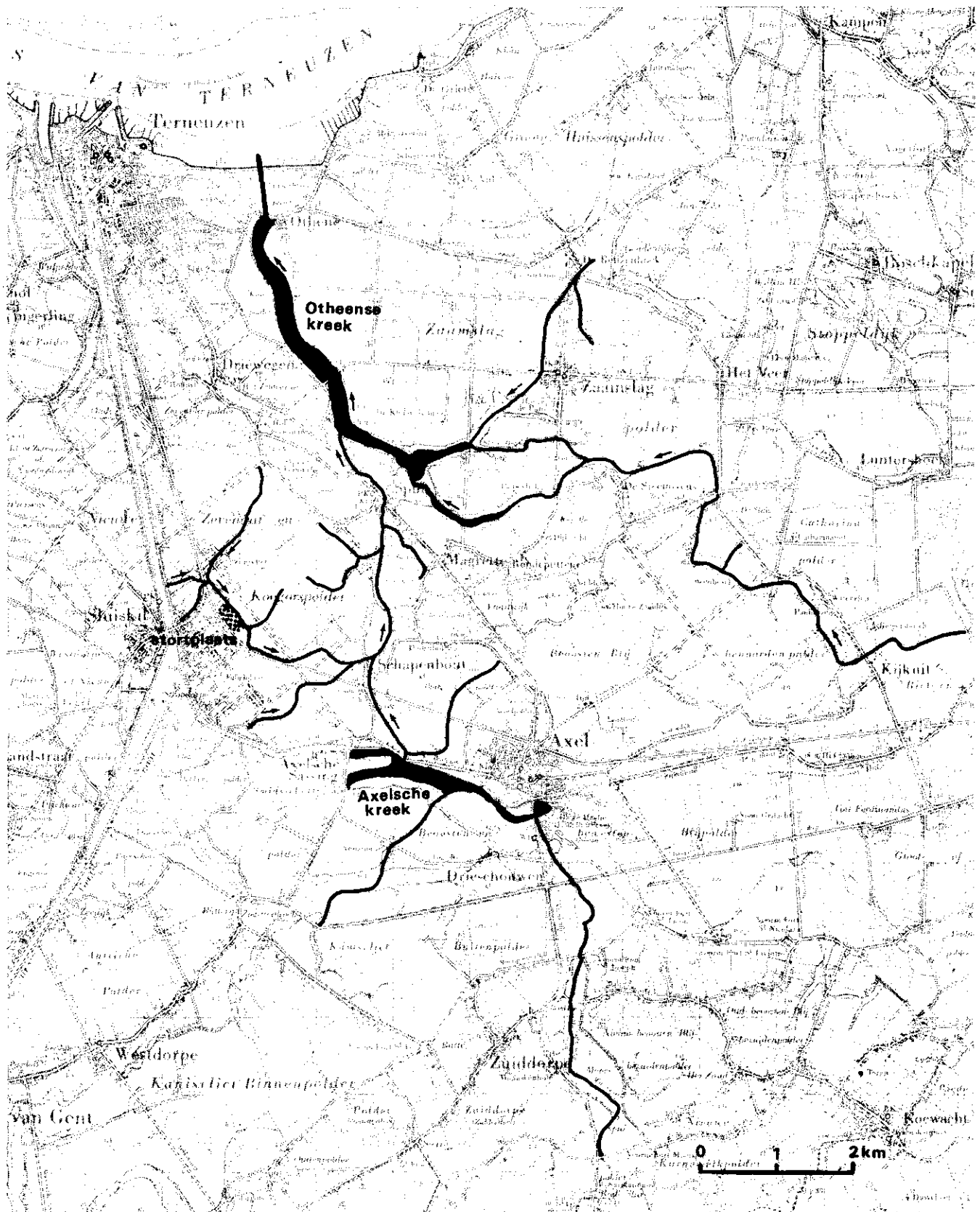


Fig. 2. Ondiepe ontwatering van het gebied, aangegeven door de loop van sloten, kreek en kanalen

