

Doorkiesnummer
01180 - 72223
Bijlage(n)
21
Project
OOSTWEST

Bereikbaar 20 minuten loopafstand vanaf station Middelburg richting industriegebied Amesteln, treintaxi

1.1 Zoetwater afvoer.

Naast de aanvoer van zoetwater vanaf de bovenloop van de rivier en haar vertakkingen, is er aanvoer van zoetwater van de Antwerpse havendokken, het Bathse Spuikanaal, het Kanaal Gent-Terneuzen, het Kanaal door Walcheren, door polderlozingen en al of niet gezuiverd huishoudelijk afvalwater en proceswater van de industrie.

Ten gevolge van industriële zoutlozingen in het bovenstroomse gebied is er ook nog sprake van een hogere zoutbelasting. Deze lozingen vinden namelijk in twee zijrivieren van de Rupel, de Demer en de Grote Laak plaats.

1.2 Zout-zoet menging.

Met name tijdens de perioden met een vrij constante rivierafvoer stelt zich een min of meer stationaire toestand in. Wanneer we de variatie tengevolge van het getij buiten beschouwing laten, loopt het zoutgehalte op van bijna nul bij Gent naar het gehalte in de monding. Door de rivierafvoer is er op elke locatie langs het estuarium een zeewaarts gericht restdebiet ter grootte van de afvoer. Om het eenvoudig te houden, worden de variaties die optreden tengevolge van de restdebieten die ontstaan uit de verschillen in eb- en vloedvolumes hier eveneens buiten beschouwing gelaten. In deze "stationaire" toestand is de advectieve zoutafvoer gelijk aan de dispersieve zoutaanvoer volgens de formule :

$$Q * c = A * D * (dc / dx) \quad \text{of} \quad c = \frac{A * D * (dc / dx)}{Q}$$

hierin is

- c = de concentratie in gram/liter = kg/m^3
- A = het doorstroomoppervlak
- D = de dispersiecoëfficiënt
- dc / dx = de verandering in de concentratie in de X-richting, (stroomopwaarts is positief)
- Q = het restdebiet
- $A * D * (dc / dx)$ = dispersieve zoutaanvoer
- $Q * c$ = advectieve zoutafvoer

Uit deze formule volgt dat de concentratie in "stationaire" toestand, omgekeerd evenredig is met het (rest)debiet ter plaatse en recht evenredig met de dispersieve aanvoer. Bij een verandering van het (rest)debiet van de rivierafvoer zal het systeem trachten een andere "stationaire" situatie in te stellen, een verandering dus met ook een andere dc/dx . Eenvoudig gezegd geeft een verhoging van de rivierafvoer op een bepaalde plaats een verlaging van het zoutgehalte tot gevolg maar tevens een verandering van de concentratie in de X-richting (dc/dx). Dit betekent dat het zoutgehalte snel zal reageren op een wijziging van de afvoer, waarbij moet worden opgemerkt dat deze reactietijd niet moet worden verward met de verblijftijd van het (zoete)water.

Uit de formule volgt tevens dat in het gebied met de grootste verandering in het doorstroomoppervlak, de verandering in de concentratie in de X-richting het sterkst zal zijn. Uiteraard afhankelijk van de daarbij behorende afvoer. In de Westerschelde is dat nabij de grens van Nederland-België.

1.3 Gebieden.

Beschouwen we het estuarium in zijn geheel dan zijn er drie gebieden te onderscheiden met kenmerkende zoutgehalten:

- een zout (mariene) gebied, zoutgehalte > 10 g/l, onder invloed van de Noordzee.
- een zoet gebied, zoutgehalte $< 0,7$ g/l, onder grote, directe invloed van de zoete rivierafvoer.
- een brak gebied, zoutgehalte tussen de 0,7 en 10 g/l, als overgangsgebied tussen zout en zoet.

Het is met name dit laatste overgangsgebied waarin de grote fluctuaties voorkomen onder invloed van de zoete rivierafvoer. De ligging van dit brakke gebied verschuift en verandert van omvang en plaats. Bij een lage rivierafvoer bevindt dit overgangsgebied zich verder landinwaarts dan bij een hoge rivierafvoer. Doordat ook de steilheid van de zoutgradiënt verandert, wijzigt ook de lengte van de brakke zone.

2. Beschikbare gegevens.

2.1 Zoutgehalte.

Om een beeld te krijgen van variaties van het zoutgehalte over het Schelde-estuarium zijn de meetgegevens een aantal meetpunten geanalyseerd. Op deze meetpunten wordt continue het zoutgehalte gemeten.

In de Westerschelde (Nederland) zijn dat de meetpunten:

- Vlake van de Raan (monding Westerschelde).
- Hoofdplaat (westelijk deel Westerschelde).
- Baalhoek (oostelijk deel Westerschelde).

Op de Zeeschelde (België) zijn dat de meetpunten:

- Prosperpolder (Zeeschelde Belgisch-Nederlandsche grens).
- Oosterweel (Zeeschelde, bovenstrooms Antwerpen).

Omdat per 1 januari 1988 het Bathse Spuikanaal in gebruik genomen is, zijn de gegevens vanaf die datum geanalyseerd.

Op al deze meetpunten wordt om de 10 minuten de temperatuur en de geleidbaarheid gemeten, waaruit vervolgens het zoutgehalte wordt berekend. Voor een overzicht van de Schelde met de meetpunten wordt verwezen naar bijlage 1, waarin een overzicht van het stroomgebied van de

Schelde wordt gegeven en de lokaties van deze zoutmeetpunten. De beschikbaarheid van de gegevens wisselt vrij sterk per lokatie. Wanneer er geen uitval zou zijn voorgekomen, zouden er in de periode 1 januari 1988 tot 1 januari 1995, 368208 meetwaarden beschikbaar moeten zijn.

Het aantal werkelijk beschikbare meetwaarden bedraagt:

Oosterweel	:	319901	=	86,88 % van de tijd.
Prosperpolder	:	267680	=	72,70 % van de tijd.
Baalhoek	:	330026	=	89,63 % van de tijd.
Hoofdplaat	:	340454	=	92,46 % van de tijd.
Vlakte van de Raan	:	294048	=	79,86 % van de tijd.

Aanvullend zijn verder nog de gegevens beschikbaar van 14 z.g. Hovercraftmetingen, waarbij vanaf Vlissingen stroomopwaarts zoutmetingen zijn uitgevoerd in fase met de looptijd van het getij.

Dit betreft:

- 10 metingen op de LW-kentering.
- 2 metingen tijdens maximum Vloed
- 2 metingen op Hoogwater.

De resultaten van deze metingen geven een beeld van de op dat tijdstip gemeten zoutgradiënt, met de daarbij behorende omstandigheden w.o. de afvoer.

2.2 Debieten.

Van het meetpunt Schelle zijn van de periode van 1 januari 1971 tot 1 juli 1994 decadegemiddelde afvoeren van de Schelde beschikbaar.

De zijdelingse afvoergegevens van de Antwerpse havendokken, het Bathse Spuikanaal, en het Kanaal Gent-Terneuzen, zijn de gegevens beschikbaar vanaf 1 januari 1988, hoewel deze alleen gebruikt zijn voor het doorrekenen van de mogelijke ingrepen (zie hoofdstuk 6.) Verder zijn deze gegevens niet gebruikt.

3. Bewerking van de gegevens.

Van elk van deze meetpunten is een karakteristiek te geven van het zoutklimaat door van de 10-minuut waarden van het zoutgehalte van de periode 1 januari 1988 tot en met 31 december 1994 onderschrijdingsfrequentielijnen te berekenen. Deze onderschrijdingsfrequentielijnen geven een beeld van het zoutklimaat op het betreffende meetpunt.

Uit de 10-minuut waarden van het zoutgehalte is vervolgens een daggemiddelde waarde berekend, waardoor de dagelijkse getij-invloed wordt geëlimineerd. Door een lopende middeling over 15 dagen van deze daggemiddelden wordt vervolgens de invloed van de doottij-springtij cyclus uit de dagwaarden gefilterd. Uit de daaruit verkregen dagwaarden kunnen

vervolgens decade-gemiddelde zoutgehalten berekend worden. Deze kunnen nu in verband worden gebracht met de beschikbare decadegemiddelde rivierafvoeren te Schelle.

In het verleden zijn met behulp van de multiple-regressie methode "correlatie modellen" gemaakt, door het zoutgehalte in de decade i te correleren aan de rivierafvoer in decade i , $(i-1)$, $(i-2)$, etc. Gezien de snelle reactietijd, zoals aangegeven in de inleiding, wordt hier in deze analyse minder aandacht aan besteed.

Voor de afvoeren zijn eveneens onderschrijdingsfrequentielijnen berekend van de decadegemiddelde afvoeren te Schelle.

Wanneer we de gegevens van de 10-, 50- en de 90-procents onderschrijving van het zoutgehalte van de vijf stations uitzetten tegen de afstand op de rivieras krijgen we een beeld van de ruimtelijk voorkomende variaties van het zoete, het brakke en het zoute gebied.

4. De huidige zoutverdeling.

De frequentieverdelingen van het zoutgehalte van de beschikbare meetpunten geven een duidelijk beeld van de plaatselijk voorkomende variatie en de onderlinge verschillen tussen de meetstations.

In onderstaande tabel zijn deze gegevens gecomprimeerd weergegeven. De bijbehorende grafiek wordt weergegeven in bijlage 2.

Gebied/lokatie	Min.	10 %	Med.	90 %	Max.	Gemidd.
Zeeschelde						
Oosterweel	0	0,425	2,050	5,138	8,45	2,43
Prosperpolder	0,45	2,870	5,929	8,715	11,65	5,86
Oost. deel Westersch.						
Baalhoek	0	4,636	8,686	11,556	14,65	8,34
West. deel Westersch.						
Hoofdplaat	8,65	13,400	15,672	17,159	18,65	15,44
Vlakte van de Raan	16,45	17,994	18,695	19,345	20,25	18,67

Tabel 1.

Overschrijdings-Frequentieverdeling van de gemeten 10-minuutwaarden van het Cl-gehalte in g/l van de Westerschelde en de Zeeschelde.

Het 10 % overschrijdingsgetal van b.v. Oosterweel in deze tabel, wil zeggen dat de waarde van het zoutgehalte van 0,425 g/l slechts in 10 % van de tijd voorkomt en dus in 90 % van de tijd wordt overschreden, dus hoger is dan 0,425 g/l.

In deze tabel valt op dat het meetpunt Vlake van de Raan hoegenaamd geen verschil laat zien tussen de mediaan en het rekenkundig gemiddelde. Van de meetpunten Hoofdplaat, Baalhoek en Prosperpolder bedragen deze verschillen respectievelijk -0,23, -0,34 en -0,07, terwijl dit voor het meetpunt Oosterweel +0,38 bedraagt. Deze verandering in genoemde verschillen langs het estuarium heeft waarschijnlijk te maken met de interactie van enerzijds de invloed van de zoetwater afvoer van de rivier en anderzijds de zoutconcentratie van het getij vanuit de Noordzee. Met name deze interactie is plaatsgebonden. In het westelijke deel van Westerschelde domineert de getij-invloed, terwijl in het Oostelijke deel en op de Zeeschelde de rivierafvoer domineert. Aangezien deze gegevens zo zijn aangeleverd, is het in dit stadium niet mogelijk nog extra informatie te geven over de scheefheid en de kurtosis van de verdelingen.

In bijlage 3 zijn de tabelwaarden van de vijf meetpunten uitgezet tegen de plaats langs de rivieras. Door deze lijnen van gelijke overschrijdingsfrequentie wordt een ruimtelijk beeld gegeven van de opgetreden variatie in grootte en ligging van de gebieden met zoet-, brak- en zoutwater. Voor alle duidelijkheid moet opgemerkt worden dat per station alleen de bandbreedte wordt aangegeven en dat deze lijnen dus niet als een gradiënt gezien mogen worden.

5. Invloed van de afvoer op de zoutgradiënt.

5.1 De afvoer van de Schelde.

Zoals reeds in de inleiding is aangegeven zorgt de afvoer van de Schelde voor de grootste variatie in het zoutgehalte. De zijdelingse afvoeren zijn verhoudingsgewijs klein ten opzichte van de afvoer van de Zeeschelde en in het kader van deze analyse buiten beschouwing gelaten. De percentages, ten opzichte van de afvoer van de Zeeschelde bedragen ongeveer:

- Antwerpse havendokken	21 %
- Bathse Spuikanaal	13 %
- Kanaal Gent-Terneuzen	10 %

Van de Zeeschelde zijn de afvoeren beschikbaar als decadegemiddelde afvoer vanaf 1971. In bijlage 4a en 4b zijn deze afvoeren uitgezet tegen de tijd. Bezien we daarin de periode van 1 januari 1988 tot 1 juli 1994, dan blijkt uit de berekende gemiddelden, dat de afvoeren in die periode gemiddeld ca. 10 procent hoger liggen dan in de periode 1971 tot 1988. Dit is ook af te leiden uit de onderschrijdings-frequentieverdeling van de decadegemiddelde afvoeren die gegeven wordt in bijlage 5.

De oorzaak hiervan is wel gelegen in de zeer hoge afvoeren in 1988 en 1994, ten opzichte van de relatief lage afvoeren in de jaren 1971 t/m 1974 en 1976 en 1977.

In tabel 2 zijn de kenmerkende grootheden van deze frequentieverdeling weergegeven. Hierin valt duidelijk het grote verschil op tussen mediaan

en rekenkundig gemiddelde.

Tijdsperiode	Min.	10 %	Med.	90 %	Max.	Gemidd.
1/1/1988 - 1/7/1994	28	44,96	87,06	226	622	118,56
1/1/1971 - 1/7/1994	16	39,78	80,58	198,14	622	106,58

Tabel 2.

Onderschrijdings-Frequentieverdeling decadegemiddelde afvoeren in m³/sec. van de Schelde te Schelle.

