

Infrastructuur in het Leefmilieu

10118

5/96



*Departement Leefmilieu en Infrastructuur
Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap*





INHOUD

Baggerspecieproblematiek in Vlaanderen door ir. Willem VAN CROMBRUGGE . . .	251
<i>Dredged material problems in Flanders</i>	285
Twodimensional model testing of the Zeebrugge NW Breakwater by ir. F. WENS, ir.P. TROCH, Prof. dr. ir. J. DE ROUCK et ir. B. EELEN	287
<i>Tweedimensionale modelproeven van de Zeebrugse Westelijke Havendam</i>	294
Recensies	295



Schaalmodel golfbreker –
Waterbouwkundig Laboratorium

REDACTIERAAD

Voorzitter :

ir. F. DESMYTER,
Secretaris-generaal

•

De Heren :

ir. J. STRUBBE, Directeur-generaal,
Administratie Waterwegen en Zeewezen en
vertegenwoordiger van de vzw W.E.L.
(tijdschriften Water en Energie & Milieu)

J.P. HEIRMAN, Directeur-generaal,
Administratie Milieu, Natuur en Landinrichting

ir. J. VANDERHEYDEN, Directeur-generaal,
Administratie Wegen en Verkeer

ir. F. ROCHTUS, Directeur-generaal,
Administratie Ondersteunende Studies en Opdrachten

ir. G. BRAECKMAN, Leidend ambtenaar
van de Administratie Ruimtelijke Ordening en Huisvesting
en Monumenten en Landschappen

ir. L. MEYVIS,
Vertegenwoordiger van de heer minister
E. BALDEWIJNS

ir. M. VERHAEGEN,
Vertegenwoordiger van de heer minister
T. KELCHTERMANS

Secretaris :

ir. L. VAN SCHEL,
Directeur-ingenieur

Adjunct-secretaris :

D. DROOG,
Hoofdassistent

ir. J. De Buck
Recensent

Mevrouw S. Van Hoof
Coördinator Communicatie

•

Secretariaat :

Tijdschrift „Infrastructuur in het Leefmilieu”
W.T.C. III
Simon Bolivarlaan 30, 1000 BRUSSEL
Tel.: 02/208 52 98 of 02/208 52 82 (D. Droog)
Fax: 02/208 52 95

•

Drukker :

CEUTERICK
Brusselsestraat, 153
B-3000 LEUVEN
Tel.: 016/22 81 81

•

Abonnementsprijzen :

— per jaar : 1.200 fr.
— los nummer : 250 fr.

ABONNEMENT

Ondergetekende :

Naam :

Adres :

.....

.....

Tel. :

Fax :

Schrijft in op abonnement(en) 1996 van het tijdschrift

„INFRASTRUCTUUR IN HET LEEFMILIEU”.

Hij stort hiervoor de som van BEF op rekening nr. 091-2226017-90 van:

Departement Leefmilieu en Infrastructuur

Vlaams Infrastructuurfonds

S. Bolivarlaan 30 – W.T.C. 3 – 1000 Brussel

met de verplichte mededeling: IIHL

Baggerspecieproblematiek in Vlaanderen

door

ir. Willem VAN CROMBRUGGE

Administratie Waterwegen en Zeewezzen
Afdeling Bovenschelde

INLEIDING

Sedimentatie in een waterloop is een natuurlijk fenomeen en dusdanig van alle tijden. Het sediment vormt een onderdeel van het ecologische systeem van de waterloop en moet dus enkel verwijderd worden indien hiervoor bepaalde redenen zijn.

Een algemene reden, zowel voor bevaarbare als voor onbevaarbare waterlopen, kan een gehinderde waterafvoer zijn, waardoor de waterloop één van zijn functies niet meer naar behoren kan vervullen. Bij de bevaarbare waterlopen kan men genoodzaakt zijn om nautische redenen te baggeren, om zodoende de toegelaten diepgang te kunnen blijven garanderen.

Het kan echter ook noodzakelijk zijn de sedimentatie uit de waterloop te verwijderen om ecologische redenen. Vele waterlopen zijn immers sedert jaren verontreinigd door lozingen van industriële, agrarische en huishoudelijke aard, en vele van deze verontreinigingen worden in het sediment teruggevonden, waar ze onder één of andere vorm gebonden zijn.

Indien bovengenoemde lozingen worden gesaneerd, vormt nu omgekeerd het verontreinigde sediment een mogelijke bron van verontreiniging voor het water. In een dergelijke situatie dringt een verwijdering van het sediment uit de waterloop zich op om milieutechnische redenen. Er moet dan een saneringsbaggerwerk worden uitgevoerd.

Anderzijds stelt de berging van baggerspecie aan wal, vooral in het ruimtelijk erg belaste Vlaanderen, een steeds terugkerend probleem van ruimtelijke ordening. Zelfs indien alle andere problemen, die zich voornamelijk op het gebied van het milieu situeren, zouden zijn opgelost, zullen de ruimtelijke problemen blijven bestaan. Zowel op korte als op lange termijn zal hierover grondig moeten worden nagedacht en oplossingen gezocht. Op korte termijn

wordt thans de meeste aandacht besteed aan de milieu-impact.

1. HOEVEELHEDEN

Tot op heden worden baggerwerken vooral om nautische redenen en omwille van een goede waterafvoer uitgevoerd. Niettemin zijn ook reeds saneringsbaggerwerken uitgevoerd, zoals bijvoorbeeld de baggerwerken in de Gentse Binnenwateren in de periode 1993-94.

Vlaanderen levert aanzienlijke inspanningen op gebied van baggeren. De jaarlijkse aangroei van de baggerspecie in de Vlaamse bevaarbare waterlopen, de Westerschelde, de havens en de maritieme toegangen tot de kust bedraagt circa 29 miljoen m³. De grootste hoeveelheden worden echter in de Westerschelde (13 miljoen m³) en de maritieme toegangen tot de kust (9 miljoen m³) opgetekend; deze hoeveelheden moeten gelukkig niet aan wal worden geborgen, maar worden op specifieke plaatsen in zee of in de Westerschelde teruggestort. Dit geldt ook voor een belangrijk gedeelte van de 3 miljoen m³ jaarlijkse aangroei in de Beneden-Zeeschelde (Schelde tussen het opwaartse uiteinde van de rede van Antwerpen en de Nederlandse grens).

Tegenover een jaarlijkse aangroei van ongeveer 3,6 miljoen m³ in de overige bevaarbare waterlopen en de havens staat een genoteerde aanwezigheid van 7,8 miljoen m³ per 01/01/96. Het tekort aan bergingsruimte per 01/01/96 bedroeg 9,4 miljoen m³. Dit illustreert het nijpende gebrek aan vergunde stortterreinen aan wal.

Voor de afdeling Bovenschelde bedroeg de vereiste bergingsruimte per 01/01/96 circa 3 miljoen m³. Deze afdeling beheert een groot deel van de

bevaarbare waterlopen in Oost- en West-Vlaanderen. In de hiernavolgende paragrafen zal nader worden ingegaan op sommige ervaringen binnen deze afdeling omtrent de baggerspecieproblematiek.

2. KWALITEIT

Op 10 januari 1996 besliste de Vlaamse regering haar principiële goedkeuring te hechten aan het ontwerp-besluit houdende vaststelling van het Vlaamse reglement betreffende de bodemsanering. In de bijlage 3 van dit besluit zijn bodemsaneringsnormen opgenomen in functie van het bestemmingstype volgens de vigerende plannen van aanleg.

Vereenvoudigd kunnen de bestemmingstypes als volgt worden omschreven:

- bestemmingstype I: natuurgebied
- bestemmingstype II: landbouwgebied
- bestemmingstype III: woongebied
- bestemmingstype IV: recreatiegebied
- bestemmingstype V: industriegebied.

In bijlage 4 van het besluit zijn achtergrondwaarden opgenomen. Voor zware metalen zijn deze gebaseerd op gemeten waarden van niet verontrei-

nigde gronden. Dit geldt eveneens voor sommige organische verbindingen, voor andere werd de detectielimiet genomen.

De achtergrondwaarde voor zware metalen wordt beïnvloed door het kleigehalte en soms ook door het gehalte aan organisch materiaal. In bovengenoemd besluit is hiervoor een correctieformule uitgewerkt, maar in de hiernavolgende grafieken werd hiermee evenwel geen rekening gehouden wegens gebrek aan cijfermateriaal dienaangaande. In de meeste gevallen zou echter door een vrij hoog gehalte aan klei en organisch materiaal de achtergrondwaarde van de beschouwde baggerspecie allicht hoger zijn.

Alhoewel de normen niet direct daarvoor bedoeld zijn, bieden ze toch een toetsingskader aan voor de beoordeling van baggerspecie en kan op die manier toch een globale indruk worden bekomen van de verontreinigingsgraad van de specie, met in het achterhoofd de gedachte dat deze specie in één van de 5 gebieden volgens de geciteerde bestemmingstypes zal terecht komen.

Zodoende werden van de beschikbare gegevens de gemiddelde waarden per waterloop van de in het recente verleden uitgevoerde analyses op baggerspecie uitgezet tegenover de achtergrondwaarden en de bodemsaneringsnormen (zie bijgevoegde grafieken, figuur 1 t/m 20).