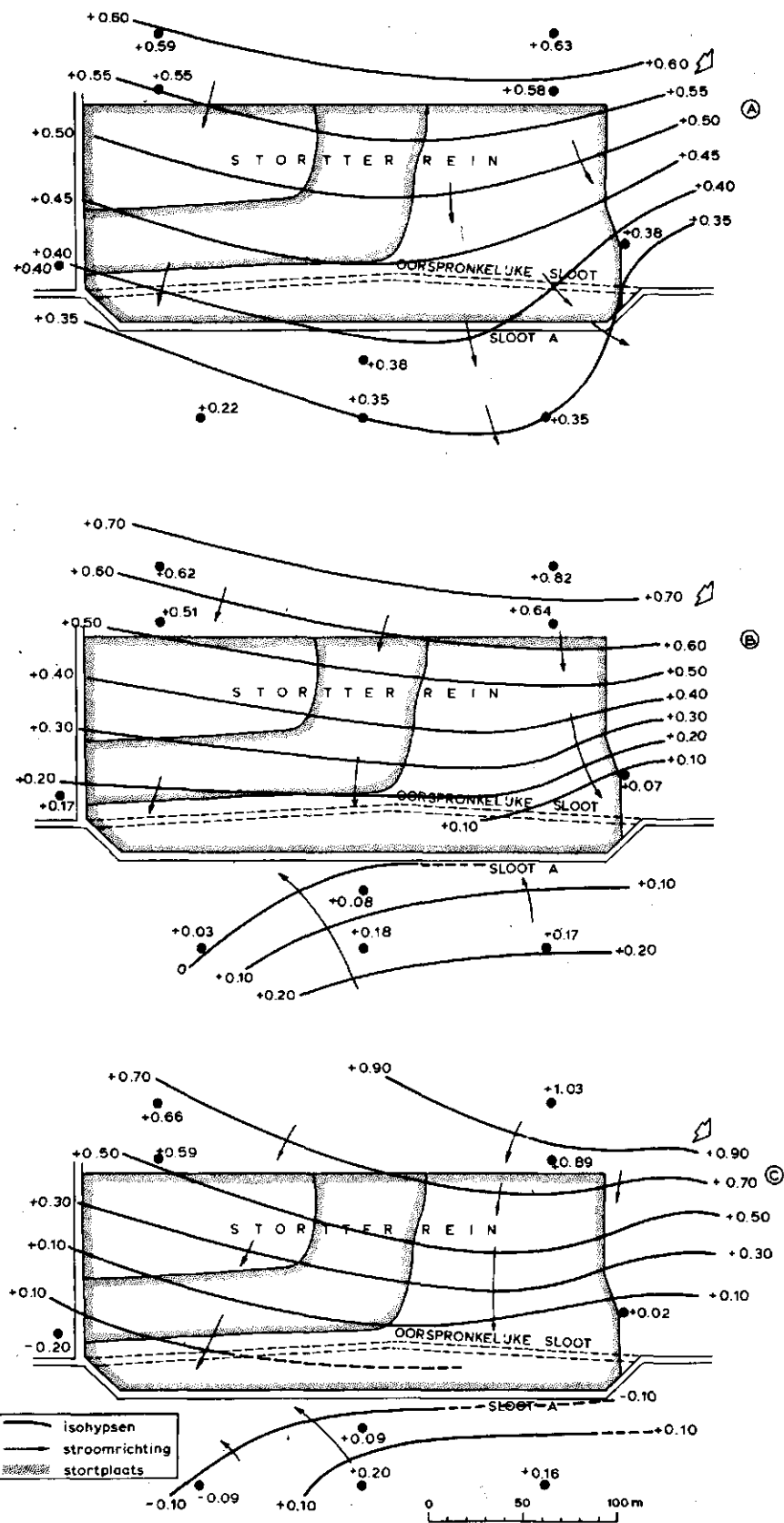


Fig. 3. Isohysen en stroomrichting van het diepe grondwater op 12,5 m -NAP (A) en 6 m -NAP (B), en van het ondiepe grondwater op 2 m -NAP (C).

Uit de isohypsenkaart van het grondwater op ongeveer 6 meter -NAP (fig. 3B) blijkt dat de sloot wel invloed heeft op de grondwaterstroming. Het grondwater op deze diepte wordt grotendeels afgevoerd naar de sloot langs de stortplaats. Hetzelfde geldt voor het ondiepe grondwater op ongeveer 2 meter -NAP (fig. 3C).

Ter hoogte van boorpunt 1 vertonen de isohypsen een afbuiging. Zonder nader onderzoek is echter niet vast te stellen, wat hiervan de oorzaak is. Het algehele beeld is echter redelijk duidelijk geworden. De sloot langs de stortplaats (sloot A) vervult een drainerende functie voor het ondiepe grondwater en het bovenste deel van het watervoerende pakket. Op grotere diepte in het watervoerend pakket (dieper dan 10 meter beneden maaiveld) stroomt het grondwater onder deze sloot door in noordoostelijke richting.

Uit de grafieken, waarin de grondwaterstanden zijn uitgezet tegen de tijd (zie Bijlage 1), blijkt dat ten westen van de stortplaats (bij de boorpunten 7 t/m 10) wegzijging plaats vindt, dit wil zeggen dat overtollige neerslag wordt afgevoerd naar het diepere grondwater. Deze wegzijging blijkt uit een afname van de stijghoogte van het grondwater met de diepte. Vlak bij de sloot en ten oosten van de sloot (boorpunten 1 t/m 6) is sprake van kwel, dit wil zeggen dat er vanuit het watervoerend pakket een opwaarts gerichte waterstroming plaats vindt. Dit kwelwater wordt hier tesamen met de overtollige neerslag afgevoerd naar de sloot. De kwelsituatie blijkt uit een toename van de stijghoogte van het grondwater met de diepte (zie Bijlage 1).

Gezien het hoge peil van het Kanaal van Gent naar Terneuzen (zie fig. 4) mag worden verwacht dat vanuit het Kanaal voeding van het watervoerend pakket plaats vindt met brak water (2500 à 3000 mg Cl/liter). Aanvankelijk was de verwachting dat hierdoor aan de westzijde van de stortplaats een potentiële kwelsituatie zou bestaan. Blijkbaar is echter de oppervlakkige ontwatering van het terrein hier dermate slecht, en mogelijk vindt ook vanuit de bassins op het terrein van de cokesfabriek nog wegzijging plaats, dat hierdoor de opbolling van het ondiepe grondwater zo hoog wordt dat een wegzijgingssituatie is ontstaan.

De wegzijging vanuit de bassins wordt voor een deel opgevangen in sloot B langs het fabrieksterrein. Dit blijkt uit de chemische analyses van het grondwater en slootwater (zie hoofdstuk 5).

Gezien de hydrologische situatie mag worden verwacht, dat het perkolatiewater uit de stortplaats voor een belangrijk deel wordt opgevangen in de sloot langs de stortplaats (sloot A). Het is echter niet uitgesloten dat een zeer klein deel van het perkolatiewater dieper in het watervoerend pakket doordringt en met de grondwaterstroming wordt afgevoerd in noordoostelijke richting.

De snelheid waarmee verontreinigende stoffen zich in het grondwater verplaatsen, hangt in eerste instantie af van de stroomsnelheid van het grondwater. Horizontale stroming treedt voornamelijk op in de goeddoorlatende, zandige watervoerende pakketten.

De stroomsnelheid in het watervoerende pakket kan worden afgeleid uit de bekende wet van Darcy. De hiermee berekende stroomsnelheid is een gemiddelde voor het gehele watervoerend pakket. Door het afwisselend voorkomen van grofzandige naast fijnzandige laagjes kan de stroomsnelheid in de grovere lagen hoger zijn dan de gemiddelde snelheid. Doordat deze grovere en fijnere lagen vaak dun zijn en na enige afstand weer uitwijken, treedt er menging van water op. Dit verschijnsel is bekend onder het begrip 'macrodispersie'.