5.2 Relatie tussen afvoer en zoutgradiënt.

Zoals in paragraaf 3 is omschreven zijn uit de gemeten 10-minuutwaarden van het zoutgehalte, decadegemiddelde zoutgehalten berekend voor de vijf meetpunten. Het verloop van deze decadegemiddelde zoutgehalten en de decadegemiddelde afvoeren is weergegeven in bijlage 6. Hierin wordt zichtbaar dat er slechts een klein tijdsverschil, van hooguit enkele decaden bestaat, tussen de toppen van de afvoer en de dalen van de zoutgehalten op de weergegeven lokaties.

Wat daarin tevens opvalt is de sterke daling van het zoutgehalte bij de toename van de afvoer naar een maximum afvoer en de veel meer geleidelijke stijging naar zijn oorspronkelijke niveau, wanneer de afvoer zich ook stabiliseert op zijn normale niveau.

Bij een afvoerpiek dalen de zoutgehalten bij Oosterweel, Prosperpolder en Baalhoek fors door de grote hoeveelheid zoet water en het kan voorkomen dat er bij Baalhoek en zelfs zeewaarts voorbij Baalhoek, nog zoetwater wordt aangetroffen. Normaliter zakt de afvoer weer vrij snel terug naar zijn normale niveau. De grote hoeveelheid zoetwater die zich dan in het bekken bevindt tussen Oosterweel en Baalhoek wordt met de lage snelheid van het normale restdebiet afgevoerd richting Noordzee. De tijd die met name het dispersieproces (zoutaanvoer), tezamen met het advectieproces daarbij nodig heeft om het zoete water te verdringen en zodoende weer terug te komen op de oorspronkelijke gradiënt is in combinatie met het dan lage restdebiet, mogelijk bepalend voor deze relatief lange reactietijd.

Vervolgens is onderzocht in hoeverre de in de inleiding beschreven omgekeerde evenredigheid tussen het zoutgehalte en de afvoer aan te tonen is. Bij deze en de hierna nog genoemde berekeningen, zijn de berekening voor het meetpunt Vlake van de Raan wel uitgevoerd, maar verder niet in de bijlagen opgenomen, aangezien er, zoals ook fysisch verklaarbaar is, geen relatie bestaat met de Schelde-afvoer. In bijlage 7a en 7b zijn per meetpunt deze relaties uitgezet met daarbij aangegeven de berekende correlatiecoëfficiënten. Hieruit kan geconcludeerd worden dat deze relatie alleen voor het meetpunt Oosterweel een nog enigszins acceptabele

correlatiefactor oplevert. Bij de overige stations is dit aanmerkelijk minder. De "stationaire" toestand, waarvan in de inleiding werd uitgegaan, is blijkbaar een te vergaande versimpeling en mogelijk verstoren ook de zijdelingse afvoeren dit verband.

Volledigheidshalve is ook het lineaire verband tussen zoutgehalte en afvoer onderzocht en de resultaten daarvan zijn weergegeven in bijlage 8a en 8b. Deze resultaten zijn evenmin bevredigend, met dien verstande dat uit de puntenwolken is af te leiden dat er bij alle 4 de meetpunten sprake is van een min of meer identiek kromlijinig verloop.

Voortbordurend op dit laatste gegeven is het logaritmische verband onderzocht tussen de afvoer en de zoutgehalten van de vier meetlokaties. Gezien de positieve resultaten die dat opleverde, is dit niet alleen gedaan met de qua tijd overeenkomstige decade van de afvoer maar achtereenvolgens ook met respectievelijk één, twee, drie en vier decaden daarvoor. De resultaten zijn voor Oosterweel te zien in bijlage 9a t/m 9c, voor Prosperpolder in bijlage 10a t/m 10c, voor Baalhoek in bijlage 11a t/m 11c, en voor Hoofdplaat in bijlage 12a t/m 12c.

Een resumé hiervan is gegeven in bijlage 13, waaruit blijkt dat uitgaande van het logaritmische verband de maximale correlatie tussen het zoutgehalte en de afvoer bij Oosterweel optreedt met een tijdsverschil, kleiner dan een decade. Bij Prosperpolder ligt dit tijdsverschil rondom één decade, bij Baalhoek tussen de één en twee decaden en bij Hoofdplaat tussen de twee en drie decaden.

Zoals reeds eerder gemeld, is er geen correlatie tussen het zoutgehalte van het meetpunt Vlake van de Raan en de afvoer van de Schelde.

Bij bovengenoemde resultaten behoren nog enkele opmerkingen gemaakt te worden.

1. Zoals reeds in 5.1 is aangegeven zijn de zijdelingse afvoeren niet meegenomen in de berekeningen. Toch kan uit de frequentieverdeling van met name Oosterweel, Prosperpolder en Baalhoek duidelijk geconcludeerd worden dat deze wel van invloed zijn. Baalhoek heeft namelijk een lagere minimum waarde dan Prosperpolder en die kan alleen verklaard worden uit de invloed van het Bathse Spuikanaal, waarvan de afvoer gemiddeld ca. 13 % van de afvoer van de Schelde bedraagt, maar per kalenderjaar beschouwt, qua maxima een factor twee tot drie hoger kan zijn. Wanneer we dan onderzoek doen naar het verband tussen afvoer en zoutgehalte, zouden de zijdelingse afvoeren feitelijk meegenomen moeten worden. Gezien de complexe materie en de daarvoor benodigde tijdsinspanning is dit echter in deze analyse achterwege gebleven. Belangrijk is echter de constatering dat er op vier van de vijf meetpunten een meetpunt-afhankelijk tijdsverschil optreedt tussen het tijdstip van de afvoertoppen en dalen en het tijdstip van de dalen en toppen van het zoutgehalte.
2. Voor het onderzochte Logaritmische verband tussen afvoer en zoutgehalte is geen fysische verklaring te geven. Evenmin is onderzocht of dit daadwerkelijk het meest optimale verband is tussen deze twee parameters.

3. Wanneer verdergaand onderzoek van dit verband noodzakelijk wordt geacht is het zonder meer noodzakelijk om in plaats van decadegemiddelde afvoeren, daggemiddelde afvoeren te gebruiken, alhoewel deze minder betrouwbaar schijnen te zijn. Gezien de karakteristieke verschillen tussen daling en stijging van de zoutgehalten bij respectievelijk stijging en daling van de rivierafvoer (vlgs. bijlage 6.) kunnen deze dan waarschijnlijk ook gescheiden onderzocht worden.

Teneinde de bovenstaande opmerkingen en aanbevelingen te kunnen onderbouwen, zijn van het jaar 1993 de daggemiddelde zoutgehalten uitgezet van de 4 meetpunten (bijlage 14). Hieruit blijkt overduidelijk dat tijdsverschillen, die via de statistische bewerkingen van de decadegemiddelde waarden aanwezig zouden zijn, daarin niet zijn te vinden. De extreme waarden - maxima of minima - van de verschillende meetpunten, treden op dezelfde dag op.

De uiteindelijke conclusie is dan ook dat de in de inleiding gegeven beschrijving van het proces voor wat betreft de directe reactie van het zoutgehalte op een wijziging in de afvoer wel correct is, maar dat dit niet in een simpel statistisch model is te vatten.

De aanbeveling om daggemiddelde waarden te gebruiken lijkt wel zinvol, omdat er bij gebruik van decadegemiddelde waarden schijnbaar een zodanige ruis wordt geïntroduceerd, waardoor de eerder aangegeven conclusies als reëel worden verondersteld.

5.3 Longitudinale gradiënt.

Om een beeld te kunnen geven van het verloop van het zoutgehalte in het estuarium zijn de gegevens van de hovercraftmetingen gebruikt. Deze metingen zijn zodanig uitgevoerd dat, beginnend op de rede van Vlissingen, met een zodanige snelheid stroomopwaarts wordt gevaren, dat de snelheid waarmee de getijgolf zich in het estuarium voortplant, wordt benaderd. De zoutgehalte gegevens van deze metingen geven daarmee de situatie weer onder vergelijkbare getij-omstandigheden. Er zijn metingen uitgevoerd onder verschillende getij-omstandigheden, variërend van Springtij tot Doodtij.

De onder de verschillende getij-omstandigheden, op de vaste meetpunten, gemeten zoutgehalten, zijn uitgezet tegen de afstand langs de rivieras ten opzichte van Schelle. Tevens wordt, voor zover de gegevens beschikbaar zijn de decadegemiddelde afvoer weergegeven.

In bijlage 15a worden de gemeten zoutgehalten tijdens de Laagwaterkentering onder Springtij omstandigheden gepresenteerd. In bijlage 15b tijdens Laagwaterkentering onder Doodtij omstandigheden en in bijlage 15c drie metingen tijdens Maximum Vloed en twee tijdens de Hoogwaterkentering. Voor een juiste interpretatie van deze figuren zijn twee zaken van belang:

- 1° de gradiënten geven niet het verloop van het zoutgehalte weer op een vast tijdstip maar zijn qua tijd dynamisch, omdat het verloop wordt weergegeven van een bepaalde getijfase over het

- estuarium. Tussen de meting van het eerste punt (bij Vlissingen) en het laatste punt in de omgeving van Schelle zit een tijdsverschil van tussen de drie-en-een-half tot vier uur.
- 2° De invloed van de afvoer op het gepresenteerde verloop van het zoutgehalte is wisselend. In paragraaf 5.2 is aangegeven dat het zoutgehalte vrijwel direct reageert op een wijziging van de afvoer. Het hoogte van het zoutgehalte is echter wel afhankelijk van voorgaande afvoeren.

In bijlage 15a en 15b zijn de verschillen tengevolge van de fluctuaties in de rivierafvoer duidelijk waar te nemen. Over de invloed van de getijfase valt echter niets te concluderen.

In bijlage 15c valt op dat er feitelijk geen invloed is waar te nemen van de hoge afvoer van 188 m³/sec. van de meting van 12-11-1993. De verklaring hiervoor zou als volgt kunnen zijn:

De meting van 12 november 1993 heeft plaatsgevonden op de tweede dag van de decade. Wanneer er pas in het deel van de decade na 12 november een stijging van de afvoer heeft plaatsgehad kan deze invloed dus nog niet waargenomen worden bij de meting op de tweede dag van de decade. Dit betekent dat ook hier weer sprake is van een te onnauwkeurig beeld van de afvoer doordat decadegemiddelde afvoeren gebruikt worden en een bewijs dat het noodzakelijk is om over dagafvoeren te beschikken voor een zinvolle en nauwkeurige analyse.

Beschouwen we de afvoer van de decade ervoor, die 66 m³/sec. bedraagt dan past deze afvoer wel bij de overige zoutgehalte-verloop lijnen.

6. Invloed van ingrepen op de zoutgradiënt.

6.1 Algemeen.

Met behulp van het SCALDIS 400-model zijn berekeningen uitgevoerd voor de huidige (T0) situatie. Als bodemligging zijn voor de Westerschelde de lodingsgegevens van 1976 en 1977 gebruikt en voor de Zeeschelde de lodingsgegevens van 1992. Deze berekening is uitgevoerd met de gegevens van het jaar 1990 als randvoorwaarden (getij, zoetwatertoevoer en wind). Het jaar 1990 is gekozen omdat dit qua neerslag en dus afvoer een gemiddeld jaar is. Daarna is met dezelfde randvoorwaarden de situatie na verdieping van de Westerschelde (T1) doorgerekend en eveneens de situatie van een verdiepte Westerschelde gecombineerd met ontpolderingen van de Hedwigepolder, groot 250 ha, en de potpolders van Kruibeke-Basel-Rupelmonde, groot 500 ha, in totaal 750 ha (T2). Het volledige jaar 1990 is doorgerekend. Op de lokaties Hoofdplaat, Baalhoek, Prosperpolder en Oosterweel zijn de waarden van de saliniteit om de 20-minuten berekend. Deze gegevens zijn in dit werkdocument nader geanalyseerd. Voor een beschrijving van de uitgevoerde berekeningen en de betrouwbaarheid van de resultaten wordt verwezen naar werkdocument RIKZ/AB-95.863x.

6.2 Resultaten huidige situatie.

Van de in LOTUS 1-2-3 beschikbare 20-minuutwaarden van de SCALDIS berekeningen, zijn voor de vier stations en de 3 geschetste situaties, de onderschrijdings-frequentieverdeling berekend. De resultaten zijn in grafiekvorm weergegeven in bijlage 16a t/m 16d. In tabel 3 zijn deze gegevens voor de huidige situatie (T0), gecomprimeerd weergegeven.

Gebied/lokatie	Min.	10 %	Med.	90 %	Max.	Gemidd.	Kurtos.	Scheefh
Zeeschelde								
Oosterweel	0,38	1,57	5,99	11,73	15,72	6,37	-0,91	+0,29
Prosperpolder	3,14	6,98	13,06	17,77	20,63	12,71	-0,86	-0,29
W.schelde Oost								
Baalhoek	7,85	13,57	19,40	23,25	25,74	18,84	-0,36	-0,52
W.schelde West								
Hoofdplaat	26,11	28,11	30,05	31,36	32,48	29,87	-0,31	-0,48

Tabel 3.

Onderschrijdings-Frequentieverdeling van de berekende 20-minuutwaarden van de Saliniteit in kg/m³ van de Westerschelde en de Zeeschelde.

In deze en volgende tabellen worden tevens de kurtosis en de scheefheid van de verdeling gepresenteerd. De kurtosis geeft een beeld van de vorm van de verdeling: een positief getal duidt op een relatief gepiekte kromme en een negatief getal op een relatief vlakke kromme. De verdeling wijkt af van een standaard normale verdeling in dien de waarde nul niet in de interval

KURTOSIS $\pm 2/24/N$

voorkomt. Het interval KURTOSIS $\pm 0,0604$ mag geen nul bevatten. Dus als de kurtosis kleiner is dan -0,0604 of groter dan 0,0604 dan is het verschil met de standaard verdeling significant. Tussen de -0,0604 en 0,0604 is de afwijking van een normale verdeling niet significant. De tabellen 3 t/m 6 bevatten alleen negatieve kurtosisen, die kleiner zijn dan -0,0604, dus allen wijken significant van de standaard af en zijn dus meer plat.