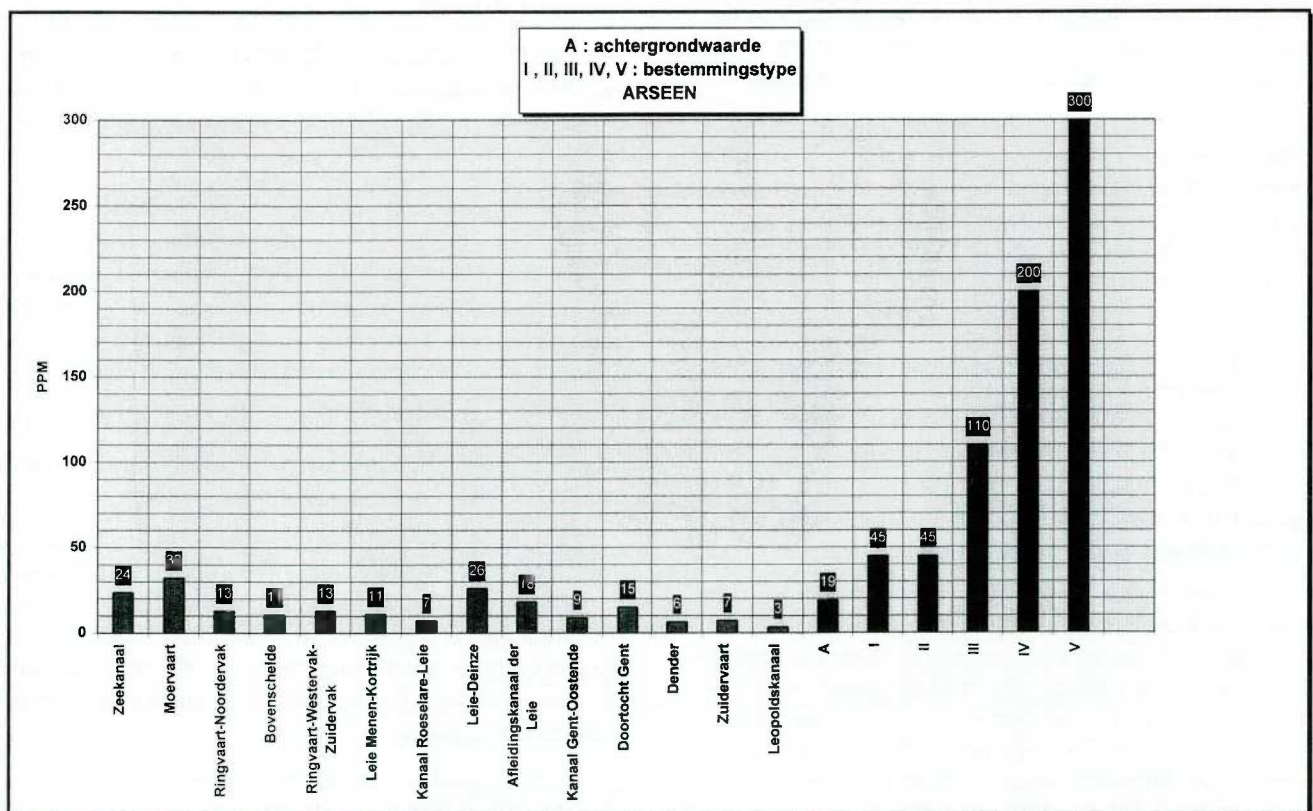


Fig. 1

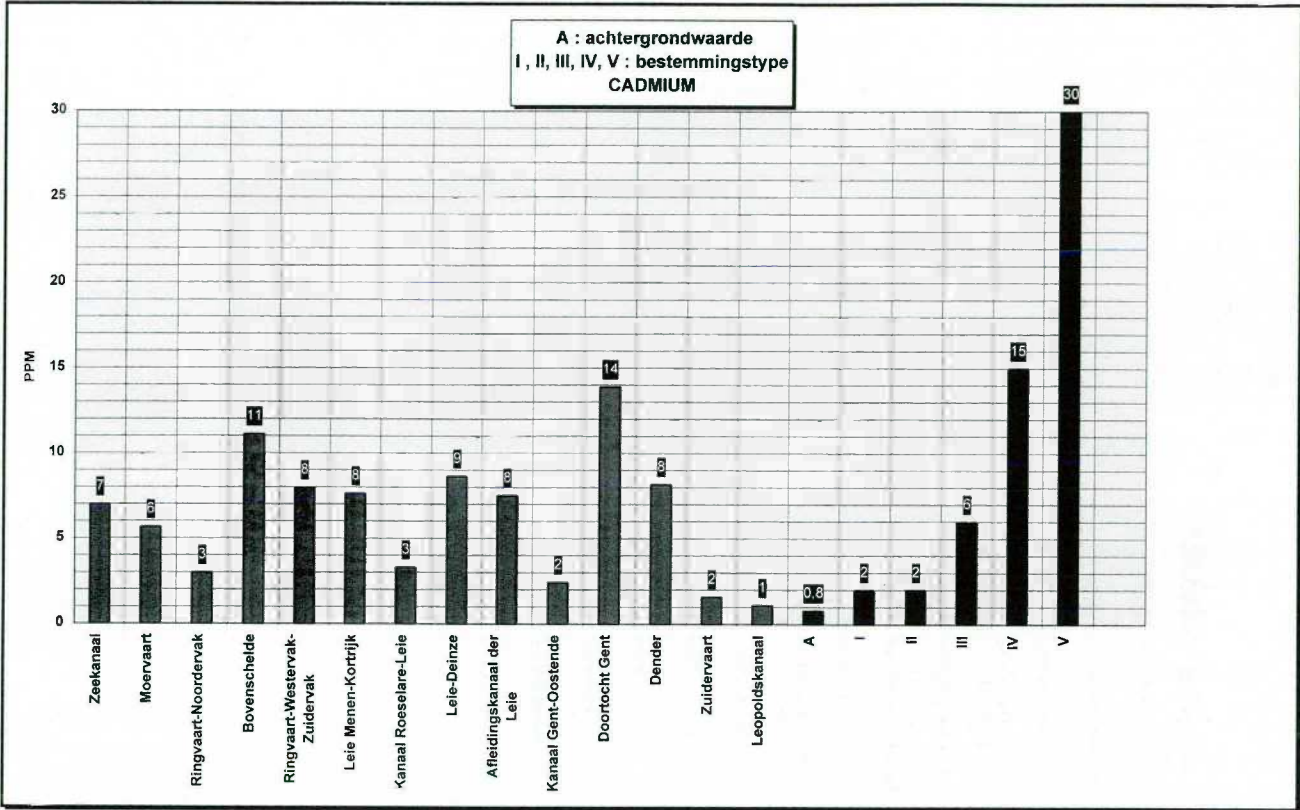


Fig. 2

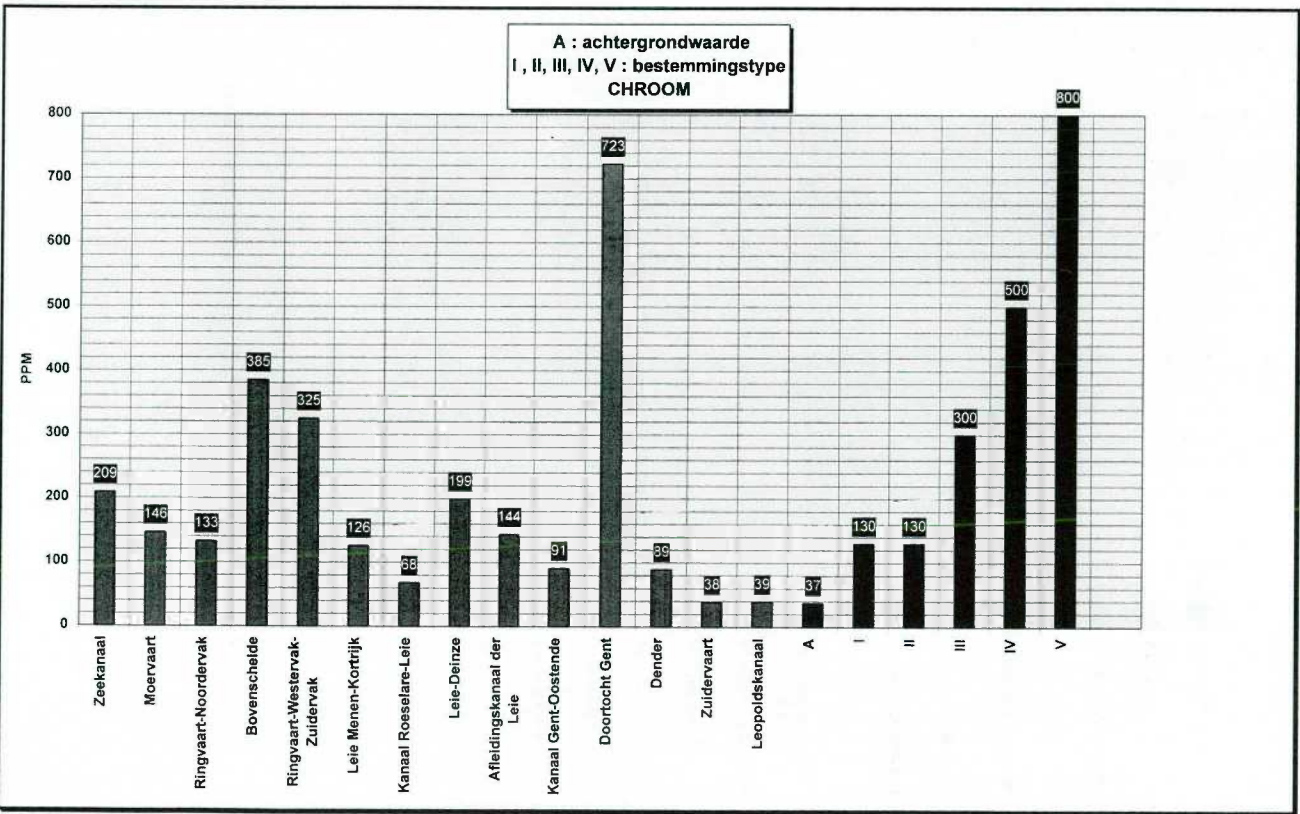


Fig. 3

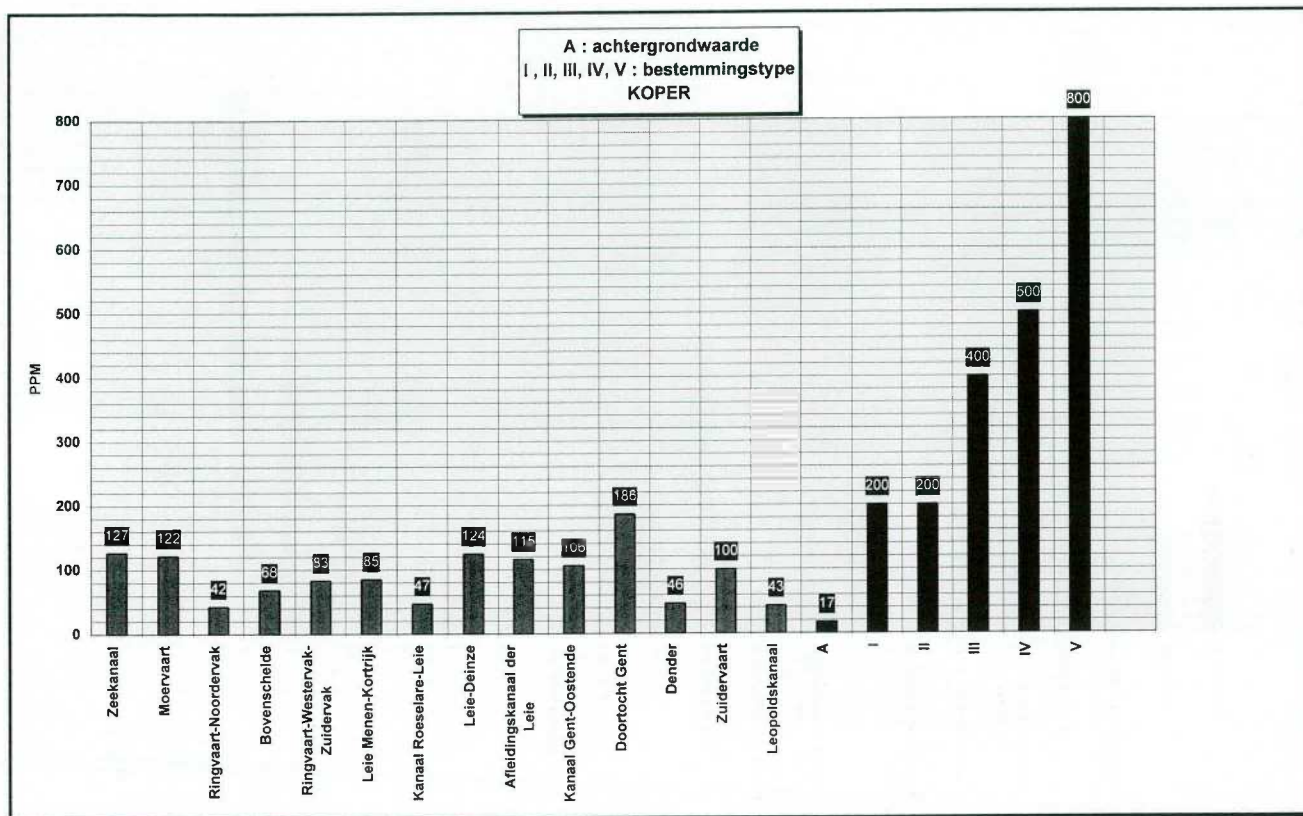


Fig. 4

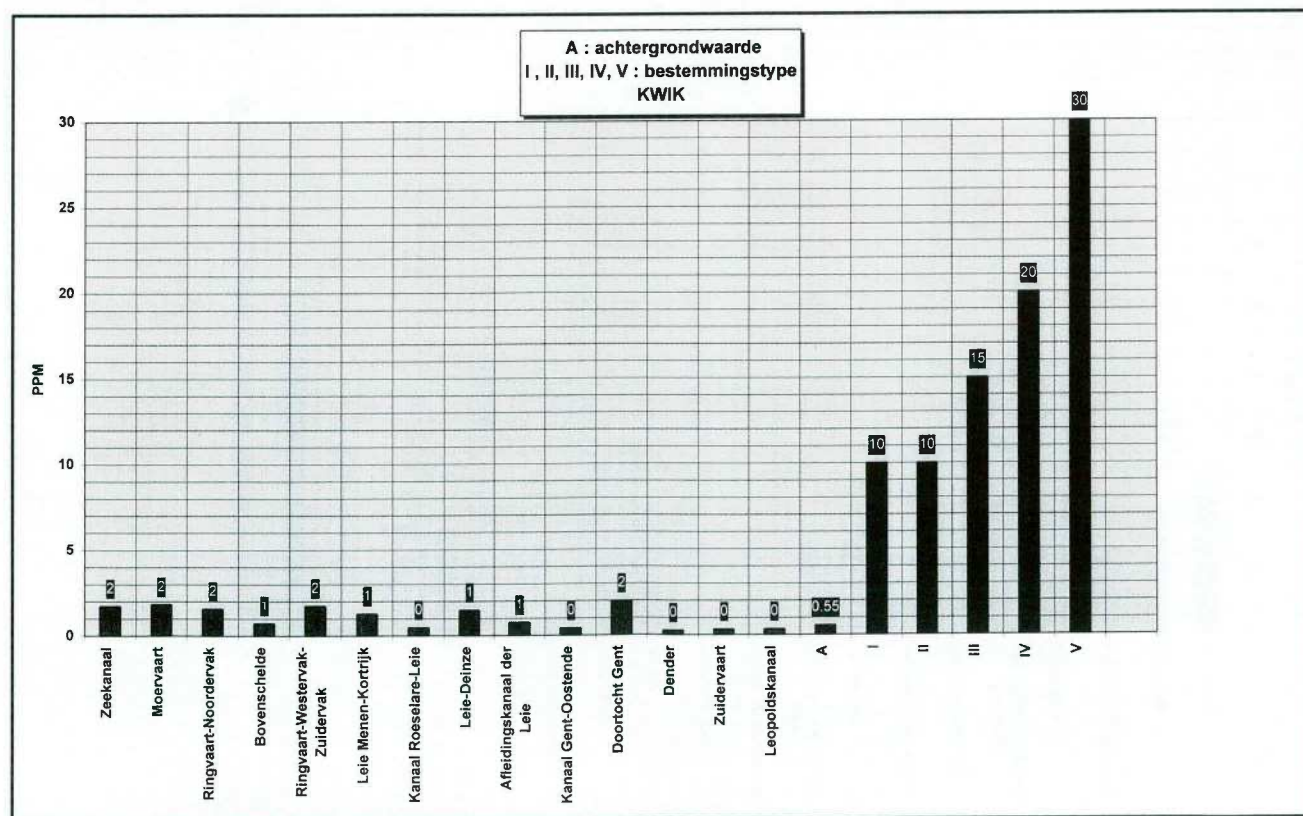


Fig. 5

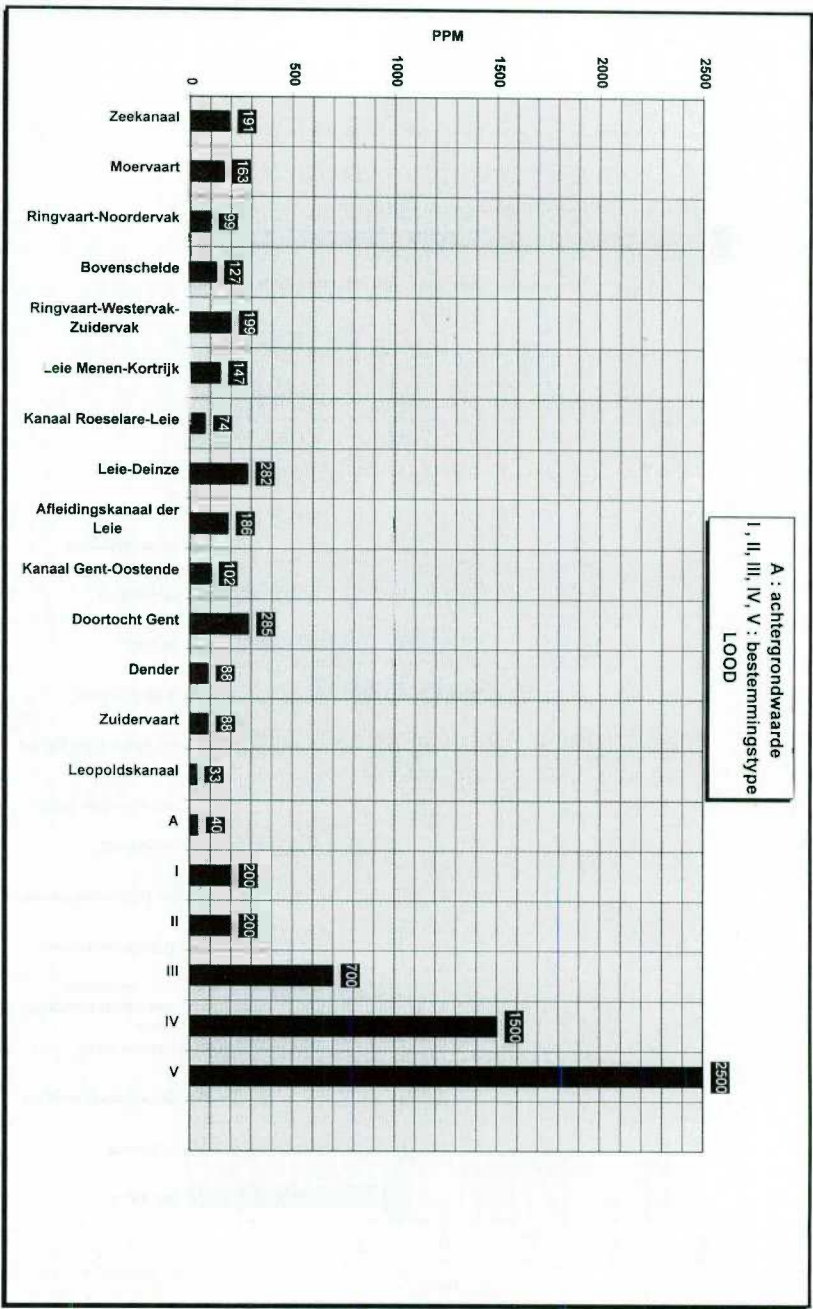


Fig. 6

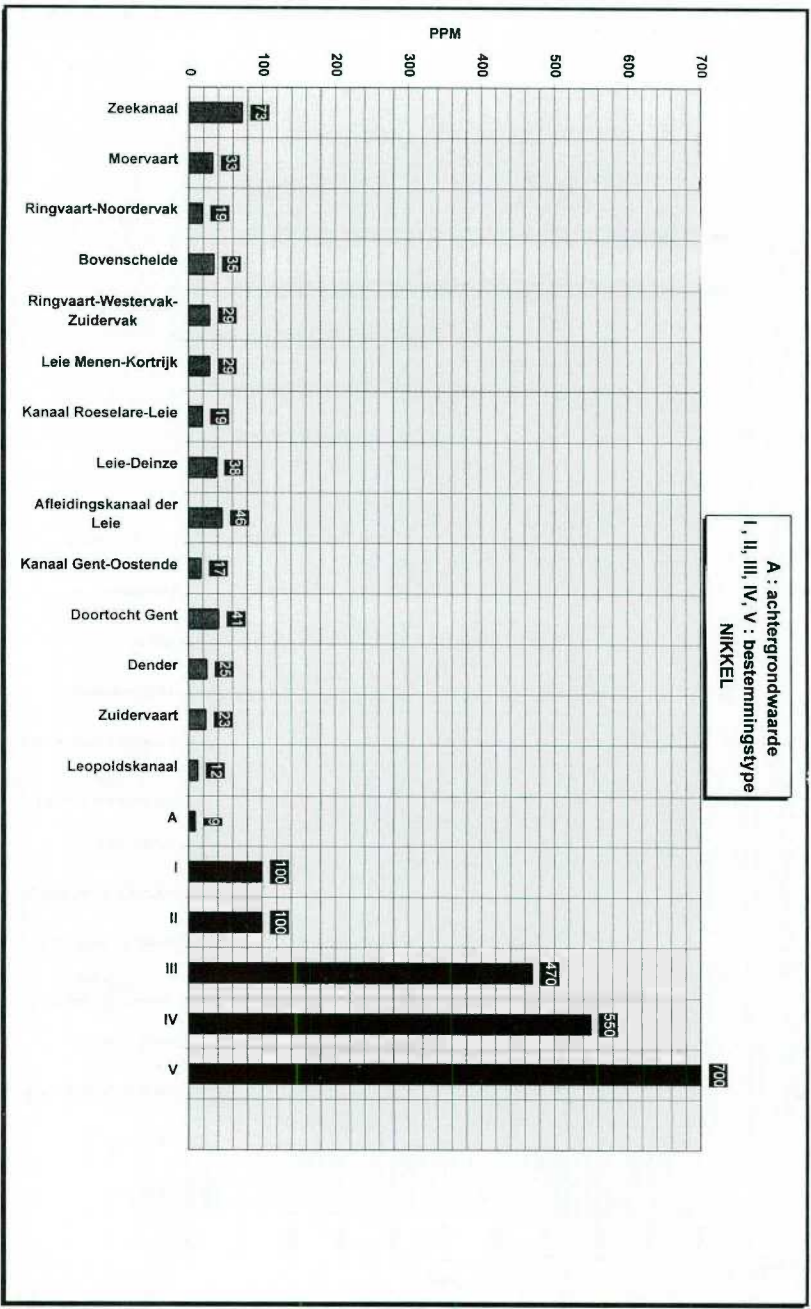


Fig. 7

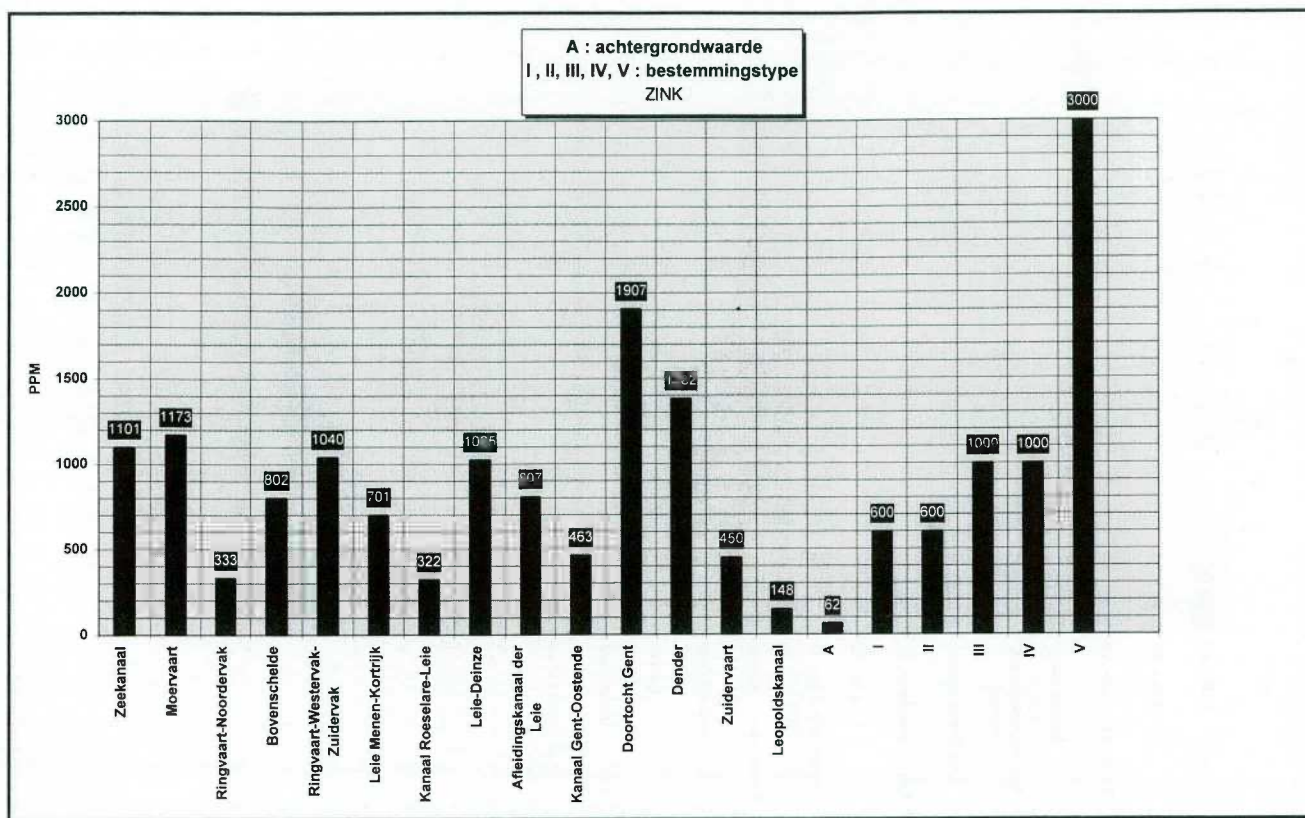


Fig. 8

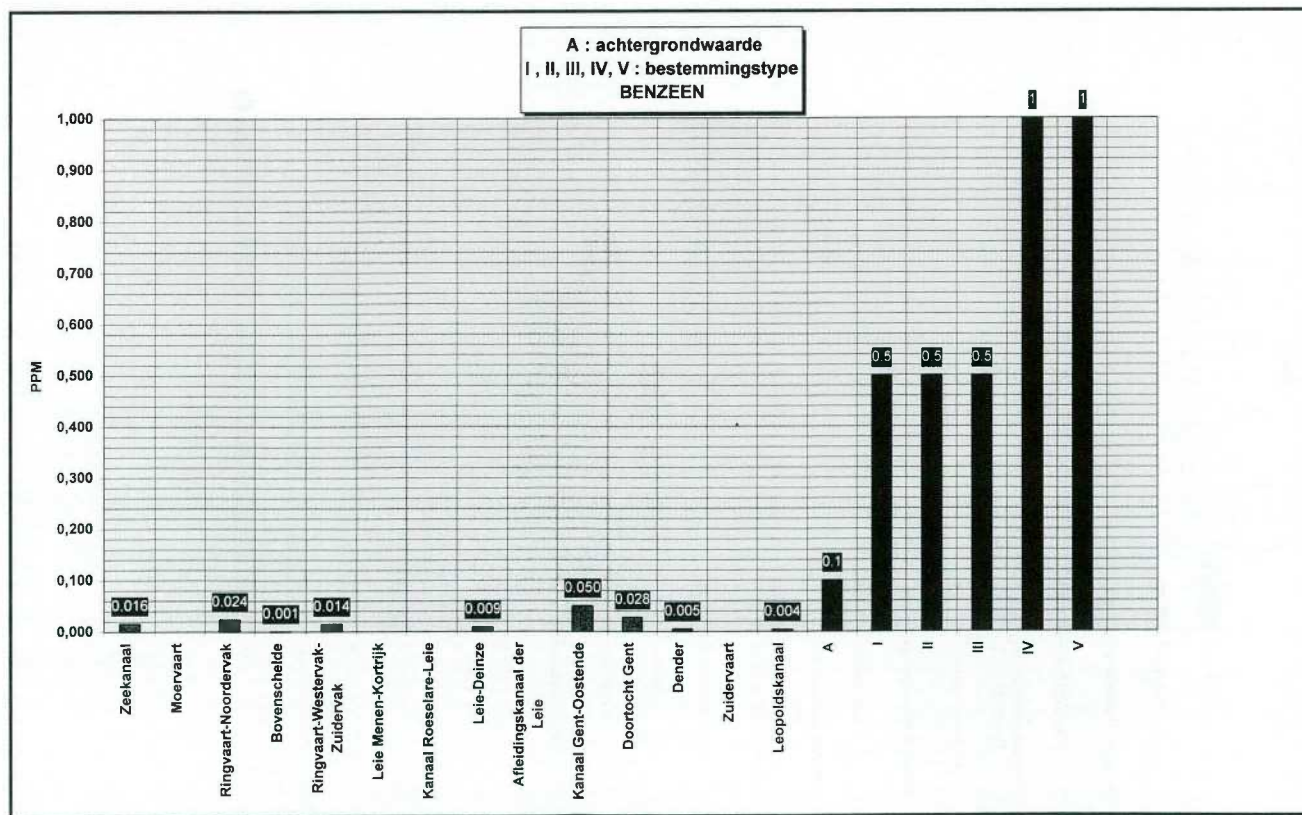


Fig. 9

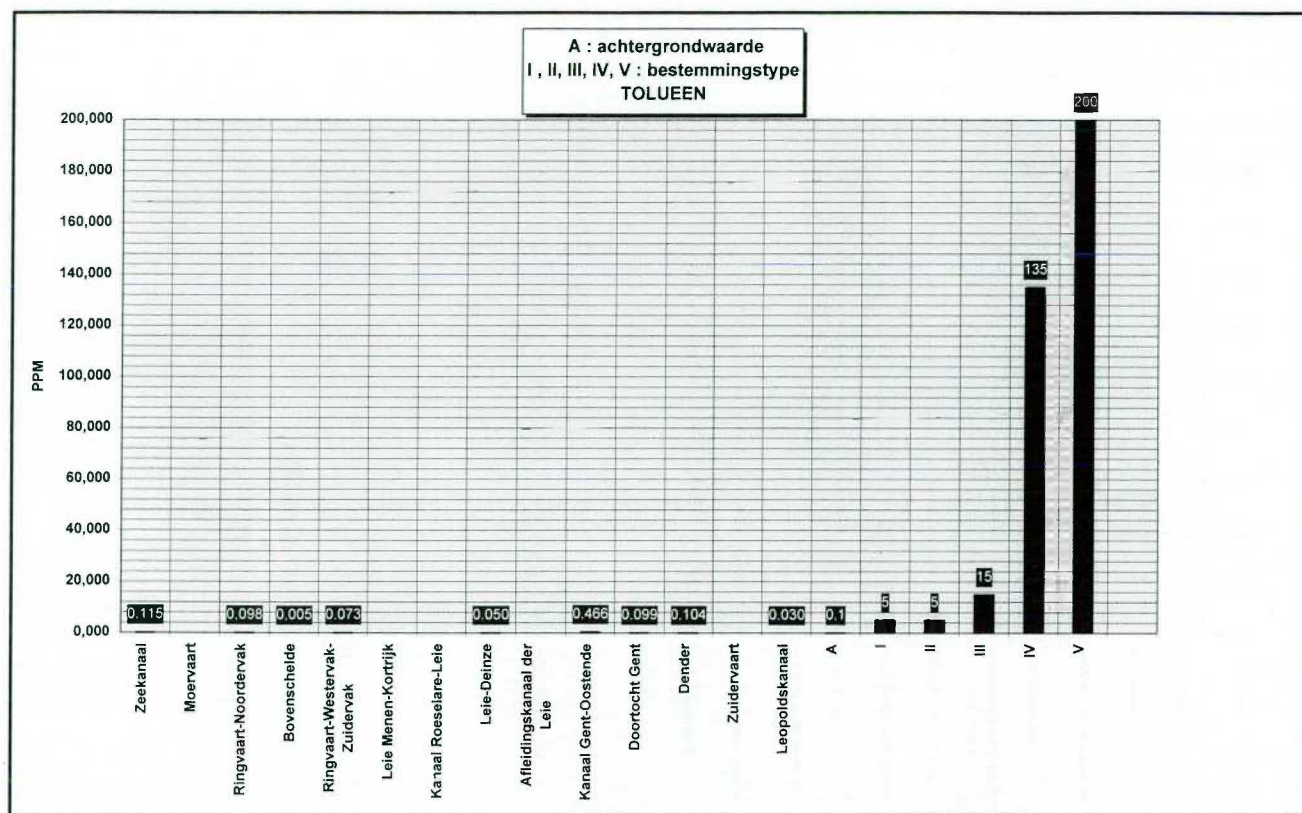


Fig. 10

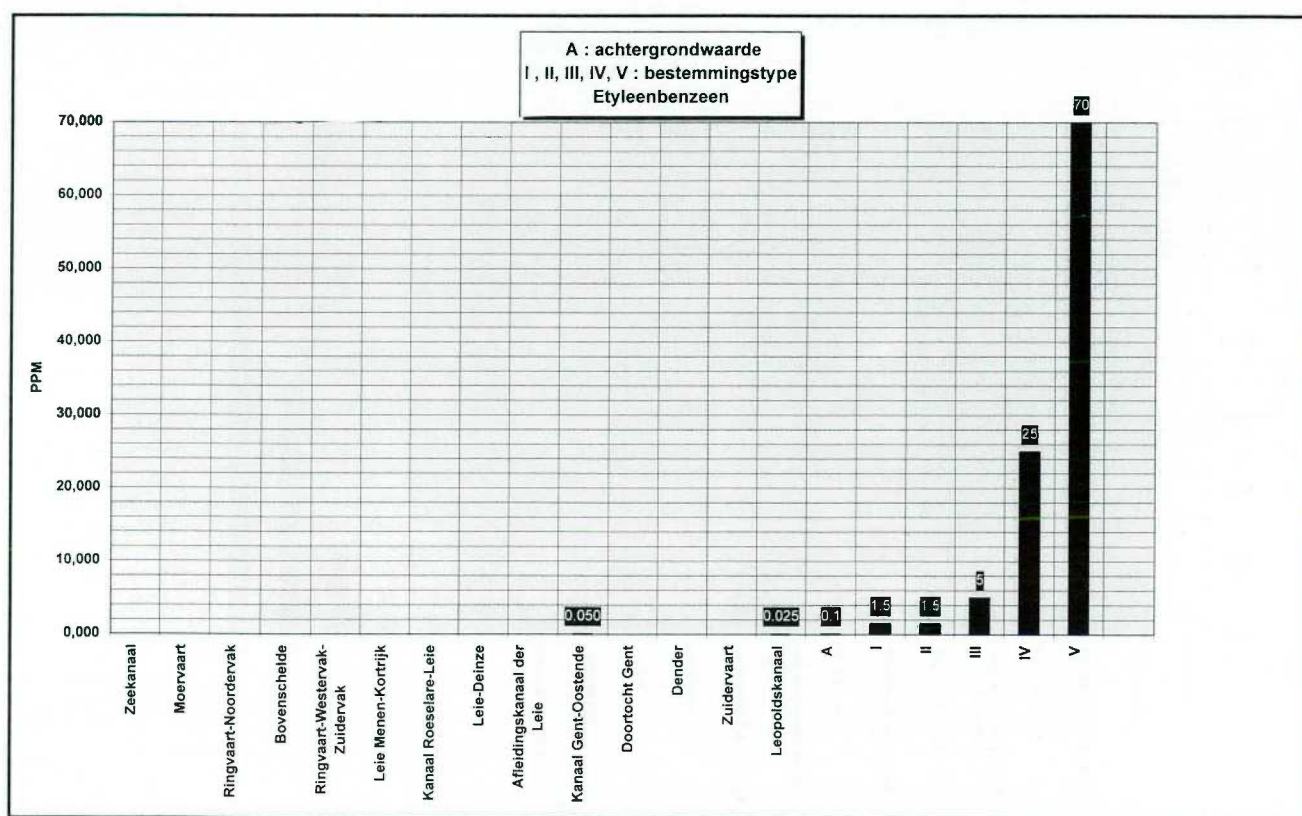


Fig. 11

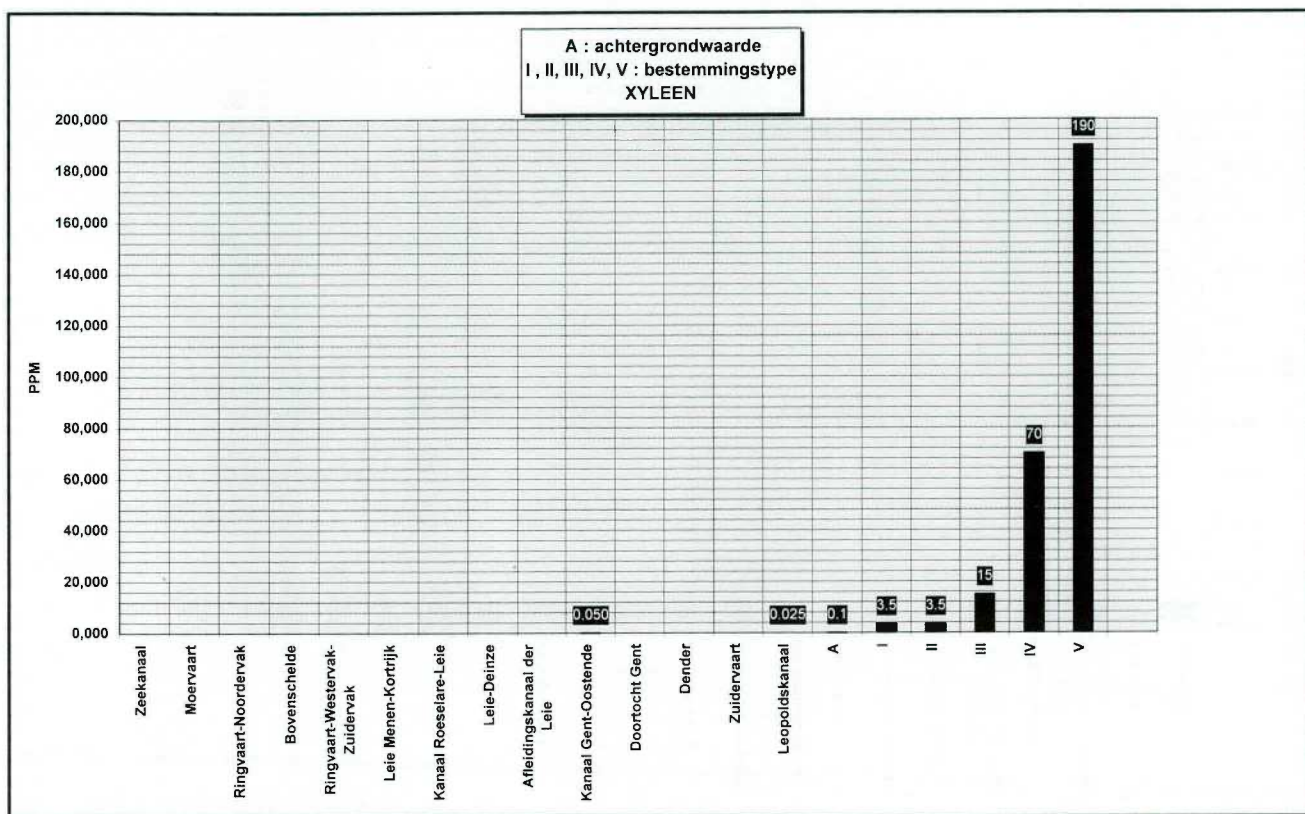


Fig. 12

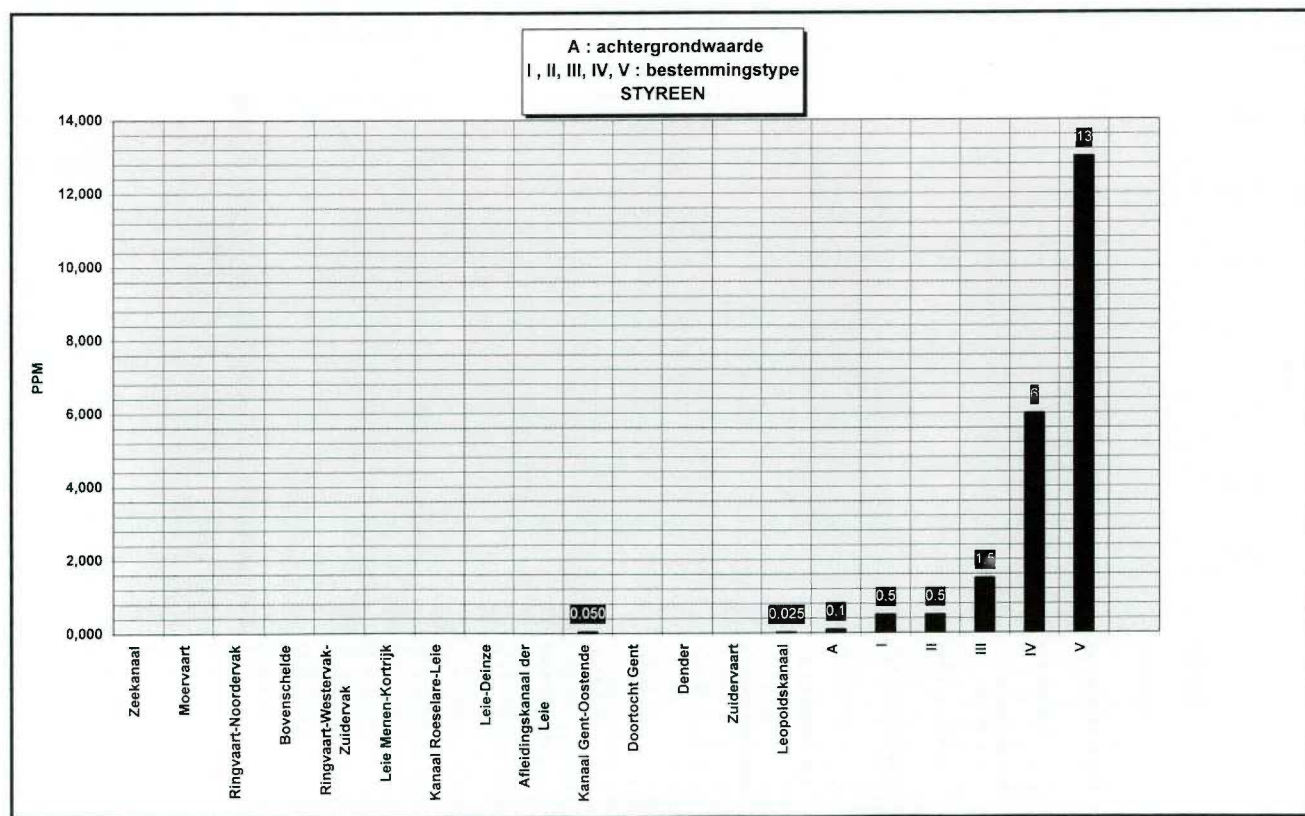


Fig. 13

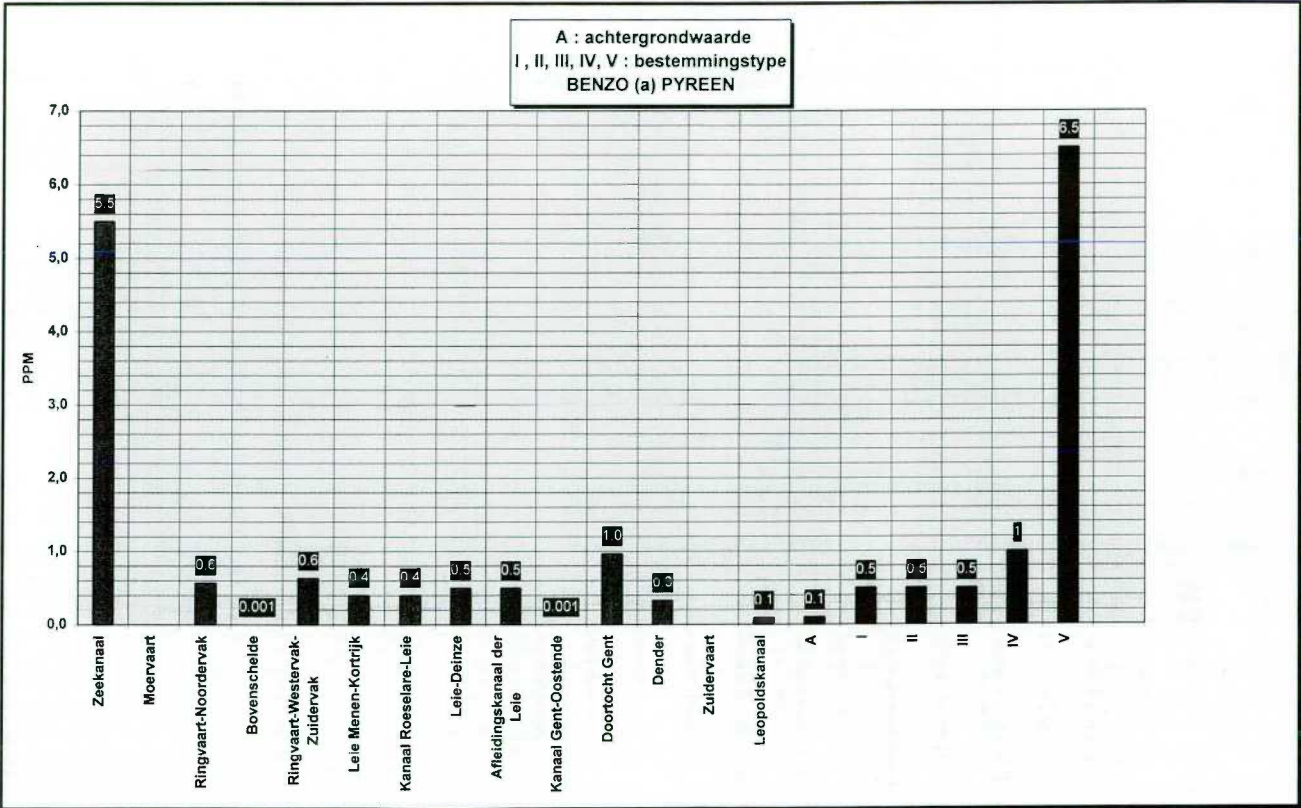


Fig. 14

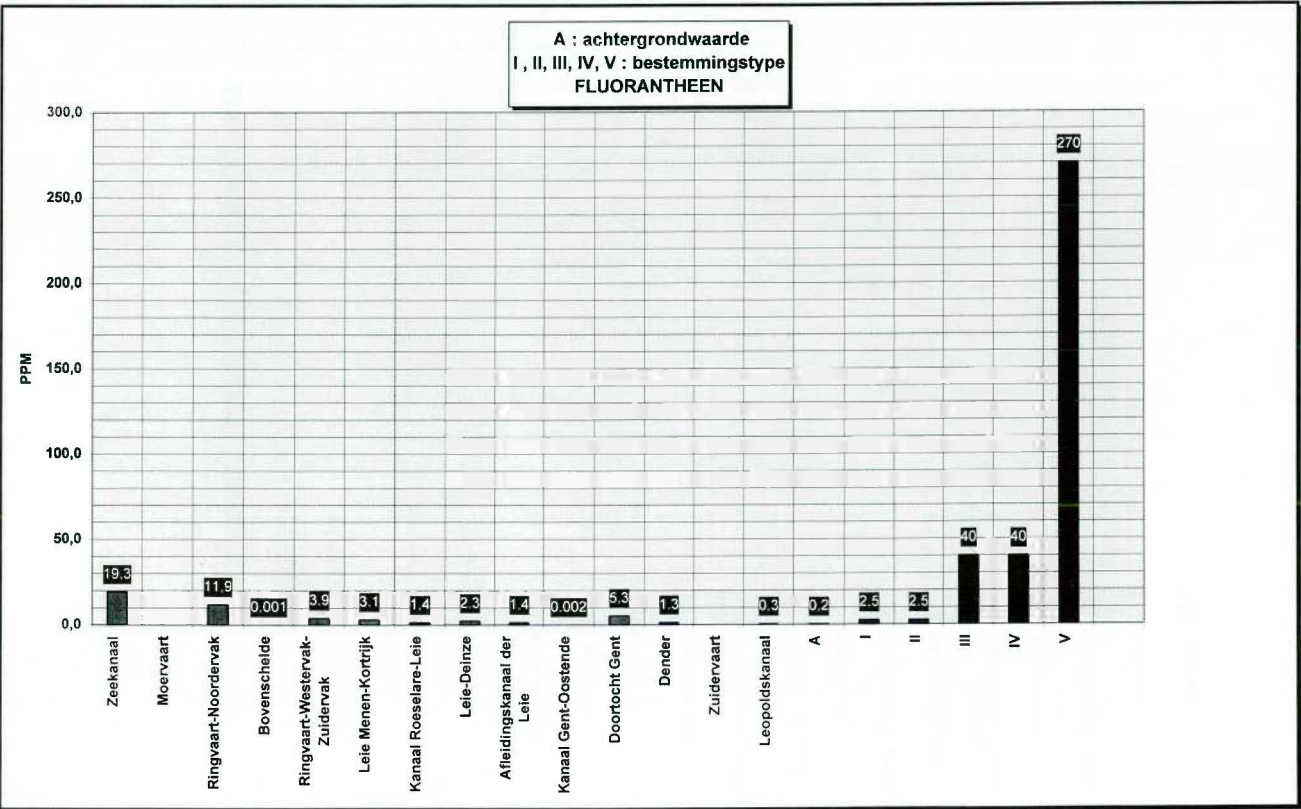


Fig. 15

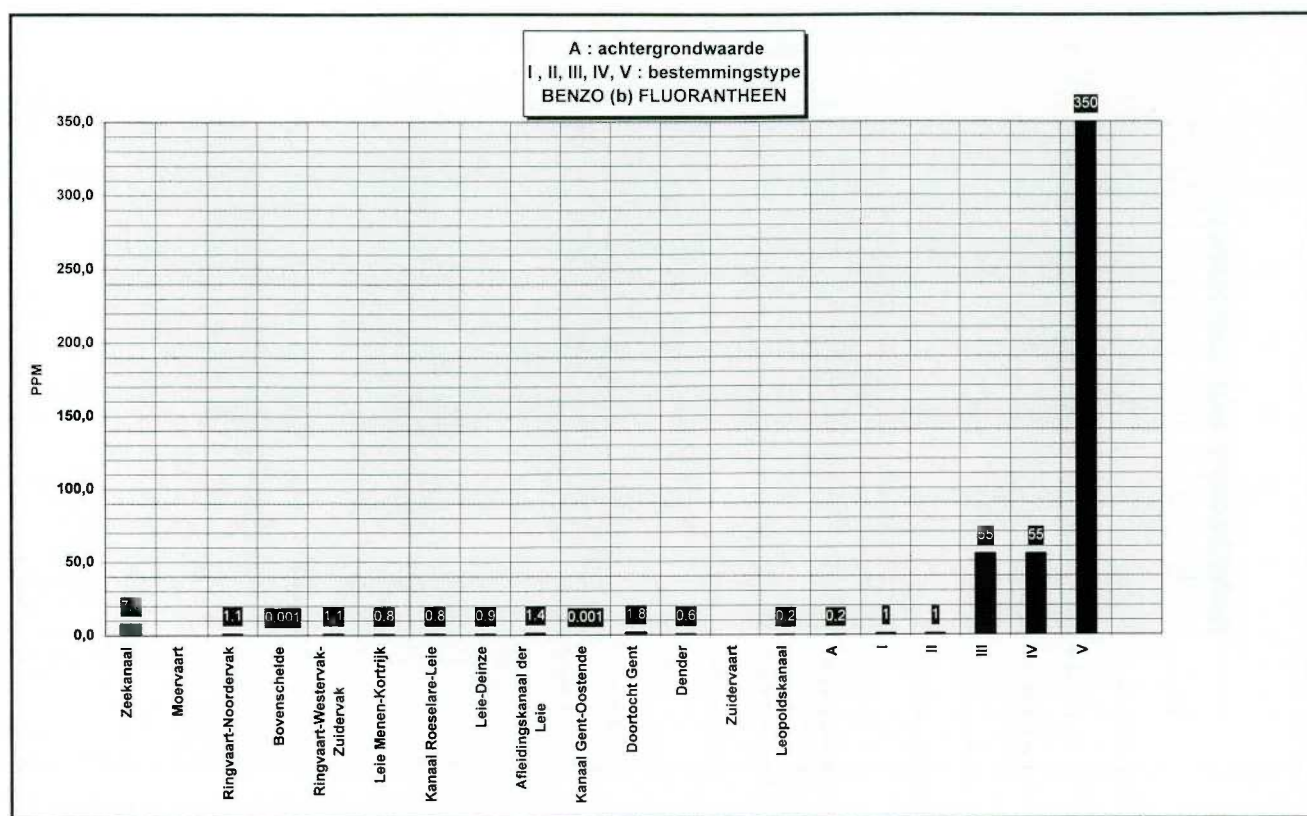


Fig. 16

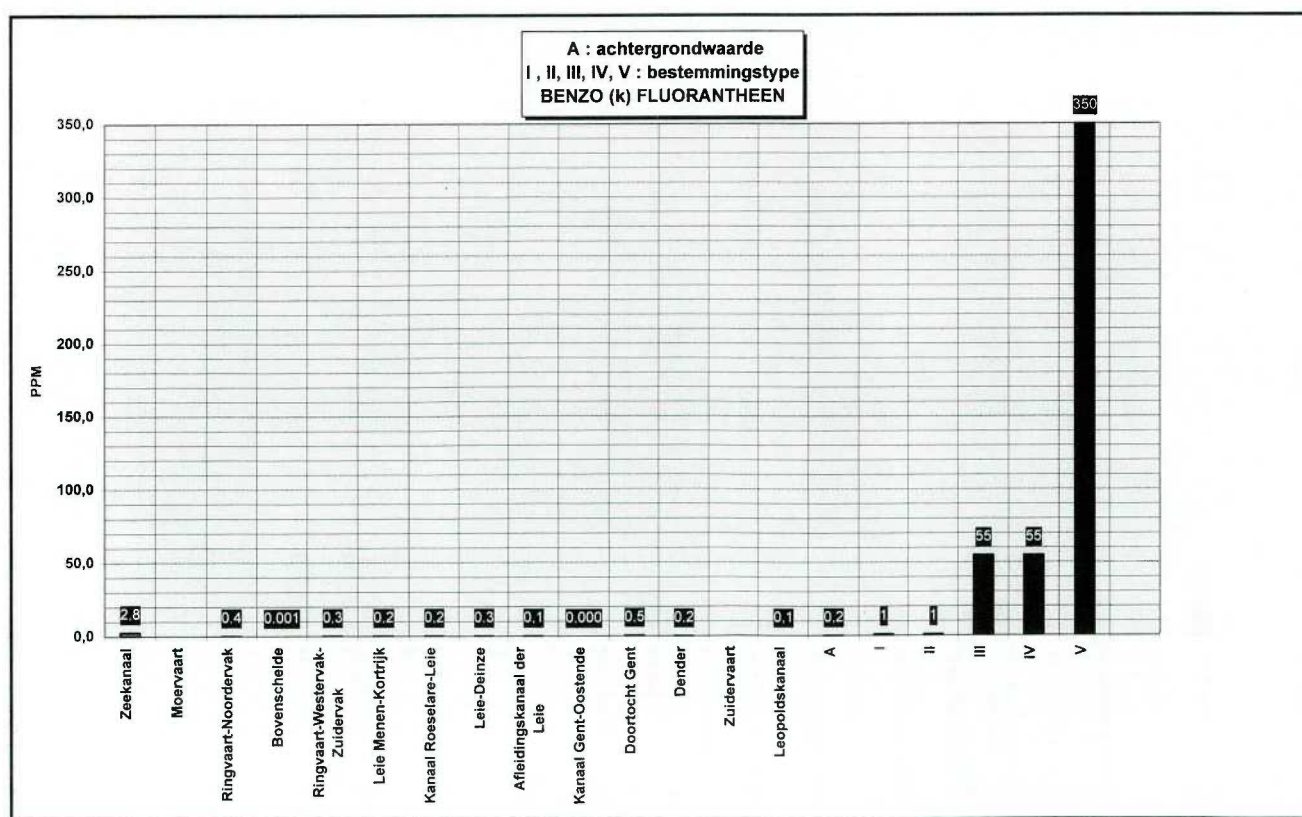


Fig. 17

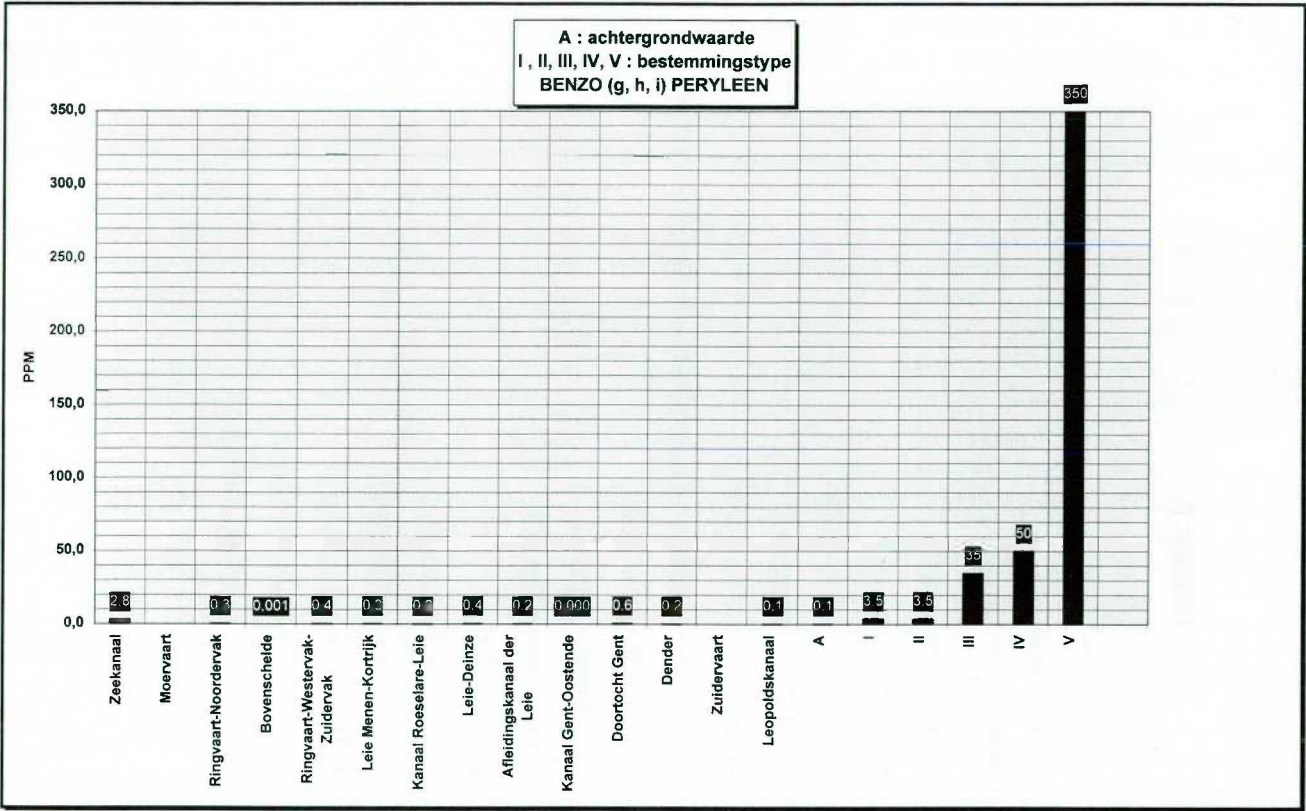


Fig. 18

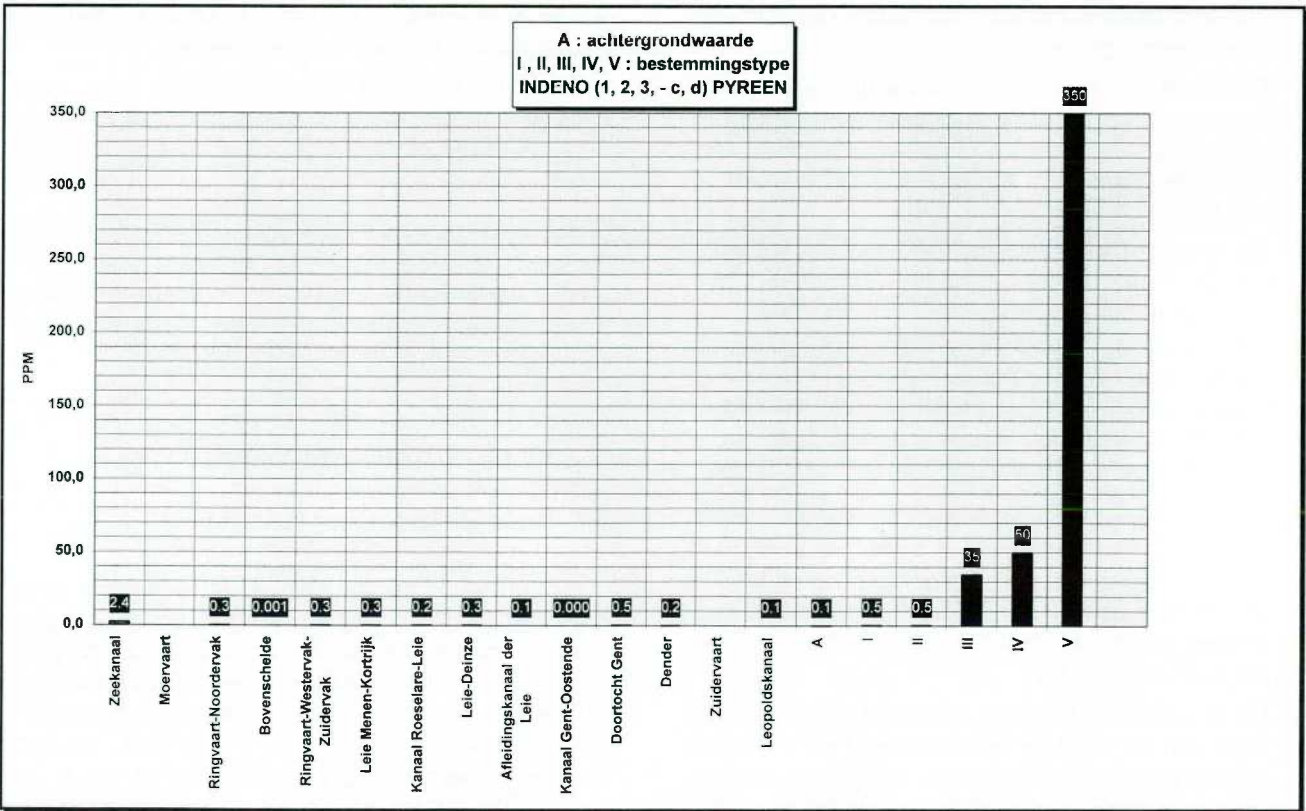


Fig. 19

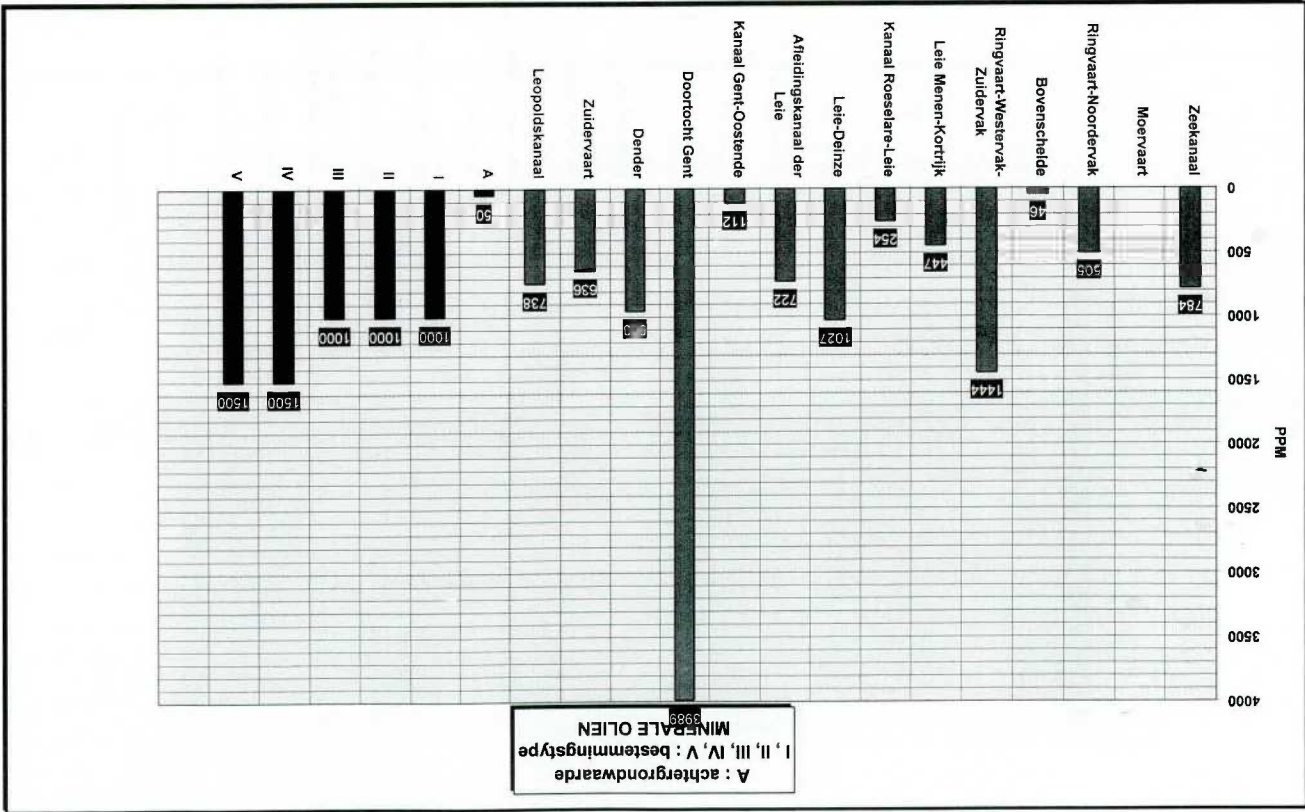


Fig. 20

– PAK's situeren zich meestal rond of onder de saneringsnorm voor natuurgebieden.

– De saneringsnorm voor minerale olie wordt behalve in Gent ook in het Wester- en Zuidervak van de Ringvaart om Gent en in de Leie te Deinze overschreden.

Als conclusie kan worden gesteld dat getoetst aan de saneringsnormen voor landbodems een zekere verontreinigingsgraad van de onderwaterbodems wordt vastgesteld, maar dat deze verontreinigingsgraad zeker niet extreem hoog ligt.

3. PRAKTIJKEVARINGEN

3.1. Proefstortenproject Geuzenhoek

Het grootschalige proefstortenproject werd opgestart met de bedoeling de adsorptie-eigenschappen van een aantal natuurlijke materialen na te gaan, omwille van de problematische aanwending van afsluitingstechnieken. Het is immers hoogst twijfelachtig dat een waterdicht scherm van welke kwaliteit ook inderdaad volledig waterdicht is, en het is nog veel twijfelachtiger of het in de loop der tijd zijn veronderstelde waterdichtheid behoudt.

Uit deze grafieken kunnen de hiernavolgende conclusies worden getrokken.

- De hoogste saneringsnorm, namelijk voor bestemmings-type V, industriegebied, wordt enkel overschreden in de doortocht Gent voor minerale olie. Het betreft hier echter zeer oude specie, resultaat van tientallen jaren sedimentatie.
- De norm voor recreatiegebied wordt enkel overschreden voor chroom in de doortocht Gent, zink in verschillende waterlopen en benzo(a)pyreen in het Zeekanaal (kanaal Gent-Terneuzen). De hoge waarde van benzo(a)pyreen wordt enkel veroorzaakt door de kwaliteit van de specie ter hoogte van de Nederlandse grens. Zonder deze specie daalt de gemiddelde waarde van 5,5 naar 2 ppm.
- Cadmium, chroom en zink situeren zich gemiddeld rond de saneringsnorm voor woongebieden.