De gemiddelde doorlatendheid van het watervoerend pakket is in hoofdstuk 3 vermeld en zou volgens schattingen 3-15 meter/dag bedragen. De ondergrens van 3m/dag geldt voor zwak slibhoudende lagen. In de slibarme zandlagen zal de doorlatendheid in de orde van 10-15 m/dag liggen. De drukhoogte- gradiënt in het watervoerend pakket is af te leiden uit de isohypsenkaart van het diepe grondwater en bedraagt ongeveer 15 cm per 100 meter ($i = 0,0015$). De Darcy-stroomsnelheid bedraagt dan 5,5 à 8,2 m/jaar.

De effectieve stroomsnelheid, dit wil zeggen de werkelijke stroomsnelheid in de poriën tussen de zandkorrels, is te berekenen door de stroomsnelheid te delen door het effectief poriënvolume. In zandlagen is het effectief poriënvolume doorgaans gelijk aan het totaal met water gevulde poriënvolume (ongeveer 40%).

De effectieve stroomsnelheid van het diepe grondwater bedraagt dan 13,7 à 20,5 m/jaar. Dit betekent, dat voorzover er geen sprake is van adsorptie, biologische afbraak of chemische processen, de verontreinigende stoffen zich met een snelheid van afgerond 15 à 20 meter per jaar verplaatsen in noordoostelijke richting.

5. KWALITEIT VAN HET GRONDWATER

Het afval van de gemeente Terneuzen, dat sinds november 1977 wordt gestort op de vuilstortplaats 'Koegorspolder', kan nog geen invloed hebben gehad op de kwaliteit van het grondwater. Voorzover er sprake is van grondwaterverontreiniging, moet dit afkomstig zijn van het afval dat hier door de cokesfabriek is gestort.

De grondwaterkwaliteit is op alle monsterpunten eenmalig onderzocht en wel in de periode maart tot augustus 1978. De chemische samenstelling is weergegeven in de tabellen 2 t/m 5, op een diepte van respectievelijk 12,5, 6 en 2 meter -NAP.

Het diepe grondwater (tabel 2 en 3) wordt plaatselijk beïnvloed door zout water uit de ondergrond. Dit is vooral het geval bij de monsterpunten T3, T4 en T5 op 12,5 meter -NAP (tabel 2) en bij T3 en T4 ook op 6 meter -NAP. De zoet/zoutgrens komt daar hoger in het profiel voor tengevolge van kwel. Het hoge Cl-gehalte gaat op deze punten samen met hoge gehalten aan Na, Ca, Mg, SO_4 en een zeer hoge hardheid ($^{\circ}D$) van het water. Ter vergelijking zijn in tabel 2 tevens enkele cijfers vermeld betreffende de chemische samenstelling van zeewater. Het valt op, dat met name het Ca-gehalte in het grondwater aanzienlijk hoger is dan in het zeewater. Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt door het oplossen van carbonaten die van nature in de bodem voorkomen.

Het gehalte aan opgeloste organische stoffen is tamelijk hoog in het diepe grondwater. Dit blijkt uit de grote zuurstofbehoefte van het water, vooral op de punten T1 t/m T6 waar kwel voorkomt. (COD: 165-565 mg $O_2/1$). Uit onderzoek van STEENVOORDEN en OOSTEROM (1973) blijkt dat de aanwezigheid van veenlagen in het bodemprofiel aanleiding kan geven tot een vrij hoog zuurstofverbruik van het

Tabel 2. Kwaliteit van het grondwater op ca. 12,5 meter -NAP

Component	Monsterpunten:										* zeewater
	T1	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10		
pH	7,8	7,3	6,7	7,4	7,6	7,8	8,1	7,9	8,1		
Geleiding $\mu\text{S/cm}$	4080	15 600	27 600	26 600	7000	3160	2580	3900	3420		
COD mg/l	375	205	200	150	165	70	80	135	60		
Cl	565	4 864	10 116	10 171	1730	327	144	572	534	19 000	
HCO ₃	1488	1 016	538		977	951	890	1516	878	142	
SO ₄	130	790	1 085		115	420	535	15	280	2 700	
NO ₃ -N	0,3	0,3	0,3	0	0,7	0,2	1,0	0,3	0,2		
PO ₄	16	< 0,03	< 0,03		1,0	5,4	7,0	10	4,5		
PO ₄ -totaal	17	0,05	< 0,03		1,5	5,6	9,1	11	4,7	0,07	
Na	925	3 075	3 775	3 000	1350	675	575	925	725	10 500	
K	29	67	128		41	35	30	31	30	380	
Ca	33	340	2 200		98	26	20	18	26	400	
Mg	25	260	1 040		75	25	15	21	16	1 350	
NH ₄ -N	< 0,05	< 0,05	< 0,05		< 0,05	1,0	1,0	1,3	0,2		
org. N	0,1	3,0	5,9		0,4	1,3	1,2	1,5	1,0		
Kjeldahl-N	0,1	3,0	5,9		0,4	2,3	2,2	2,8	1,2		
O ₂ DH	11	108	551		31	9,5	6,3	7,4	7,4		
Fe	2,0	0,4	9,2		1,8	1,5	8,4	2,4	1,0	0,01	

*bron: H.P.Oosterom (1974)

Tabel 3. Kwaliteit van het grondwater op ca. 6 meter -NAP

Component	Monsterpunten:									
	T1	T3	T4	T6	T7	T8	T9	T10		
pH	7,9	7,3	7,6	7,9	8,1	7,7	7,4	7,2		
Geleiding $\mu\text{S/cm}$	3580	21 200	12 000	3020	1800	1880	1400	1560		
COD mg/l	315	270	230	565	155	50	95	14		
Cl	555	7 322	3 389	379	72	90	37	67		
HCO ₃	1420	876	1 361	1 126	1 297	-	822	-		
SO ₄	15	605	290	130	70	-	285	-		
NO ₃ -N	0,6	0,3	0,2	0,1	2,6	-	0,2	-		
PO ₄	22	< 0,03	< 0,03	12	5,5	-	0,6	-		
PO ₄ -totaal	24	< 0,03	0,1	13	5,8	-	0,8	-		
Na	813	2 825	2 200	650	395	293	56	28		
K	29	175	88	38	26	31	60	9		
Ca	32	1 080	225	22	34	-	116	-		
Mg	22	600	200	10	12	-	70	-		
NH ₄ -N	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	1,4	-	1,6	-		
org.-N	0,2	7,6	7,0	6,3	0,7	-	0,9	-		
Kjeldahl-N	0,2	7,6	7,0	6,3	2,1	-	2,5	-		
°DH	9,6	291	78	5,4	7,6	-	33	-		
Fe	3,4	0,3	1,5	20	2,1	-	0,2	-		