De scheefheid geeft in een waarde informatie over de eventuele scheefheid van de verdeling: een positief getal betekent een staart naar rechts en

een negatief getal een staart naar links. De verdeling kan scheef genoemd worden indien de waarde nul niet in de interval

$$\text{SCHEEFHEID } \pm 2,6/N$$

voorkomt. Het interval scheefheid $\pm 0,0302$ mag geen nul bevatten. Tussen de $-0,0302$ en de $0,0302$ is er geen significante afwijking en dus geen scheve verdeling. Als de scheefheid kleiner is dan $-0,0302$ of groter dan $0,0302$ dan is de verdeling significant scheef te noemen. In de tabellen 3 t/m 6 voldoet deze voorwaarde in alle gevallen, zij het dat Oosterweel een staart naar links heeft en dus rechtsscheef is en de overige lokaties een staart naar rechts hebben en daarmee linksscheef zijn.

Ter vergelijking met tabel 1 is de saliniteit omgerekend naar zoutgehalte volgens de formule:

$$Cl = (\text{Sal.} - 0,03) / 1,8065$$

Deze waarden zijn weergegeven in tabel 4.

De verschillen tussen mediaan en rekenkundig gemiddelde bedragen voor de meetpunten Hoofdplaat, Baalhoek en Prosperpolder respectievelijk $-0,10$, $-0,31$ en $-0,17$ g/l, terwijl dit voor het meetpunt oosterweel $+0,21$ g/l bedraagt. Deze verschillen komen in grote lijnen overeen met tabel 1. Het verschil in absolute zin is verklaarbaar uit de beperkte periode van slechts één jaar.

Gebied/lokatie	Min.	10 %	Med.	90 %	Max.	Gemidd.	Kurtos.	Scheefh
Zeeschelde								
Oosterweel	0,19	0,85	3,30	6,48	8,69	3,51	-0,91	+0,29
Prosperpolder	1,72	3,85	7,21	9,82	11,40	7,04	-0,86	-0,29
W.schelde Oost								
Baalhoek	4,33	7,50	10,72	12,85	14,23	10,41	-0,36	-0,52
W.schelde West								
Hoofdplaat	14,44	15,54	16,62	17,34	17,96	16,53	-0,31	-0,48

Tabel 4.

Onderschrijdings-Frequentieverdeling van de berekende 20-minuutwaarden van het Cl-halte in g/l van de Westerschelde en de Zeeschelde (T0).

6.3 Methodiek verdere bewerkingen.

De gegevens zijn allereerst ingelezen in LOTUS 1-2-3 en wel zodanig dat de T0-situatie op de A-pagina staat, de T1-situatie op de B-pagina en de T2-situatie op de C-pagina. Vanwege de grootte van de files kon alleen maar gewerkt worden met "Lotus for WINDOWS", versie 4. De namen van de uiteindelijke files zijn achtereenvolgens ZOTOHOOF.WK3, ZOTOBAAL.WK3, ZOTOPROS.WK3 en ZOTOOST.WK3.

Om onderscheid te maken tussen de dagelijkse getij-invloed en de invloed van de Doodtij-Springtij-cyclus op de saliniteit is lopend gemiddeld over 73 en 1081 (20-minuut)waarden (sommen en delen door het aantal).

Uit de daggemiddelde saliniteitswaarden, berekend uit de 72 (20-minuut)waarden kan het verloop van de saliniteit over het jaar 1990 gepresenteerd worden, exclusief de dagelijkse getij-invloed maar inclusief de invloed van de springtij-doodtij cyclus (bijlage 18a t/m 18d).

Uit de 15-daags-gemiddelde saliniteit, kan het verloop van het zoutgehalte gepresenteerd worden zonder de invloed van het getij (zie bijlage 19a t/m 19d).

Door van de oorspronkelijk in het SCALDIS-model berekende 20-minuut waarden, de door lopende middeling over 73 waarden berekende 20-minuut-waarde af te trekken, werd de waarde berekend welke voor de 4 stations toegerekend kan worden aan de dagelijkse getij-variatie.

Door vervolgens van de door lopende middeling over 73 (20-minuut)waarden berekende 20-minuut-waarde de door middeling over 1081 (20-minuut)waarden berekende 20-minuut-waarde af te trekken werd de waarde berekend welke voor de 4 stations toegerekend kan worden aan de Doodtij-Springtij-cyclus. Hiervan is eveneens voor elk station de frequentieverdeling berekend en gepresenteerd als onderschrijdingsfrequentielijn. Per station is dit eveneens voor de 3 beschreven situaties uitgevoerd. De onderschrijdings-frequentieverdeling van de getij-gemiddelde waarden zijn weergegeven in bijlage 20a t/m 20d en van de doodtij-springtij-gemiddelde waarden in bijlage 21a t/m 21d.

6.4 Analyse resultaten doorgerekende alternatieven.

Uit de doorgerekende alternatieven worden allereerst de frequentieverdelingen van de berekende 20-minuutwaarden in tabelvorm gegeven voor de situatie na verdieping (T1) en voor de situatie na verdieping en ontpoldering (T2), respectievelijk in tabel 5 en 6.

In vergelijking met tabel 4 blijkt dat bij de meetpunten Baalhoek, Prosperpolder en Oosterweel een geringe verhoging van het zoutgehalte te verwachten is en bij Hoofdplaat een minimale verlaging. In de scheefheid van de verdelingen zullen hoegenaamd geen veranderingen optreden. Voor de meetpunten blijven de verschillen tussen mediaan en rekenkundig gemiddelde, vanaf Oosterweel opgenoemd, respectievelijk +0.20, -0.17, -0.29 en -0.09 g/l.

In de situatie na verdieping en ontpolderen zien we grote veranderingen optreden. Ten opzichte van de huidige situatie geeft de mediaan van de meetpunten Oosterweel, Prosperpolder en Baalhoek een toename van het

Gebied/lokatie	Min.	10 %	Med.	90 %	Max.	Gemidd.	Kurtos.	Scheefh
Zeeschelde								
<i>Oosterweel</i>	0,19	0,88	3,39	6,60	8,83	3,59	-0,91	+0,29
<i>Prosperpolder</i>	1,83	4,00	7,32	9,95	11,36	7,15	-0,87	-0,30
W.schelde Oost								
<i>Baalhoek</i>	4,78	7,80	10,89	12,96	14,24	10,60	-0,42	-0,49
W.schelde West								
<i>Hoofdplaat</i>	14,48	15,59	16,65	17,36	17,97	16,56	-0,31	-0,48

Tabel 5.

Onderschrijdings-Frequentieverdeling van de berekende 20-minuutwaarden van het Cl-gehalte in g/l van de Westerschelde en de Zeeschelde voor de situatie na verdieping van de Westerschelde (T1).

zoutgehalte te zien van respectievelijk 1.29, 0.67 en 0.10 en het rekenkundig gemiddelde een respectievelijke toename van 1.08, 0.64 en

Gebied/lokatie	Min.	10 %	Med.	90 %	Max.	Gemidd.	Kurtos.	Scheefh
Zeeschelde								
<i>Oosterweel</i>	0,73	1,73	4,59	7,35	9,64	4,59	-1,03	+0,06
<i>Prosperpolder</i>	2,61	4,74	7,88	10,26	11,47	7,68	-0,96	-0,30
W.schelde Oost								
<i>Baalhoek</i>	5,04	7,81	10,82	12,86	14,11	10,53	-0,51	-0,45
W.schelde West								
<i>Hoofdplaat</i>	14,37	15,42	16,51	17,25	17,89	16,41	-0,42	-0,41

Tabel 6.

Onderschrijdings-Frequentieverdeling van de berekende 20-minuutwaarden van het Cl-gehalte in g/l van de Westerschelde en de Zeeschelde voor de situatie na verdieping van de Westerschelde en ontpolderingen (T2).

0.12. Het meetpunt Hoofdplaat laat een afname zien van het zoutgehalte van 0.14 voor de mediaan en 0.12 voor het rekenkundig gemiddelde. Voor het overige valt nog op dat de scheefheid van de verdelingen bij Oosterweel tegengesteld is aan de overige lokaties en sterk afneemt bij verdiepen en ontpolderen. Voor de overige lokaties zullen er geen grote veranderingen optreden.

Alhoewel hier absolute getallen gegeven worden, wordt er nadrukkelijk op gewezen dat het feitelijk slechts om een beeld gaat van tendensen en niet om de getallen zelf voor wat betreft de te verwachten veranderingen.

Het verloop van de saliniteit over 1990 voor de drie doorgerekende situaties, wordt weergegeven in bijlage 19. De gemiddelde 20-minuutwaarden over het jaar 1990 van die drie situaties en de daaruit berekende veranderingen worden in tabelvorm weergegeven in tabel 7.

Station	T0	T1	T1-T0	T2	T2-T1
Hoofdplaat	29,87	29,94	+0,07	29,67	-0,27
Baalhoek	18,84	19,18	+0,34	19,05	-0,13
Prosperpolder	12,71	12,94	+0,23	13,90	+0,96
Oosterweel	6,37	6,52	+0,15	8,32	+1,80

Tabel 7.

Berekende Gemiddelde Saliniteit in kg/m³.

De daaruit berekende zoutgehalte waarden worden weergegeven in tabel 8. In grafiekvorm zijn ze weergegeven op bijlage 17. Wat opvalt is dat de gemiddelde gradiënt, na verdieping, een geringe afwijking geeft naar boven, maar dat "na verdieping en ontpolderen" deze lijn kantelt om een punt tussen Baalhoek en Hoofdplaat.

Station	T0	T1	T1-T0	T2	T2-T1
Hoofdplaat	16,53	16,56	+0,03	16,41	-0,15
Baalhoek	10,41	10,60	+0,19	10,53	-0,07
Prosperpolder	7,04	7,15	+0,11	7,68	+0,53
Oosterweel	3,51	3,59	+0,08	4,59	+1,00

Tabel 8.

Berekende Gemiddelde Cl-gehalten in g/l.

Oosterweel en Prosperpolder laten een toch wel behoorlijke stijging zien, Baalhoek een geringe, maar Hoofdplaat een daling, in dezelfde orde van grootte. De zoutgradiënt zal dus minder stijl gaan verlopen. De belangrijkste veranderingen die verder uit de uitgevoerde berekeningen zijn te constateren voor de vier stations, voor wat betreft de veranderingen van het de dagelijkse getij-invloed en de getij-invloed van de Doodtij-Springtij-cyclus zijn weergegeven in de bijlagen 18,19,20 en 21 in een meer gecompriëerde vorm in de tabellen 9 t/m 14

Aangezien voor het meetpunt Hoofdplaat de berekende veranderingen zo minimaal zijn ($\leq 0,02 \text{ kg/m}^3$) zijn deze niet in tabelvorm gegeven.

Ook zijn in deze tabellen de waarden voor kurtosis en scheefheid gepresenteerd. Gezien het aantal waarden dat beschikbaar is gelden voor de verdelingen van de dagelijkse getij-variatie dat ($N = 26207$):

de kurtosis $\geq 0,0605$ of $\leq -0,0605$

de scheefheid $\geq 0,0303$ of $\leq -0,303$

en voor de verdelingen t.g.v. de Doodtij-Springtij cyclus ($N = 25199$):

de kurtosis $\geq 0,0617$ of $\leq 0,0617$

de scheefheid $\geq 0,0309$ of $\leq 0,0309$

Wanneer niet aan deze voorwaarden is voldaan zijn de betreffende getallen in de tabellen gerenvooid en is dus sprake van een normale verdeling c.q. is de verdeling niet scheef. Alleen het laatste komt tweemaal voornamelijk in tabel 9, bij de T0-situatie van de dagelijkse getijvariatie van Baalhoek en in tabel 11 bij de T1-situatie van de dagelijkse getijvariatie van Prosperpolder.

Onderschreiding	T0	T1	T1-T0	T2	T2-T1
Laagste waarde	-5,543	-5,133	+0,410	-5,022	+0,111
10-procent	-2,722	-2,454	+0,268	-2,416	+0,038
Mediaan	-0,066	-0,147	-0,081	-0,129	+0,018
90-procent	+2,674	+2,524	-0,150	+2,430	-0,094
Hoogste waarde	+5,377	+5,046	-0,331	+4,855	-0,191
Gemiddelde	-0,001	-0,001	0	-0,001	0
Kurtosis	-0,918	-0,916		-0,933	
Scheefheid	+0,002	+0,068		+0,042	

Tabel 9.

Baalhoek : Relatieve Saliniteit in kg/m³ tengevolge van de dagelijkse getij-variatie.

Onderschreiding	T0	T1	T1-T0	T2	T2-T1
Laagste waarde	-1,636	-1,384	+0,252	-1,288	+0,096
10-procent	-0,355	-0,313	+0,042	-0,311	+0,002
Mediaan	-0,023	-0,023	0	-0,027	-0,004
90-procent	+0,407	+0,368	-0,039	+0,371	+0,003
Hoogste waarde	+2,234	+1,942	-0,292	+1,933	-0,009
Gemiddelde	+0,006	+0,006	0	+0,006	0
Kurtosis	+5,787	+5,451		+5,542	
Scheefheid	+1,108	+1,131		+1,258	

Tabel 10.

Baalhoek : Relatieve Saliniteit in kg/m³ t.g.v. Doodtij-Springtij Cyclus.

Onderschreiding	T0	T1	T1-T0	T2	T2-T1
Laagste waarde	-3,491	-3,659	-0,168	-3,639	+0,020
10-procent	-1,934	-1,939	-0,005	-1,562	+0,377
Mediaan	-0,032	-0,014	+0,018	+0,068	+0,082
90-procent	+1,961	+1,916	-0,048	+1,432	-0,484
Hoogste waarde	+3,871	+3,546	-0,325	+2,690	-0,856
Gemiddelde	-0,001	-0,001	0	-0,001	0
Kurtosis	-1,139	-1,172		-0,999	
Scheefheid	+0,036	-0,015		-0,171	

Tabel 11.

Prosperpolder : Relatieve Saliniteit in kg/m^3 tengevolge van de dagelijkse getij-variatie.