- De waarden voor arseen, koper, kwik en nikkel zijn steeds lager dan de saneringsnorm voor natuurgebieden; behalve in de steden Gent en Deinze geldt dit ook voor lood.
- De aromatische koolwaterstoffen hebben gehalten lager dan de achtergrondwaarden, behalve toluen op het kanaal Gent-Oostende; het gehalte is evenwel veel lager dan de saneringsnorm voor natuurgebied.

In de tweede helft van 1990 werden daarom zes bovengrondse proefvelden met de volgende afschermmaterialen op bodem en talud gerealiseerd (zie fig. 21, 22 en 23):

- proefveld I: dummy, een referentieveld zonder enige afscherming;
- proefveld II: glauconiet
- proefveld III: ingefreesd bentoniet
- proefveld IV: ontwaterd slib, deels met kalk behandeld
- proefveld V: veen
- proefveld VI: alumino-silicaat, nadien het drie-componenten-produkt SD II bestaande uit organisch materiaal en twee types silicaten; deze produkten werden gemengd in de baggerspecie.

Een zevende proefveld werd in uitgraving onder het maaiveld gerealiseerd en met een verticale, „waterdichte” folie omgeven.

De proefvelden hebben een bodemafmeting van 20 × 25 m, en werden met baggerspecie uit het kanaal Gent-Terneuzen gevuld in een initiële laagdikte van 3 m.

Onder de bovengrondse proefvelden werd een onderdrainering aangelegd, die 10% van de oppervlakte draineerde en dit water verzamelde in een zinkput. Rond de proefvelden werden meerdere piëzometers geplaatst. De verschillende proefvelden werden van elkaar gescheiden door dunwanden tot

in een kwartaire leemlaag, gelegen tussen twee kwartaire zandlagen. Rondom het ganse complex werd een dunwand tot in de onderliggende tertiaire kleilaag gerealiseerd.

Tijdens de eigenlijke proefperiode 1991-1992 werden intensief analyses uitgevoerd, voornamelijk op het water opgevangen in de onderdrainering. De gemiddelden over de gestelde periode werden berekend. Na de eigenlijke proefperiode wordt nog jaarlijks een monsternamen uitgevoerd en geanalyseerd.

Om een gemakkelijk inzicht te krijgen in de verontreinigingsgraad werden deze gemeten waarden van de verschillende verontreinigingen gedeeld door de norm gesteld in Vlare. Als norm werd de maximaal toelaatbare concentratie genomen, of het richtniveau voor de zware metalen koper en zink waarvoor geen maximaal toelaatbare concentratie is opgegeven. Door dus de gemeten waarden te delen door de norm is dit quotiënt groter of kleiner dan 1 naargelang de norm al dan niet is overschreden. Uitgezet in grafiek laat dit een vluggere beoordeling toe dan indien met de absolute waarden zou worden gewerkt, die per element telkens aan andere getalwaarden uit de norm zouden moeten worden getoetst (zie fig. 24 t/m 33).

De grafieken laten ons toe de volgende conclusies te trekken:

- glauconiet en ingefreesd bentoniet geven een betere afscherming voor zware metalen, fluoride en fosfaat;