grondwater (KMnO_4 -getal 50 à 100, dit is omgerekend een COD van circa 150 à 300). Ten westen van de stortplaats (T7 t/m T10), waar wegzijging plaatsvindt, zijn de COD-waarden lager (60 - 155 mg $\text{O}_2/1$). Er is hier een geleidelijke toename van de COD met de diepte geconstateerd.

De aanwezigheid van veenlagen blijkt niet uit de geologische opbouw van het bodemprofiel, hoewel elders in Zeeuws-Vlaanderen wel plaatselijk veenlagen voorkomen. Overigens zou de aanwezigheid van dergelijke veenlagen, vooral als het eutroof veen betreft, aanleiding geven tot hoge ammonium- en fosfaatconcentraties. Met uitzondering van het organische N-gehalte, zijn de gehalten van NH_4 -N en PO_4 over het algemeen vrij laag bij de punten T3 en T4.

De fosfaatgehalten zijn ten westen van de sloot langs de stortplaats duidelijk hoger dan ten oosten van de sloot. Het lijkt erop dat hogere Ca-gehalten samengaan met lagere PO_4 -gehalten. Dit wijst erop dat PO_4 in aanwezigheid van Ca neerslaat in de vorm van slecht oplosbare $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

In het ondiepe grondwater op circa 2 meter -NAP zijn de concentraties van de gemeten anorganische stoffen doorgaans lager, dankzij de infiltratie van regenwater (tabel 4). Alleen het NO_3 -gehalte is hier hoger, met name op de punten T3 en T4. Deze punten liggen op het bouwland ten oosten van de stortplaats. Dit kan dus een gevolg zijn van bemesting. Ook op punt T7 is een hoog NO_3 -gehalte gemeten, hoewel de grond hier niet in gebruik is als landbouwgrond. De emissie van N-verbindingen vanuit het nabijgelegen stikstof bindingsbedrijf kan mogelijk een reden zijn voor het hogere NO_3 -gehalte op dit punt. Het nitraatgehalte neemt af met de diepte dankzij denitrificatie, waarbij nitraat als N_2 in de atmosfeer ontwijkt.

Het ondiepe grondwater is bovendien nog bemonsterd op de punten T11 t/m T19 (zie tabel 5). Uit de analysecijfers blijkt dat het grondwater bij de bassins op het terrein van de cokesfabriek verontreinigd is door lekkage uit deze bassins. Met name bij de boorpunten 13 en 13A is dit merkbaar aan de hoge gehalten van Cl, Na, K en NH_4 . Ook de COD van het grondwater is hier duidelijk hoger dan elders in de omgeving. Bij punt T16 is het gehalte aan Cl en Na hoog, waarschijnlijk door kwel vanuit het nabijgelegen Kanaal van

Tabel 4. Kwaliteit van het grondwater op ca. 2 meter -NAP

Component	Monsterpunten:									
	T1	T3	T4	T6	T7	T8	T9	T10		
pH	7,7	7,3	7,3	7,6	7,5	7,2	7,3	7,4		
Geleiding $\mu\text{S/cm}$	1660	3560	1560	2620	1600	1920	2280	1920		
COD mg/l	200	140	95	100	130	16	65	23		
Cl	88	390	59	200	110	140	102	77		
HCO ₃	1104	630	616	743	634	-	668	-		
SO ₄	120	465	350	725	265	-	780	-		
NO ₃ -N	0,2	26	15	1,5	19	-	5,2	-		
PO ₄	2,2	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	-	1,0	-		
PO ₄ -totaal	2,5	0,1	0,04	0,7	0,4	-	1,2	-		
Na	235	138	57	160	84	113	59	39		
K	65	18	31	70	8	23	16	17		
Ca	40	330	187	320	241	-	415	-		
Mg	85	56	58	60	20	-	50	-		
NH ₄ -N	5,9	< 0,05	0,9	< 0,05	0,4	-	0,4	-		
org.-N	3,0	0,8	0,2	3,6	2,6	-	1,1	-		
Kjeldahl-N	8,9	0,8	1,1	3,6	3,0	-	1,5	-		
°DH	26	59	40	59	38	-	70	-		
Fe	0,5	0,6	0,3	0,1	0,1	-	0,1	-		

Tabel 5. Kwaliteit van het grondwater op circa 2 meter -NAP

Component	Monsterpunten:														
	T11	T12	T13	T13A	T15	T16	T17	T18	T19	* Terneuzen (Wester-schelde)	* Sluis-kil	* Sas van Gent			
pH	7,0	7,1	7,2	7,0	7,3	7,6	7,1	7,4	7,3	7,9	7,6	7,5			
Geleiding $\mu\text{S/cm}$	3240	1500	5200	6800	1540	4920	3940	2360	2440						
COD mg/l	80	66	189	248	46	53	81	78	76			62			
Cl "	288	103	773	1424	70	1215	355	209	221	14821	2720	2411			
Na "	225	62	348	438	31	988	298	108	120						
K "	16	9	39	46	5	38	33	12	25						
$\text{NH}_4\text{-N}$ "	0,8	0,2	83	222	0,2	3,2	2,5	0,9	0,1	0,3	14	15			

*bron: Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater (1978)

Gent naar Terneuzen. Het kanaalwater heeft ter hoogte van Sluiskil een Cl-gehalte van 2720 mg/l. In tabel 5 is voorts nog het Cl-gehalte in de Westerschelde, ter hoogte van Terneuzen, vermeld.