Onderschreiding	T0	T1	T1-T0	T2	T2-T1
Laagste waarde	-1,395	-1,330	+0,065	-1,271	+0,059
10-procent	-0,406	-0,374	+0,032	-0,342	+0,032
Mediaan	-0,002	-0,003	-0,001	-0,006	-0,003
90-procent	+0,468	+0,434	-0,034	+0,401	-0,033
Hoogste waarde	+2,202	+2,109	-0,093	+1,846	-0,263
Gemiddelde	+0,013	+0,012	-0,001	+0,011	-0,001
Kurtosis	+3,291	+3,530		+3,883	
Scheefheid	+0,747	+0,777		+0,876	

Tabel 12.

Prosperpolder : Relatieve Saliniteit in kg/m^3 t.g.v. Doodtij-Springtij Cyclus.

Onverschreiding	T0	T1	T1-T0	T2	T2-T1
Laagste waarde	-4,139	-4,273	-0,134	-2,582	+1,691
10-procent	-2,425	-2,518	-0,093	-1,399	+1,119
Mediaan	-0,163	-0,166	-0,003	-0,767	+0,601
90-procent	+2,585	+2,681	+0,096	+2,465	-0,216
Hoogste waarde	+4,285	+4,440	+0,155	+4,231	-0,209
Gemiddelde	-0,000	-0,000	0	-0,000	0
Kurtosis	-0,990	-1,005		-0,812	
Scheefheid	+0,098	+0,099		+0,786	

Tabel 13.

Oosterweel : Relatieve Saliniteit in kg/m³ tengevolge van de dagelijkse getij-variatie.

Onverschreiding	T0	T1	T1-T0	T2	T2-T1
Laagste waarde	-0,703	-0,712	-0,009	-0,723	-0,011
10-procent	-0,358	-0,368	-0,010	-0,282	+0,086
Mediaan	-0,024	-0,023	+0,001	-0,010	+0,013
90-procent	+0,403	+0,411	+0,008	+0,338	-0,073
Hoogste waarde	+2,793	+2,843	+0,050	+2,289	-0,554
Gemiddelde	+0,010	+0,010	0	+0,010	0
Kurtosis	+7,385	+7,247		+7,250	
Scheefheid	+1,572	+1,549		+1,402	

Tabel 14.

Oosterweel : Relatieve Saliniteit in kg/m³ t.g.v. Doodtij-Springtij Cyclus.

Tengevolge van de uit te voeren komende verdieping zijn uit berekeningen met het SCALDIS-400 model (verschil T1 - T0) de volgende veranderingen te verwachten:

- de variatie in de saliniteit te Baalhoek onder invloed van het dagelijks getij zal kleiner worden, de verschillen tussen maximum en minimum worden kleiner, (berekende verandering voor het verschil 10% - 90%: 0,42 kg/m³). Dit betekent dat dit meetpunt qua vorm, t.o.v. de huidige situatie meer de vorm van het meetpunt Hoofdplaat gaat aannemen en dus meer naar het Westen opschuift.
- de variatie in de saliniteit te Baalhoek onder invloed van de Doodtij-Springtij cyclus vertoont eveneens, zij het een geringe afname. De verschillen tussen maximum en minimum nemen af (berekende verandering voor het verschil 10% - 90%: 0,08 kg/m³).
- de variatie in de saliniteit te Prosperpolder onder invloed van het dagelijks getij zal ongeveer gelijk blijven.
- de variatie in de saliniteit onder invloed van de Doodtij-Springtij cyclus vertoont een geringe afname (berekende verandering voor het verschil 10% - 90%: 0,06 kg/m³).
- de variatie in de saliniteit te Oosterweel onder invloed van het dagelijks getij vertoont een lichte toename tussen maximum en minimum (berekende verandering voor het verschil 10% - 90%: 0,19 kg/m³).
- de variatie in de saliniteit te Oosterweel onder invloed van het de Doodtij-Springtij cyclus, zal ongeveer gelijk blijven.

Uit de berekeningen van de uit te voeren verdieping in combinatie met de in de inleiding beschreven ontpolderingen zijn voor de verschilsituatie T2 - T1 , de volgende veranderingen te verwachten:

- de variatie in de saliniteit te Baalhoek onder invloed van het dagelijks getij zal kleiner worden, de verschillen tussen maximum en minimum nemen af (berekende verandering voor het verschil 10% - 90%: 0,13 kg/m³).
- de variatie in de saliniteit te Baalhoek onder invloed van de Doodtij-Springtij cyclus zal niet veranderen.
- de variatie in de saliniteit te Prosperpolder onder invloed van het dagelijks getij zal kleiner worden, de verschillen tussen maximum en minimum nemen af (berekende verandering voor het verschil 10% - 90%: 0,86 kg/m³). Ten opzichte van de huidige situatie dus ook een opschuiven naar het Westen.

- de variatie in de saliniteit te Prosperpolder onder invloed van de Doodtij-Springtij cyclus vertoont eveneens, zij het een zeer geringe afname. De verschillen tussen maximum en minimum nemen af (berekende verandering voor het verschil 10% - 90%: 0,06 kg/m³).
- de variatie in de saliniteit te Oosterweel onder invloed van het dagelijks getij vertoont een duidelijke afname (berekende verandering voor het verschil 10% - 90%: 1,33 kg/m³).
- de variatie in de saliniteit te Oosterweel onder invloed van het de Doodtij-Springtij cyclus, zal enigszins afnemen (berekende verandering voor het verschil 10% - 90%: 0,16 kg/m³).

7. Conclusies en aanbevelingen.

De variatie in het zoutgehalte in het Schelde-estuarium wordt voor het belangrijkste deel bepaalt door de afvoer van de Zeeschelde.

In het westelijke deel van Westerschelde domineert de getij-invloed, terwijl in het Oostelijke deel en op de Zeeschelde bij een lage rivierafvoer, de getij-invloed nog ver stroomopwaarts doordringt, maar bij een hoge rivierafvoer domineert, de rivierafvoer.

Bij een toename of een afname van de afvoer, reageert het zoutgehalte direct. De mate van de verandering van het zoutgehalte is afhankelijk van de plaats op de rivier en is stroomopwaarts het sterkst en bij de monding het zwakst.

De relatie tussen wijzigingen in de rivierafvoer en veranderingen van het zoutgehalte is niet in een simpel statistisch model te vatten, mede door de zijdelingse afvoeren te Antwerpen, Bathse Spuikanaal, Kanaal Gent-Terneuzen, Kanaal door Walcheren en de polderlozingen.

Over een mogelijke scheefheid in de frequentieverdelingen van de opgetreden zoutgehalte op de verschillende meetpunten kunnen geen uitspraken gedaan worden, omdat deze verdelingen zo aangeleverd zijn. Wel kan aangegeven worden dat, uitgezonderd het meetpunt Vlake van de Raan, er verschillen zijn tussen mediaan en rekenkundig gemiddelde.

In het gebied tussen de meetpunten Hoofdplaat en Baalhoek veranderd de vorm van de onderschrijdingsfrequentielijnen het sterkst (zie bijlage 2 en 3). Mede omdat daardoor in het tussenliggende gebied de variatie en ligging van de brakke zone minder nauwkeurig is aan te geven, verdient het aanbeveling om een extra meetpunt te plaatsen oostelijk van Terneuzen ($51.000 < X < 52.000$).

Gezien de snelle reactie van het zoutgehalte op wijzigingen in de rivierafvoer, dienen in het vervolg de afvoergegevens als daggemiddelde waarden beschikbaar te komen.

Om voldoende nauwkeurige voorspellingen te kunnen leveren, moet gedacht worden aan het gebruik van het SCALDIS-model. Hiermee kunnen tevens d.m.v. hindcast-berekeningen de wijzigingen die optreden t.g.v. de verdieping gevolgd worden.

Ten gevolge van de toekomstig uit te voeren verdieping zullen de zoutgehalten langs de rivier geen grote veranderingen ondergaan. Ten opzichte van de huidige situatie zullen de zoutgehalten gemiddeld enigszins hoger worden. De met behulp van SCALDIS 400 berekende gemiddelde waarden over het jaar 1990 voor de verschillende lokaties bedragen:

Hoofdplaat	+ 0,03 g/l
Baalhoek	+ 0,19 g/l
Prosperpolder	+ 0,11 g/l
Oosterweel	+ 0,08 g/l

De berekende resultaten komen in grote lijnen overeen met de prognoses uit

het verdiepingsrapport, zij het dat ze wat het oostelijke deel betreft lager zijn: Baalhoek gemiddeld + 190 mg/l en Prosperpolder + 110 mg/l. Evenmin zijn de veranderingen naar de grens toe niet het hoogst, maar lager dan bij Baalhoek.

Wanneer er naast de verdieping tevens ook ontpolderingen worden uitgevoerd, dan zullen de veranderingen in de zoutgehalten langs de rivier, ten opzichte van de situatie na verdieping, in de Westerschelde een geringe verlaging te zien geven, maar op de Zeeschelde een toch wel behoorlijke stijging.

De met behulp van SCALDIS 400 voor die situatie berekende gemiddelde waarden over het jaar 1990 voor de verschillende lokaties bedragen voor T2-T1, respectievelijk T2- T0

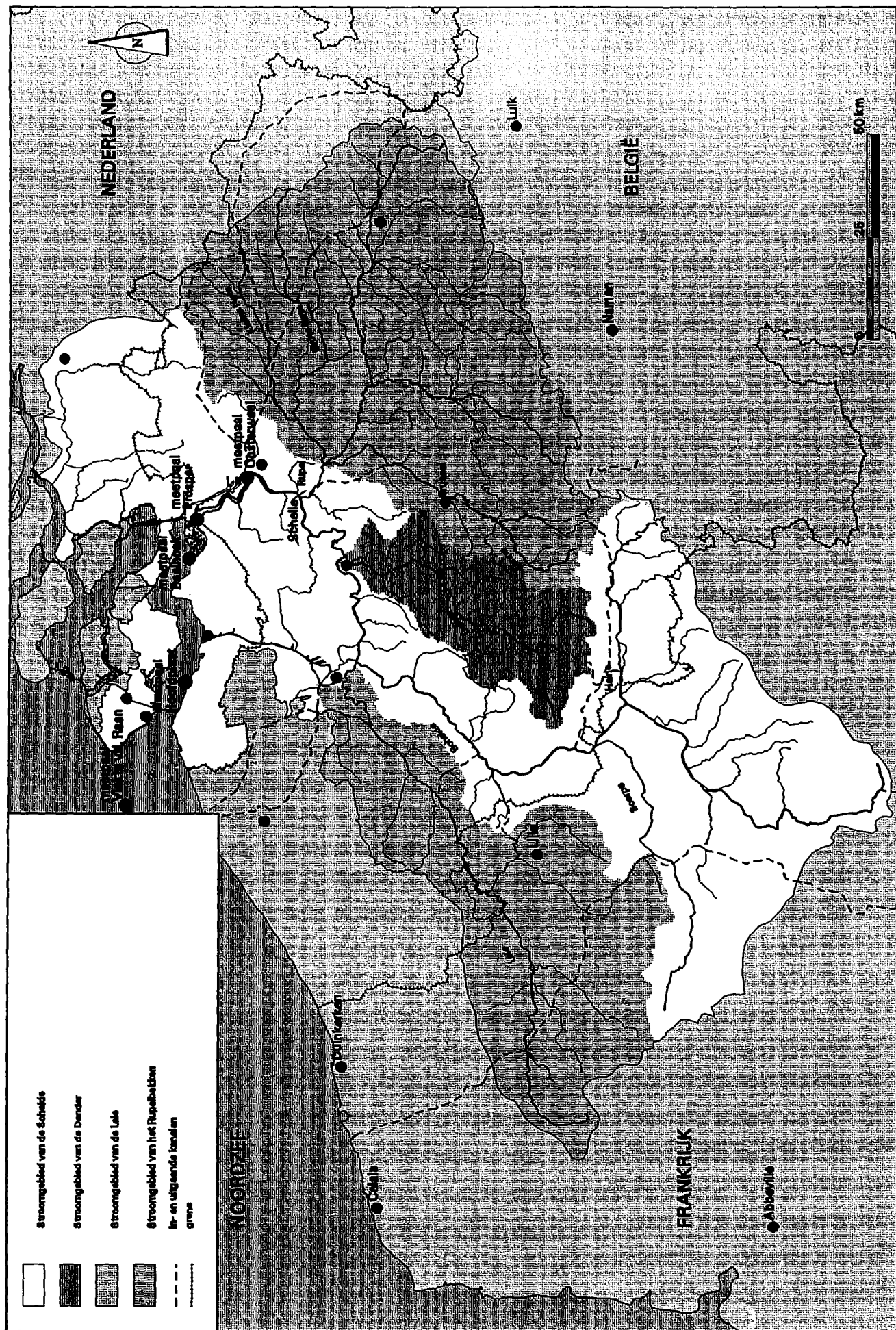
	T2 - T1	T2 - T0
Hoofdplaat	- 0,15 g/l	- 0,12 g/l
Baalhoek	- 0,07 g/l	+ 0,12 g/l
Prosperpolder	+ 0,53 g/l	+ 0,64 g/l
Oosterweel	+ 1,00 g/l	+ 1,08 g/l

Naast deze gemiddelde verlaging c.q. verhoging van het zoutgehalte zal de variatie ten gevolge van de getij-invloed op alle lokaties afnemen. Deze afname is het sterkst bij Oosterweel. Dit betekent in feite dat alle lokaties, ten opzichte van de huidige situatie, in westwaartse richting opschuiven.

De variatie onder invloed van het dagelijkse-getij en de Doodtij-Springtij-Cyclus voor de periode 1988 t/m 1994, kan op overeenkomstige wijze als beschreven in paragraaf 6.3 bepaald worden uit de gemeten 10-minuut waarden. Deze berekeningen moeten dan echter wel op een krachtig werkstation worden uitgevoerd.