GRONDPLAN

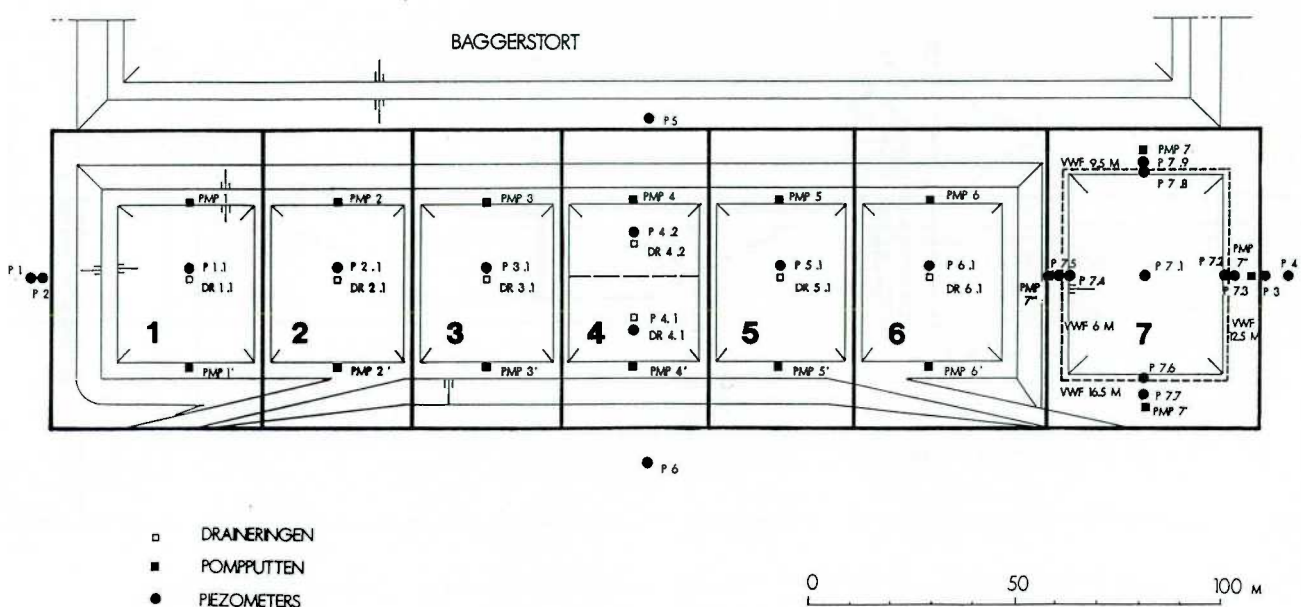


Fig. 21

LANGSDOORSNEDE PROEFVelden 1,2

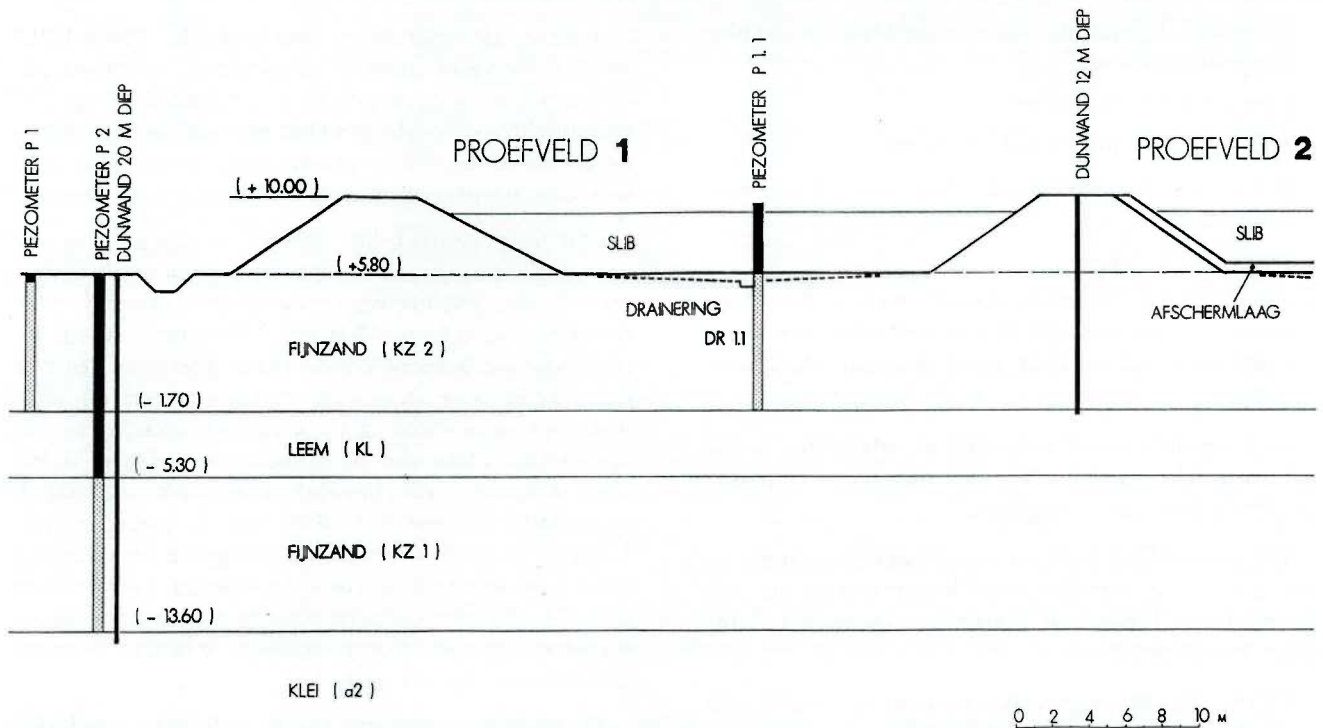


Fig. 22

LANGSDOORSNEDE PROEFVelden 6,7

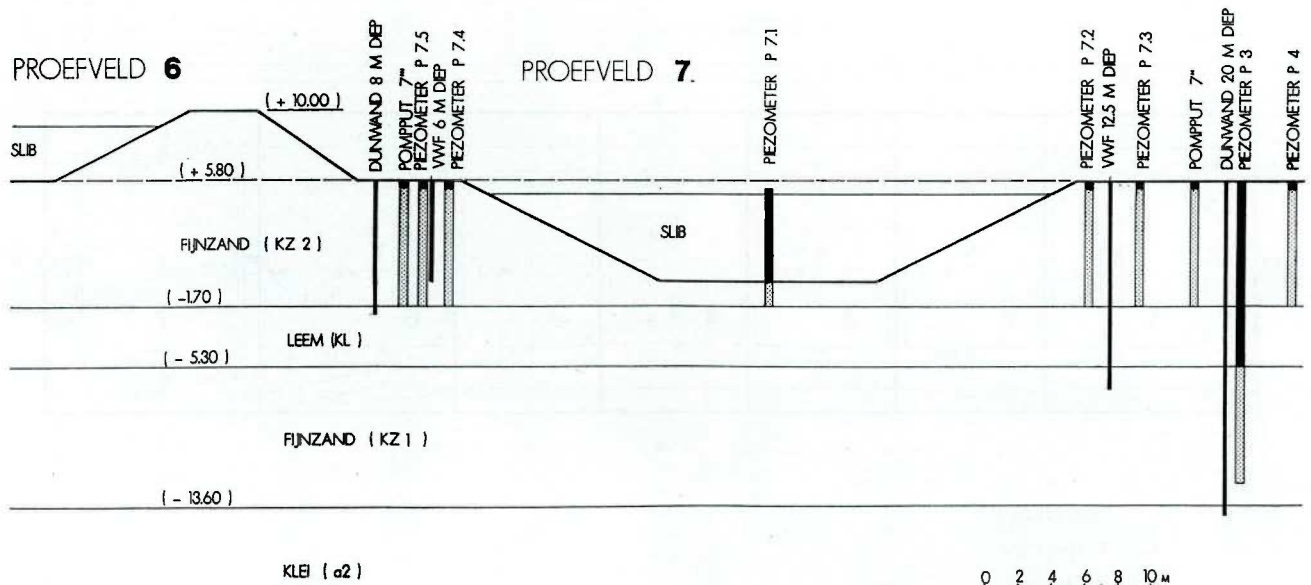


Fig. 23

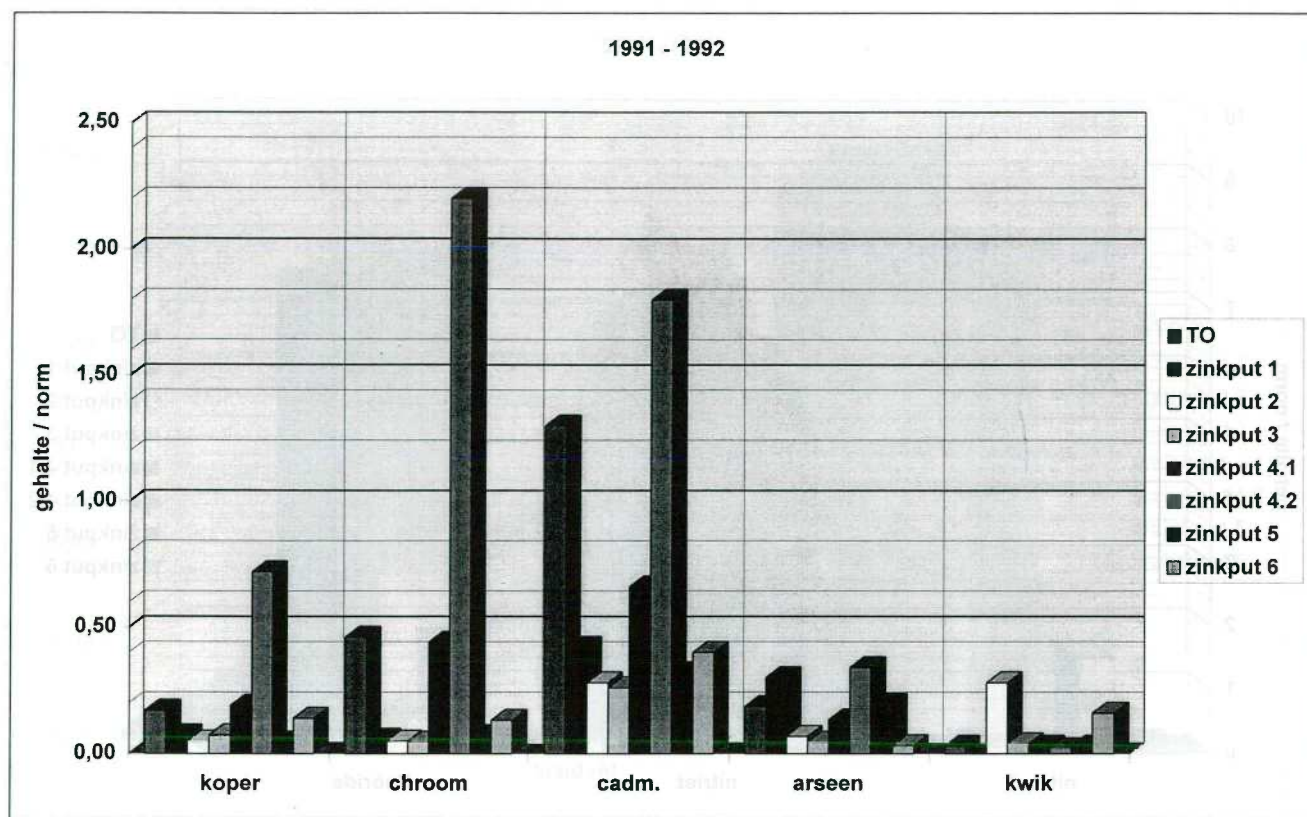


Fig. 24

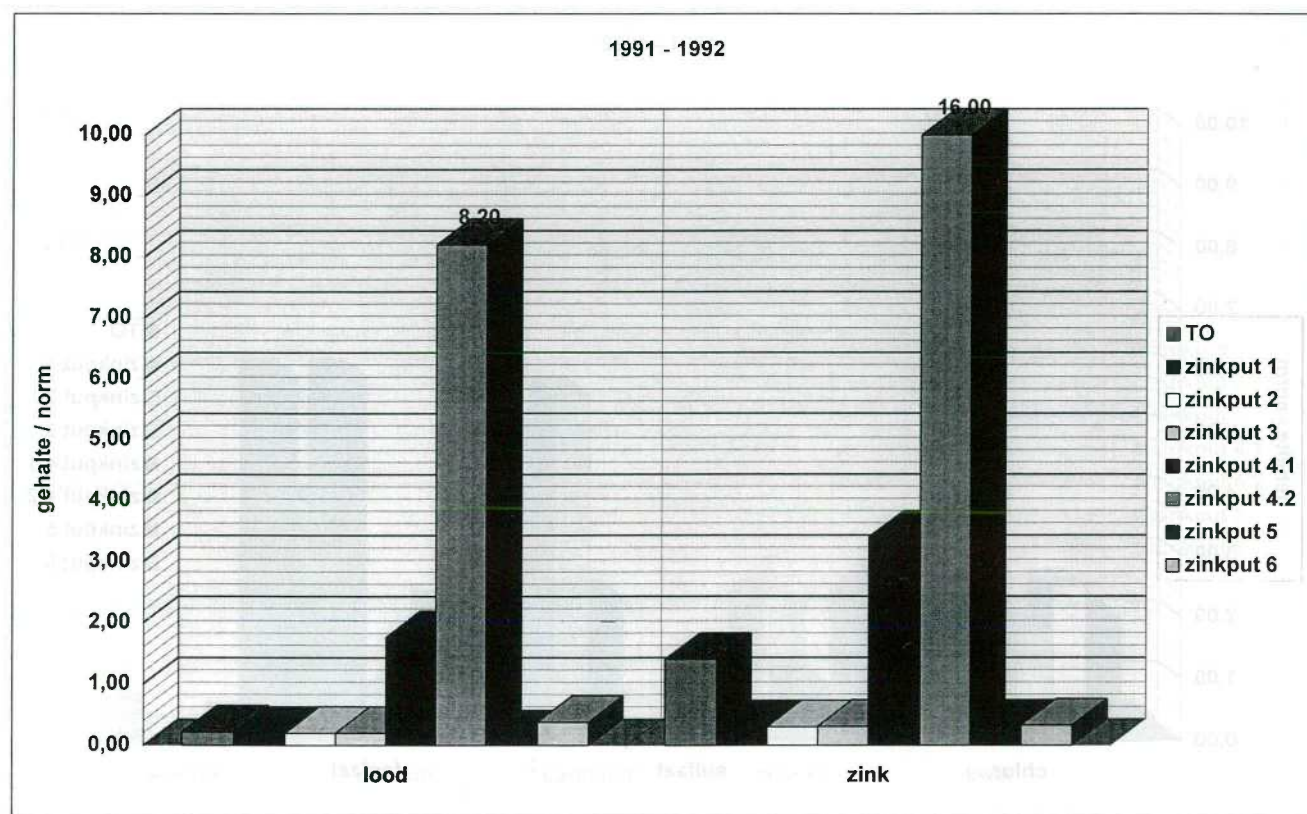


Fig. 25

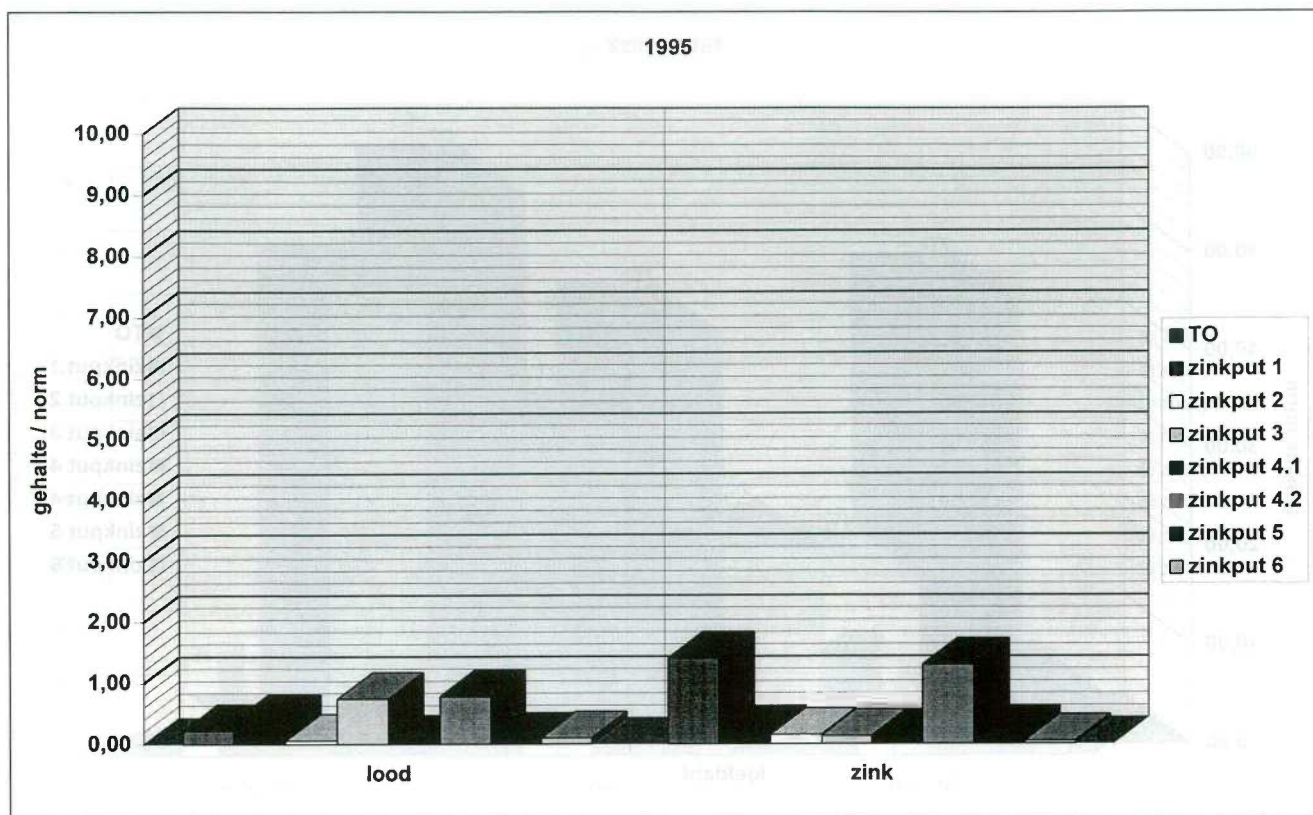


Fig. 30

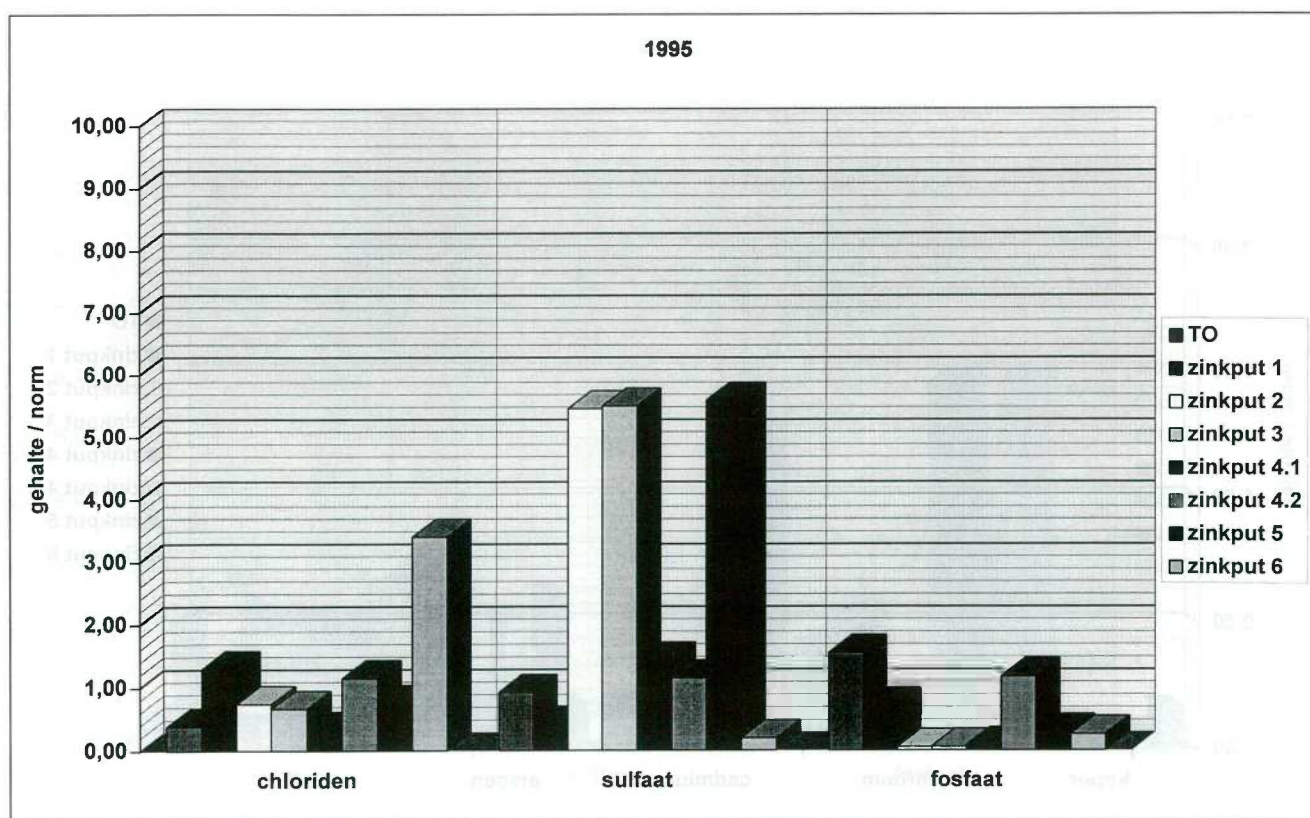


Fig. 31

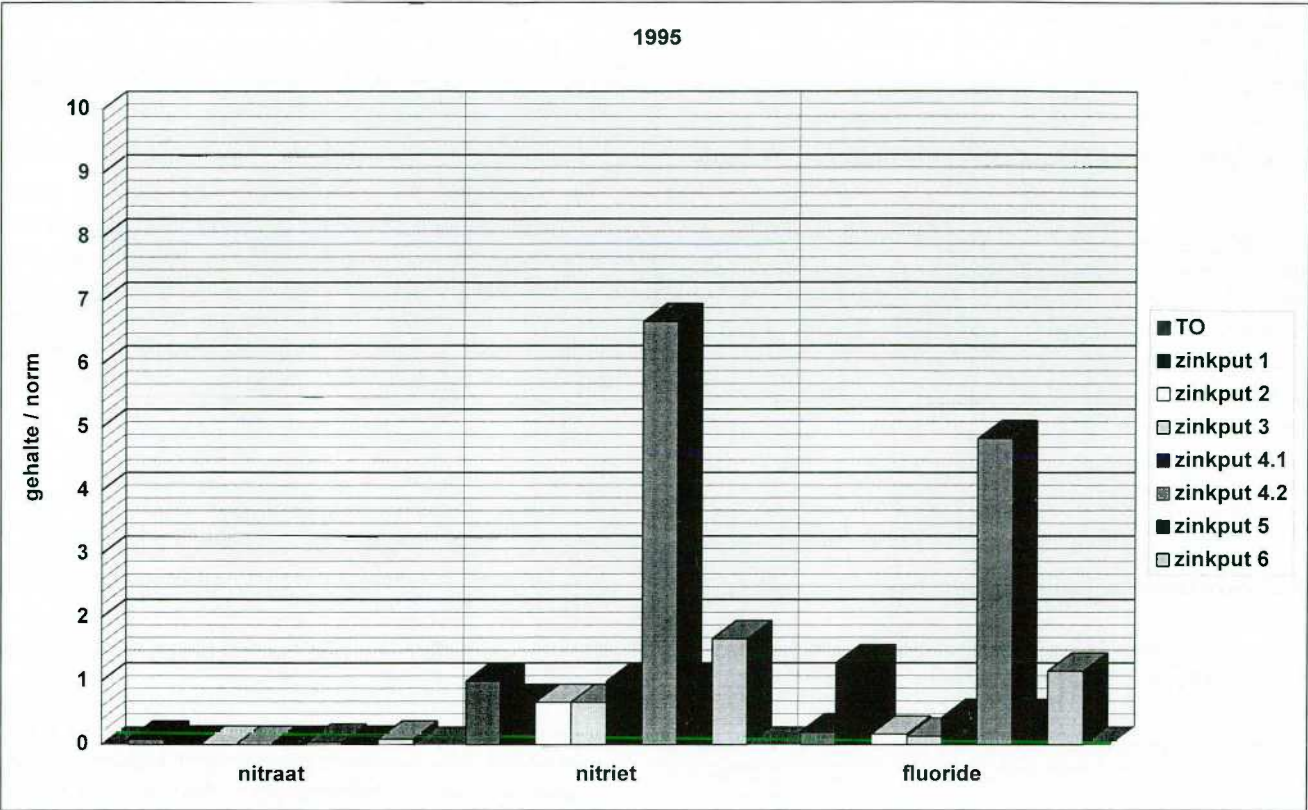


Fig. 32

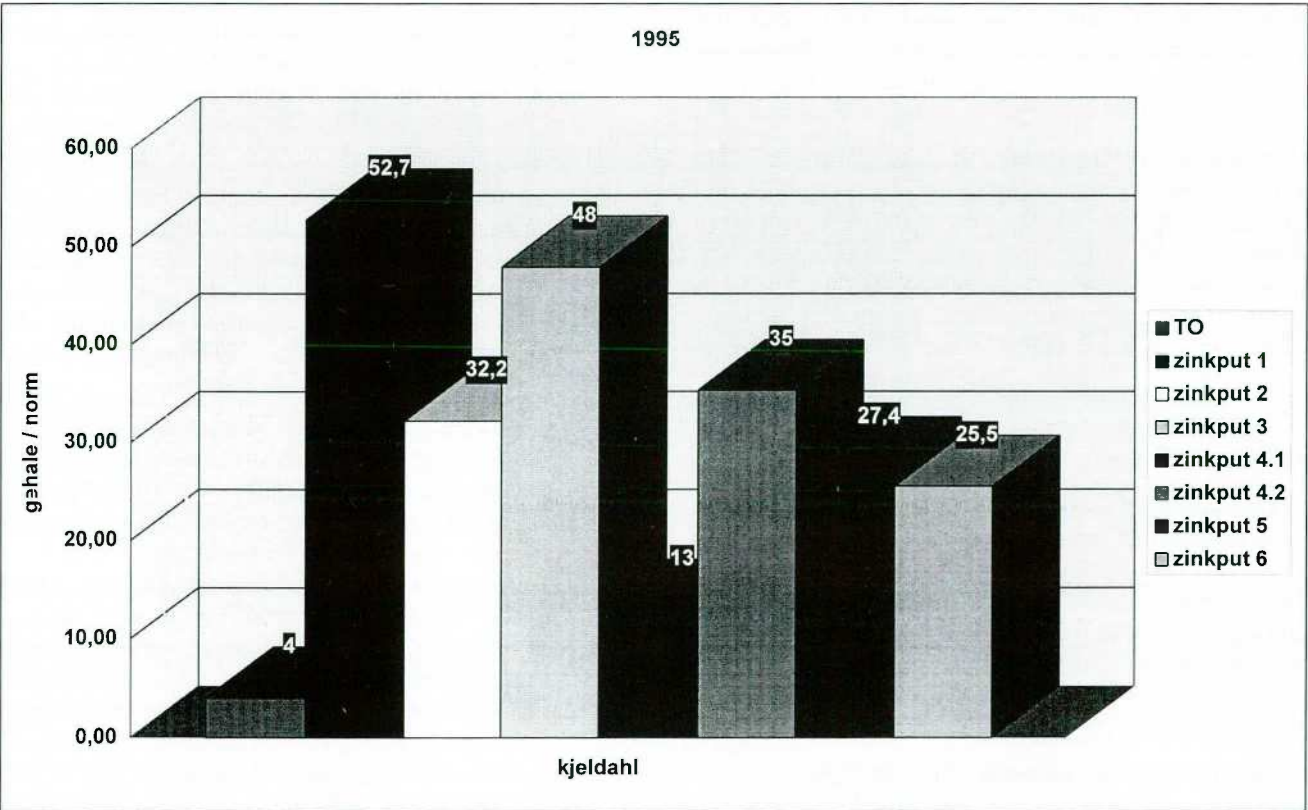


Fig. 33

- de initiële hoge waarden voor zink en lood dalen tot het niveau van de norm in 1995;
- zware metalen, behalve zink en lood, blijven bijna steeds onder de norm;
- Kjeldahl-stikstof, bestaande voor ongeveer 70% uit ammonium-stikstof is ver boven de norm.

Gelet op het feit dat het hier metingen betreft direct onder de verschillende stortterreinen en aangezien de grondwaterstand steeds lager is dan de onderdraineringen en hun zinkputten, zijn dit dus onverdunde stalen. Rekening houdende met de verontreinigingsgraad van de baggerspecie uit het kanaal Gent-Terneuzen, mag men globaal stellen dat deze resultaten vrij positief zijn, met uitzondering van de stikstofcomponenten.

3.2. Stortterrein Callemansputte

In de voorbije 15 jaar werd de baggerspecie uit het Gentse Havengebied voornamelijk gestort in Callemansputte te Zelzate. Deze put werd speciaal ingericht om als baggerstortplaats te kunnen worden gebruikt.

Om de omgeving van de stortplaats Callemansputte af te schermen werd rondom het stort een 80 cm dikke cement-bentonietwand gebouwd, reikend tot in een 20 m diep liggende kleilaag. Binnen deze diepwand werd door zandwinning een put gegraven, waarbij onder een 12/4 helling de binnentaluds werden afgewerkt (zie situatieplan, fig. 34, en dwarsdoorsnede, fig. 35).

Rondom het stortterrein Callemansputte werden op 4 verschillende locaties telkens 4 peilputten geplaatst. Op elke locatie situeren zich 2 peilputten binnen de diepwand, en 2 peilputten erbuiten. Van deze 2 peilputten is er telkens 1 ondiepe en 1 diepe peilput, respectievelijk reikend tot in de bovenste (KZ2) en onderste (KZ1) zandlaag van het Kwartair.

Naast het stortterrein ligt een industrieel stort onder de vorm van een 35 meter hoge gipsberg.

De resultaten van de analyses van het peilputwater werden verwerkt in de bijgevoegde grafieken (fig. 36 t/m 59). Hierbij werd het gemeten gehalte net zoals bij de resultaten van het proefstortenproject Geuzenhoek gedeeld door de norm uit Vlarem (maximum toelaatbare concentratie indien vermeld, zoniet het richtniveau), zodat een waarde groter dan 1 normoverschrijding aanduidt.

Een eerste reeks grafieken (fig. 36 t/m 43) geeft de evolutie in de tijd van de gemiddelde waarden van sommige elementen in het grondwater. Deze gemid-

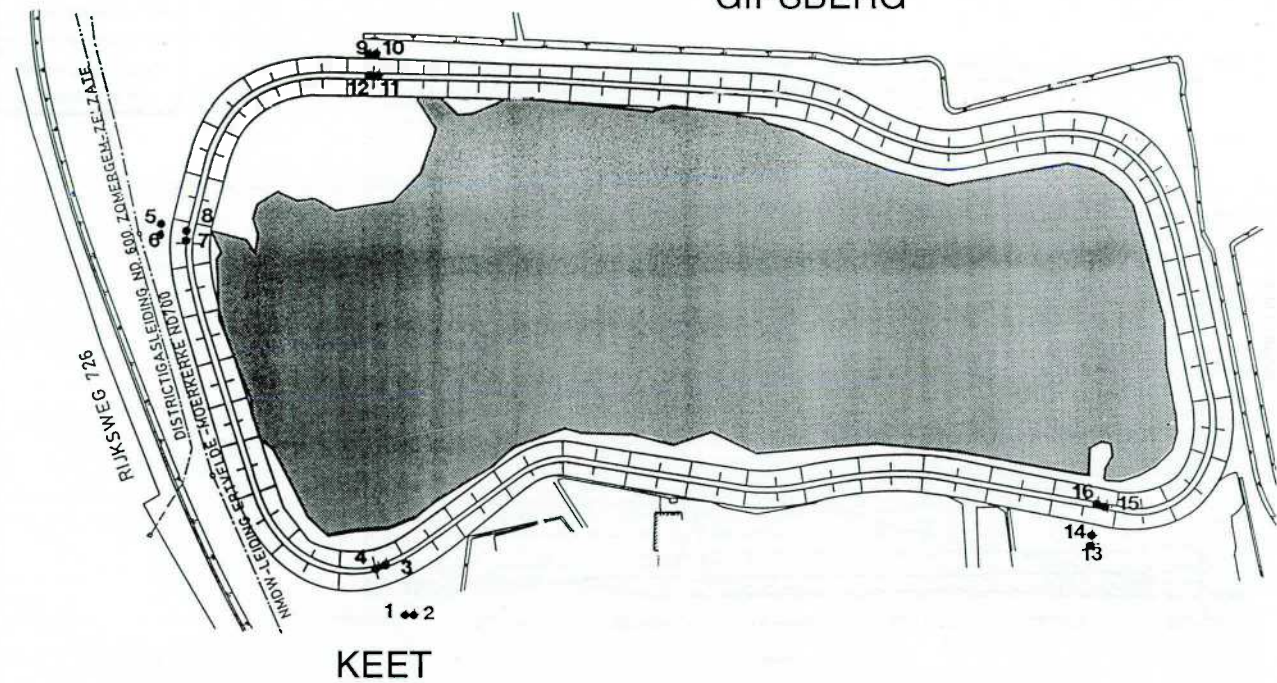
delden betreffen telkens 4 peilputten, namelijk de 4 diepe en de 4 ondiepe putten, zowel binnen als buiten de diepwand. Dergelijke grafieken werden gemaakt voor de zware metalen, fluoriden, nitrieten en nitraten.

Een tweede reeks grafieken (fig. 44 t/m 59) geeft de evolutie in de tijd van afzonderlijke peilputten, namelijk de 4 peilputten 1 t/m 4 gelegen aan de kant keet en de 4 peilputten 9 t/m 12 gelegen aan de kant gipsberg. Dergelijke grafieken werden gemaakt voor chloriden, sulfaten, fosfaten en Kjeldahl-stikstof; voor deze elementen wordt immers een verschil in voorkomen opgemerkt tussen de kant keet en de kant gipsberg. Uit de grafieken kunnen de hiernavolgende besluiten worden getrokken.

- 1) Na een initiële verontreiniging is er thans geen normoverschrijding voor zware metalen, zelfs niet in de zandmassa onder de 12/4 binnentaluds van de put.
- 2) Er is evenmin een normoverschrijding voor nitrieten, nitraten en fluoriden.
- 3) Aan de kant van de keet, m.a.w. ver van de beïnvloeding van de gipsberg, is er buiten de put geen normoverschrijding voor chloriden en fosfaten en slechts sporadisch maar dan zeer licht voor sulfaten. Er is wel een duidelijke normoverschrijding voor chloriden, fosfaten en sulfaten buiten de put aan de kant gipsberg.
- 4) Er is aan de kant keet wel een duidelijke normoverschrijding voor chloriden binnen de put en geen buiten de put. Hieruit blijkt duidelijk de afscherpende werking van de cement-bentonietwand.
- 5) Ondanks de hoge fosfaatgehalten buiten de put kant gipsberg is er geen normoverschrijding binnen de put! Ook is het sulfaatgehalte aan de kant gipsberg buiten de put veel hoger dan binnen de put. Dit bewijst in omgekeerde richting de afscherpende werking van de cement-bentonietwand.
- 6) Aan de kant gipsberg is er een aanzienlijke normoverschrijding voor Kjeldahl-stikstof. Aan de kant van de keet is er een normoverschrijding met een factor 3 à 15 voor Kjeldahl-stikstof, voornamelijk bestaande uit ammoniumstikstof. Dergelijke normoverschrijding wordt echter ook waargenomen op een terrein, dat in het kader van een M.E.R.-studie werd onderzocht en thans een landbouwgebied is. Het is een gekend fenomeen dat in grote delen van Vlaanderen het grondwater te hoge gehalten stikstof bevat door overbemesting. Deze overmaat aan stikstof komt ook in het oppervlaktewater terecht en dus ook in de baggerspecie.