6. KWALITEIT VAN HET OPPERVLAKTEWATER

Het oppervlaktewater is slechts op enkele plaatsen bemonsterd. De gegevens zijn vermeld in tabel 6. Hieruit blijkt, dat de sloot

Tabel 6. Kwaliteit van het oppervlaktewater

Component		Bassin op fabrieks- terrein	Sloot langs bassin	Sloot langs stortplaats	
				boven- strooms	beneden- strooms
pH		8,2	7,2	7,8	7,7
Geleiding	µS/cm	10 200	5860	5540	5860
COD	mg/l	382	243	37	26
Cl	"	2 441	957	1334	1466
Na	"	450	275	775	838
K	"	27	32	38	40
NH ₄ -N	"	1 015	95	-	-

langs het bassin op het fabrieksterrein (sloot B) duidelijk verontreinigd is met organische stoffen (COD), Cl, Na en NH₄. Dit is veroorzaakt door de eerder vermelde lekkage uit de bassins, waarbij het water uit de bassins ondiep afstroomt naar sloot B. Deze sloot watert af op sloot A, die langs de stort loopt. De hoeveelheid water die via sloot B wordt afgevoerd naar sloot A lijkt echter gering, omdat de verontreiniging in sloot A beperkt blijft.

Het Cl-gehalte in sloot A is ter hoogte van de stortplaats vrij hoog. Gezien de eerder geconstateerde kwelsituatie rond deze sloot, moet dit voornamelijk worden toegeschreven aan de toevoer van kwelwater met een hoog Cl-gehalte.

7. VERONTREINIGING MET OLIECHTIGE STOFFEN

Op enkele plaatsen is het grondwater en het oppervlaktewater bemonsterd ter bepaling van de aanwezigheid van olieachtige componenten. Dit is gedaan met het oog op de teerprodukten die op de vuilstortplaats zijn gestort. Om een indruk te krijgen hoeveel en welke olieachtige componenten de teerprodukten aan het water afstaan, is een teermonster uitgeschud met water. Ook een grondmonster van onder een teerlaag is op dezelfde wijze behandeld. Aan de westzijde van de stortplaats wordt nog steeds afval van de cokesfabriek gestort, dat hoofdzakelijk bestaat uit steenkool, kolengruis en fabrieksafval. Van dit kolengruis is eveneens een monster genomen ter vergelijking met het teermonster.

Bij de interpretatie van de analysecijfers moet rekening worden gehouden met de wijze waarop het monster is genomen. Komt het te analyseren monster namelijk in contact met plastic, dan kunnen weekmakers (ftalaten) uit het plastic in oplossing gaan. Bij dit onderzoek zijn de grondwatermonsters opgepompt uit een PVC-buis. Het is bekend, dat PVC weekmakers (ftalaten) bevat. Ook de slang, die gebruikt is bij het oppompen, bestaat uit PVC. Om dezelfde reden mogen de monsters niet in plastic flessen worden bewaard.

Bij de interpretatie van de analysecijfers is rekening gehouden met de extra verontreiniging geïntroduceerd door de bemonsteringstechniek.

De monsters zijn geëxtraheerd met hexaan, waarna gaschromatografisch is onderzocht hoeveel en welke componenten aanwezig zijn. De resultaten zijn in tabel 7 weergegeven, waarbij de hoeveelheid met hexaan extraheerbare stoffen in $\mu\text{g/liter}$ water is opgegeven.

Aan gehalten lager dan $100 \mu\text{g/liter}$ water mogen niet al te veel conclusies worden verbonden, omdat de monsternametechniek in de meeste gevallen al zorgt voor een blancowaarde van circa $35 \mu\text{g/liter}$ water.

Uit de tabel blijkt dat het water van de monsterpunten T1-2, T8-1 en T10-1 niet aantoonbaar verontreinigd is. Ook T5-1 is volgens tabel 7 niet verontreinigd. In dit monster werden echter merkbaar

Tabel 7. Olieverontreiniging in oppervlaktewater en grondwater, vergeleken met de afvalstoffen op de stortplaats

Monster	µg/liter water	ftalaten ¹⁾	olie (alifaten) ²⁾
Afvalstoffen, uitgeschud met water:			
teer	48 000	-	C16 - C30
kolengruis	400	?	n.b.
grond onder teer	300	?	n.b.
Oppervlaktewater:			
bassin op fabrieksterrein	400 + 40	-	n.b.
sloot op stortterrein	290 + 40	+	C16 - C30
plassen op stortterrein	400 + 40	+	n.b.
Sloot A langs stortterrein:			
- benedenstreams (bij T6)	50 + 30	+	n.b.
- bovenstreams	80 + 10	+	C16 - C30
- 400 meter bovenstreams	130 + 30	+	n.b.
Grondwater:			
T 1-2	97 + 70	-	n.b.
T 4-1	75 + 70	+	C16 - C22
T 3-1	100 + 30	+	n.b.
T 6-1	110 + 30	+	C16 - C30
T 5-1	30 + 30	+	n.b.
T 8-1	30 + 30	+	n.b.
T10-1	50 + 30	-	n.b.

n.b. = niet bepaald

1) + betekent: gehalte aan ftalaten is duidelijk hoger dan blanco waarde

2) voorzover bepaald, is het aantal C-atomen van de alifatische koolwaterstoffen aangegeven: C13 - C17 = lichte stookolie, C18 - C25 = zware stookolie, C26 - C38 = smeeroilie + vet

meer ftalaten (di-n-butylftalaat) gevonden, dan redelijkerwijs aan de monsternametechniek kan worden toegeschreven. In T3-1 en T6-1 is wel duidelijk verontreiniging waar te nemen. In T6-1 waren alifatische koolwaterstoffen met een ketenlengte van C16-C30 aanwezig, wat duidt op zware stookolie of smeerolie. De alifaten in het teerextract hebben eveneens een ketenlengte van C16-C30, waaruit blijkt dat het grondwater bij T6 vermoedelijk verontreinigd is door uit de teer afkomstige koolwaterstoffen. In het grondwater van monsterpunt T4-1 waren alleen alifaten met een ketenlengte van C16-C22 aanwezig. De symmetrische vorm van de gaschromatogrammen wees er op, dat het hier gaat om één type (een iets lichtere) olie in vrij zuivere vorm. Met name deze zuivere vorm geeft aanleiding tot twijfels, omdat in de bodem door chromatografisch transport de oliecomponenten met verschillende snelheden bewegen, terwijl sommige componenten verdwijnen door microbiologische afbraakprocessen. Mogelijk is het water hier verontreinigd geraakt tijdens het plaatsen van de filterbuis of tijdens de monsternametechniek.