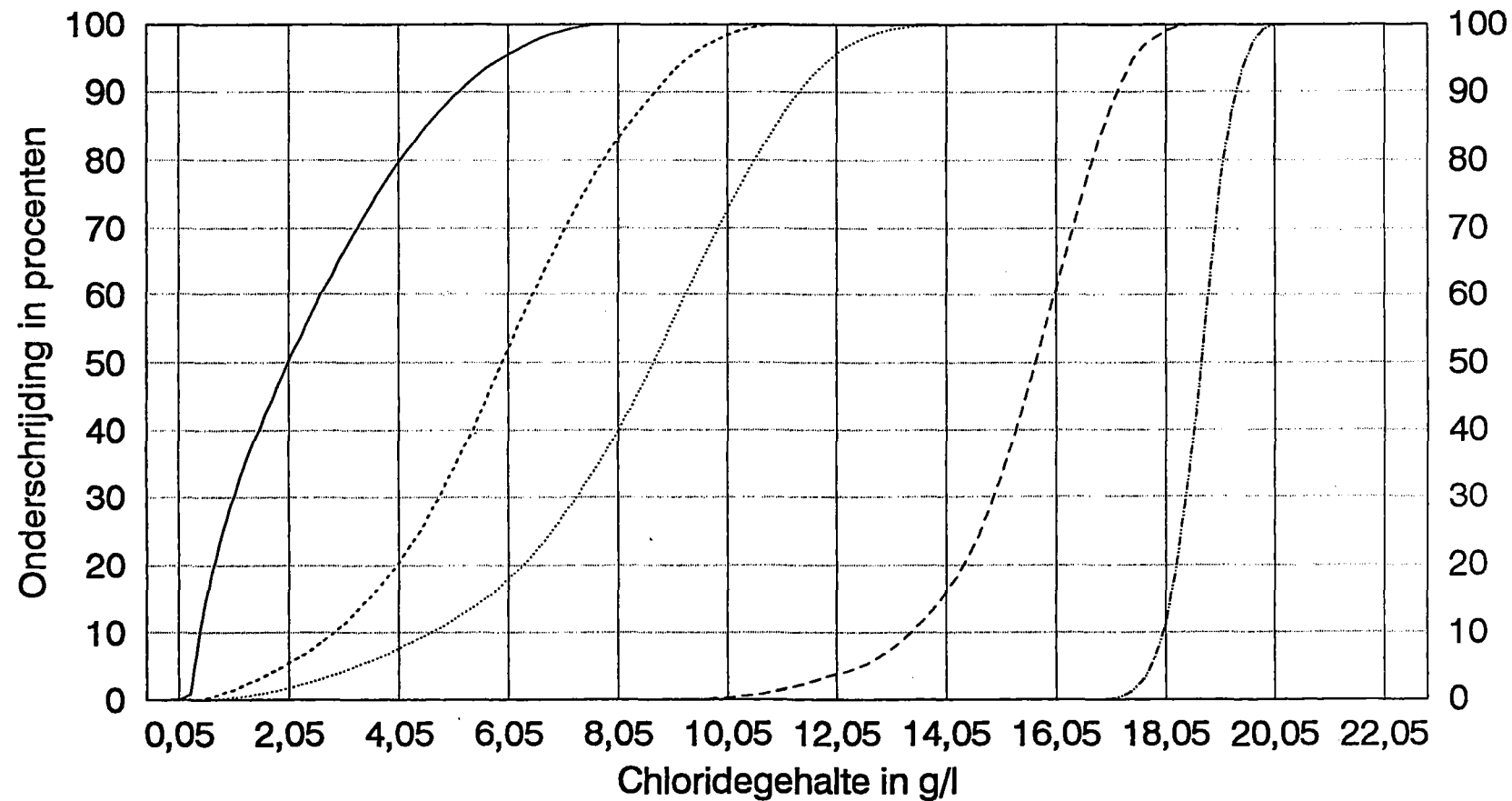
Literatuuroverzicht.

1. Beschouwingen omtrent de chloridegehalten op de Westerschelde in de periode 1971 - 1980; notitie WWKZ -83.V286, J.W. Daamen en F.O.B. Lefèvre.
2. Slibscanningen Schelde-estuarium in 1993 en 1994; werkdocument RIKZ/AB94.859x, D.C. van Maldegem.
3. Vergelijking zoutgehalten Baalhoek versus SAWES; werkdocument RIKZ/AB94.888x, D.C. van Maldegem e.a..
4. Zout Westerschelde; Zoutberekening T0 Scaldis400; rapport Zld AX 94.084, L. Dekker.
5. Verbeterde zoutberekening T0 Scaldis400; memo d.d. 26 januari 1995, L. Dekker
6. Zoet water in het Schelde-estuarium: veranderingen in de saliniteit; rapport DGW-93.057, A.M.B. Holland en H. Smit.
7. Zoutgehalteverdeling Schelde-estuarium, analyse tijdreeksen Baalhoek, relatie afvoer-zoutgehalte; concept, T. Pieters.
8. Invloed verdieping en ontpolderen op de saliniteitsverdeling Rupelmonde - Vlissingen. Modelberekeningen met SCALDIS 400; werkdocument RIKZ/AB-95.863x, C. v.d. Male.