STORT CALLEMANSPUTTE SITUATIE

GIPSBERG



LEGENDE:
♦ PLAATS VAN DE BORING

Fig. 34

STORT CALLEMANSPUTTE DIJKPROFIEL

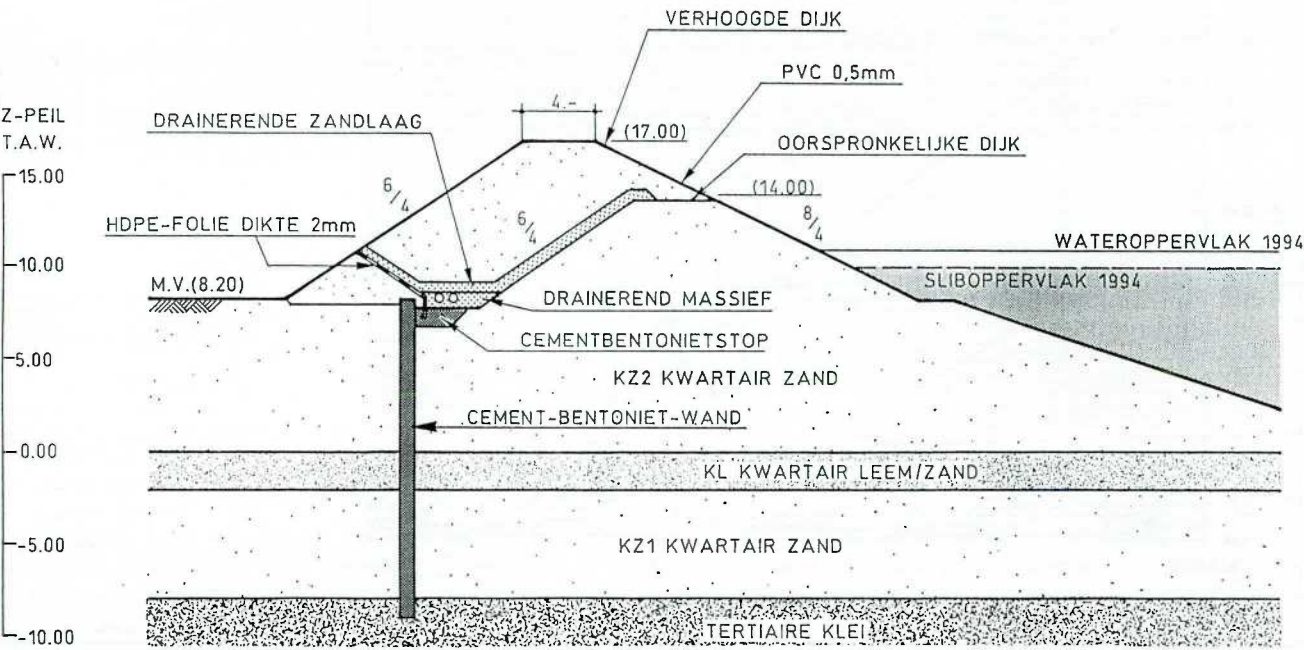


Fig. 35

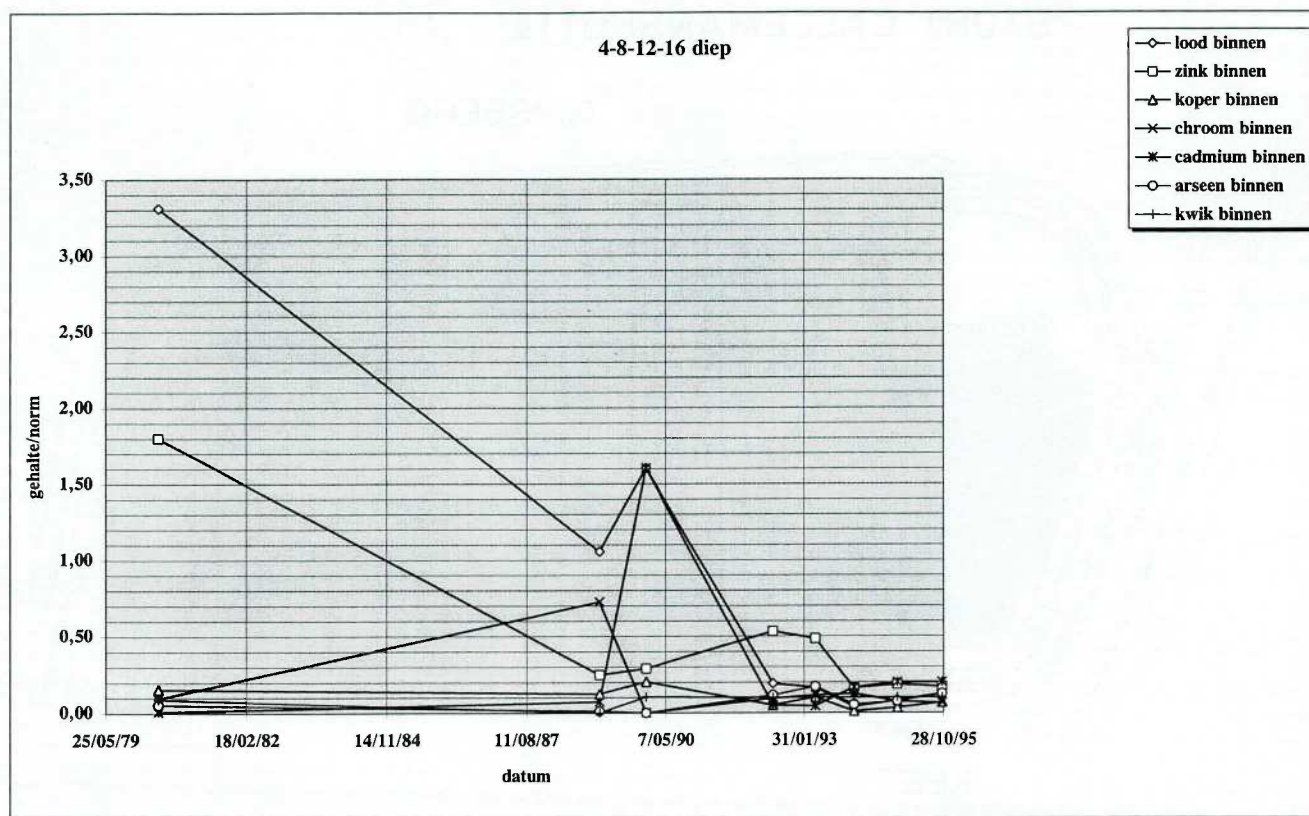


Fig. 36

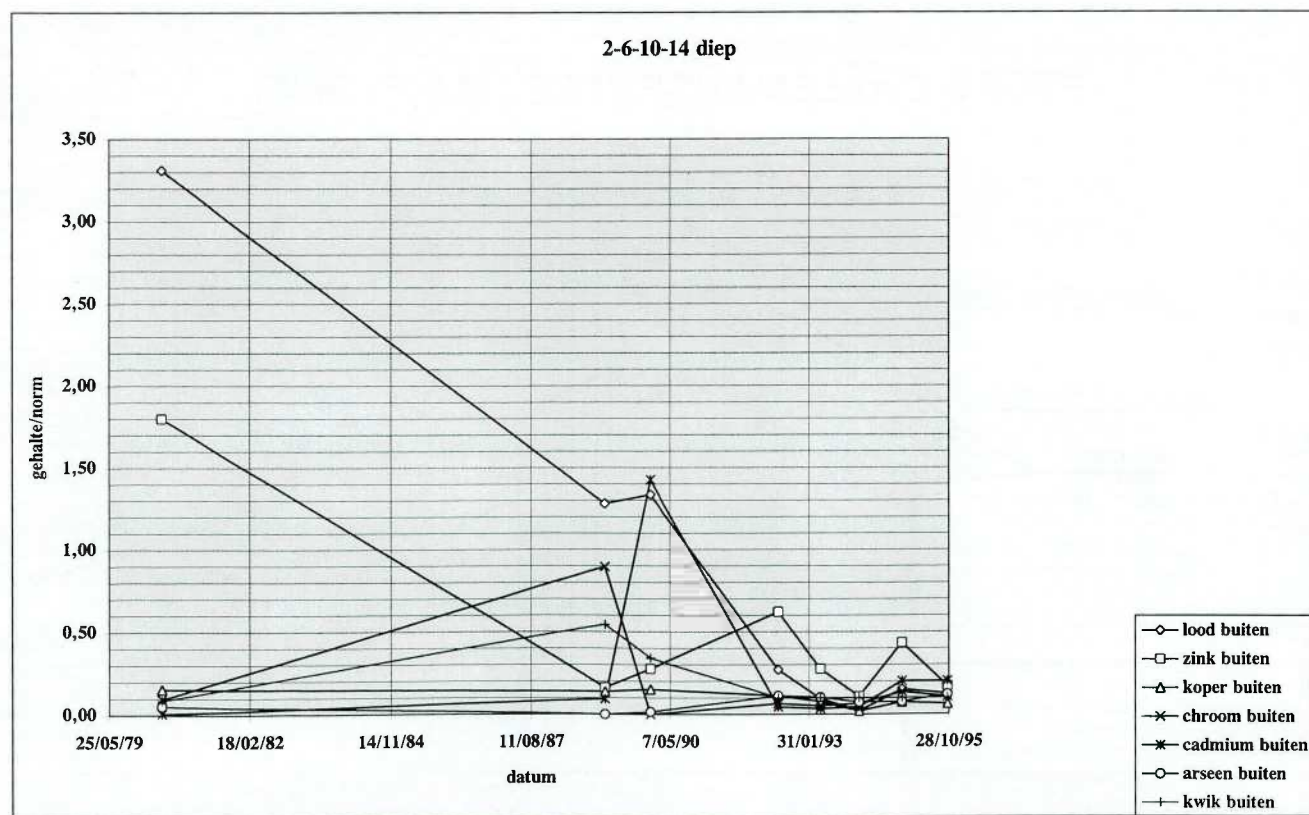


Fig. 37

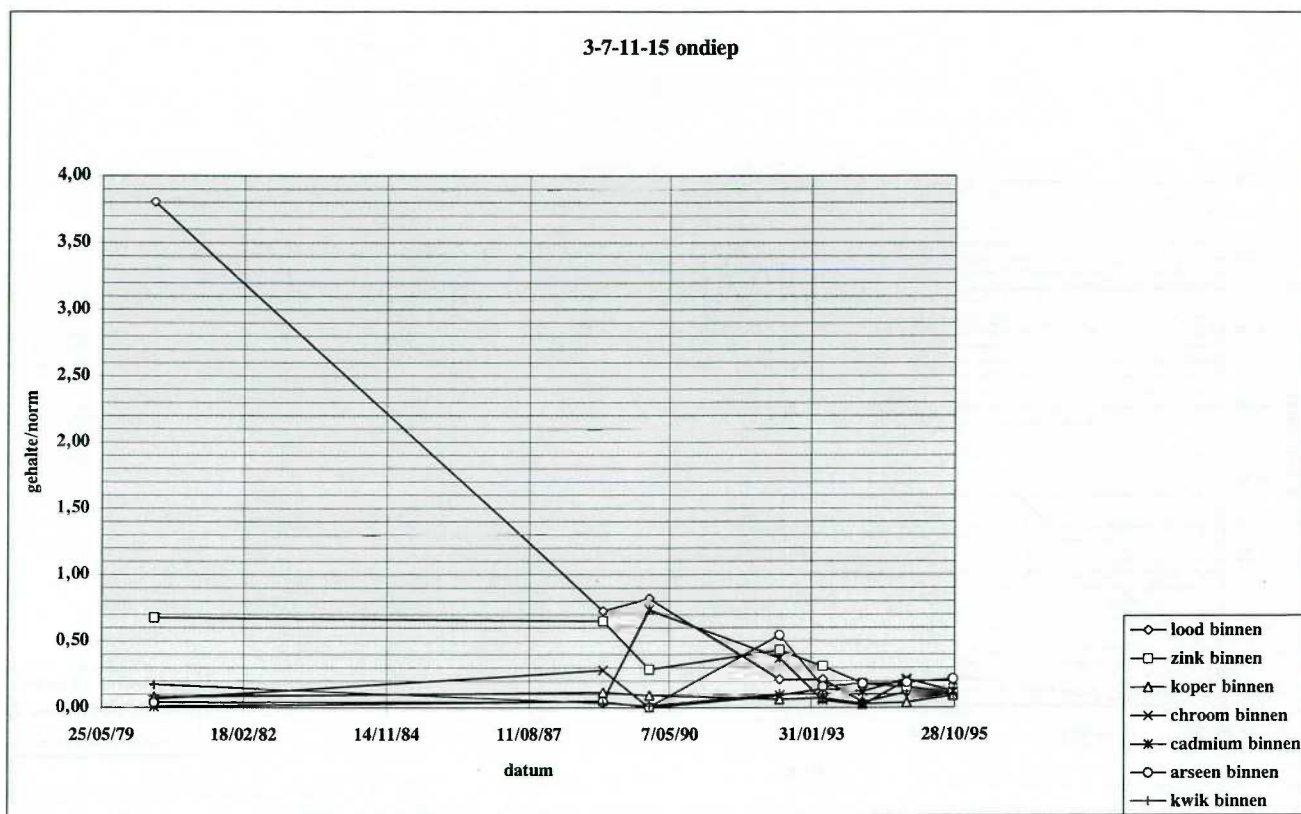


Fig. 38

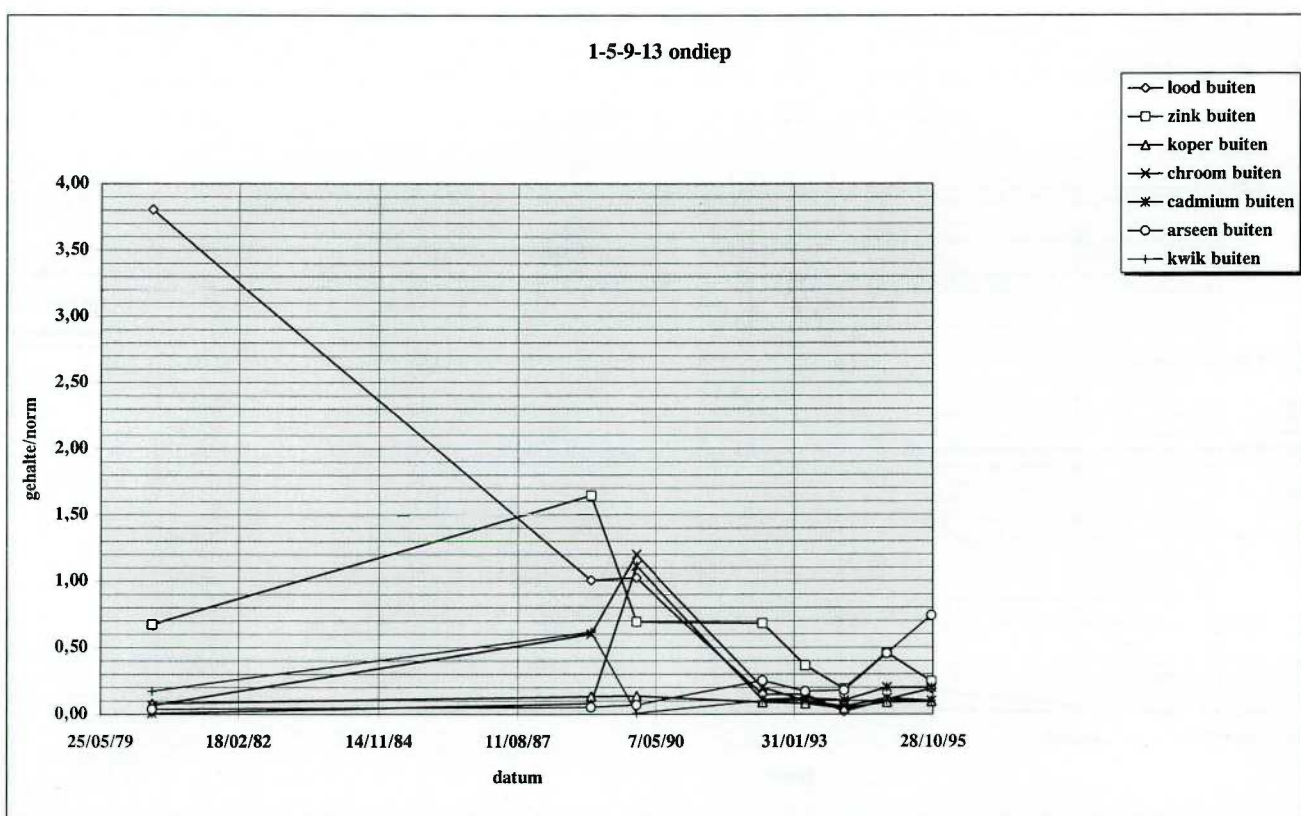


Fig. 39

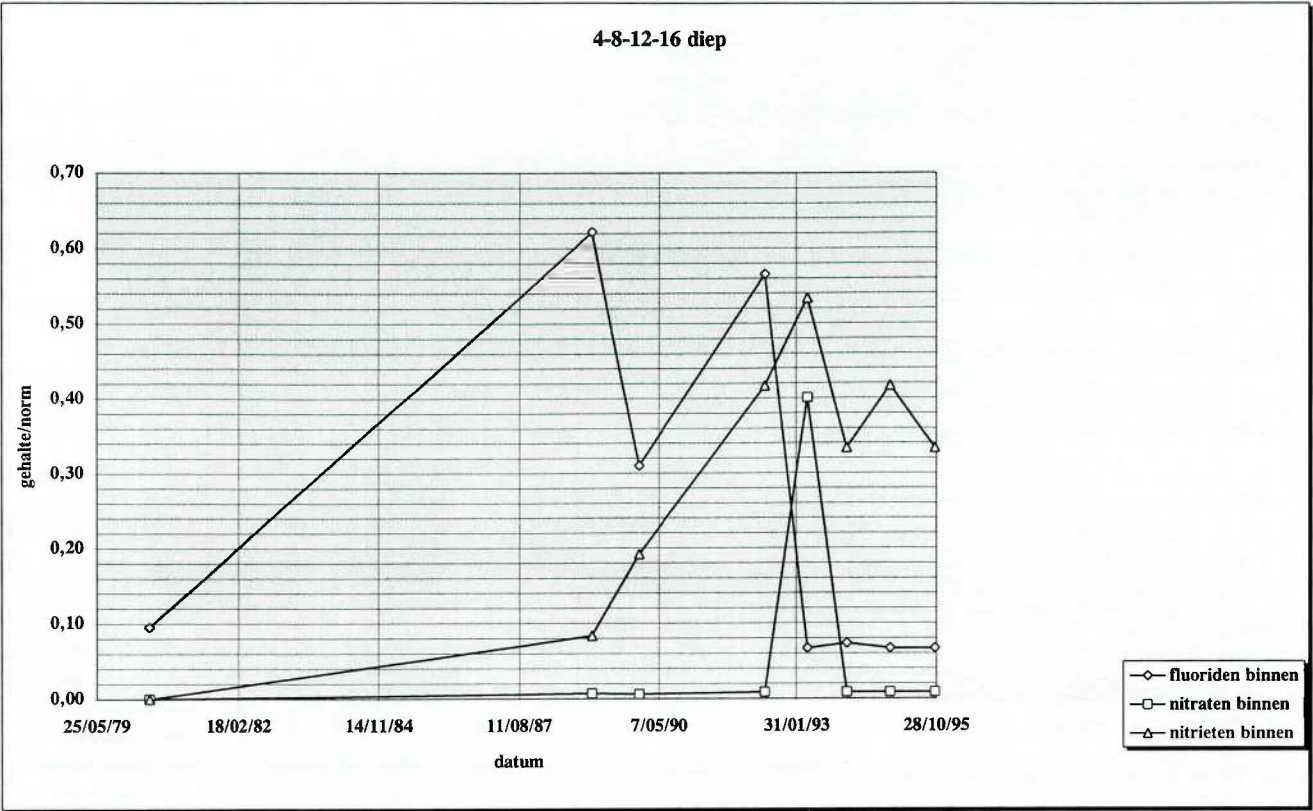


Fig. 40

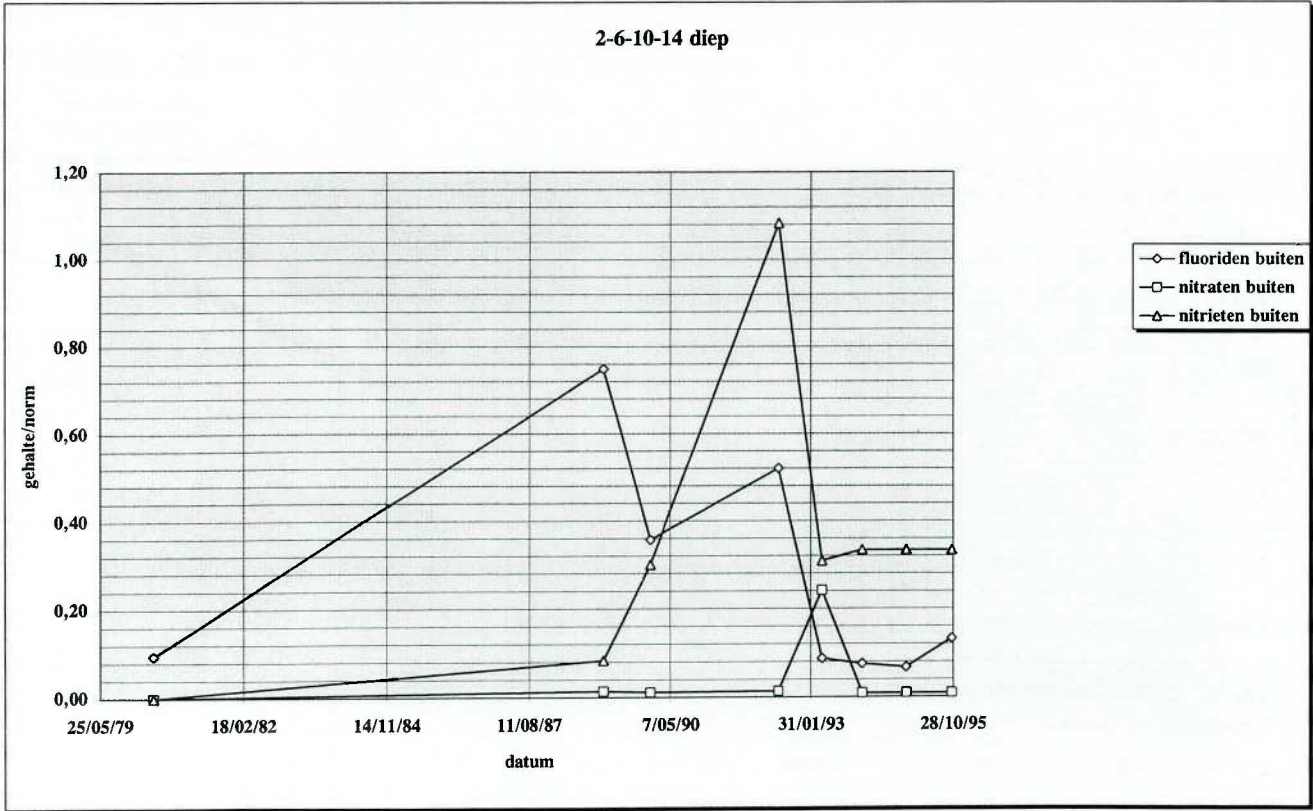


Fig. 41

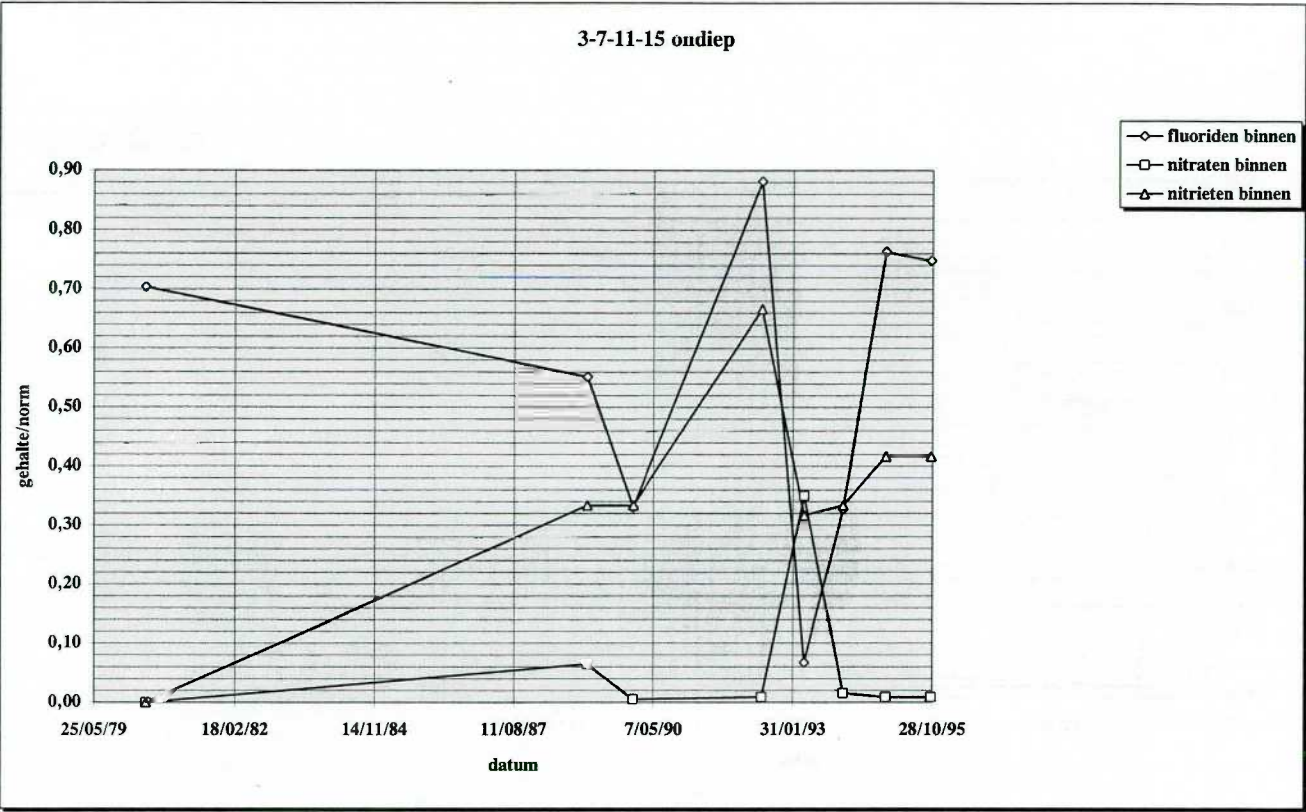


Fig. 42

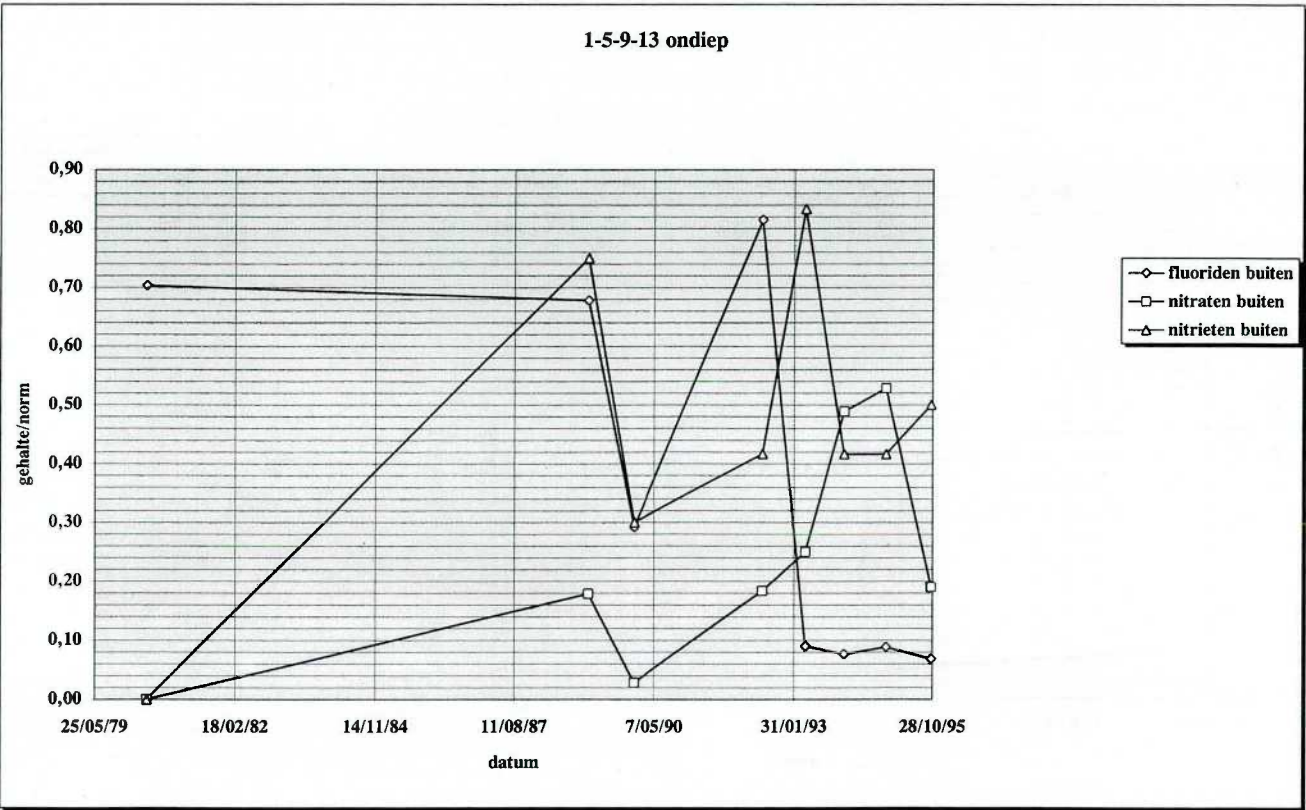


Fig. 43

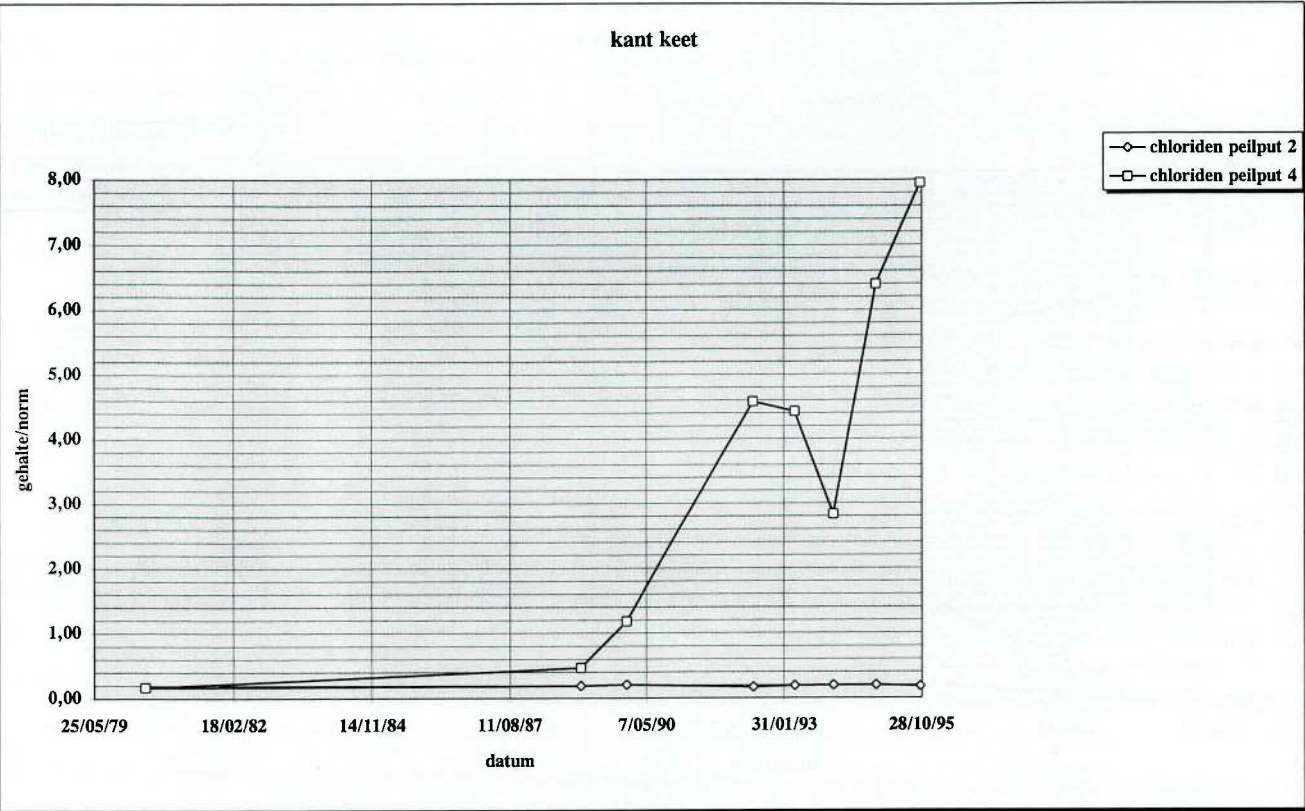


Fig. 44

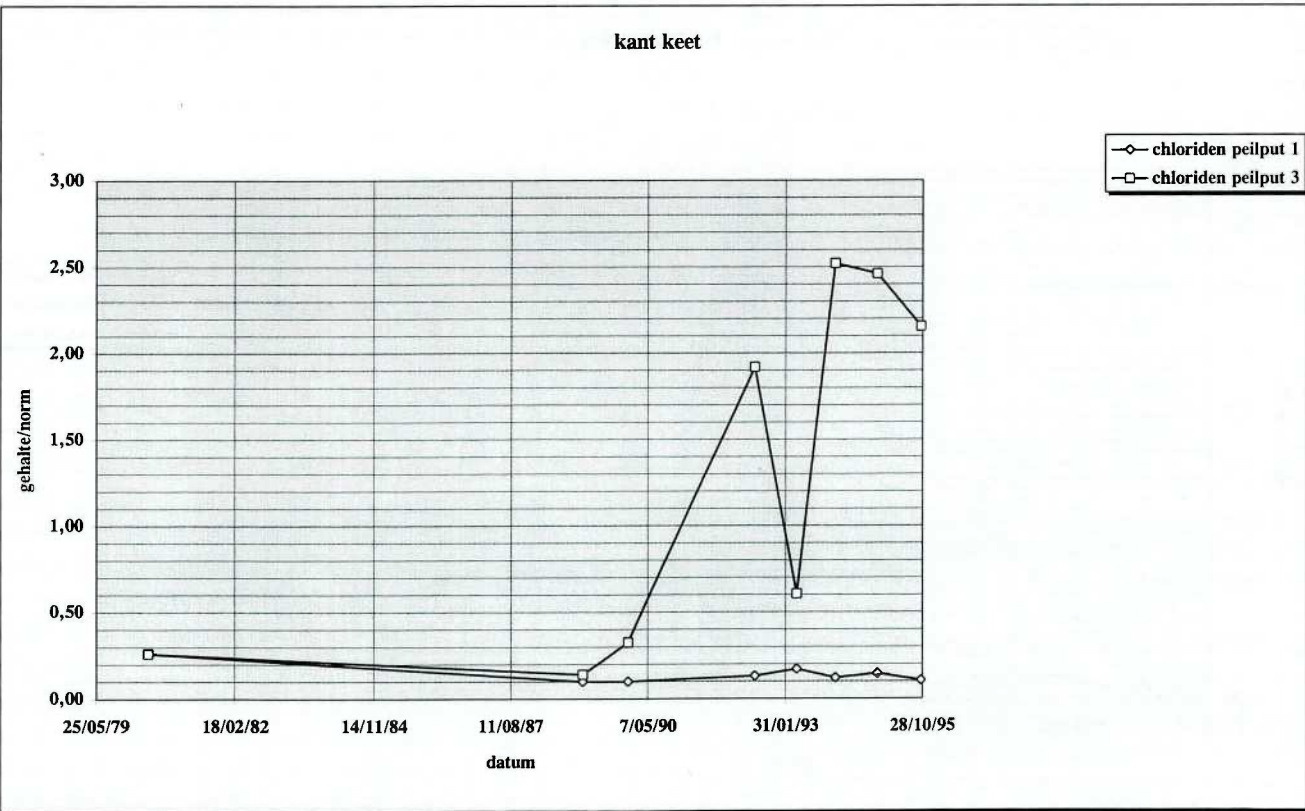


Fig. 45

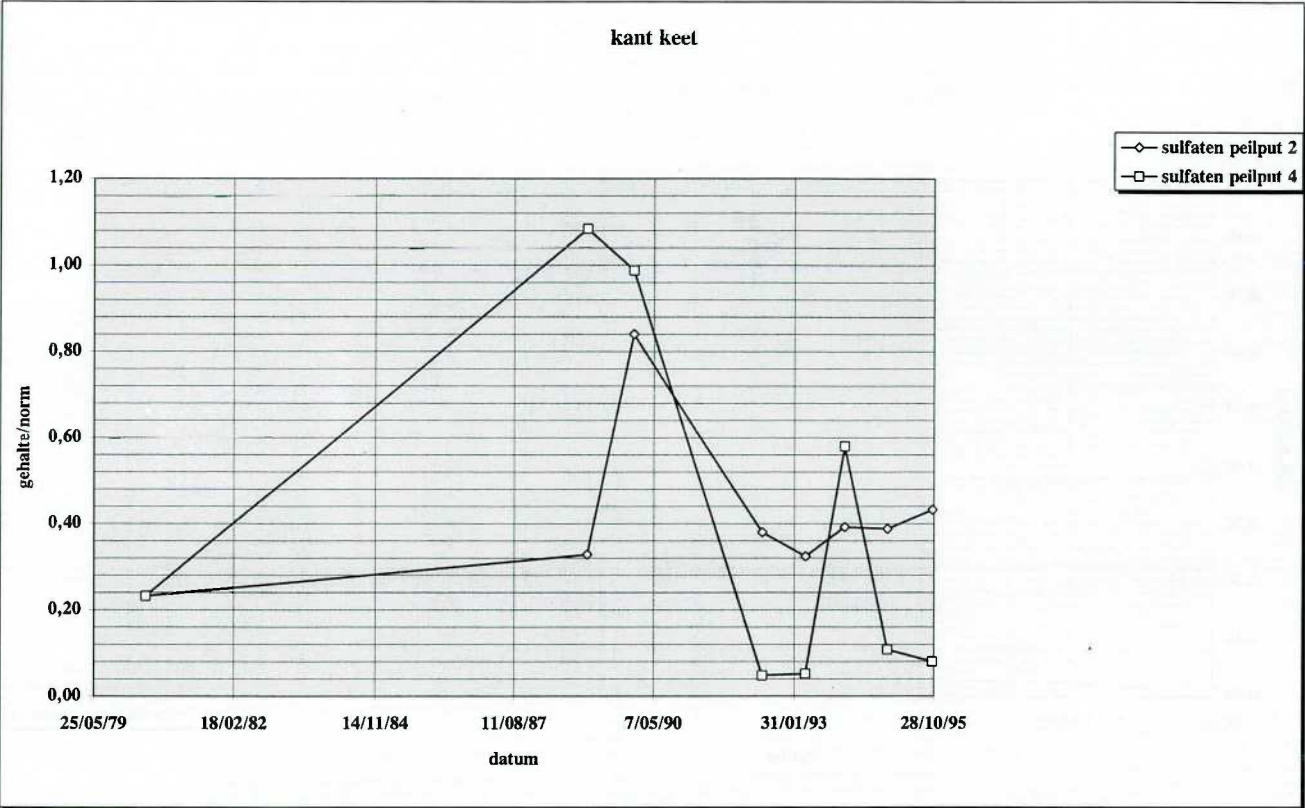


Fig. 46

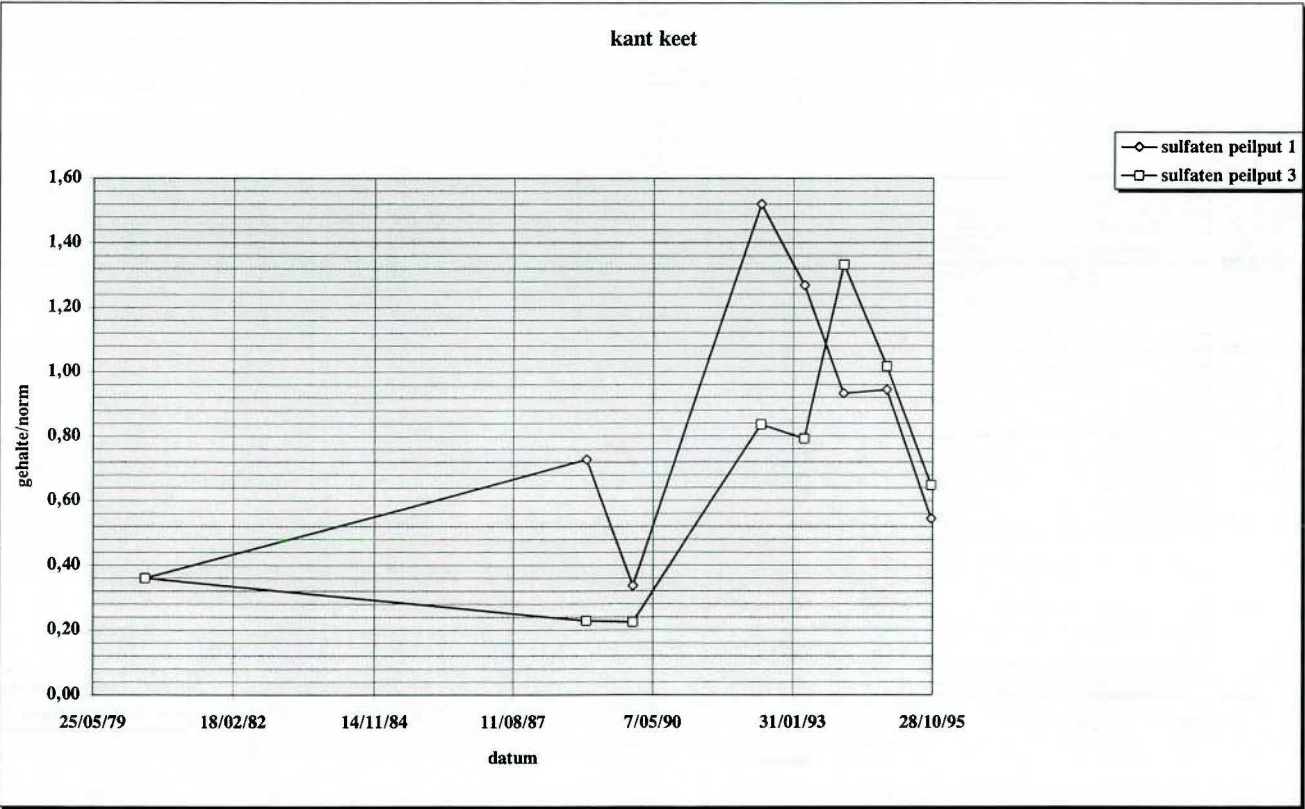


Fig. 47

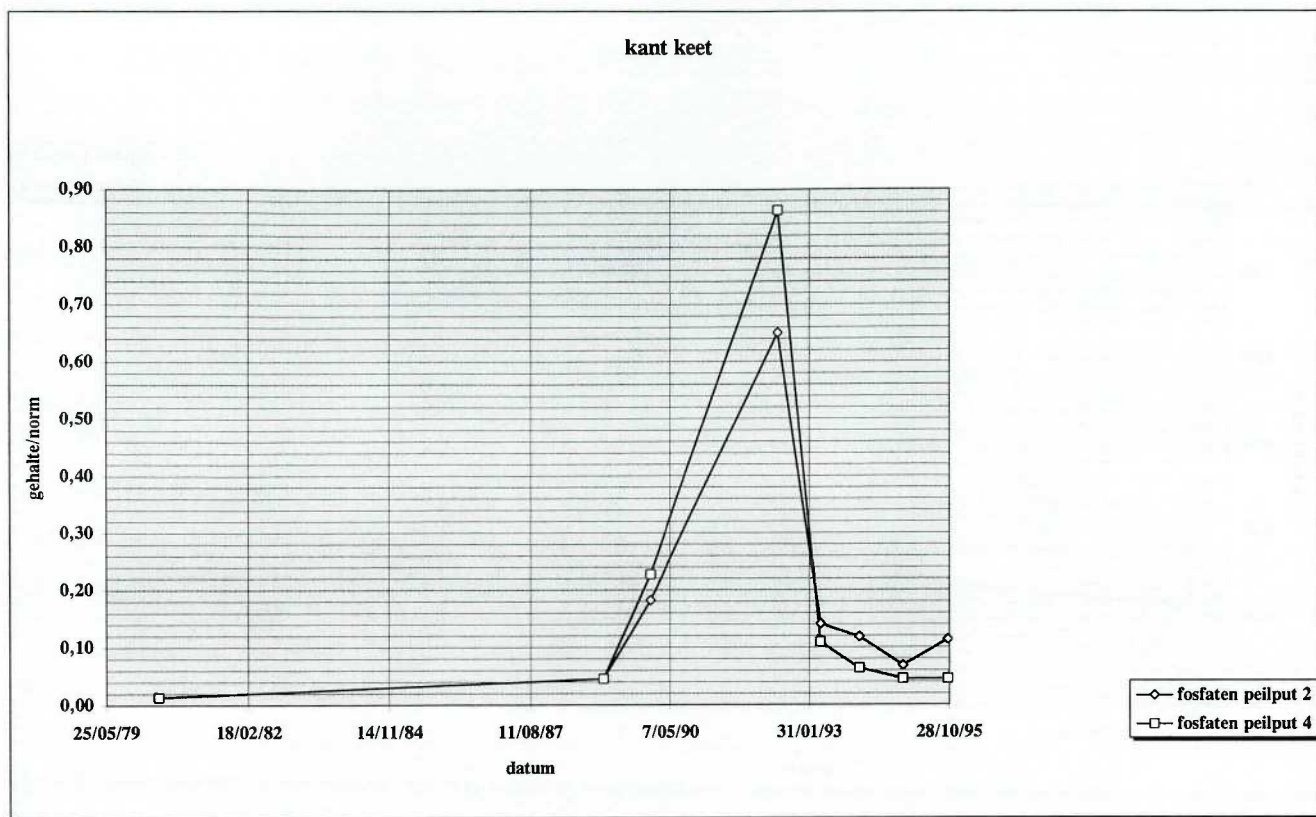


Fig. 48

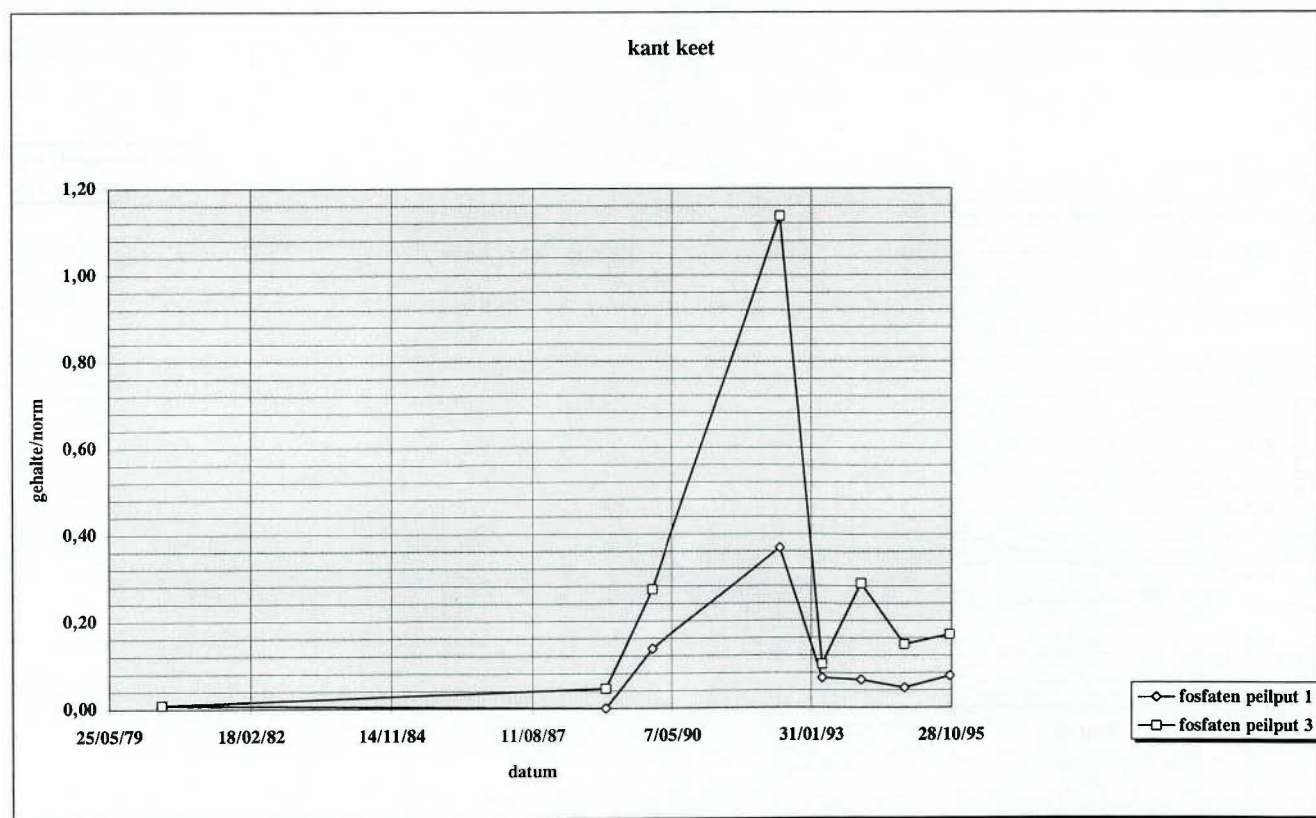


Fig. 49

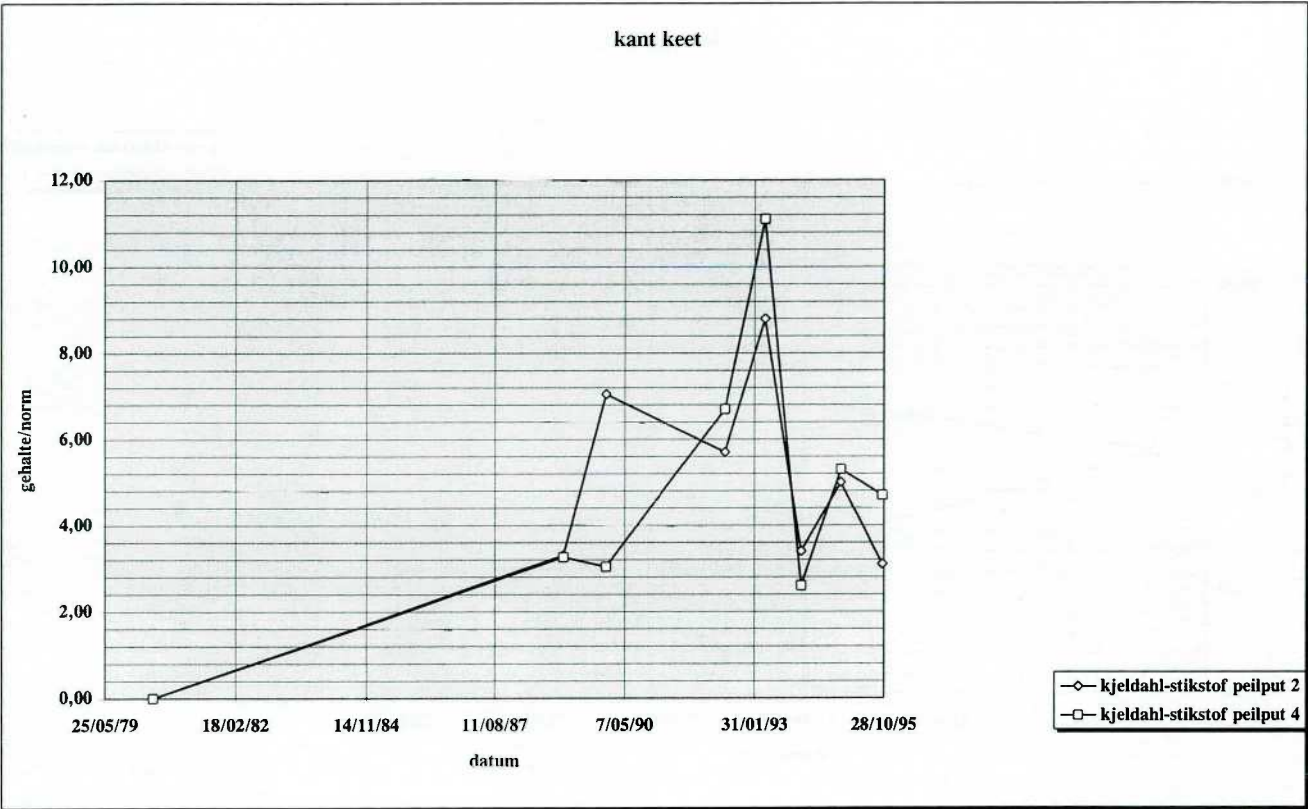


Fig. 50

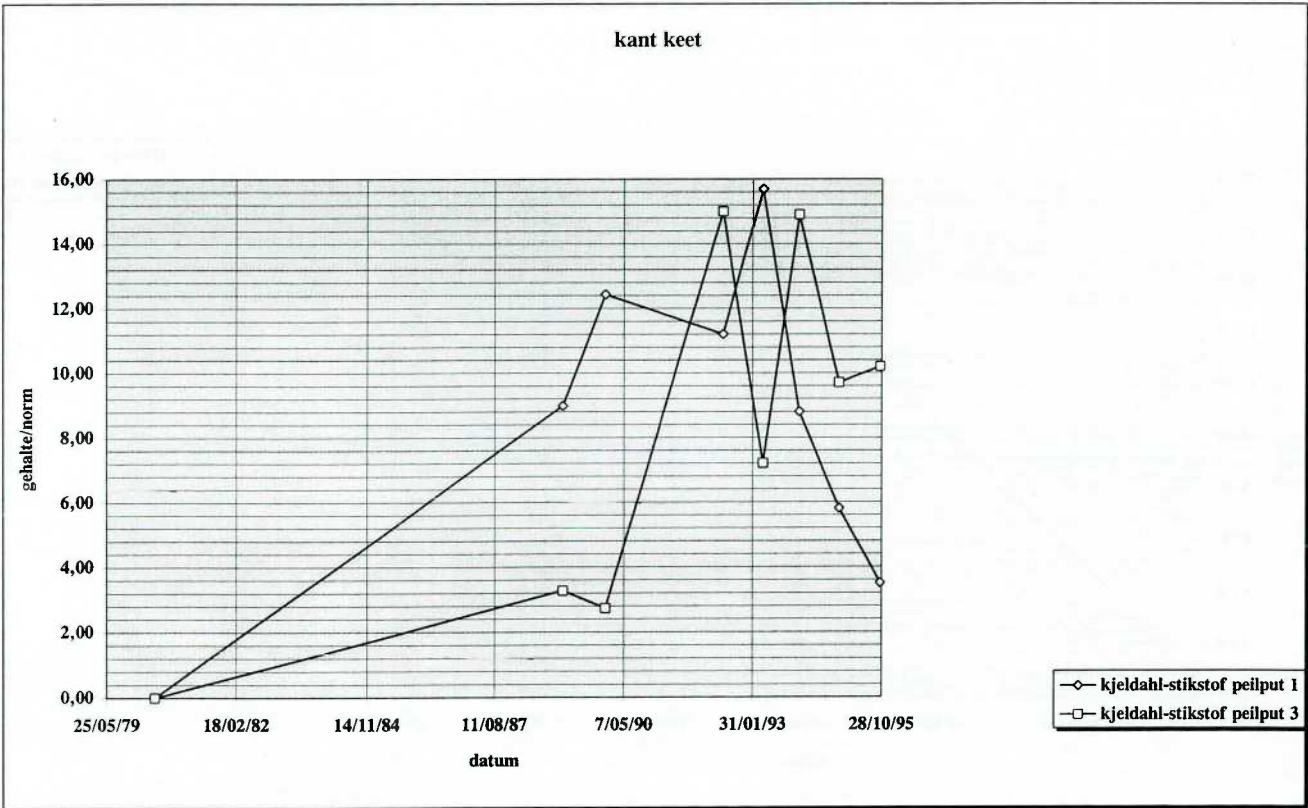


Fig. 51

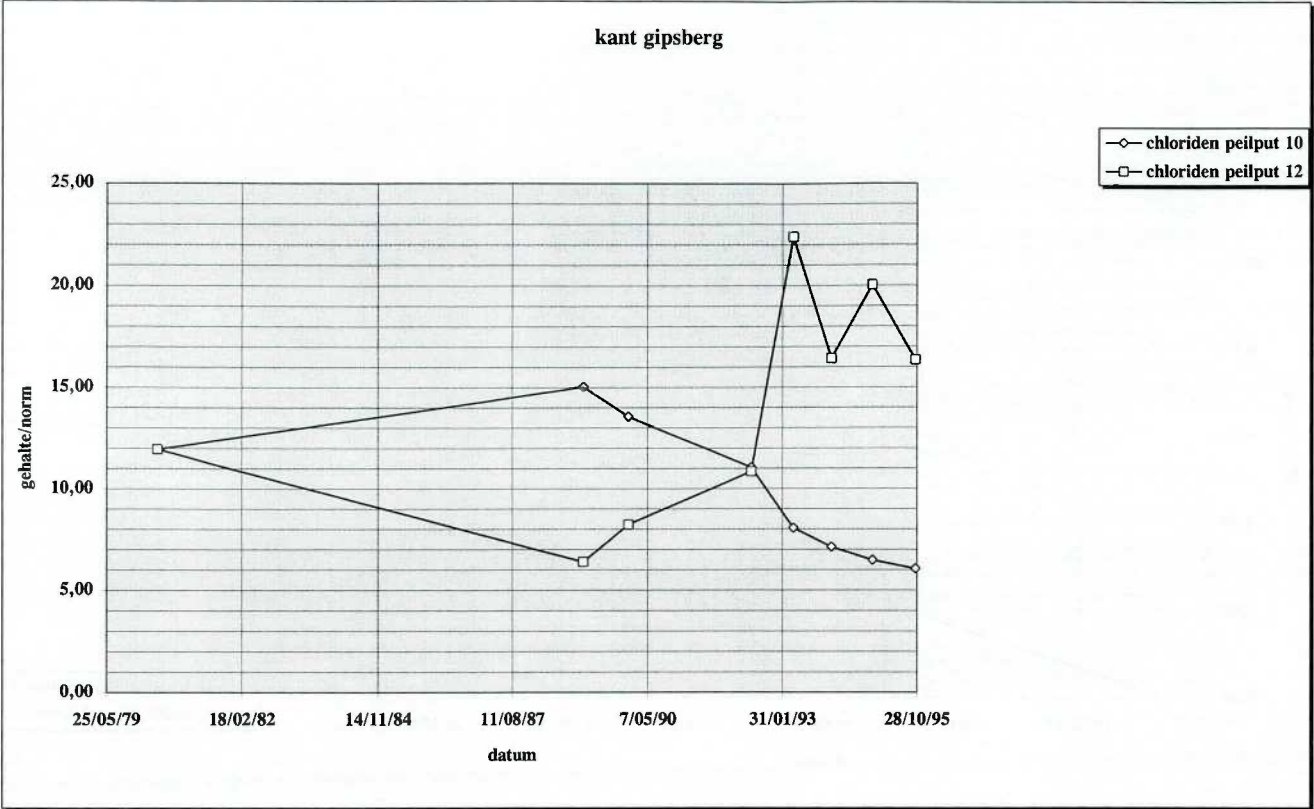


Fig. 52

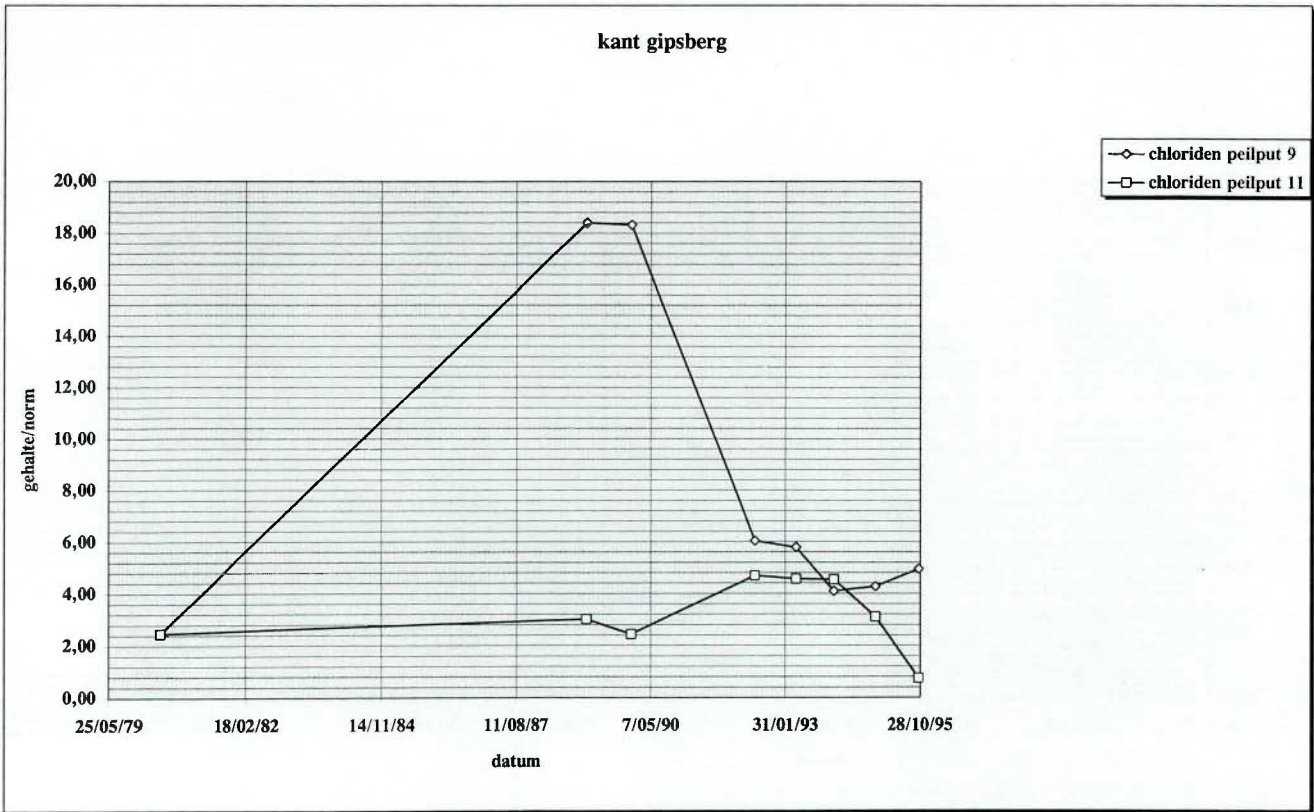


Fig. 53

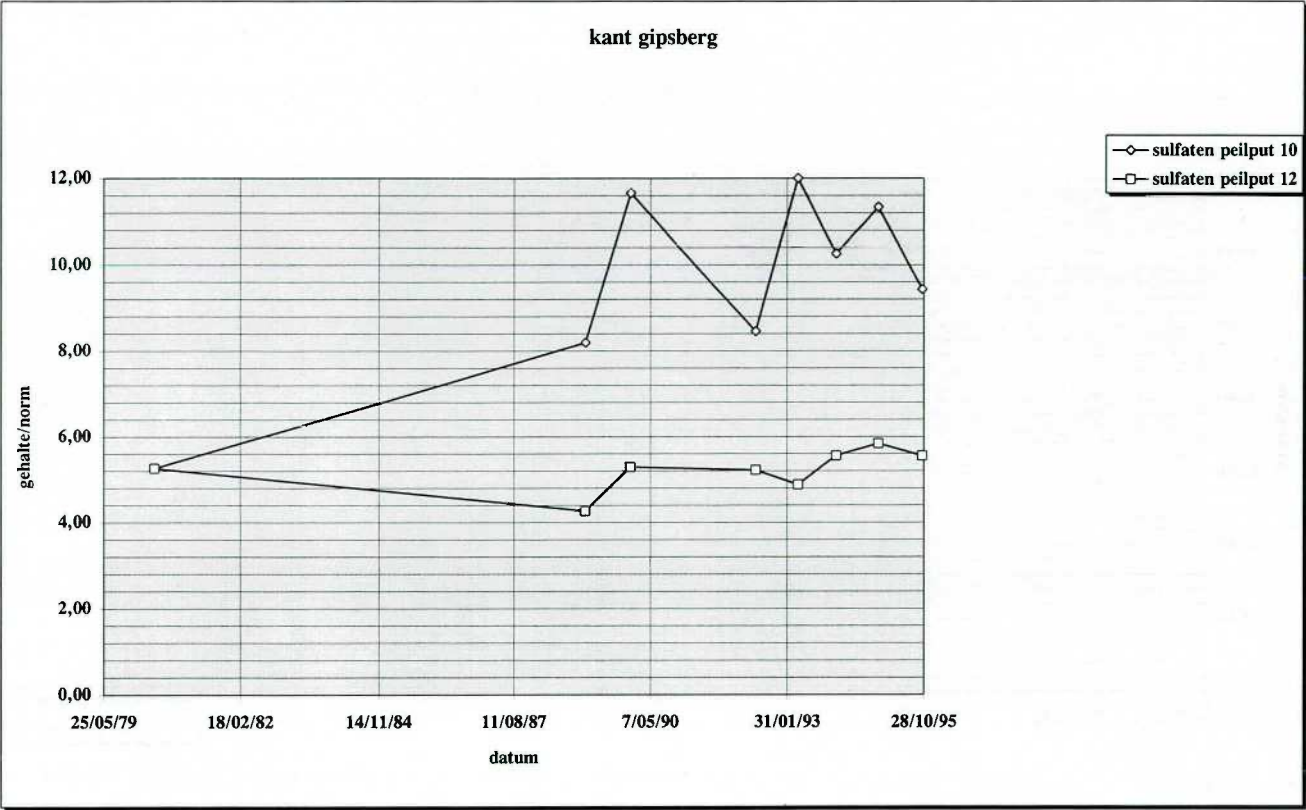


Fig. 54

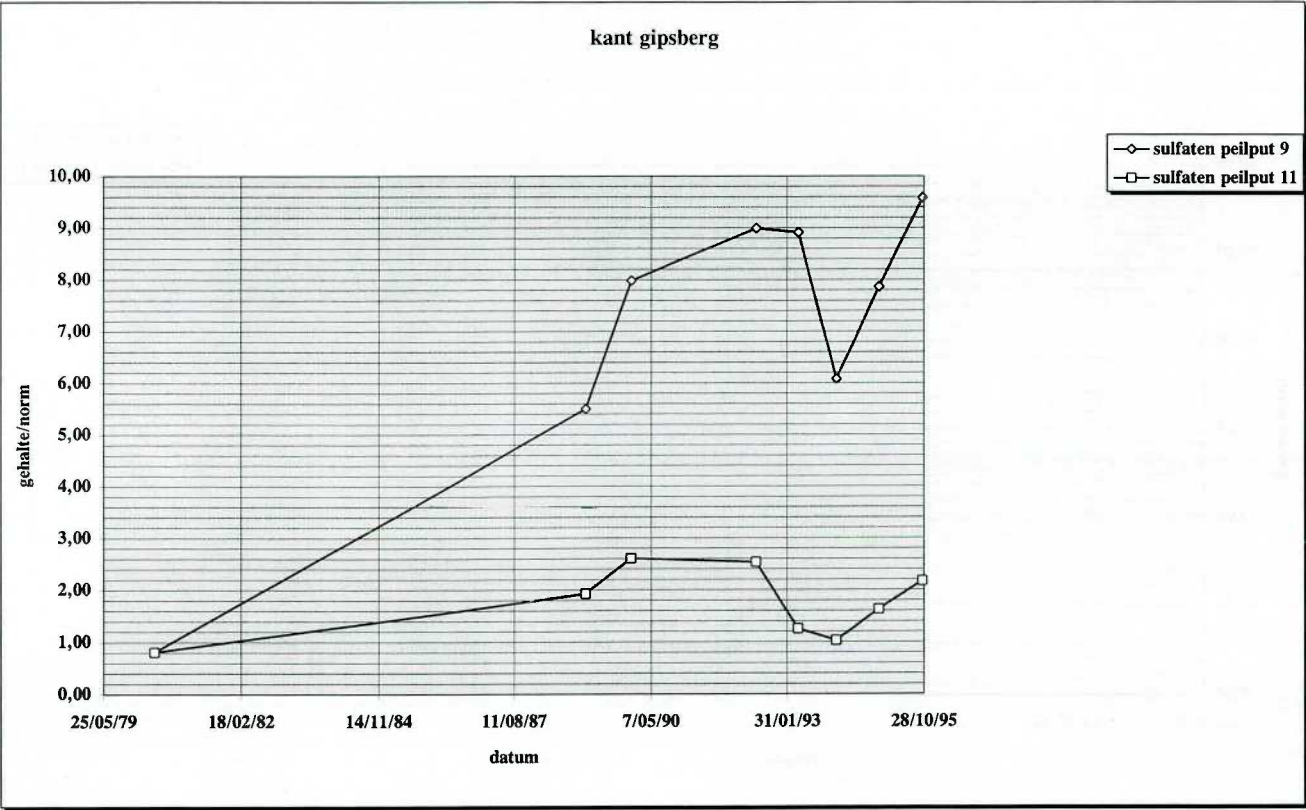


Fig. 55

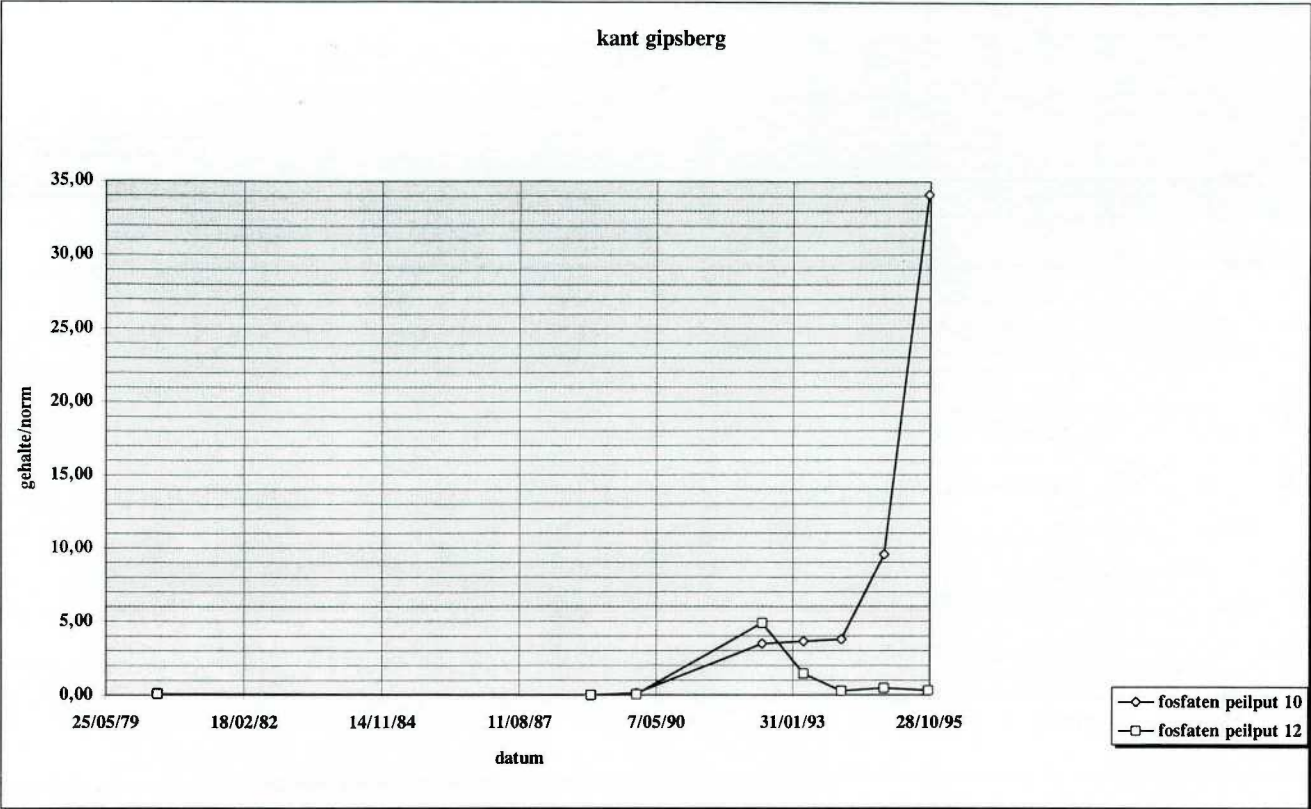


Fig. 56

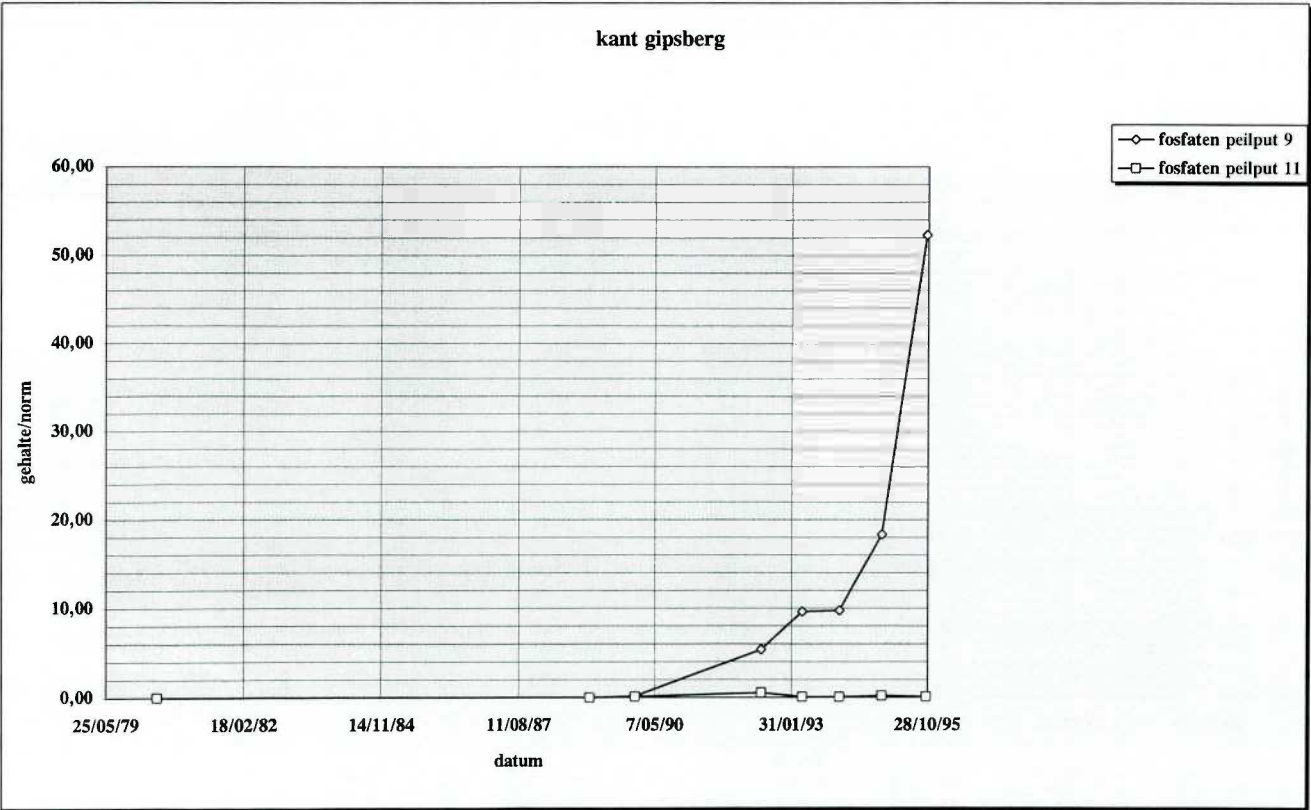


Fig. 57

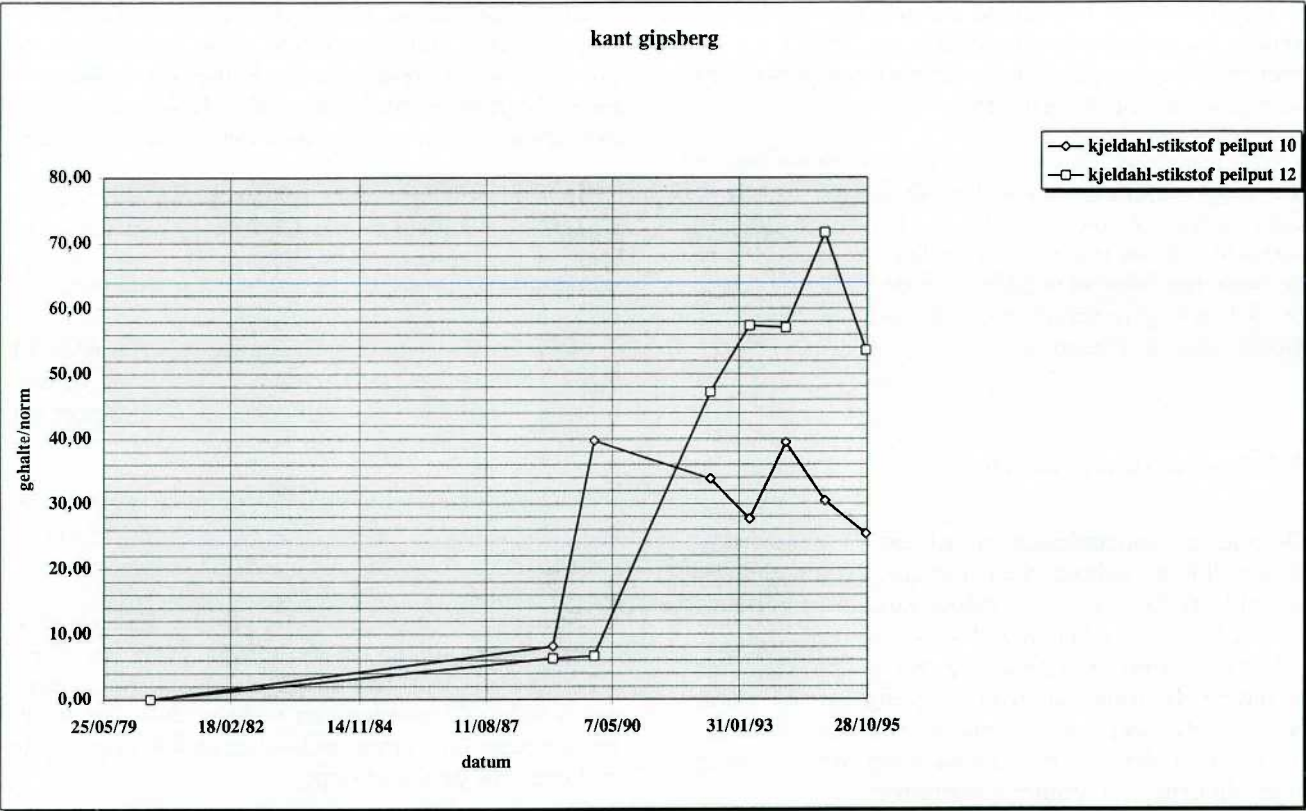


Fig. 58

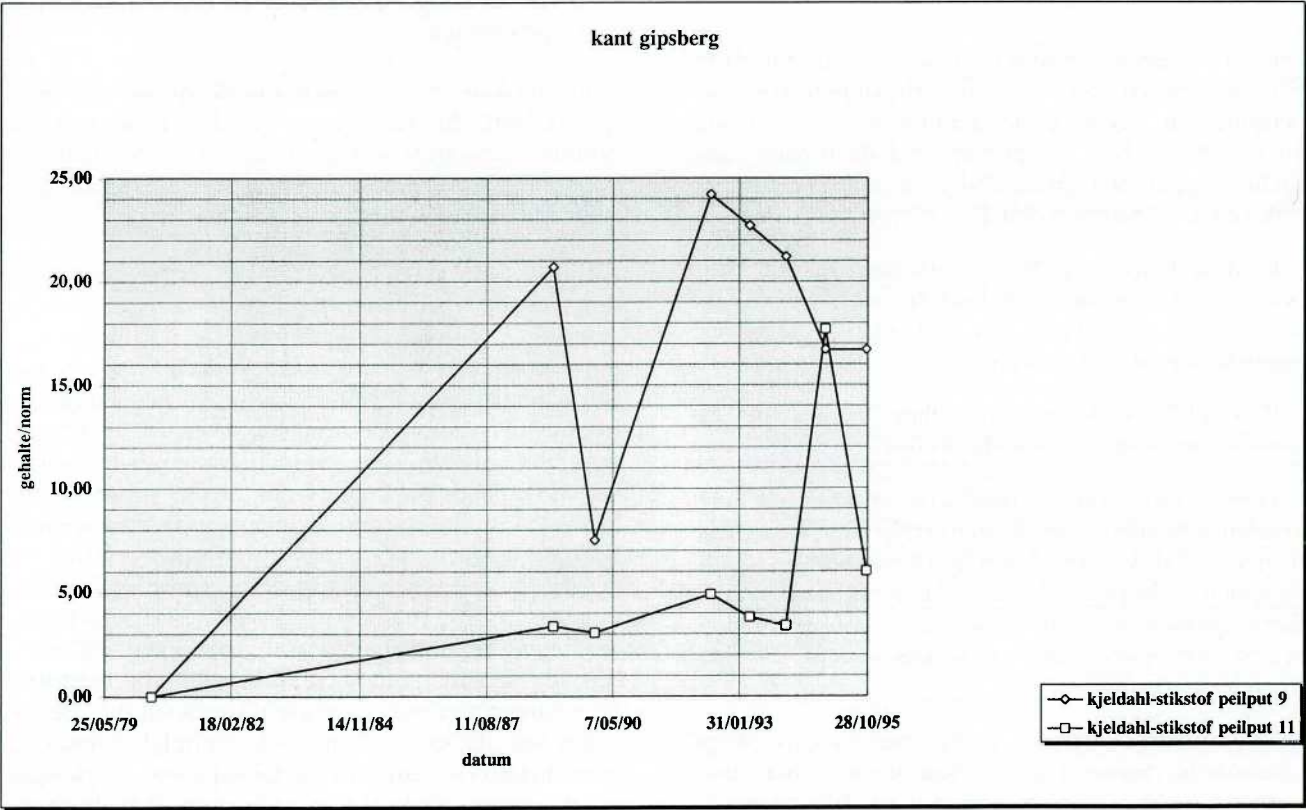


Fig. 59

Ten slotte weze opgemerkt dat ondanks de beduidende aanwezigheid van PAK's en PCB's in de geborgen baggerspecie deze elementen niet worden waargenomen in de peilputten.

Een algemene conclusie uit de peilputanalyses is dat de grondwaterkwaliteit door de baggersortplaats Callemansputte niet nadelig is beïnvloed. Alleen Kjeldahl-stikstof overschrijdt beduidend de norm in de zone het verst verwijderd van de gipsberg. Deze overschrijding is echter niet uitzonderlijk voor het grondwater in Vlaanderen.

3.3. Andere stortterreinen

De andere stortterreinen in beheer bij de afdeling Bovenschelde hebben een kortere exploitatieduur gekend en zijn dus ook minder langdurig gemonteerd. Niettemin rekenen zich ook daar gelijkwaardige tendensen af bij de analyses van het peilputwater. Er is zelden of nooit een overschrijding van de norm voor zware metalen, chloriden, sulfaten, fosfaten, nitraten en nitraat. Er is meestal een overschrijding voor Kjeldahl- en ammoniumstikstof.

4. BELEIDSPLIANNEN

Per stroomgebied worden door de Administratie Waterwegen en Zeevaren beleidsplannen voor de berging van baggerspecie gedurende de komende 20 jaar ontwikkeld. In principe zal de meeste aandacht uitgaan naar grootschalige locaties, waar voor gedurende minstens 5 jaar kan gestort worden. In deze beleidsplannen zal uiteraard de waterbeheersing en -kwaliteit aan bod komen, waaraan de hoeveelheid en kwaliteit van de baggerspecie in het betrokken gebied verbonden is.

Ruimtelijke ordening en milieu krijgen bij de selectie van stortterreinen de nodige aandacht. Hierbij moet bij de juridische criteria rekening worden gehouden met de gewestplannen, eventuele BPA's of APA's, beschermde monumenten, land-schappen, dorpsgezichten, vogelrichtlijnggebieden, Ramsargebieden, natuurreservaten, bosreservaten, oppervlaktewater, waterwinningssgebieden en het eigendomssstatuut.

Beleidsmatige criteria zijn het voorontwerp "Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen", het ontwerp "Groene Hoofdstuctuur van Vlaanderen", provinciale en gemeentelijke structuurplannen, land-

Bijzondere aandacht verdient de ontwikkeling van een lange termijnvisie. Hierbij enkele beschouwingen. De oorsprong van het fenomeen van baggerspecie ligt voornamelijk in de erosie van gronden. Door deze erosie komen gronddeeltjes in het waterlopen net terecht. Ze worden een tijdlang door het water meegevoerd en zetten zich uiteindelijk neer in de bedding van de waterloop.

Wanneer deze sedimentatie uit de waterloop verwijderd moet worden, stelt zich steeds een ruimtelijk probleem, onafgezien van de eventuele verontreiniging van de baggerspecie, met de eraan gekoppelde milieuproblemen.