De oppervlaktewatermonsters zijn allen meer of minder verontreinigd. De sloot langs de stortplaats bevat benedenstrooms minder verontreiniging dan bovenstrooms. In bovenstroomse richting (ten noorden van de stortplaats) neemt het oliegehalte toe. Dit duidt erop dat bovenstrooms van de stortplaats verontreiniging plaats vindt. Reeds eerder werd opgemerkt dat sloot B verontreinigd is door lekkage uit de bassins op het fabrieksterrein.

Het bassin blijkt circa 400 µg olieachtige componenten per liter te bevatten. In vergelijking met de andere monsterpunten bevat het bassin meer vluchtige componenten. Verder stroomopwaarts, bovenstrooms van de uitmonding van sloot B, is een oliegehalte van 130 µg/l gevonden. Dit wijst erop dat ook verder stroomopwaarts verontreiniging plaats vindt. Tijdens de monsternametechniek dreven olievlekken op het water.

In sloot A komen alifatische en aromatische koolwaterstoffen met vrij lange C-ketens voor, hetgeen wijst op een verontreiniging met zwaardere stookolie of eventueel smeerolie. Tevens is dit water merkbaar verontreinigd met di-n-butylftalaat.

De oorspronkelijke sloot, die nu op het slootterrein ligt en reeds gedeeltelijk is gedempt, is ook duidelijk verontreinigd met

di-n-butylftalaat. Kwantitatief gezien is dit water meer verontreinigd dan de nieuw gegraven sloot (sloot A). Bij opsplitsing van de fracties blijkt in dit monster ook zwaardere stookolie aanwezig te zijn.

De teer, welke is uitgeschud met water, bevat, naast de eerder genoemde alifaten, vooral vluchtige verbindingen. De meeste van deze vluchtige verbindingen komen niet in de andere watermonsters voor, hetgeen kan zijn veroorzaakt, doordat deze stoffen biologisch afbreekbaar zijn en mogelijk ook doordat deze stoffen uit het water zijn vervluchtigd. Zelfs in het grondmonster van onder een teerlaag, dat ook is uitgeschud met water, worden de vluchtige componenten al niet meer gevonden. Wel is de grond duidelijk verontreinigd met andere olieachtige componenten. Ook in het kolengruis, uitgeschud met water, werden geen vluchtige componenten meer gevonden. Waarschijnlijk zijn deze componenten verwijderd door regenwater of verdamping.

8. CONCLUSIES

Bij het onderzoek betreffende de vuilstortplaats 'Koegorspolder' is aandacht besteed aan een drietal aspecten, namelijk de geologische opbouw van de bodem, de hydrologische situatie en de kwaliteit van het grondwater en oppervlaktewater.

Uit het geohydrologisch onderzoek blijkt dat het grondwater in noordoostelijke richting stroomt. Het ondiepe grondwater en ook het grondwater uit het bovenste deel van het watervoerend pakket wordt afgevoerd naar de sloot, die aan de oostzijde langs de stortplaats loopt (sloot A). Het diepe grondwater (meer dan 10 meter diep) stroomt onder deze sloot door in noordoostelijke richting en waarschijnlijk stroomt richting de Otheense Kreek. De horizontale transportsnelheid in dit diepe grondwater kan worden geschat op 15 à 20 meter per jaar. Wegens vochtberging in het afval en de geringe stroomsnelheden in het grondwater is van het gestorte huishoudelijk afval de eerste jaren nog geen effect op het grondwater te verwachten.

Ten westen van de stortplaats wordt het overtollige water door wegzijging afgevoerd naar het diepe grondwater. Bij de stortplaats en ten oosten daarvan is sprake van een kwelsituatie. Daardoor ligt de zoet/zoutgrens hier minder diep dan ten westen van de stortplaats. De verzilting is duidelijk te constateren in het grondwater op 6 en 12,5 meter -NAP. Behalve een hoog Cl-gehalte is ook het gehalte van Na, Ca, Mg en SO₄ hier hoog.

Het diepe grondwater bevat vrij veel opgeloste organische stoffen, hetgeen blijkt uit de zuurstofbehoefte van dit water (COD = 200 à 500 mg/l). Het is echter niet duidelijk of hier sprake is van verontreiniging, of dat de COD hier van nature zo hoog is (veenlagen). De COD van het ondiepe grondwater is doorgaans lager, dankzij de infiltratie van regenwater.

Gezien de aanwezigheid van teerafvalprodukten, cokes en kolen-gruis op de stortplaats is bijzondere aandacht besteed aan het voorkomen van olieachtige verbindingen in het grondwater.

Benedenstrooms (d.i. ten oosten) van de stortplaats is het gehalte van deze stoffen inderdaad hoger dan bovenstrooms. De concentraties zijn echter vrij laag en liggen nauwelijks boven de detectiegrens. De correlatie met de koolwaterstoffen (olieachtige componenten) uit het teerafval is bovendien onduidelijk. De concentratie van olieachtige componenten ligt hier in de orde van 100 µg/l. Dit komt overeen met een zuurstofverbruik van ongeveer 0,35 mgO₂/l. De hoge COD-waarden van het grondwater kunnen hiermee dus niet worden verklaard.

Het diepe grondwater bij punt T6 is vermoedelijk verontreinigd met olieachtige componenten afkomstig uit teerafval, omdat de hier gevonden alifatische verbindingen veel gelijkenis vertonen met die in het teerextract. Dit betreft vooral zwaardere oliecomponenten (stookolie, smeerolie). De vluchtige componenten van het teerextract zijn niet teruggevonden in het grondwater.