Westerschelde - Zeeschelde

Onderschrijdingsfrequentielijnen Chloridegehalte 10-minuutwaarden



Oosterweel
n = 319901

Prosperpolder
n = 267680

Baalhoek
n = 330026

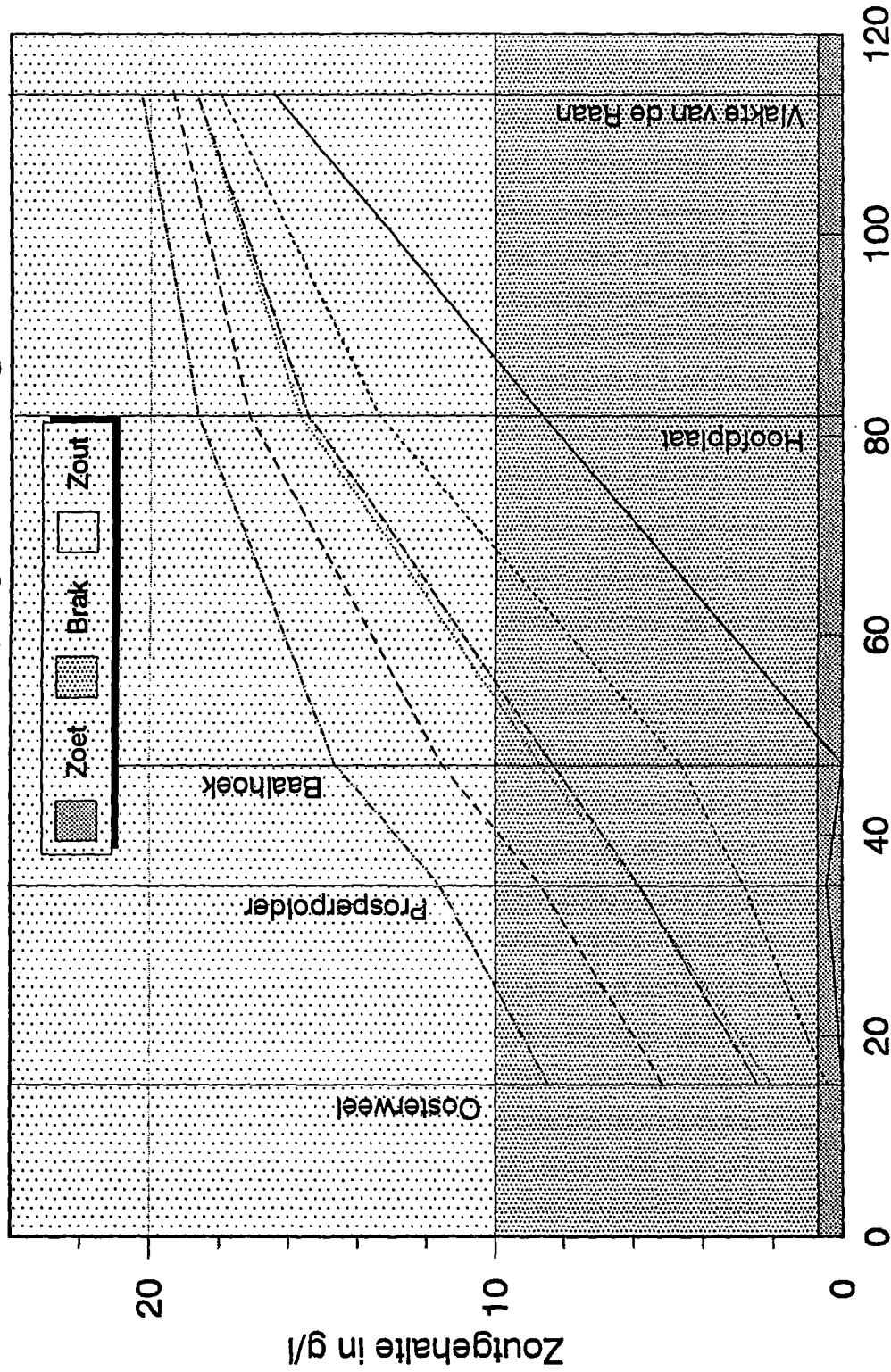
Hoofdplaat
n = 340454

Vlakte van de Raan
n = 294048

Bijlage 2

Westerschelde - Zeeschelde

Frequentie-overschrijdingslijnen zoutgehalte

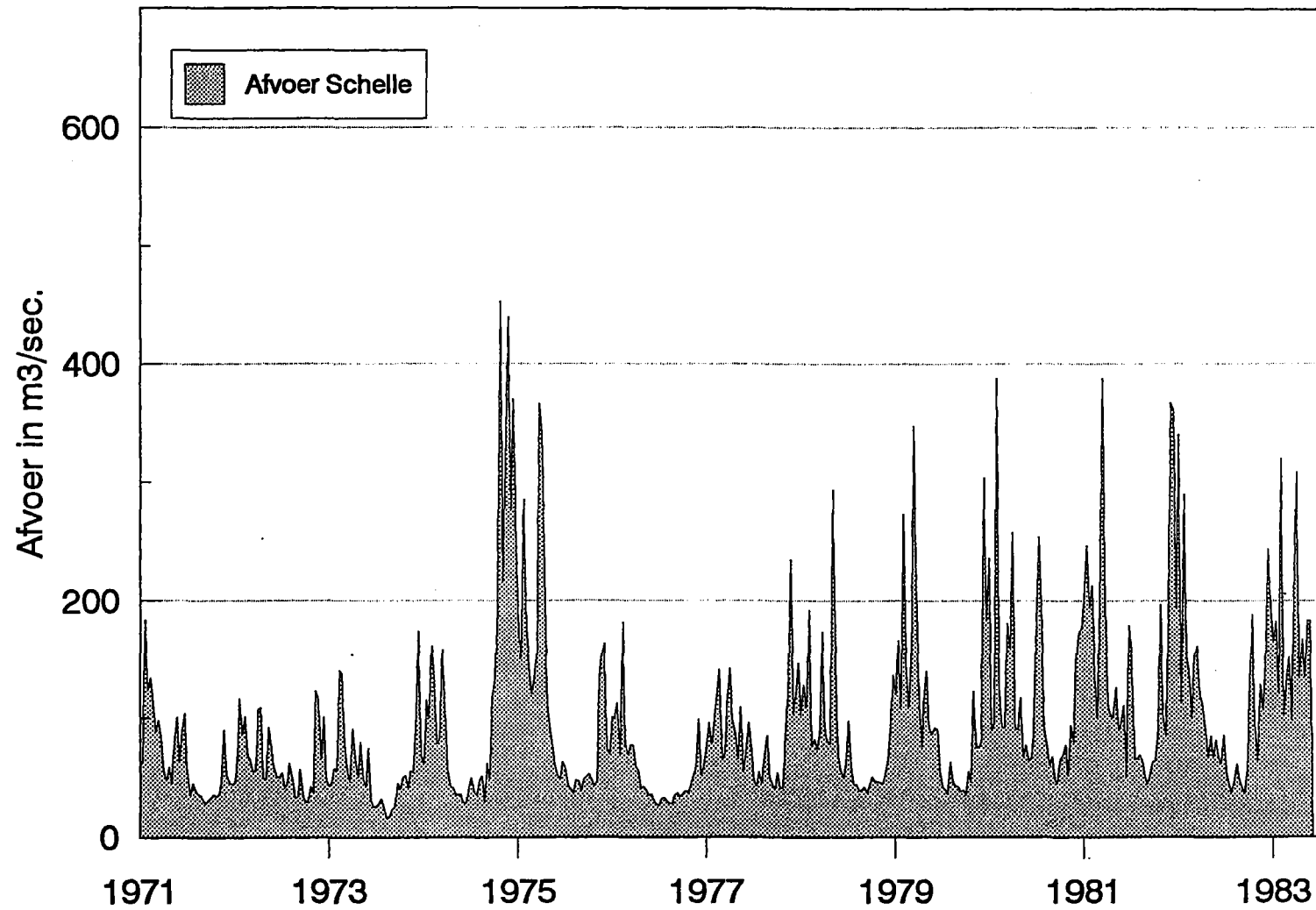


0 = Schelle Afstand in Km langs de rivieras

Minimum 10 % 50 % 90 % Maximum Gemiddeld

Dekadegemiddelde Afvoer te Schelle

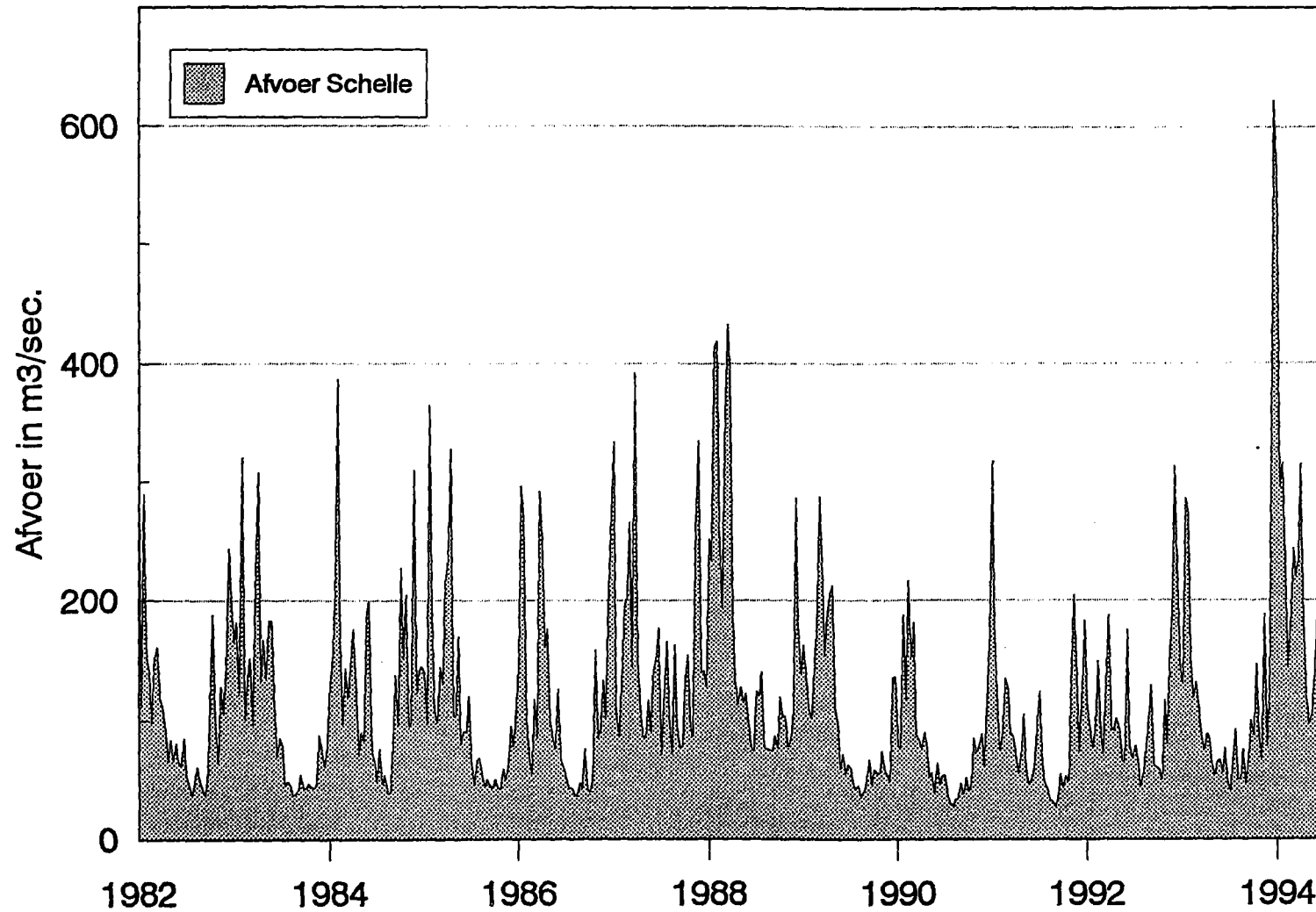
1971 - 1983



Bijlage 4a

Dekadegemiddelde Afvoer te Schelle

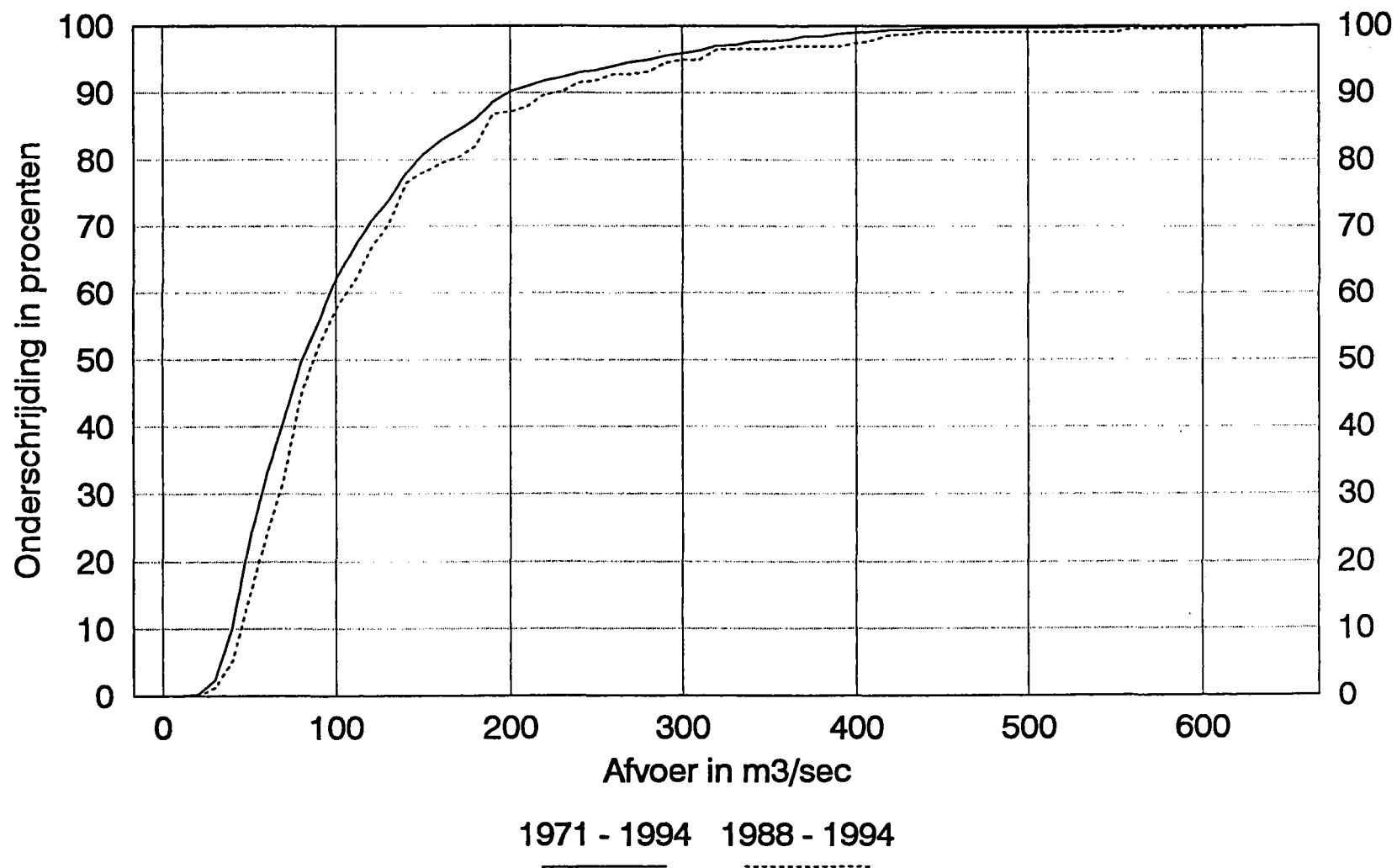
1982 - 1995



Bijlage 4b

Schelde afvoer te Schelle

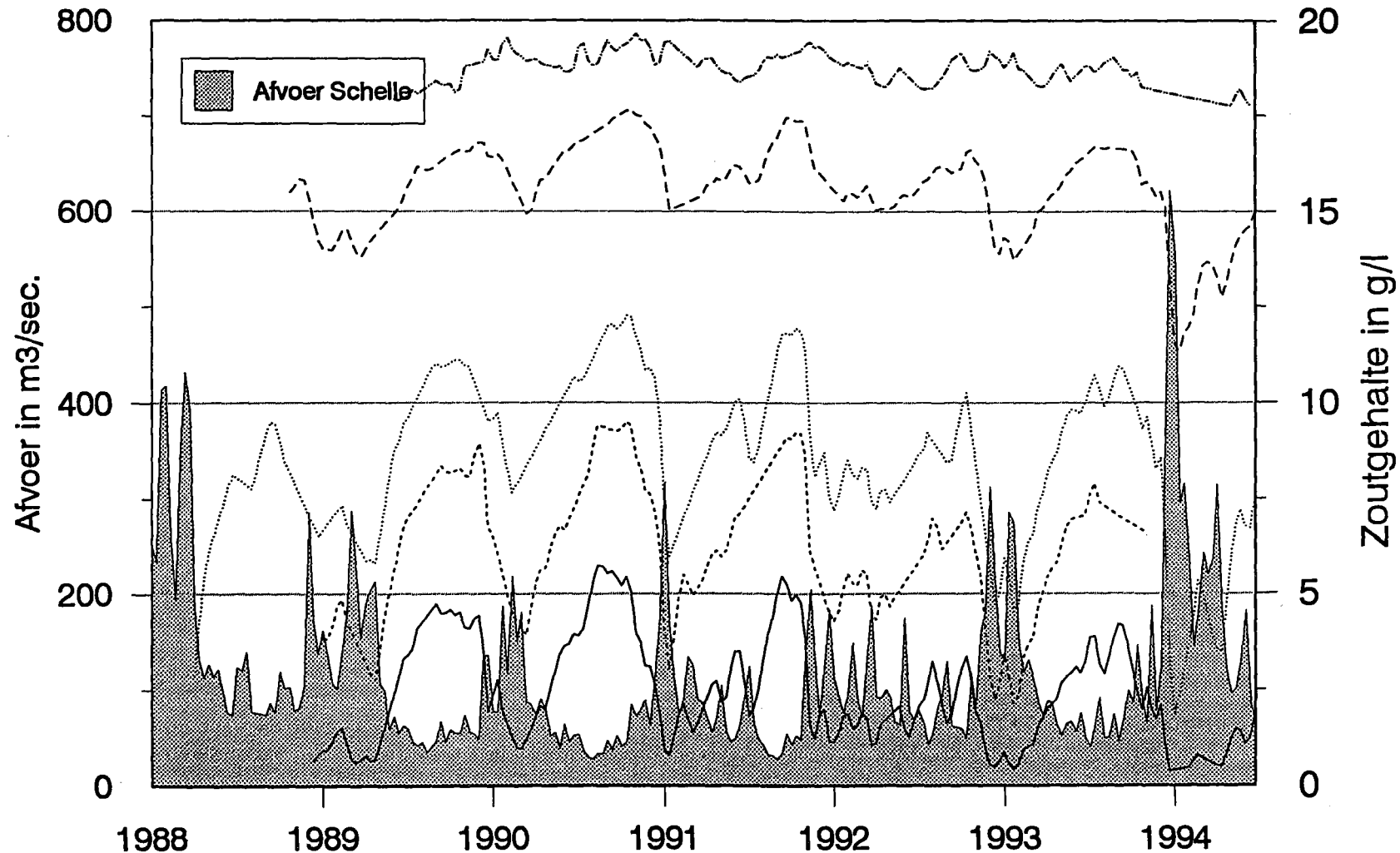
Onderschrijdingsfrequentielijnen
decadegemiddelde afvoer