Eigenlijk is er reeds een probleem aan de oorsprong van dit fenomeen, bij de erosie van de gronden: enerzijds is er een langzame waardevermindering van deze gronden, maar bovendien ook een langzame, quasi onmerkbare reëlfwijziging.

Bij het aan wal stockeren van baggerspecie zet men dus eigenlijk een eerste stap in de richting van de oorsprong van de gebagserde specie. Op lange termijn moet hoe dan ook zeker gedacht worden aan een mogelijk herstel van de erosie, en beter nog aan maatregelen om zoveel mogelijk de erosie te verminderen. Om anderzijds de sedimentatie zo dicht mogelijk bij de plaats van erosie te houden is voorerst het behoud van de oorspronkelijke, veelal kronkelende bedding van de onbevaarbare waterlopen gewenst, of desgevallend het herstel van de oorspronkelijke bedding van rechtgetrokken waterlopen. Plaatselijke verbredingen in deze kleinere waterlopen kunnen eveneens de sedimentatie dichterbij de bron houden. Het ruimen van onbevaarbare waterlopen met deponeeren van de specie binnen de wettelijk voorziene reserwaabestroom van 5 m is feitelijk een werkwijze waarbij de specie in vele gevallen vrij dicht bij haar oorsprong wordt geborgen. Door de lichte ophoging

in de 5-meterzone wordt bovendien de erosie van de naastgelegen gronden enigszins tegengehouden. Het verdient dus aanbeveling deze aloude werkwijze zoveel mogelijk te behouden.

Wanneer uiteindelijk de bevaarbare waterwegen gebaggerd moeten worden, moet de te bergen specie ruimtelijk worden ingepast, wat in een dicht bevolkt land niet zo eenvoudig is. Naast de hierboven beschreven suggesties voor aanwending als bodem, kan bruikbare specie in aanmerking komen voor secundaire grondstof, waarbij ze in een bepaalde infrastructuur nuttig wordt aangewend. Het onbruikbare gedeelte tenslotte zal op een gecontroleerde wijze geborgen moeten worden, waarbij bijzondere aandacht zal moeten uitgaan naar de inpassing in het landschap. Daarom lijkt een voor de hand liggende eerste optie het herstel van het landschap door het opvullen van ontginningsputten van zand of klei, waar in feite bruikbare grond door onbruikbare grond wordt vervangen.

SUMMARY:

Dredged material problems in Flanders

Sedimentation in waterways is a natural phenomenon. Nevertheless, sometimes it must be removed for nautical, hydraulic or ecological reasons. Contaminated sludges cause environmental problems, but however there is always a spatial problem. In Flanders there is a lack of disposal sites of more than 9.000.000 m³.

Most of the sludges will be stored on land. Among Flemish norms of sanitation of soils the quality of several waterway sludges will not be a problem for industrial areas (type V). The average of cadmium, chrome and zinc are on the level of the norm for residential area (type III). A.H.'s and P.A.H.'s arsene, copper, mercury, nickel and lead are mostly lower than the norm of nature reserves (type I).

For the large scale experimental disposal sites "Geuzenhoek" the results of the analyses of the water in the drains under each site are divided by the Flemish norm for groundwater; so a diagram higher or lower than 1 indicates an analyse exceeding the norm or not. The

5. CONCLUSIES

Baggeren blijft in Vlaanderen noodzakelijk omwille van de nautische toegankelijkheid van havens en bevaarbare waterlopen. Ook in het kader van de waterbeheersing zijn baggerwerken nodig om de veiligheid van de bevolking te garanderen. In de toekomst zullen bovendien saneringsbaggerwerken om milieuredenen actueel worden. Echter, door een schrijnend gebrek aan vergunde stortterreinen is de berging van baggerspecie op dit ogenblik een nijpend probleem.

Ervaringen met proefstorten en bestaande baggerstortterreinen wijzen gelukkig op een beperkte negatieve impact op het milieu bij de berging aan wal.

Met de beleidsplannen per stroomgebied moet op een gefundeerde manier oplossingen voor minstens de komende 20 jaar worden verwezenlijkt. Op die manier kan een bijdrage geleverd worden aan de welvaart en het leefmilieu in Vlaanderen.

results indicate the absorbing effect of a layer of glauconite sand or bentonite mixed in sand. Heavy metals cause no problems. Only nitrogen in reduced conditions exceeds obviously the norm of ground-water.