Het oppervlaktewater in de sloot langs de stortplaats (sloot A) is verontreinigd met olieachtige componenten uit bovenstrooms van de stortplaats gelegen verontreinigingsbronnen. Dit betreft in de eerste plaats de bassins op het terrein van de cokesfabriek.

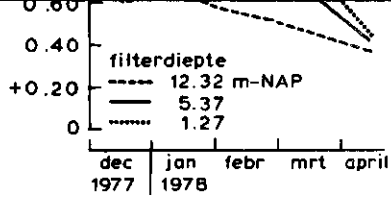
Door lekkage wordt de langs het terrein lopende sloot B verontreinigd. Dit water wordt afgevoerd naar sloot A. Gezien de toename van het oliegehalte in bovenstroomse richting moet ook verder stroomopwaarts nog verontreiniging plaatsvinden.

De teerafvalprodukten op de stortplaats kunnen inderdaad grote hoeveelheden olieachtige stoffen afgeven in water. Desondanks is de geconstateerde verontreiniging in het grondwater en oppervlaktewater gering. Hierbij moet echter wel worden opgemerkt dat, door het verleggen van sloot A in oostwaartse richting, het grondwaterstromingspatroon is gewijzigd. Dit is mogelijk ook de reden, waarom in de oorspronkelijke sloot op het stortterrein meer olieachtige componenten worden gevonden dan in de nieuw-gegraven sloot.

Op grond van de hydrologische gegevens mag worden aangenomen, dat het perkolatiewater van het stortterrein grotendeels wordt afgevoerd naar sloot A. Hoewel het gemeentelijk afval van Terneuzen, dat hier sinds november 1977 wordt gestort, voorlopig nog geen effect zal hebben op de kwaliteit van het grondwater en oppervlaktewater, mag wel worden verwacht, dat de verontreinigingsgraad van het oppervlaktewater in sloot A zal toenemen in de toekomst. Het lijkt wenselijk om door regelmatige bemonstering en analyse (bijvoorbeeld 2 x per jaar) deze veranderingen in waterkwaliteit te blijven volgen.

9. LITERATUUR

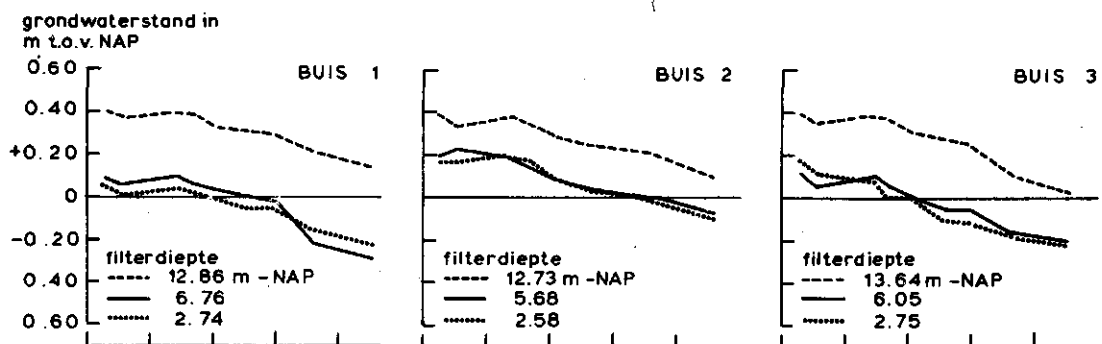
- OOSTEROM, H.P., 1974. Waterkwaliteit en kwaliteitsparameters. nota 791, ICW, Wageningen
- RIDDER, N.A. DE, 1957. Agrohydrologische profielen van Zeeland. Uitg.: Staatsdrukkerij, Den Haag
- RIJKSINSTITUUT VOOR ZUIVERING VAN AFVALWATER, 1978. Kwaliteitsonderzoek in de Rijkswateren. Verslag van resultaten over het 3e kwartaal 1977
- STEENVOORDEN, J.H.A.M. en H.P. OOSTEROM, 1973. Stikstof, fosfaat en organisch materiaal in het grond- en oppervlaktewater van enkele gebieden. Cult. Tijdschr. 12 (6) : 1-19; Verspr. Overdrukken ICW 143



26

Bijlage 1.

Grondwaterstanden op de punten 1 t/m 10 in meters t.o.v. NAP,
 uitgezet tegen de tijd.



0.60 — BUIS 4 — BUIS 5 — BUIS 6

De grondwaterstanden in deze nota dienen gecorrigeerd te worden voor verschillen in dichtheid tengevolge van de plaatselijk grote verschillen in zoutgehalte.

Deze correctie houdt in, dat de stijghoogte in de buis wordt omgerekend naar een zoet waterstijghoogte (met standaarddichtheid = 1) volgens:

$$h' = (h - z) \gamma + z \quad (1)$$

waarin:

h' = de gecorrigeerde grondwaterstand in m ten opzichte van NAP

h = de gemeten grondwaterstand in m ten opzichte van NAP

z = diepte van het filter in m ten opzichte van NAP

γ = dichtheid van het grondwater in de filterbuis op diepte z

Voor filters die zich op ongeveer dezelfde diepte bevinden kunnen de aldus berekende grondwaterstanden worden verwerkt in isohypsenkaarten. De correctie is vooral van invloed bij de filters T2-1, T2-2, T3-1, T3-2, T4-1, T4-2, T5-1 en T6-1.

Voor de bepaling van de verticale drukverschillen tussen filters van verschillende diepten dient nog een extra correctie te worden uitgevoerd volgens:

$$\Delta h = (h_1 - z_1) \gamma_1 - (h_2 - z_2) \gamma_2 + \int_{z_2}^{z_1} \gamma(z) dz \quad (2)$$

welke formule in dit geval benaderd is met:

$$\Delta h = (h_1 - z_1) \gamma_1 - (h_2 - z_2) \gamma_2 + (z_1 - z_2) \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2} \quad (3)$$

waarin Δh het gecorrigeerde drukverschil tussen filter 1 en filter 2 is, terwijl $\gamma(z)$ de dichtheid als functie van de diepte voorstelt.