Bijlage 5

Verloop Zoutgehalte Zeeschelde - Westerschelde

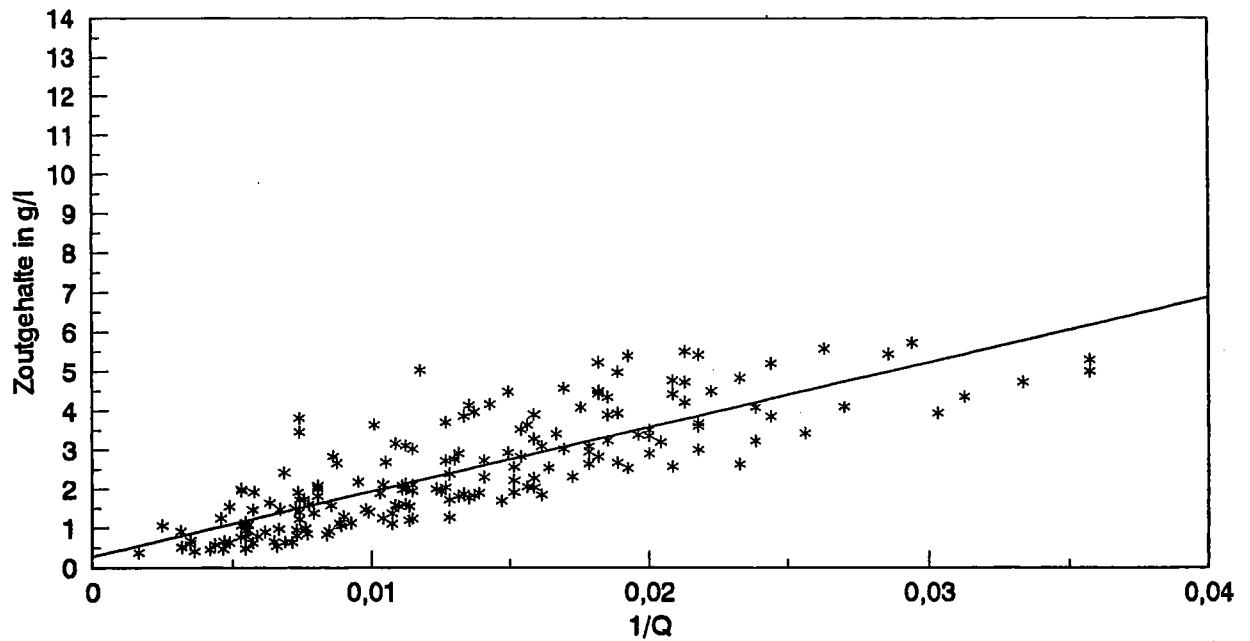
Verloop afvoer te Schelle



Dekade gemiddelde waarden

Oosterweel Prosperpolder Baalhoek Hoofdplaat Vlakte van de Raan

Oosterweel

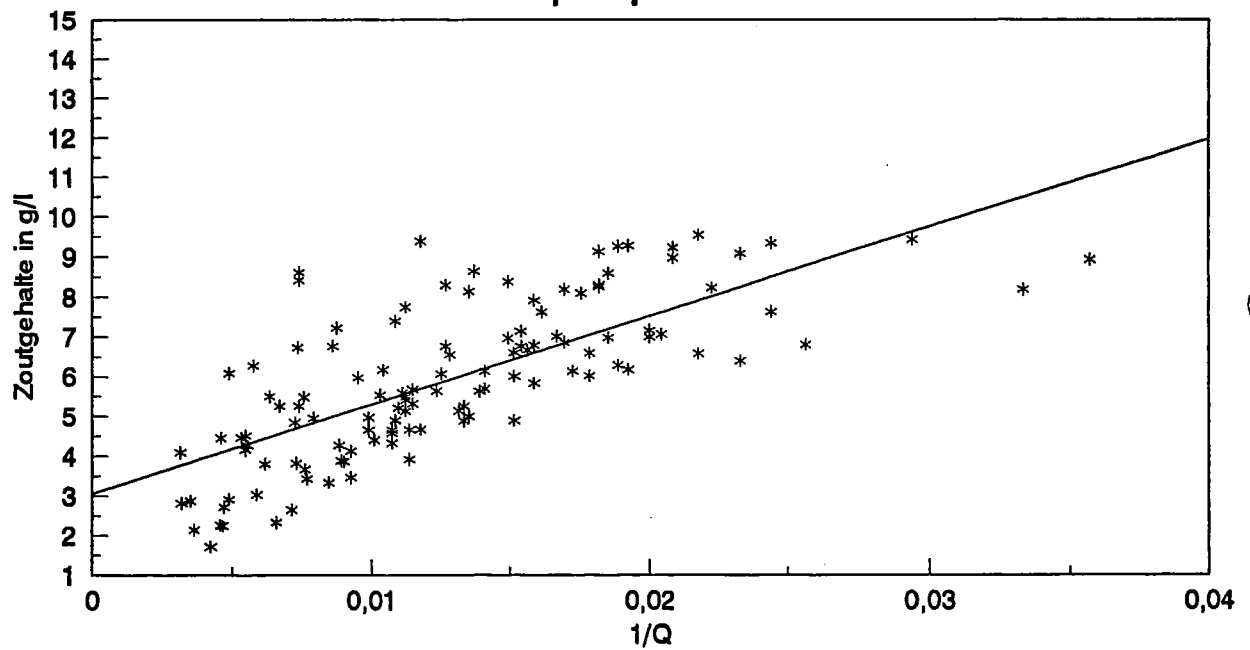


$$R^2 = 0,6771339$$

$$n = 182$$

$$Y = 165,26886.X + 0,2812048$$

Prosperpolder

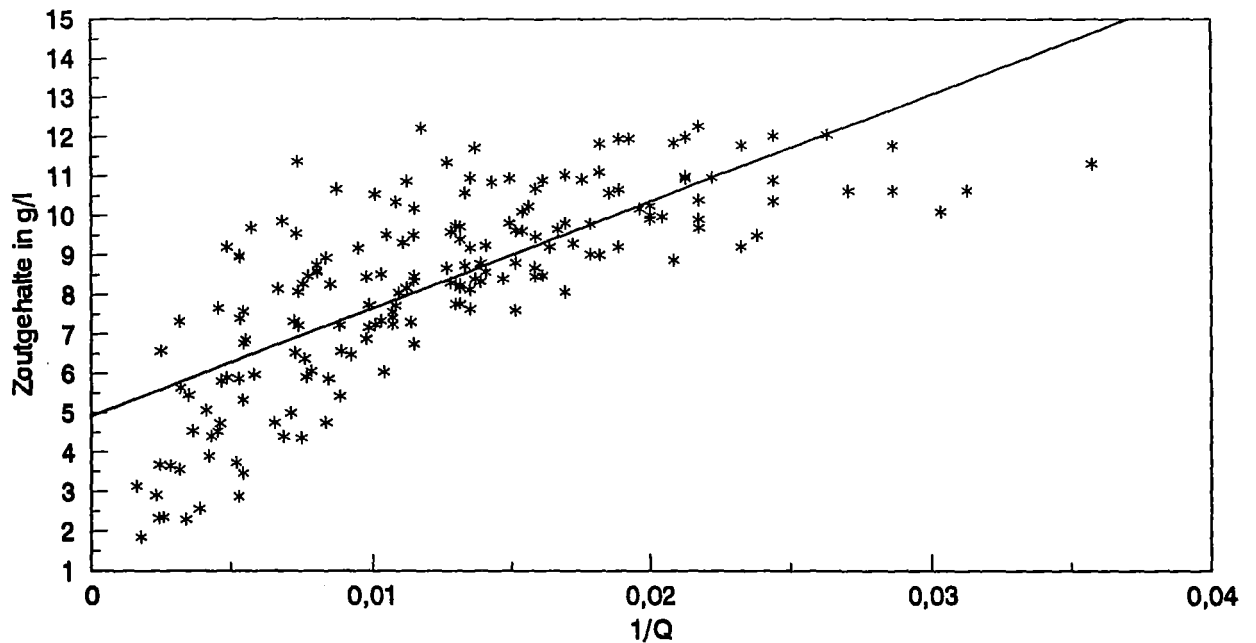


$$R^2 = 0,5264288$$

$$n = 121$$

$$Y = 222,25668.X + 3,0762838$$

Baalhoek

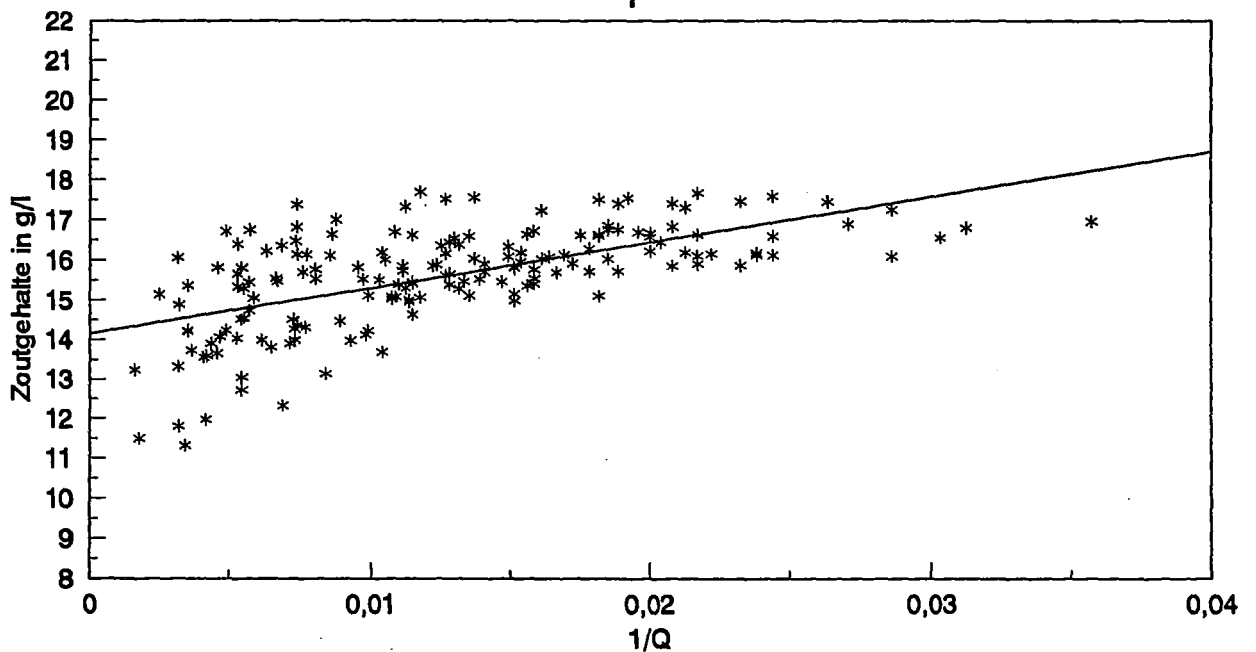


$$R^2 = 0,5602559$$

$$n = 178$$

$$Y = 272,35487.X + 4,9128453$$

Hoofdplaat

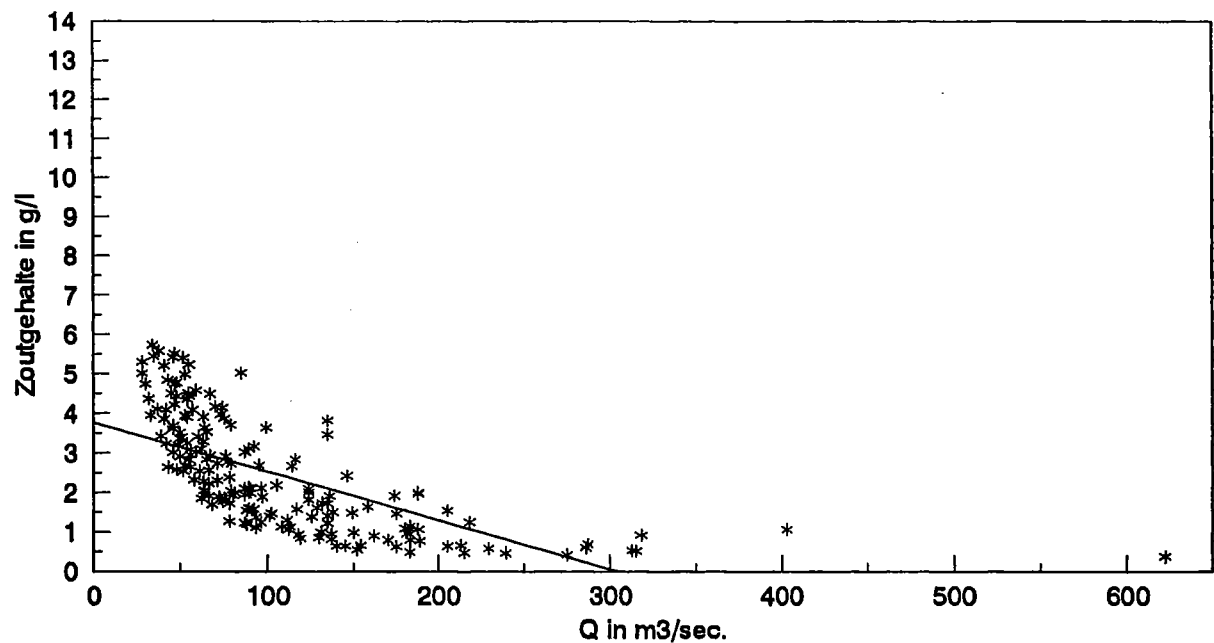


$$R^2 = 0,3787090$$

$$n = 174$$

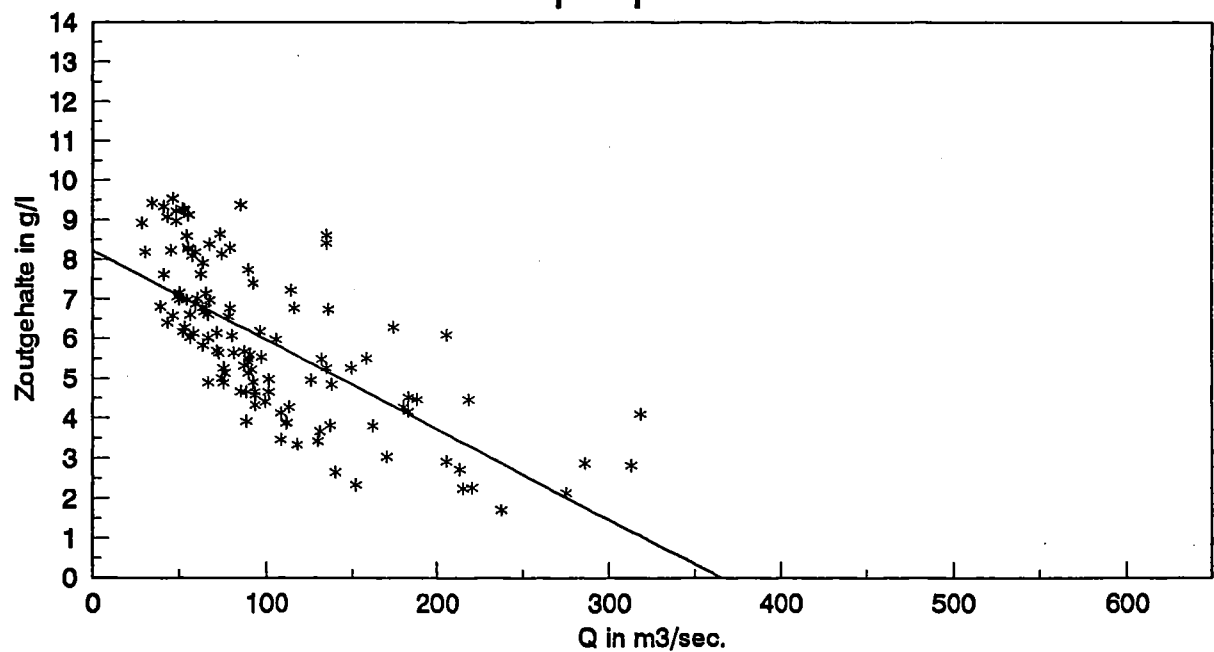
$$Y = 113,85440.X + 14,156097$$

Oosterweel



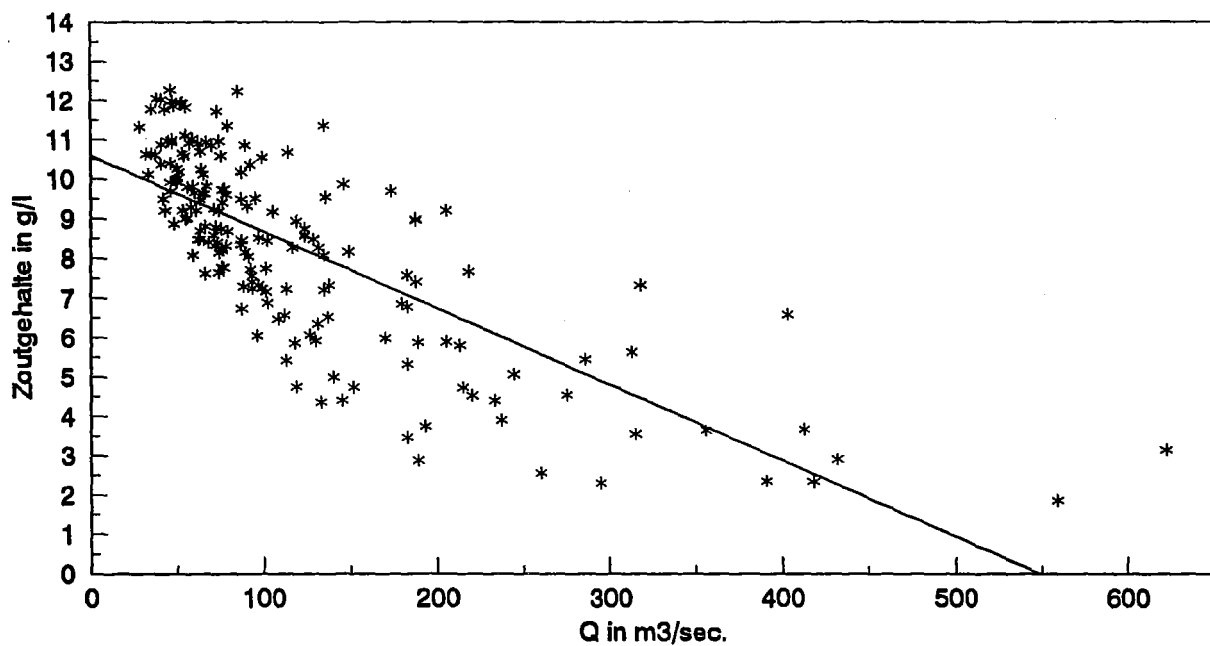
$R^2 = 0,4314738$
 $n = 182$
 $Y = -0,012380X + 3,7758308$