In the disposal site of "Callemansputte" the sludge of the harbour of Ghent is stored during the last 15 years. Around the pit is a 80 cm thick cement-bentonite wall, constructed into a 20 m deep clay layer. At one side of the pit there is a industrial gypsum disposal site, 35 m high. The same calculation as above is done with the results of the analyses of the water in the piezometers, inside and outside the wall. Again heavy metals, and also nitrite, nitrate and fluoride are not a problem. Differences between piezometers inside and outside the cement-bentonite wall indicate the effect of the wall. Outside the wall the sludge causes only an exceeding of the norm by nitrogen in reduced conditions.

Nowadays policy plans are studied about the storage of sludge in each river basin in Flanders.

Twodimensional model testing of the Zeebrugge NW Breakwater

by

ir. F. WENS

Flanders Hydraulics

ir. P. TROCH

Ghent University

Prof. dr. ir. J. DE ROUCK

Ghent University; Haecon N.V.

ir. B. EELEN

Flanders Hydraulics

SUMMARY

Breakwater design at this moment is based on physical scale modelling combined with the use of experimental design formulae. These formulae are all derived from scale model tests together with simplifying theoretical assumptions. Several breakwater failures in the past indicate that the state of the art on this subject suffers from a significant lack of full scale data which could give rise to safer design standards. Within the MAST II framework of the EU (MARine Science and Technology), Ghent University has coordinated a research project, involving different partners from all over the EU, of which the primary goal was to collect full scale data on breakwater behaviour under wave attack, namely at the Zeebrugge NW Breakwater at the Belgian coast. Flanders Hydraulics, the hydraulic research laboratory connected to the Ministry of the Flemish Community, has taken part in the project, namely in conducting physical scale model tests parallel to the full scale measurements on site. This article describes these tests and summarises some important results concerning wave runup, wave setup and wave forces on armour units.

1. INTRODUCTION

During the 1980s, the construction of the Zeebrugge Outer Harbour at the Belgian coast has been one of the largest public works of that decade. The main activity was the construction of the two outer breakwaters reaching up to 3 km in the North Sea

and protecting inner harbour activities from severe wave conditions. Figure 1 gives an overview of the Zeebrugge outer harbour. The cross section of the NW breakwater is schematically shown in figure 2. Its main parts are the armour layer at the seaside (5; grooved 25 T antifer cubes), the filter layer (4; 1-3 T), the breakwater core (3; 2-300 kg) and the toe protection berm (6; 3-6 T). The structure is fully permeable and is meant to absorb the incoming wave energy.

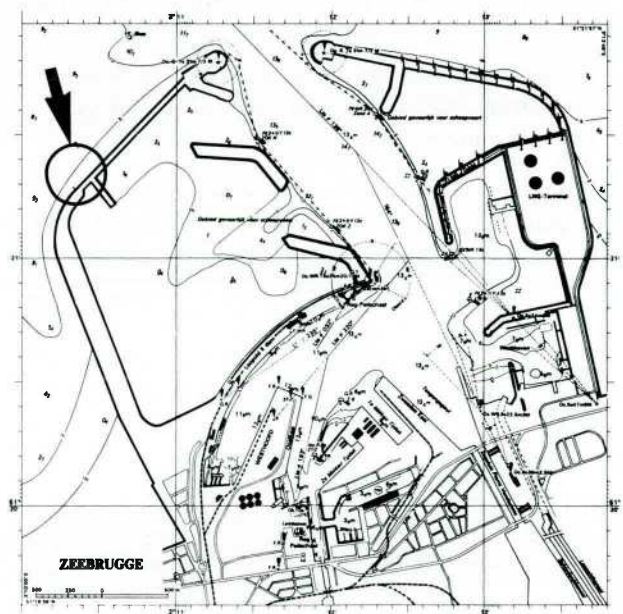


Fig. 1. — The Zeebrugge outer harbour and the location of the measurement jetty.

of the Zeebrugge breakwater which differed from each other in the applied overall scale and scaling law. This article describes the tests carried out at Flanders Hydraulics within the scope of this project and summarises results concerning wave runoff on the breakwater slope, wave setup inside the breakwater core and wave forces on the grooved 25 T antifer cubes.

2. DESCRIPTION OF THE PHYSICAL MODEL

The wave flume at Flanders Hydraulics which is used for the tests has a length of 70 m, a width of 4 m and a depth of 1.45 m and is equipped with a piston type wavemaker. Considering the depth of the flume, a geometric scale of 1/20 has been chosen to model the Zeebrugge NW breakwater. According to the Froude scaling law, other physical properties have scales, assuming that $\rho_{\text{seawater}} = 1.03 \rho_{\text{fresh water}}$ according to table 1. Figure 3 shows the physical model as it is built in the flume.

It should be mentioned here that Froude law scaling is based on the Navier-Stokes equations and thus assumes fully turbulent flow. Fully turbulent flow can be expected in the armour layer and in the filter layer. The flow regime in the core however will not be fully turbulent, but in the transition between laminar and turbulent flow, which gives rise to scale effects. Laminar flow is characterised by a hydraulic gradient i proportional to the velocity U (cf. Darcy formula for ground water flow). Turbulent flow is

TABLE 1 — Scaling according to Froude law

Property	Units	Length m	Area m ²	Volume m ³	Time sec	Force
		1/20	1/400	1/8000	1/4.47	1/8,240
	Scale					

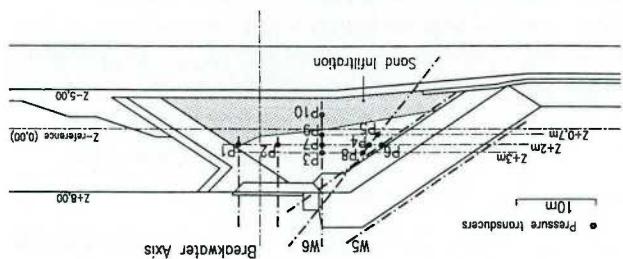


Fig. 3. — Physical scale model of the Zeebrugge breakwater and instrumentation.

Design of breakwater armour layers is at this moment based on either the stochastic Hudson and Van der Meer formulae or on physical model tests. Numerical modelling is actually in full progress (see e.g. [1]) but is not ready yet for design purposes. Severe breakwater failures all over the world in the past have shown that it is not possible at the present time to determine failure risks of breakwater structures with a satisfactory degree of accuracy. Lack of data about wave attack on a full scale breakwater and a certain unreliability, due to scale effects, of physical breakwater models have been recognised as the missing link towards safe design rules.

After construction of the NW breakwater, a cross section of the structure has been instrumented for monitoring and maintenance purposes (i.e. the so called "measurement jetty", see also in figure 1). Several pressure sensors inside the breakwater core and wave staffs in front of the breakwater slope have been installed. From February 1993 until January 1996, Ghent University has coordinated a project within the MAST II framework of the EU (Project No. MAS02-CT92-0023). This project has dealt mainly with the re-engineering and exploitation of the measurement jetty. Three hydraulic research laboratories (University College Cork in Ireland, Aalborg University in Denmark and Flanders Hydraulics in Belgium) have been included in the project as partner institutions to perform two-dimensional model tests on a similar breakwater section as the one at the Zeebrugge location.

Two main objectives of the project were:

- to obtain full scale data on the behaviour of the Zeebrugge NW breakwater under wave attack and
- to describe scale effects in physical modelling by comparing full scale data with different sets of physical model data.

For the sake of the second objective, the above mentioned laboratories all built a 2D physical model

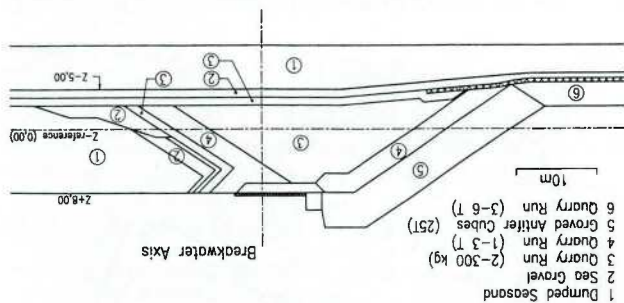


Fig. 2. — The Zeebrugge NW breakwater cross section.

characterised by the hydraulic gradient i proportional to U^2 . Flow in a medium like a breakwater core is in the transition between laminar and turbulent flow, characterised by the hydraulic gradient $i = aU + bU^2$, where a and b depend on core material characteristics and core porosity. Different authors have tried to describe scaling laws based on the similarity of i between prototype and scale model (see e.g. Jensen and Klinting [2]) which results in larger stone sizes for the core material than predicted by Froude. Since the physical model in Flanders Hydraulics' tests is Froude scaled, it does not take laminar flow in the breakwater core into account.

During the construction of the Zeebrugge harbour, mud and some sand have been dumped in front of the SW breakwater. Due to currents and waves, this sand has been transported to the measurement jetty area and has been washed into the breakwater core. Based on sand level recordings on site, the model has been rebuilt including this sand infiltration in order to investigate its influence on breakwater behaviour.

The model is equipped with pressure transducers inside the breakwater core (as in the prototype structure) and wave gauges in front of the breakwater as shown in figure 3. Both models (without and with sand infiltration) have been tested with regular as well as irregular waves at different water levels. Wave heights range from 1 m to 5 m prototype and still water levels (SWL) vary between the prototype values $Z + 0.32$ m (MLWL) and $+5.92$ m (MHWL + setup due to wind).

3. WAVE RUNUP

Wave action on a rubble mound structure will cause the water surface to oscillate over a vertical range generally greater than the incident wave height. As shown in figure 4, runup Ru is defined as

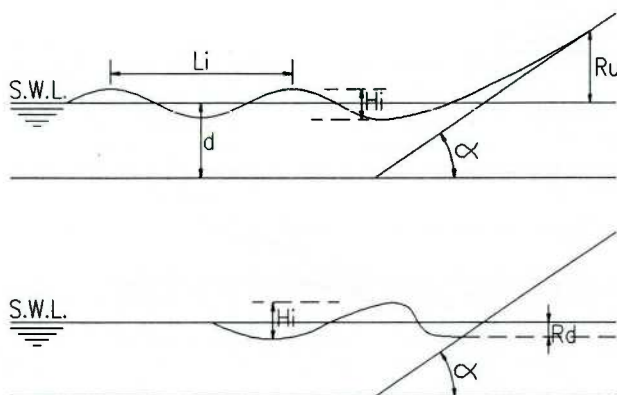


Fig. 4. — Wave runup and rundown on a slope.

the vertical distance between the still water level and the highest point attained by the wave up-rush on the slope. In a similar way, rundown Rd is defined as the vertical distance between the still water level and the lowest point the wave down-rush reaches on the slope. The runup level will be used to determine the level of the structure crest, the upper limit of protection or other structural elements, or as an indicator of possible overtopping. The rundown level is often used to determine the lower extent of main armour protection and a possible level for a toe berm. In the physical model, a wave gauge ($W5$ in figure 3) is placed parallel to the armour slope to measure wave runup and wave rundown.

Runup and rundown are often related to the incident wave height to obtain a dimensionless form Ru/H . This parameter is found to be primarily dependent on wave steepness s defined as

$$s = \frac{2\pi H}{gT^2}$$

H being the incident wave height, T the wave period and g the acceleration of gravity. A very useful parameter describing wave action on a slope is the surf similarity parameter ξ , also termed as the Irribaren number:

$$\xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{s}}$$

where α is the slope angle. The magnitude of runup in a signal is quantified as $Ru_{2\%}$ for irregular wave tests and as the RMS runup value for regular wave tests. $Ru_{2\%}$ is defined as the level which is exceeded by 2% of the waves in the runup time series. Similar quantities are determined for the wave rundown, namely an $Rd_{98\%}$ for irregular wave tests and a RMS value for regular wave tests.

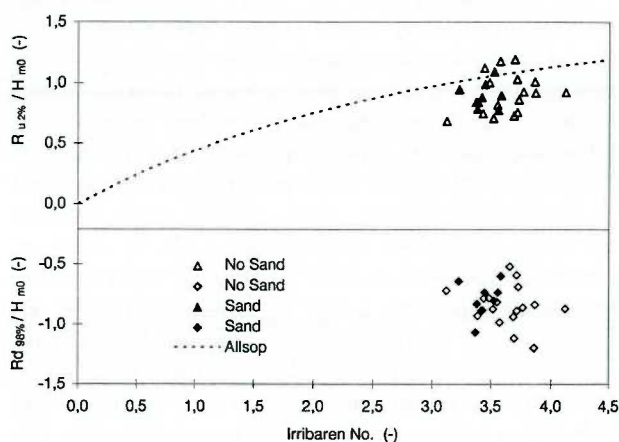


Fig. 5. — Runup and rundown characteristics — irregular waves.

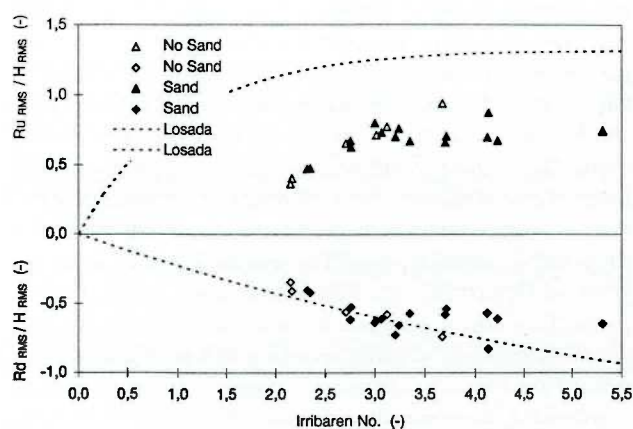


Fig. 6. — Runup and rundown characteristics — regular waves.

Results of this analysis are shown in figures 5 and 6 for both irregular and regular wave tests. Both plots include experimental curves found by other researchers: Losada and Gimenez-Curto [4] for regular waves and Allsop et al. [5] for irregular waves.

It is clear from the figures that the sand infiltration in the breakwater core has no influence on the runup and rundown characteristics of the armour layer. Calculated runup values for irregular waves agree well with Allsop's curve. However, measured values for Ru have to be considered as a lower limit for Ru . This is due to the imperfection of the runup gauge. Namely, the wave from at maximum runup has a very thin leading edge which is very difficult to measure exactly with a wave gauge on top of the armour layer. The same remark applies for the regular wave tests. Wave rundown does not suffer this problem. Due to the wave form, the level, measured by the runup gauge at maximum rundown, is much closer to the actual level than at maximum runup.

4. INTERNAL PHREATIC SETUP

The term setup generally refers to a rise in mean water level due to wave action. Internal phreatic setup is the water level setup in the breakwater core. This internal setup can be explained by considering the length and cross section of a flow tube during inflow and outflow. During inflow, at the moment of wave runup, the cross section is relatively large and the flow lines relatively short. Outflow takes place in the lower part of the breakwater, at the moment of rundown. The cross section is relatively small and the flow lines relatively long. In order to obtain an outflow which equals the inflow, the outflow velocity must be higher than the inflow velocity. Eventually, this leads to an internal setup which increases the hydraulic gradient during outflow and decreases the hydraulic gradient during inflow.

With regard to breakwater stability, internal phreatic setup can give rise to increased pore pressures in the mound and thus decreases the shear resistance which may lead to the structure's instability. The above description demonstrates that the level of internal setup is closely related to the porosity of the breakwater core. This is why breakwater stability depends, amongst other parameters, on the structure's porosity.

Figures 7 and 8 show the internal setup measured at wave gauge *W6* and pressure transducer *P2* (see figure 3) as a function of incoming wave height H_{m0} (H_{m0} is the wave height derived from the energy content of the recorded signal). The following conclusions can be drawn:

- Internal setup starts to show only from approximately $H_{m0} = 1.5$ m.
- Measured setup is lower for SWL at $Z + 5.92$ m than for SWL at $Z + 4.62$ m. This is explained by the fact that the mound at $Z + 4.62$ m is wider and thus the distance between the sensor (*W6* or *P2*) and the armour layer larger than at $Z + 5.92$ m.
- The influence of sand infiltration in the core on internal setup is clear, especially from figure 8. The porosity of the core material used in the physical model (Tout Venant TV) has been measured to be 44%. When sand infiltrates the core, then the porosity of the core will decrease significantly. This explains why measured setup values are larger for a core with sand infiltration than for a core without sand infiltration.

From the point of view of phreatic setup and pore pressures, it can be stated that a breakwater's core should be as porous as possible.

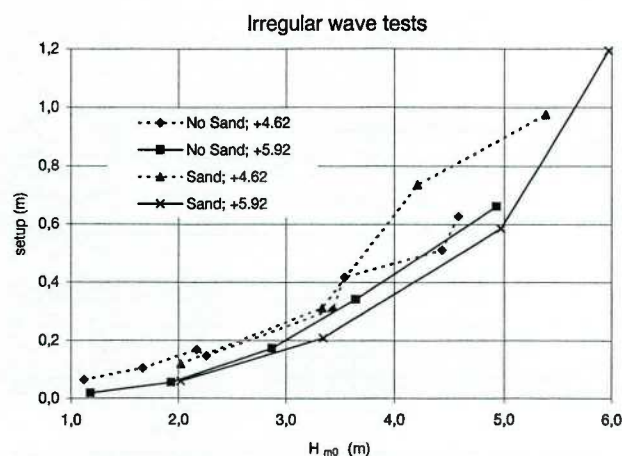


Fig. 7. — Internal phreatic setup at wave gauge *W6*.

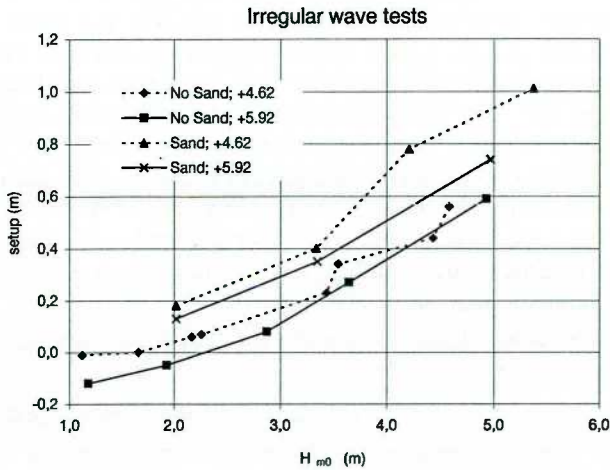


Fig. 8. — Internal phreatic setup at pressure sensor P2.

5. WAVE FORCES ON ARMOUR UNITS

5.1. Background

The hydraulic stability of massive armour units, like e.g. the Zeebrugge grooved antifer cubes, under wave attack is mainly determined by its own weight. Other types of units (e.g. the slender dolos unit) have an additional stability resulting from the interlocking between units.

The Hudson formula which is prevalently used for the design of armour layer units is derived, based on an analytical calculation of wave forces on an armour unit. Figure 9 sketches the situation. The resulting force F_F from a fluid flow around a unit is the vectorial sum of a drag force F_D (consisting of both a form and a surface drag), a lift force F_L and an inertia force F_I (consisting of inertia force and added mass).

These forces relate to the flow field around a unit as follows:

$$F_D = \frac{1}{2} \rho_w C_D A |\bar{v}| \bar{v}$$

$$F_L = \frac{1}{2} \rho_w C_L A |\bar{v}| \bar{v}$$

$$F_I = \rho_w C_I V \frac{\partial \bar{v}}{\partial t}$$

where ρ_w is the density of water, A is the cross sectional area perpendicular to the flow velocity vector $\bar{v}$ and V is the volume of the unit. C_D , C_L and C_I are empirical coefficients, primarily depending on a Reynolds number Re , the Keulegan-Carpenter number KC and the shape of the unit. The flow field around the unit, characterised by the velocity vector

$\bar{v}$ is highly non-stationary and very difficult to describe.

The stabilising force is the unit's weight $F_g = (\rho - \rho_w) V g$, ρ being the unit's mass density. Hudson makes a few simplifying assumptions concerning the fluid flow:

- The inertia forces are neglected (quasi-stationary flow).
- $\bar{v}$ is substituted by the characteristic particle velocity $(gH)^{1/2}$, H being the incoming wave height.

Considering the complex flow field, the complicated shape of the units and their random placements, it is clear at this point that the stability analysis cannot be performed in a deterministic way. A stochastic approach will be necessary to relate the response of the armour units directly to incident wave characteristics. A qualitative stability ratio can be formulated as the gravity force divided by the drag plus lift force:

$$\frac{F_g}{F_D + F_L} \approx \frac{(\rho - \rho_w) D}{\rho_w H}$$

where D is a characteristic cube length, e.g. the nominal stone diameter $D_n = (M/\rho)^{1/3}$. A dimensionless coefficient K_D is introduced, replacing all other coefficients involved: C_D , C_L , the influence of the unit's shape, the influence of wave characteristics through the assumption $\bar{v} = (gH)^{1/2}$. Thus, K_D depends on Re , structural parameters and a damage level. If $\Delta = \rho/\rho_w - 1$ and introducing the influence of the slope angle α , then the condition for non-exceedance of a certain degree of damage is commonly written as:

$$\frac{H}{\Delta D} = (K_D \cot \alpha)^{1/3}$$

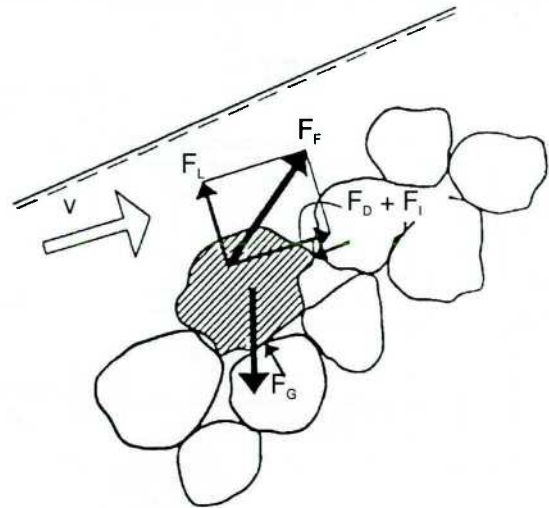


Fig. 9. — Wave forces on an armour unit.

The ratio $H/\Delta D$ is a stability parameter (commonly denoted as N_s) from which the required cube weight can be calculated. K_D is an empirical coefficient determined from model test results. The values of K_D given in literature relate to the type of armour and the degree of damage.

Hudson's formula for the determination of a unit's required weight will never be precise because of important parameters, like e.g. wave steepness, do not enter explicitly in the formula. Van der Meer [3] conducted extensive model tests to improve the accuracy of Hudson's formula and included wave steepness, structure permeability and storm duration in the design of armour units.

5.2. Measuring wave forces in the laboratory

For measuring wave forces on a 25 T grooved antifer cube in a laboratory environment, a concept based on a Linearly Variable Differential Transformer (LVDT, see figure 10) is designed at Flanders Hydraulics. The upper part of an armour unit (top plane and 4 side planes) is connected to the bottom plane by one LVDT, mounted in one direction. The LVDT acts as a spring, so the measured displacement relates directly to a force. The construction of the cube is such that the upper part moves relative to the bottom part in the direction of the LVDT axis. All side planes of the cube have sufficient stiffness in order not to bend under the influence of water pressure distribution on them. Since only one LVDT can be mounted in a model cube, the force in only one direction can be measured.

Flanders Hydraulics has constructed a model unit according to this concept and installed the device in the armour layer of the Zeebrugge scale model. The LVDT in the cube is parallel to the armour slope and

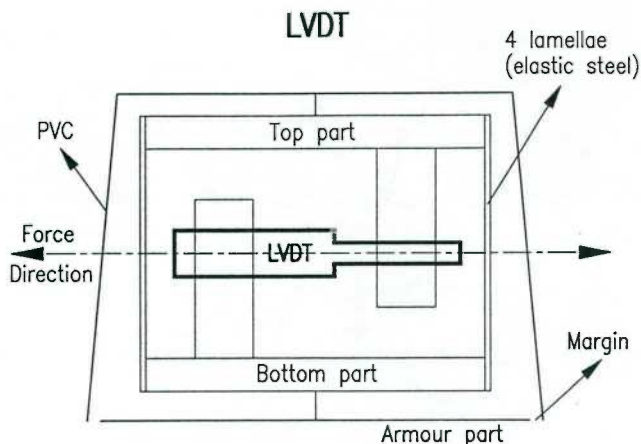


Fig. 10. — LVDT concept for measuring wave forces on a model antifer cube (side view).

points from the breakwater toe towards the breakwater crown, which means that only forces in the runup-rundown direction will be measured (figure 11). The cube is mounted on a perforated steel plate which is placed between the two layers of 25 T antifer cubes. Surrounding cubes rest on this plate and keep it in place. Care is taken for the surrounding cubes not to touch the instrumented cube. Tests are carried out including only regular waves at three different still water levels, namely

- a water level at which the cube is *fully submerged*,
- a water level at which *half the cube is submerged*,
- and a water level at which the cube is *emerged*.

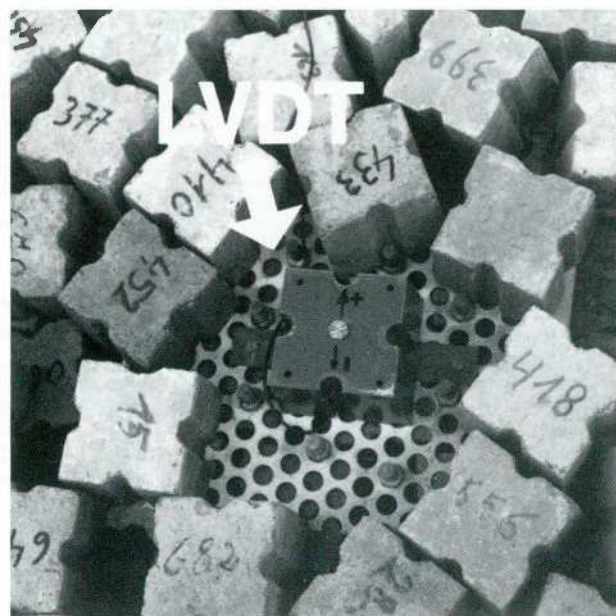


Fig. 11. — Installation of the wave force transducer in the model armour layer.

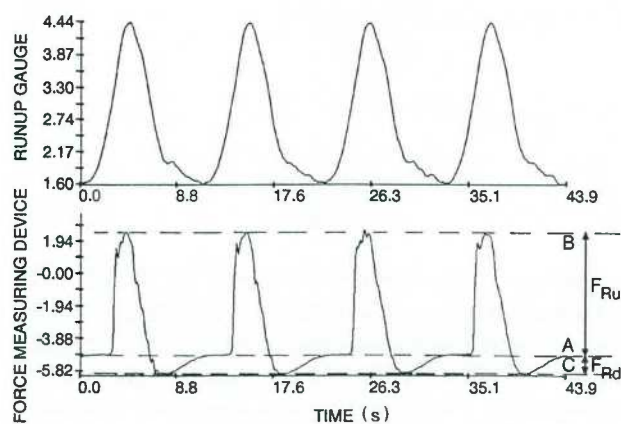


Fig. 12. — Measured signals from the runup gauge W5 and the LVDT transducer.

Figure 12 shows the recorded signal from the LVDT device together with the recorded signal from the runup gauge W5 in a test run where the cube is emerged. Line A in this figure corresponds to the force on the unit exerted by its own weight (in this case, the cube is not submerged). If the cube is positioned under the SWL, then line A cannot be drawn from the time series. In that case, line A is measured during still water before the test). Line B is drawn at the maximum upward force during wave runup. The difference between B and A is called F_{Ru} . Line C is drawn at the maximum downward force, which is seen to occur almost at maximum wave rundown (i.e. not *during* rundown, which would imply that maximum rundown velocity occurred *at the moment of* maximum rundown). The difference between C and A is called F_{Rd} .

F_{Ru} and F_{Rd} have been related to the weight W of an armour unit (25 tons) and plotted against runup Ru and rundown Rd (figures 13 and 14). Measured runup forces range from 0.2 W to 0.5 W . Measured rundown forces are relatively lower: they go from 0.05 W tot 0.25 W . Runup forces are lower for the semi-submerged and submerged cube than for the emerged cube. Important runup velocities give rise to important upward forces above SWL. Moreover, runup forces for the cube above SWL are very well correlated to wave runup values which is not seen for the submerged cube. If, based on energy considerations, wave runup can be assumed to be proportional to v^2 (v is the local fluid velocity), then the runup force is also proportional to v^2 :

$$F_{Ru} \approx Ru \approx v^2$$

This implies that for a cube above SWL, the drag force F_D is predominant during wave runup.

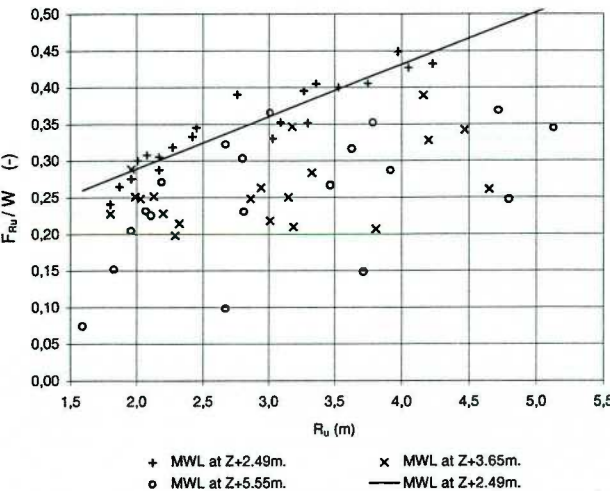


Fig. 13. — Measured wave forces during runup for different mean water levels.

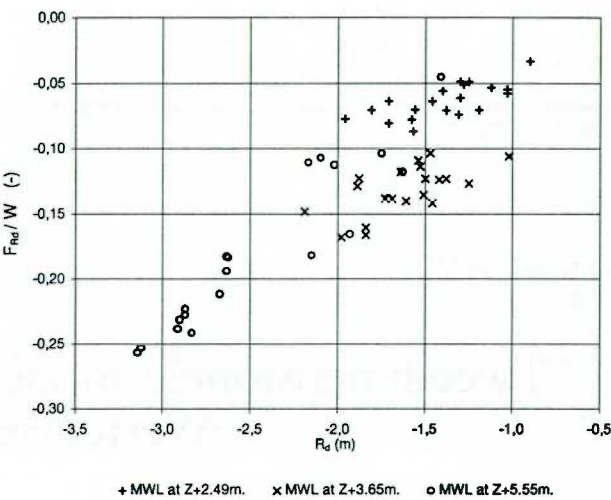


Fig. 14. — Measured wave forces during rundown for different mean water levels.

6. CONCLUSIONS AND FUTURE OUTLINES

The article only describes part of a MAST II research project, namely the physical model tests carried out at Flanders Hydraulics in support of important full scale measurements in Zeebrugge. Results concerning wave runup, wave setup and wave forces on armour units are brought forward. Besides the conduction of model tests as described above, it is important to mention here that the measurement jetty on site is fully operational at the moment of finishing the project (January 1996). Since full scale data on behaviour of breakwaters are so important in the scope of establishing safer design methods, the jetty should be kept in good operational condition in the future. Proposals for further research will be submitted within the MAST III program of the European Union.

7. ACKNOWLEDGEMENTS

This study is part of a research project (Project No. MAS02-CT92-0023) within the MAST II framework of the European Union.

REFERENCES

1. VAN GENT, M. R. A. : Wave interaction with permeable coastal structures. Delft University of Technology, Communications on Hydraulic and Geotechnical Engineering, December 1995.
2. JENSEN, O. J., KLINTING, P. : Evaluation of scale effects in hydraulic models by analysis of laminar and turbulent flow. Coastal Engineering, Vol. 7 No. 4, pp. 319-329, 1983.

3. VAN DER MEER, J. W.: Conceptual design of rubble mound breakwaters. Delft Hydraulics publications No. 483, dec. 1993.
4. LOSADA, M. A., GIMENEZ-CURTO, L. A.: Mound breakwaters under oblique wave attack. Coastal Engineering 6, pp. 83-92, 1982.
5. ALLSOP, N. W. H., HAWKES, P. J., JACKSON, F. A., FRANCO, L.: Wave runup on steep slopes; Model tests under random waves. Report No. SR2, Hydraulics Research Wallingford, 1985.
6. TROCH, P., DE ROUCK, J.: Wave forces on armour units. Technical report MAS02-CT92-0023, 46 pp., 1993.

SAMENVATTING:

Tweedimensionele modelproeven van de Zeebrugse Westelijke Havendam

In het kader van het MAST II Programma van de Europese Unie heeft het Vlaams Waterbouwkundig Laboratorium (VWL) deelgenomen aan een onderzoeksproject dat gegevens verzamelt over het gedrag van golfbrekers o.i.v. golfaanval. Dit project vertrekt van de instrumentatie van een golfbreker op volle schaal, nl. de Zeebrugse Westelijke Havendam en voegt daar laboratoriummetingen aan toe. De gegevens omvatten aldus zowel prototype- als schaalmodelmetingen en zijn van onschatbare waarde voor het beter begrijpen van het geohydraulische gedrag van golfbrekers.

Dit artikel beschrijft de tweedimensionale proeven die door het VWL zijn uitgevoerd naar aanleiding van het MAST II project. Gezien hun belang in het ontwerp van golfbrekers, worden enkele punten nader toegelicht, nl. golfploop op de deklaag, golfopzet in de golfbrekerkern en krachten op de deklaagelementen. Steeds wordt van deze punten het belang in het ontwerp aangegeven en worden de meetresultaten in dit onderzoek voorgesteld.

RECENSIES

OVERZICHT VAN TIJDSCHRIFTEN

1) M EN L

Nr. 3 – 1996

- De vloeiweide of watering te Lommel-kolonie
- Hout in dienst van de ideologie. De restauratie van het meubilair van de Onze-Lieve-Vrouwebasiliek te Kortenberg
- De luister van de polychromie; twee eclectische salondecoraties te Brussel

* * *

2) GROENKONTAKT

Nr. 3 – 1996

- Natuur en natuurontwikkeling in de stedelijke omgeving
- Demonstratie-plantentuin

Sedert enkele jaren bestaat op de terreinen van het Land- en Tuinbouwinstituut van Oedelem (nabij Brugge) een demonstratie-plantentuin waarin een groot assortiment bomen en heesters op een systematische wijze zijn aangeplant.

* * *

3) W.T.C.B. TIJDSCHRIFT

Nr. 2 – 1996

- Stabiliteit van borstweringen: praktische berekening volgens STS 54
- Korrosiewerende bescherming van staalkonstrukties door middel van zink

De corrosiewerende bescherming van staalkonstrukties door middel van zink of zinklegeringen is weliswaar reeds lang gekend, maar werd en wordt nog steeds niet naar waarde geschat. Dat is vaak het gevolg van tegenslagen te wijten aan een gebrek aan informatie of kennis van de desbetreffende mechanismen. In dit artikel willen wij de ideeën terzake op een rijtje zetten om een geschikte keuze te maken uit de verschillende bestaande systemen.