De gecorrigeerde grondwaterstanden en de gecorrigeerde verticale drukverschillen zijn opgenomen in tabel 1.

Tabel 1. Overzicht van gecorrigeerde grondwaterstanden en verticale drukhoogteverschillen

Boring	Filterdiepte m t.o.v. NAP	Gemeten grondwater- stand (zie fig.3) m t.o.v. NAP	Cl-gehalte mg/l	Dichtheid bij 10°C	Gecorrigeerde grondwater- stand m t.o.v. NAP (vgl.1)	Gecorrigeerd druk- verschil m* (vgl.3)
T1	-1	+0,38	565	1,0005	+0,39	
	-2	+0,07	555	1,0005	+0,07	-0,31
	-3	+0,02	88	0,9999	+0,02	-0,05
T2	-1	+0,35	9 435	1,0129	+0,52	
	-2	+0,17	4 345	1,0059	+0,20	-0,24
	-3	+0,16	94	0,9999	+0,16	-0,04
T3	-1	+0,38	4 864	1,0065	+0,47	
	-2	+0,08	7 322	1,0100	+0,14	-0,27
	-3	+0,09	390	1,0002	+0,09	-0,03
T4	-1	+0,35	10 116	1,0138	+0,53	
	-2	+0,18	3 389	1,0044	+0,21	-0,26
	-3	+0,20	59	0,9998	+0,20	0
T5	-1	+0,22	10 171	1,0139	+0,38	
	-2	+0,03	62	0,9998	+0,03	-0,31
	-3	-0,09	277	1,0001	-0,09	-0,12
T6	-1	+0,40	1 730	1,0022	+0,43	
	-2	+0,17	379	1,0002	+0,17	-0,25
	-3	-0,20	200	1,0000	-0,20	-0,37
T7	-1	+0,55	327	1,0002	+0,55	
	-2	+0,51	72	0,9998	+0,51	-0,04
	-3	+0,59	110	0,9999	+0,59	+0,08
T8	-1	+0,59	144	1,0000	+0,59	
	-2	+0,62	90	0,9999	+0,62	+0,03
	-3	+0,66	140	1,0000	+0,66	+0,04
T9	-1	+0,58	572	1,0006	+0,59	
	-2	+0,64	37	0,9997	+0,64	+0,05
	-3	+0,89	102	0,9997	+0,89	+0,25
T10-1	-12,32	+0,63	534	1,0005	+0,64	
	-2	+0,82	67	0,9998	+0,82	+0,18
	-3	+1,03	77	0,9998	+1,03	+0,21

*- betekent kwelsituatie

+ betekent wegzijgingssituatie

CONCLUSIES

De correcties hebben tot gevolg dat met name de grondwaterstanden in de diepere filters ten oosten van sloot A (T2 t/m T5) veranderen. Hierdoor wijzigt zich ook het isohypsenpatroon voor het diepe grondwater zoals dat in fig. 3A is weergegeven. In plaats hiervan komt de onderstaande figuur.

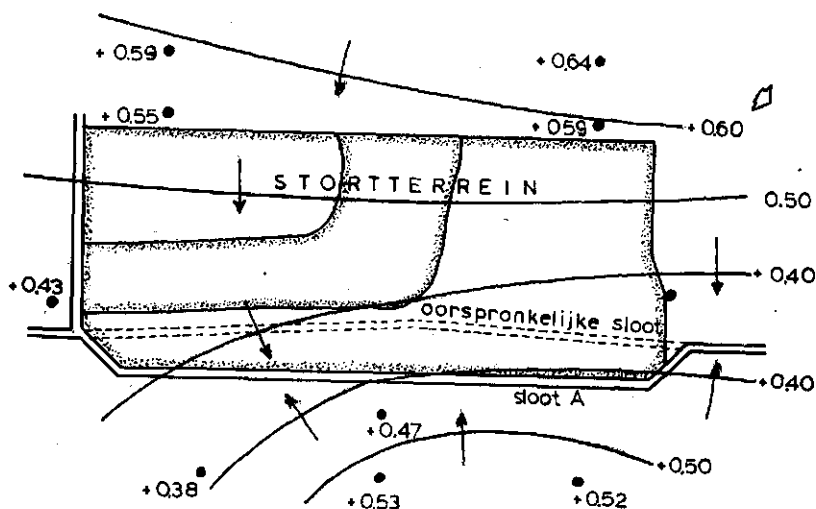


Fig. 3A. Isohypsen en stroomrichting van het diepe grondwater op 12,5 m-NAP (gecorrigeerd voor dichtheidsverschillen op basis van Cl-gehalte)

Het stromingspatroon blijkt op deze diepte in grote lijnen analoog te zijn aan dat op een diepte van 6 en 2 m-NAP (fig. 3B en 3C). Dit betekent dat de invloed van het slootpeil (0,80 m-NAP) zich tot grotere diepte uitstrekt dan de niet op zout gecorrigeerde gegevens deden vermoeden. Met name kan dit een gevolg zijn van het feit dat de sloot A is gesitueerd in een verlande kreek. Bekend is dat dergelijke erosiegeulen in het algemeen met grover, vrij goed doorlatend materiaal zijn opgevuld.

Ten oosten van genoemde sloot worden verder noordwaarts en zuidwaarts eveneens polderleidingen in verlande kreekten aangetroffen. Dit kan een verklaring zijn voor de afbuiging van de isohypsen in fig. 3A.

Gelet op het stromingsbeeld dat uit de gecorrigeerde isohypsenkaart en de op zout gecorrigeerde drukverschillen (tabel 1) kan worden afgeleid, mag worden geconcludeerd dat het overtollige water van het stortterrein geheel of praktisch geheel wordt afgevoerd naar sloot A. Dit in tegenstelling tot hetgeen in deze nota op blz. 9 regel 11 tot en met 13 van boven staat vermeld.

De kans dat verontreinigd water van het stortterrein onder sloot A doorstroomt en met het grondwater wordt afgevoerd in noord-oostelijke richting, is dan ook uiterst gering.