- Krimp- en kruipwaarden van beton. Berekening volgens de nieuwe norm NBN B 15-002

Dit artikel geeft de nomogrammen voor de berekening van de krimp en kruip van beton volgens die nieuwe regels. Voorts wordt verwezen naar de pagina's die betrekking hebben op de door de norm behandelde punten.

- Uitvoering van mortelvoegen. Toelichting bij enkele klachten na het opvoegen

- Nieuwe Belgische reglementering inzake brandpreventie: het geval van lage gebouwen

* * *

4) CEMENT

Mei – 1996

- Bouw van de Hartelkering

De Hartelkering, de waterkering waarmee de «achterdeur» van het Rotterdamse havengebied naar de zee wordt afgesloten, nadert zijn voltooiing.

In hoofdzaak bestaat het project uit:

- het bouwen van drie waterpijlers, als uitbouw van de bestaande Hartelbrug, waarop in totaal vier heftorens worden geplaatst; (fig. 1)
- het bouwen en plaatsen van twee stalen hefschuiten, 100 m en 50 m lang;
- het maken en plaatsen van de complete hydraulische hefinstallaties;

- Trillingsvrij inbrengen van prefab betonpalen

Een deel van de prefab betonpalen onder het nieuwe 105 m hoog hoofdkantoor van de Generale Bank Nederland in Rotterdam is trillingsvrij geïnstalleerd.

- Waalbrug Zaltbommel (IV): bouwfaseberekeningen voor het alternatieve ontwerp

In *Cement* 1996, nr. 4 is aangegeven dat op een aantal momenten in elke uitbouwcyclus gegevens nodig zijn om de uitbouwwagen te kunnen stellen, om de tuikabels te kunnen spannen en om de geometrie van het gereede deel te controleren. In dit afsluitende artikel wordt uiteengezet hoe deze gegevens zijn bepaald, welke doelen daarbij zijn nagestreefd en hoe de theorie zich verhoudt tot de

— Toepassingsmogelijkheden van fijn zand in beton

Om inzicht te krijgen in de mogelijkheden van fijner zand als betonzand, is onderzoek uitgevoerd naar de prestaties van beton met zand van verschillende graderingen.

— Bedrijfsvloeren voor koel- en vriescellen

Eisen en randvoorwaarden voor «op staal» gefundeerde vloerconstructies in koel- en vriescellen, aangevuld met enkele ontwerp- en uitvoeringsaspecten.

* * *

6) CEMENT Juli – 1996

— Herinrichting Laakhaven te Den Haag

Het Haagse Laakhavengebied krijgt een nieuwe bestemming voor wonen, werken, studeren en recreëren.

Hierbij werd de mogelijkheid aangegrepen om een garage ondergronds te bouwen onder water om de levendigheid van een gebied niet te beperken (fig. 4).

— Onderzoek constructief metselwerk (VII): naar ontwerpregels voor dilatatievoegen in metselwerk

De relevantie van de numerieke breukmechanica voor de beschrijving van het mechanische gedrag van metselwerk.

— Ervaringen met Arapree kunststof voorspanwaping

Arapree is een acroniem voor **aramid prestressing element**. Dit was de merknaam voor wapeningselementen met ronde of stripvormige doorsnede, die bestaan uit aramidevezels, die in de lengterichting van het element gebundeld zijn ingebed in epoxyhars. Door HBG zijn vijf proefprojecten gemaakt waarin met Arapree voorgespannen elementen van geprefabriceerd beton zijn toegepast. Dit artikel beschrijft de ervaringen met die projecten en geeft aan waarom, mede in verband hiermee, HBG de ontwikkeling heeft beëindigd.

— Diepe persschacht voor leidingtunnel Moerdijk

Voor het transport van stoom is op het industrieterrein Moerdijk een 300 m lange verbindingsleiding

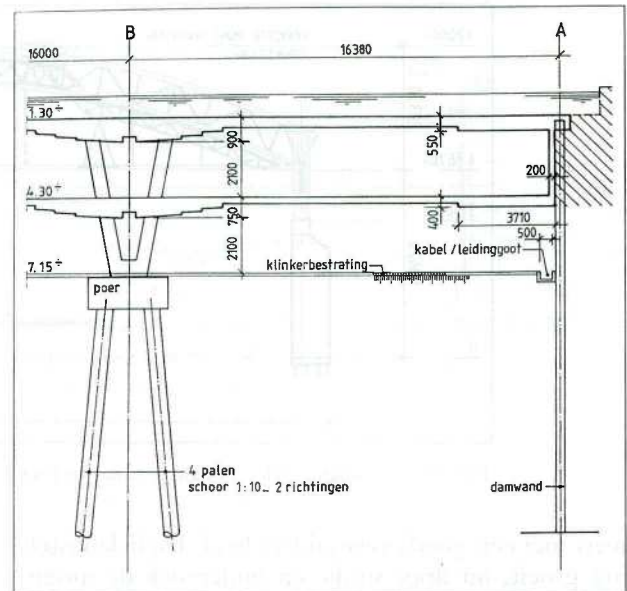


Fig. 4. — Constructief principe van de parkeergarage

aangelegd. De leiding ligt op een diepte van 28 m. Voor het op grote diepte toegankelijk maken van deze tunnel is een relatief goedkope oplossing gevonden (fig. 5).

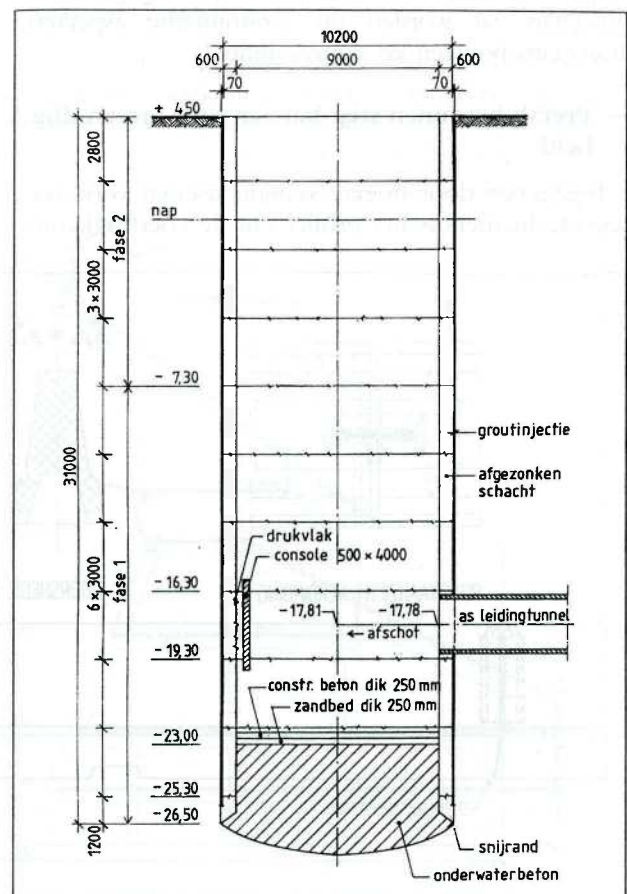


Fig. 5.

— Hydrofoberen van beton

De resultaten van het vervolg van het meerjarige onderzoeksprogramma van TNO Bouw naar het hydrofoberen van beton verschenen onlangs in een eindrapport.

In dit artikel wordt ingegaan op de effecten van hydrofoberen op chloride-indringing, corrosie van de wapening en vorst-dooizout-bestandheid. Ook wordt ingegaan op de invloed van een aantal praktijkomstandigheden bij de applicatie van hydrofo-beermiddelen.

* * *

7) BOUWDIENST MAGAZINE Juli – 1996

— Ondergronds bouwen, het lange termijn alternatief

Het gebrek aan ruimte dwingt ons min of meer om te gaan zoeken naar nieuwe alternatieven. Maar het probleem bij ondergronds bouwen blijft de prijs. De hoge stichtingskosten maken veel emoties los. Klaas Jan Bakker en Henk Oud van de Bouwdienst proberen in rationele bewoording licht in de duisternis te brengen. Beide heren zijn eensgezind in de stellingname dat ondergronds bouwen onbetwist het alternatief is voor de lange termijn.

— Conserverings- en uitvoeringsperikelen bij de schuiven van de Oosterscheldekering

Op dit moment wordt groot onderhoud gepleegd aan de conservering van dertig schuiven van de Oosterscheldekering. Na inspectie bleek namelijk dat deze conservering was beschadigd. Maar wat is de oorzaak van deze schade en wat kunnen we hiervan leren voor de toekomst op het gebied van conservering?

* * *

8) BOUWEN MET STAAL Mei-juni – 1996

— Aanbevelingen maken inpassing in het ontwerp eenvoudig — Elektrische liften in staal-skeletbouw

— Onbeklede staalconstructie voldoende brandveilig

Bijna niets is gewoon aan dit kantoorgebouw: de geheel beglaasde gevel, de combinatie van kleine werkcoupés met grote gemeenschappelijke werkruimten en de techniek die nergens is verstopt. De brandveiligheid is ingenieus opgelost door gebruik te

maken van het concept van natuurlijke brand, in combinatie met actieve en passieve brandveiligheidsmaatregelen. Het staalskelet kon daardoor grotendeels toe zonder brandwerende bekleding.

— Schuiven met mogelijkheden

De Hartelkering vormt het sluitstuk in de waterkering van Zuid-Holland. De twee stalen hefschuiven met een overspanning van 49,3 m en 98,0 m komen eind 1996 in gebruik (fig. 6).

* * *

9) BULLETIN DES LABORATOIRES DES PONTS ET CHAUSSEES N° 203 – 1996

— Étude des caractéristiques photométriques des bétons bitumineux drainants

L'emploi des bétons bitumineux drainants (BBDr) se généralise sur le réseau routier français. Sur les sections éclairées, on constate des écarts importants entre les niveaux de luminance obtenus sur site et ceux calculés lors du dimensionnement de l'installa-

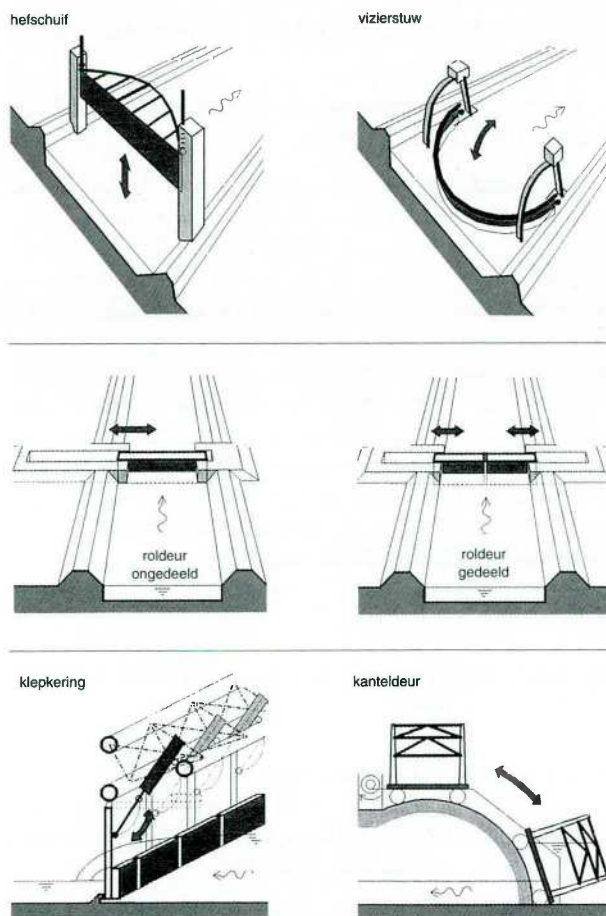


Fig. 6a. — Principe van de zes varianten van de Hartelkering



Fig. 6b.

tion. La méconnaissance de la réponse photométrique des BBDr en est la cause. Un chantier expérimental comportant différentes formules de BBDr a permis une étude sur l'évaluation et l'évolution dans le temps des caractéristiques photométriques.

— **L'essai pressiométrique et la charge portante en pointe des pieux**

Cet article passe en revue les évolutions, sur plus de trente ans, des recommandations, règlements ou normes relatifs à la détermination par essai pressiométrique du facteur de portance k_p en pointe des pieux, pour les sols pulvérulents ou purement cohérents.

— **Étude des déformations différées du pont de Savines (Haute-Alpes)**

Le pont de Savines appartient à la première génération de ponts en béton précontraint construits, en France, par encorbellements successifs. L'inconvénient majeur de ce type de ponts, qui sont articulés en clé, est l'abaissement progressif des extrémités des consoles dû, en grande partie, à la sous-estimation des déformations différées du béton. L'objectif de cette étude est donc d'apporter une contribution à l'explication de ce phénomène, en s'aidant des nouveaux codes de calcul du béton précontraint aux états limites (BPEL 91 et CEB-FIP 90) qui intègrent de nouvelles lois relatives aux déformations différées des matériaux.

* * *

**10) ANNALES DES PONTS ET CHAUSSEES
N° 77 - 1996**

Thème général: Aménagement et Territoires

— **L'architecture, la ville et le territoire — Incertitudes et évolutions récentes**

L'extrême diversité des tendances architecturales d'aujourd'hui, les unes héritières du modernisme, les

autres en réaction contre lui, peut s'interpréter comme l'expression de nouveaux rapports entre l'architecture, la ville et le territoire. Les évolutions technologiques récentes qui font échapper la ville et le territoire aux caractérisations traditionnelles, induisent, par voie de conséquence, une production architecturale souvent contradictoire.

* * *

**11) ANNALES DES PONTS ET CHAUSSEES
N° 78 - 1996**

Thème général: Nouvelles Technologies pour la Ville

— **La bicyclette s'électrise au Japon**

Apparu à l'automne 1993, ce nouveau concept de deux-roues — administrativement, c'est une bicyclette et le moteur électrique n'est qu'un adjuvant, utilisé si besoin est — a accompli une percée spectaculaire. Peut-on y voir une autre manière de vivre la ville (fig. 7)?



Fig. 7. — Facile, agréable, voici la bicyclette électrique. (Publicité pour le modèle Racoon de la firme Honda)

- Les systèmes de transport intelligent
- La télématique et les transports : un nouveau secteur d'activités

Un marché considérable devrait s'ouvrir pour les applications de la télématique aux transports, une fois surmontés les obstacles financiers et politiques. L'avenir dira si la France a trouvé sa place dans ce domaine d'activités. En attendant, l'État a un rôle à jouer : appui des initiatives industrielles, mise en place de sites-pilotes, création d'une mission Interministérielle «Transport Intelligent».

* * *

12) TRAVAUX
N° 719 – 1996

Thème de ce numéro : Ponts

- Devons-nous repenser nos codes?
- Le franchissement des voies SNCF par l'A86 à Drancy (Seine-Saint-Denis) Première partie. De la conception aux études d'exécution

Le viaduc de Drancy, avec ses deux tabliers parallèles de 330 m de longueur et de 35 m de largeur totale, est certainement l'ouvrage d'art le plus spectaculaire avec ses importantes protections acoustiques. L'exploit technique réside dans le poussage d'un tablier équipé de la totalité de ses équipements sur une portée maximale de 60 m (fig. 8).

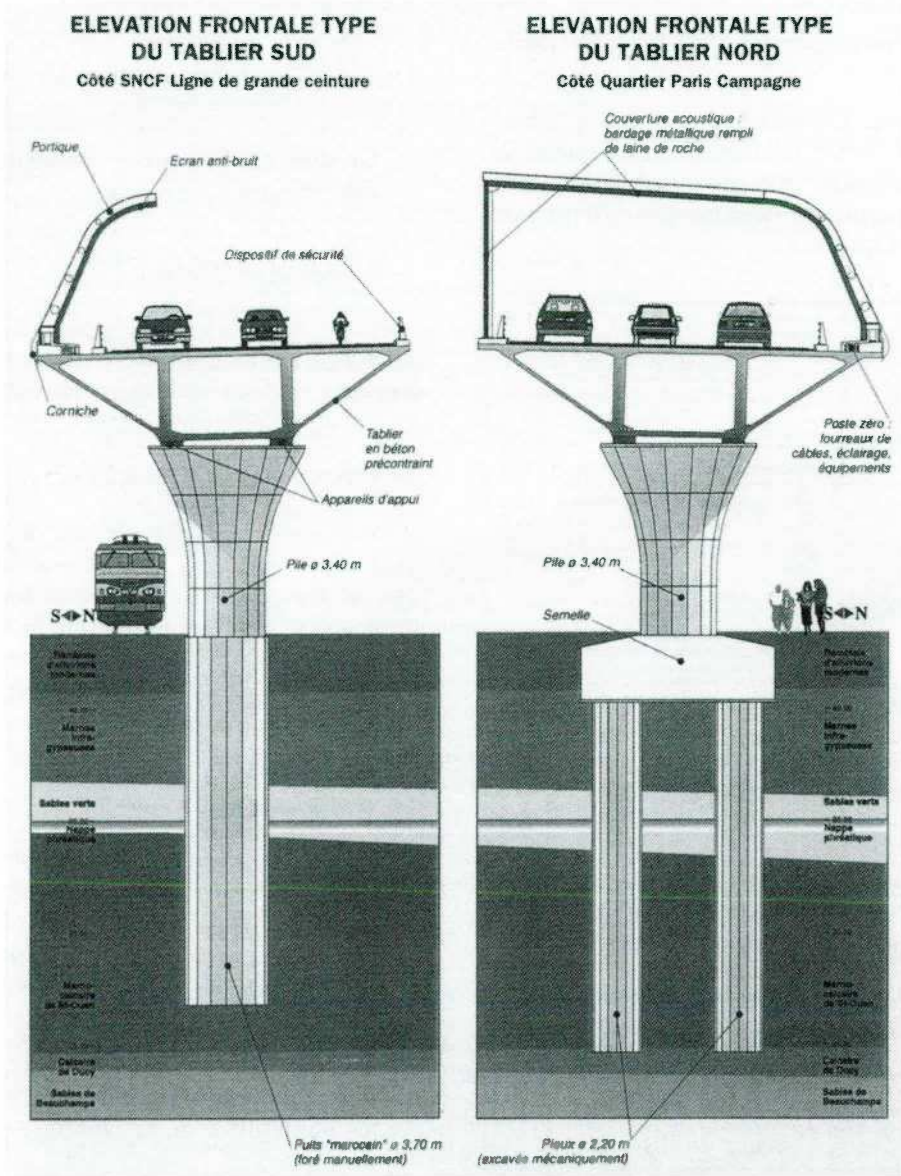


Fig. 8.

— **Lille: les viaducs du nouveau boulevard périphérique est**

Les viaducs du nouveau boulevard périphérique est de Lille constituent un ensemble de quatre ouvrages à ossature mixte représentant 6 500 tonnes d'acier pour 18 000 m² de tablier.

— **Autoroute A16, les passages supérieurs préfabriqués en ossature mixte**

Pour la construction des passages supérieurs de l'autoroute A16, la SANEF et son maître d'œuvre Scetauroute ont développé un ouvrage de type industriel. Cet ouvrage, quoique classique dans sa conception de base (bipoutre ossature mixte avec hourdis béton), est original dans sa réalisation (profilés laminés marchands, hourdis béton préfabriqué) (fig. 9).

— **Le second franchissement de l'estuaire de la Severn**

Rappelant dans ses grandes lignes ce qui le caractérise, le présent article décrit essentiellement la méthode de construction originale du tablier du pont à haubans qui a permis d'atteindre des cadences de progression exceptionnelles.

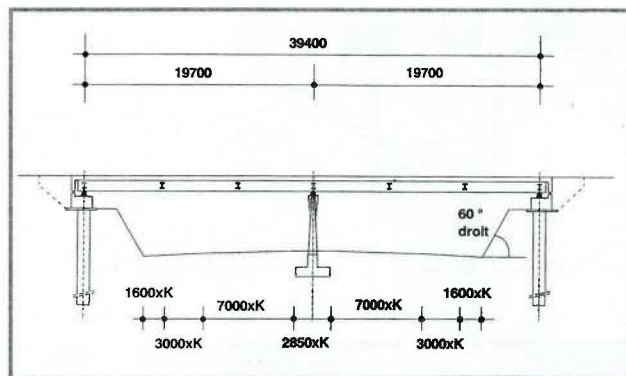


Fig. 9a. — Coupe longitudinale

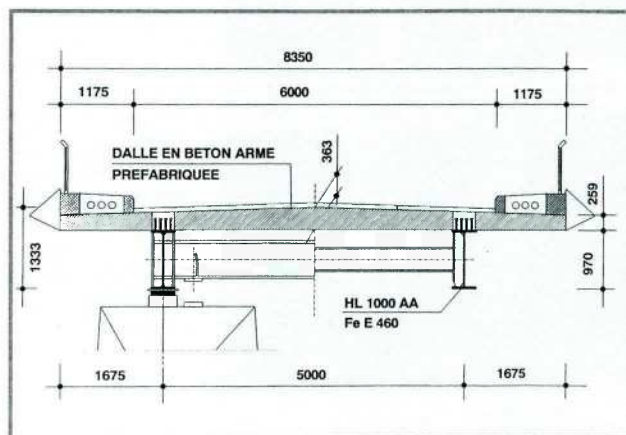


Fig. 9b. — Coupe transversale

— **La maintenance des ponts routiers — Cas des routes nationales**

Confrontée au problème de l'évaluation des moyens budgétaires à consacrer à la maintenance de ses ouvrages d'art (ponts, murs de soutènement, tunnels), la Direction des routes a lancé en 1994 une campagne d'évaluation de l'état des ponts situés sur son réseau routier non concédé; cette opération du nom d'IQOA est décrite ici.

En complément de la mesure de l'état du patrimoine, cette démarche a été l'occasion de produire de nouveaux outils d'inspection rapide.

* * *

13) TRAVAUX
N° 720 - 1996

Thème de ce numéro: Tunnels

— **Creuser et soutenir — Servitudes et certitudes des travaux souterrains**

— **L'opération Météor**

Pour adapter les transports de la capitale aux modes de vie et aux enjeux du XXI^e siècle, la RATP construit une nouvelle ligne de métro: Météor.

Le tronçon Bastille-Madeleine

Le tronçon nord (boulevard de la Bastille-boulevard Haussmann) de la ligne Météor a été construit avec un tunnelier. Afin de limiter les désordres sur les immeubles et de réduire les nuisances aux riverains, il a été utilisé un bouclier à front pressurisé par boue bentonitique avec marinage hydraulique pour le transport des déblais.

La traversée sous-fluviale

La géologie délicate, la sinuosité du tracé et la longueur du souterrain à construire ont conduit la RATP à adopter la méthode des caissons immergés. La méthode consiste en l'exécution de quatre caissons de 9,20 m × 6,30 m × 33,80 m préfabriqués sur une plate-forme ascenseur (fig. 10).

— **Un pari audacieux: un tunnel à l'explosif sous les immeubles de la Duchère à Lyon**

* * *

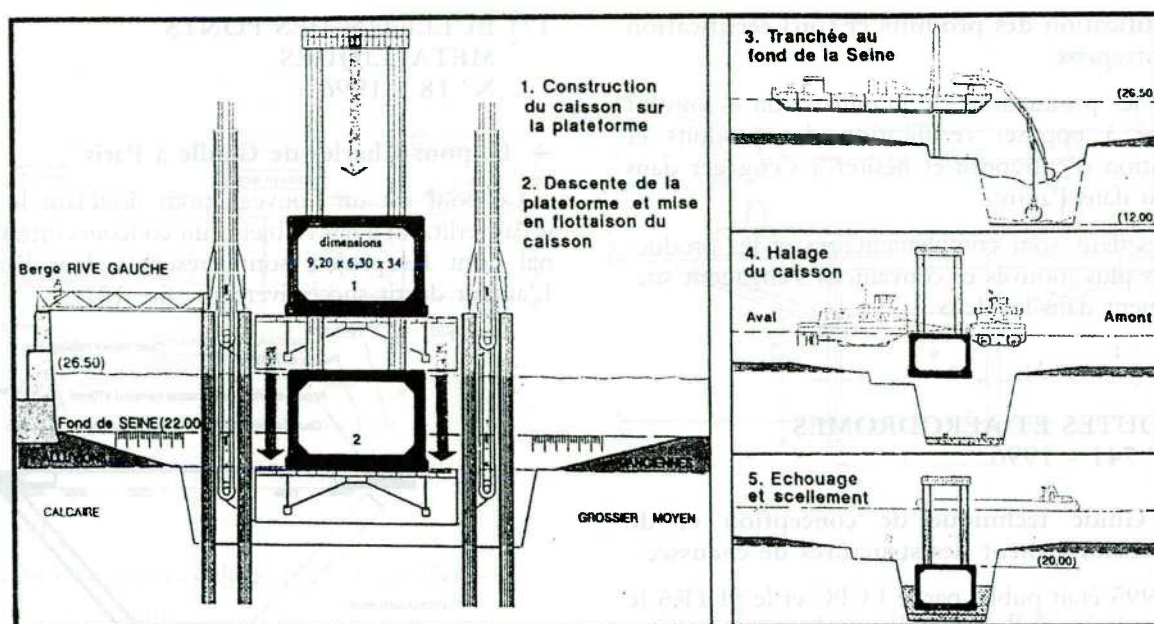


Fig. 10. — Principe d'exécution des caissons immergés

14) TRAVAUX N° 721 – 1996

Thème général: Routes

— Des soutènements exceptionnels sur le tronçon n° 3 de l'autoroute A29

La difficulté de son franchissement, liée à une très forte volonté de préservation de l'environnement ont conduit maître d'ouvrage, maître d'œuvre et entreprise à la mise en place de techniques innovantes telles que murs inclinés en Terre Armée de 20 m de hauteur et soutènements poids en craie concassée traitée.

— Le recyclage des matériaux de démolition

Cet article présente les aspects techniques, économiques et environnementaux de l'activité du recyclage des matériaux de démolition. Le développe-

ment de certains pays européens est mis en évidence et la situation française est ensuite comparée à la situation de ces derniers (fig. 11).

* * *

15) ROUTES ET AÉRODROMES N° 740 – 1996

Thème général: Valorisation des granulats

— Normalisation et certification des granulats

— Granulats: des normes pour l'Europe — Objectif 2000

Les premières normes européennes relatives aux essais de granulats remplaceront les normes françaises à partir de 1997.

— La certification des produits de carrière

Pays	Déchets de démolition et de construction (millions de t)	Moyenne en kg par habitant
Danemark	5	1 000
Pays-Bas	12,2	820
Belgique	7,5	750
Allemagne	43 + 15	540
France	20 - 25	400
Royaume-Uni	24	350
Espagne	13,5	350

Fig. 11a. — Estimation de la production de déchets de démolition

Pays	Déchets de démolition et de construction en millions de tonnes par an	Matériaux recyclés en millions de tonnes par an	Pourcentage du recyclage par rapport à la production de déchets	Pourcentage du recyclage par rapport à la production des granulats naturels
Pays-Bas	12,2	8,9	73	?
Royaume-Uni	24	11	45,8	3,8
Allemagne	43 + 15	14,9	34,6	3,6
Belgique	7,5	2,2	29	5,8
Danemark	5	1,25	25	?
France	20 - 25	3	13	0,75
Espagne	13,5	0,5	3,7	0,2
Total	145	42	moyenne = 31	?

Fig. 11b. — Taux de recyclage en Europe

19) PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE JOURNAL Nr. 41 – 1996

— Behaviour and Design of Double Tees with Web Openings

Based on test results, design recommendations are made that will allow the addition of web openings to double tees with minimal additional calculation.

— Designing Hollow-Core Slabs for Continuity

Based on test results, equations with numerical examples are presented for designing continuous hollow-core slabs.

— Performance of FRP Tendon-Anchor Systems for Prestressed Concrete Structures

The article presents the results of an experimental investigation which evaluated the mechanical performance of ten different aramid, glass, and carbon tendon anchors.

* * *

20) GLOBAL CONSTRUCTION 1996

— The Jubilee Line Extension in London

The Jubilee Line Extension comprises 10 miles of new railway, divided across 11 contracts. As it moves east, and south of the river it incorporates a number of techniques. From Green Park to the east of London Bridge it is conventional London tunnelling, through London clay. From there to Canning Town [north of the Thames] the drilling is taken over by earth pressure balance machines, closed face drilling devices that actually hold up the ground in front. At this point stations are not built underground in tunnels but in boxes: huge cofferdams. Beyond Canning Town to Stratford, the line runs at ground level.

— The Lundby Tunnel (Sweden)

The tunnel is the longest road tunnel in Sweden and its design is complicated by its being built in a metropolitan area.

— Hitra; a New Success for N.T.C.

Linking Hitra to the mainland of Norway posed serious geological problems. The solution called for a tunnel reaching a depth of 264 m below sea level.

— Bridging the Øresund

Linking the cities of Copenhagen and Malmö involves more than bridging the Strait of Øresund.

Seen in context with the Great Belt project, bridging the eastern and western parts of Denmark, and a future Fehmarn fixed link from southern Denmark to Germany, the Øresund combined bridge and tunnel project is also a vital link between Scandinavia and continental Europe.

The Øresund link will comprise a four-lane motorway and a two-track rail line designed for speeds of 200 km/h. The coast-to-coast section of the link will amount to just under 16 km between Kastrup on the Danish coast and Lärnacken in Sweden. Key elements of the fixed link are:

- an artificial peninsula extending 430 m from the Danish coast at Kastrup
- a tunnel of 3 750 m between the artificial peninsula, and
- an artificial island connecting the tunnel and the bridge
- a 3 km western approach bridge and a 3.7 km eastern approach bridge
- a 1 km cable stay bridge with a free span of some 490 m and a maximum clearance of 57 m.

The bridge with illustrative design by the ASO Group will be a two-level bridge, with the motorway on top of the railway in a composite steel-girder construction.

The top deck of the superstructure will carry the motorway and will be built of concrete cast in situ and, together with the steel lattice, will appear as a composite structure. The lower deck carrying the railway will be a steel box. Each pylon will extend to a height of 200 m above sea level.

— A Day in the Life of the New Erasmus Bridge

The entire bridge is a steel structure crossing 400 m of river across five concrete piers. The main span of 280 m is suspended from the pylon through 16 pairs of stay cables. To counterbalance the load of the main span, backstays — 1 016 cable-strands in all — connect the top of the pylon to the massive concrete counterweight on the bottom of the river bed.

— Using Recycled Aggregate Concrete

Before old aggregate can be used, it is necessary to assay in each individual instance that the RC aggregate is suitable for the purpose in question. Experience from German and foreign studies shows that

the standards employed in determining the suitability of virgin aggregate cannot necessarily be directly applied to RC aggregate.

In the United States, RC aggregate has been routinely employed in producing concrete pavement for more than 20 years.

In Austria, there has also been positive experience in using RC aggregate in concrete pavement.

In Germany, RC aggregate from old concrete pavement had, until recently, been employed exclusively as a construction material for stabilised and unstabilised granular base courses.

* * *

21) STRUCTURAL ENGINEERING INTERNATIONAL May – 1996

— Aesthetics in Structural Engineering

Today, the structural engineer is often called upon only to calculate and dimension a structure after its conception and details have been unilaterally defined by an architect. While no one contests the lead role of the architect as artistic interpreter of a client's needs, it must be stressed that aesthetically convincing structural solutions can best be achieved when competent engineers are involved in the design process from the beginning.

In the following series of articles, eight distinguished structural engineers discuss the aesthetic contribution that structural engineers can and should make. In the first paper, Fritz Leonhardt describes some proven principles of aesthetic design. In his contribution, René Walther considers the collaboration, positive and otherwise, between architects and engineers. By means of examples, Michel Virlogeux describes the structural design process that can lead to aesthetically pleasing bridge details. T.Y. Lin, focusing on the arch, and Jörg Schlaich and Hans Schober on the grid-shell, demonstrate in their conceptual papers how «simple» forms can be manipulated to produce dramatic structures with a distinct engineering influence. Armando Rito discusses his experience with the collaboration between architects and engineers in bridge design. The series concludes with Christian Menn taking inventory of the strengths and weaknesses in the bridge design process today and calling for more emphasis on aesthetics in engineering education.

— A New Design Method for Continuous Composite Beams

The behaviour of continuous composite beams is influenced by a considerable number of parameters, which describe the span and support sections, and the arrangement of loads and spans. The ability of current design methods to allow for these parameters is assessed in this article, with specific reference to the rules proposed in Eurocode 4. It has been found that all the relevant parameters can be represented by either available or required rotation capacity, and a new design method is presented which is based on these two parameters.

— Ship-Induced Derailment on a Railway Bridge

This paper presents a procedure to evaluate the structural response induced by ship collision with a bridge, and an approach to formulate the derailment scenario in terms which can be used directly in an Operational Risk Assessment study. The structural response is obtained by finite element analysis with an impact load as input.

The concept of the procedure is illustrated by results obtained from investigations of two preliminary designs of the Øresund Link Bridge between Sweden and Denmark.

— Automated Production of Precast Architectural Elements – A. Van Acker, Belgium

— Trends in modern building,

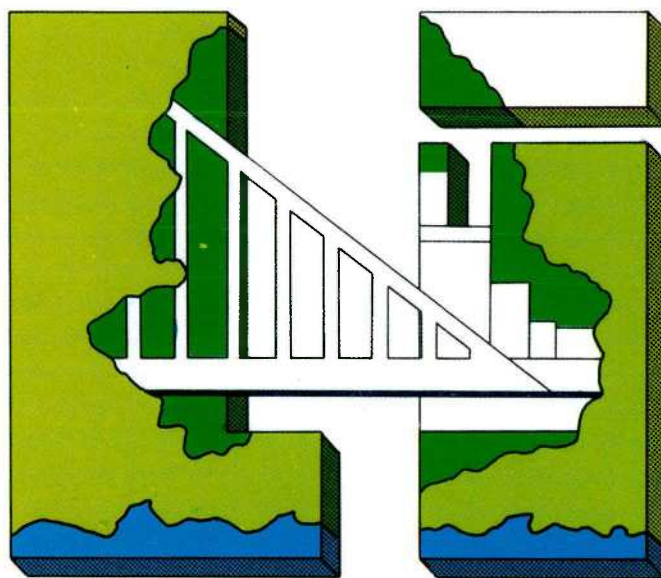
— Rationalized production,

— Toward Computer Integrated Manufacture; robotic production, reinforcement, auto-laser, auto-polishing, moulds, sandblasting, shotcreting.

— Innovations in Japanese Construction Technology

Japan's tradition of modular architecture has made it ready to exploit the innovations of intelligent construction technology. Developments in construction automation in Japan are pointing the way to increased efficiency and quality for the construction industry, from planning and design to construction and operation. Applications of advanced technology are being developed for tunnelling, landfill and bridges, as well as for highrise construction.

LOGO VAN HET DEPARTEMENT
LEEFMILIEU EN INFRASTRUCTUUR



Opgemaakt door het Atelier Van Dijck-Kerkhofs, Kuringer Steenweg 62, 3500 Hasselt