Prosperpolder



$R^2 = 0,4819445$
 $n = 121$
 $Y = -0,022470X + 8,2188262$

Baalhoek

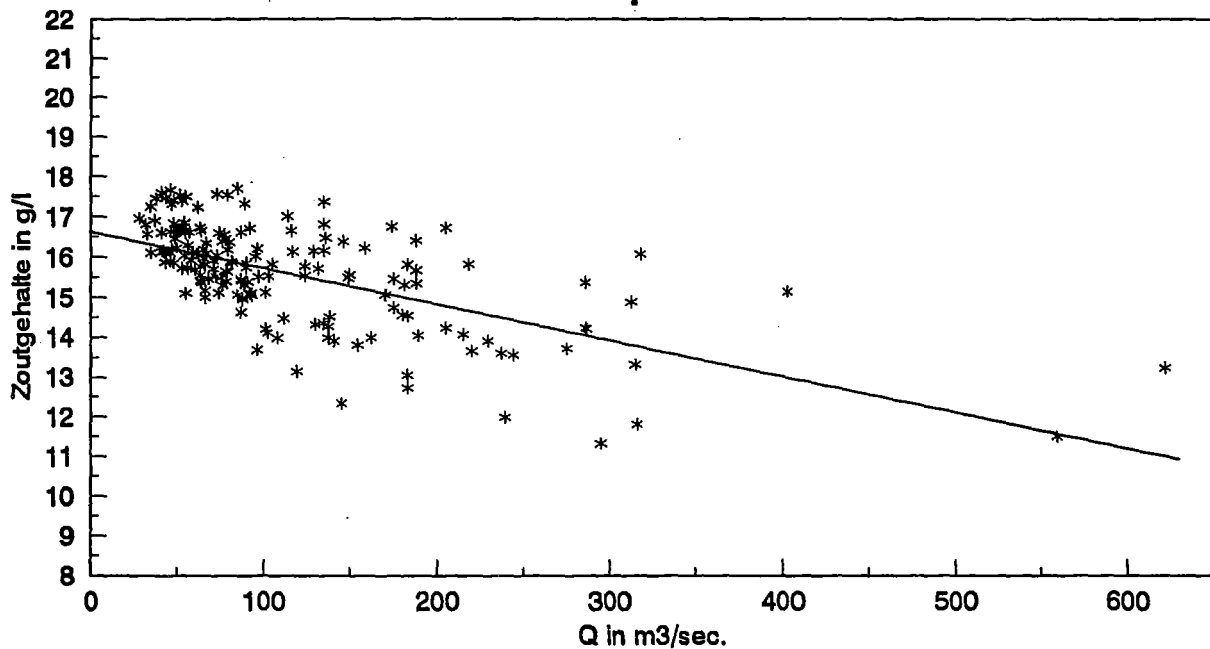


$$R^2 = 0,57736145$$

$$n = 178$$

$$Y = -0,018316X + 10,605495$$

Hoofdplaat



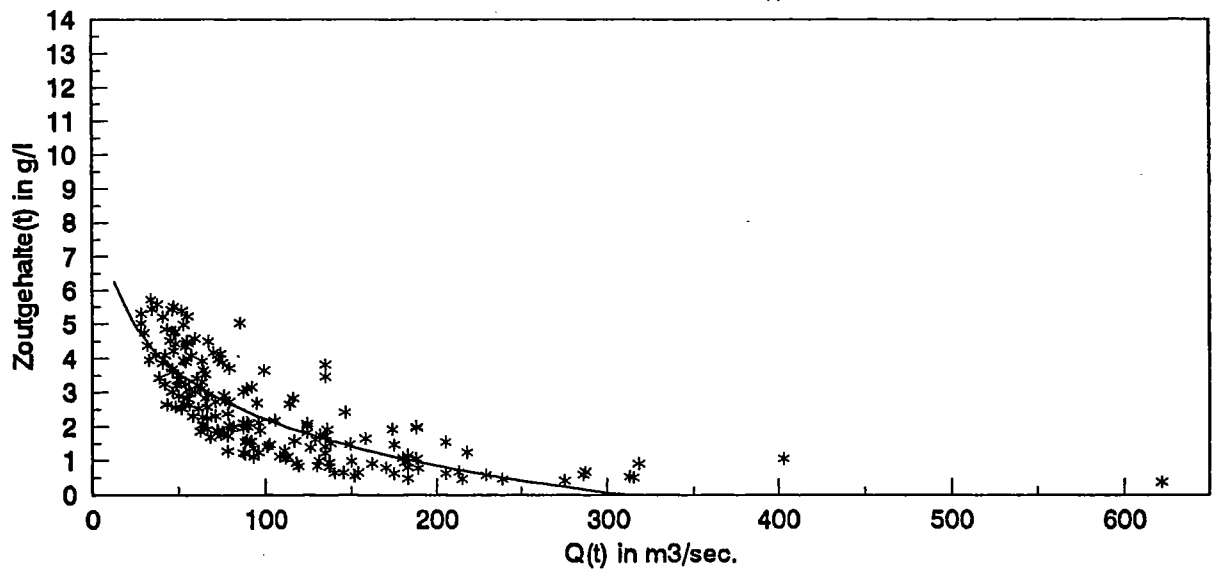
$$R^2 = 0,3980279$$

$$n = 174$$

$$Y = -0,009023X + 16,628776$$

Oosterweel

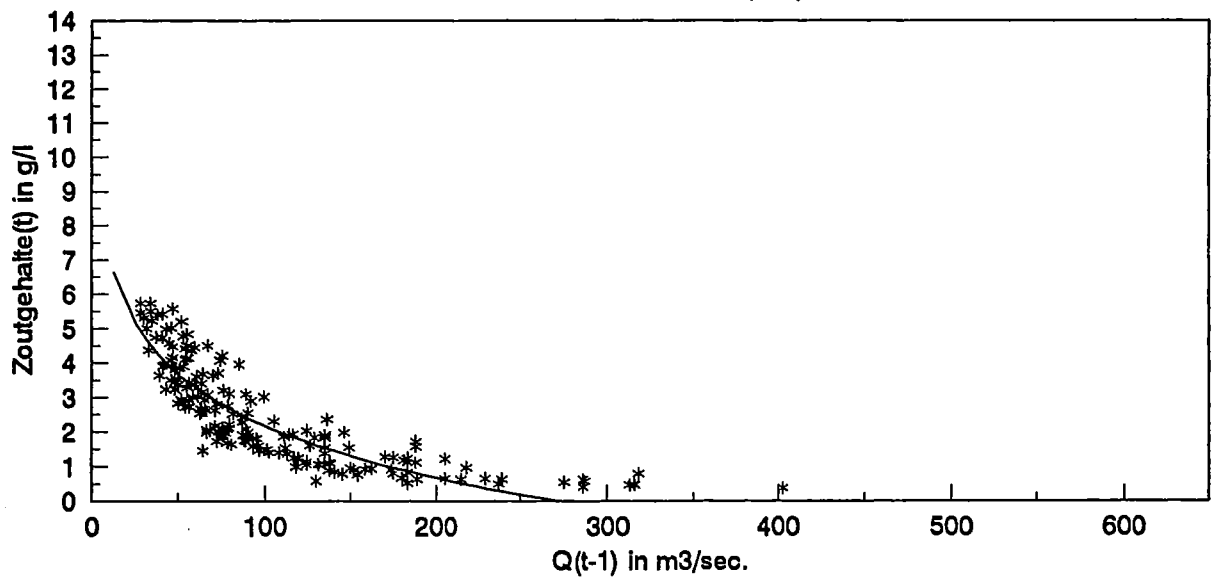
Gemiddeld Zoutgehalte dekade (t)
Gemiddelde Afvoer dekade (t)



$R^2 = 0,6481403$
 $n = 182$
 $Y = -1,985041 \cdot \ln X + 11,258628$

Oosterweel

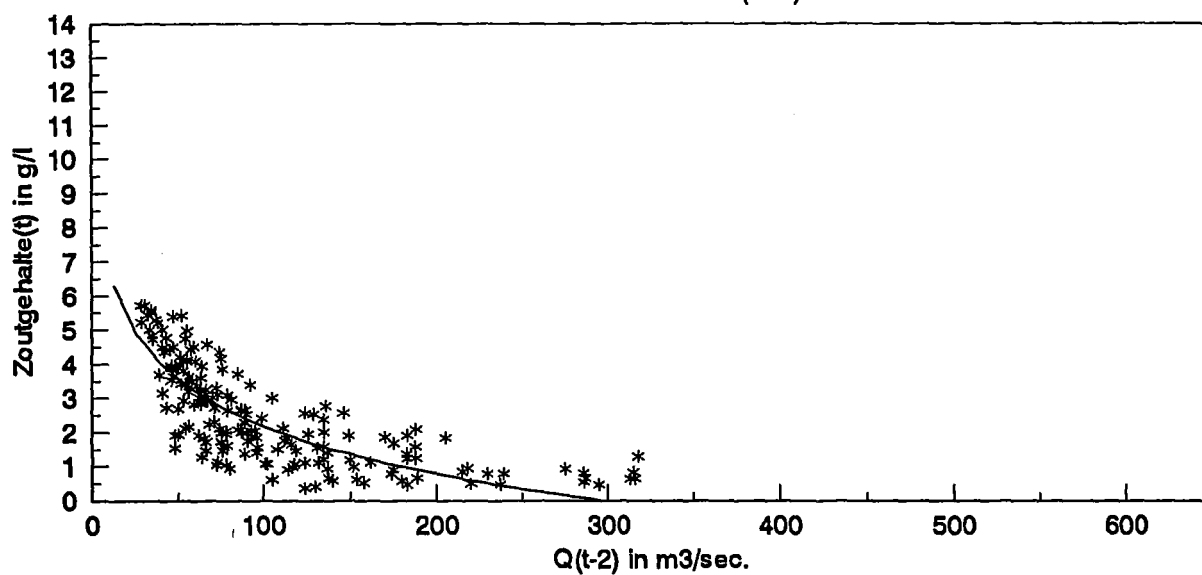
Gemiddeld Zoutgehalte dekade (t)
Gemiddelde Afvoer dekade (t - 1)



$R^2 = 0,7771605$
 $n = 182$
 $Y = -2,170163 \cdot \ln X + 12,180961$

Oosterweel

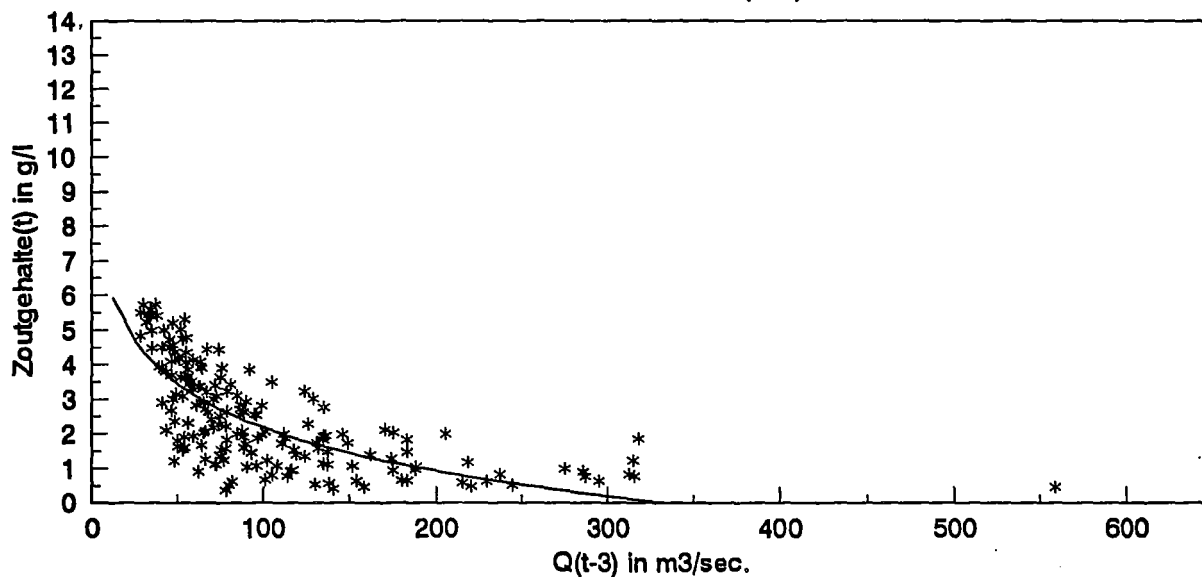
Gemiddelde Zoutgehalte dekade (t)
Gemiddelde Afvoer dekade (t - 2)



$R^2 = 0,6528718$
 $n = 182$
 $Y = -2,004083 \cdot \ln X + 11,415822$

Oosterweel

Gemiddelde Zoutgehalte dekade (t)
Gemiddelde Afvoer dekade (t - 3)

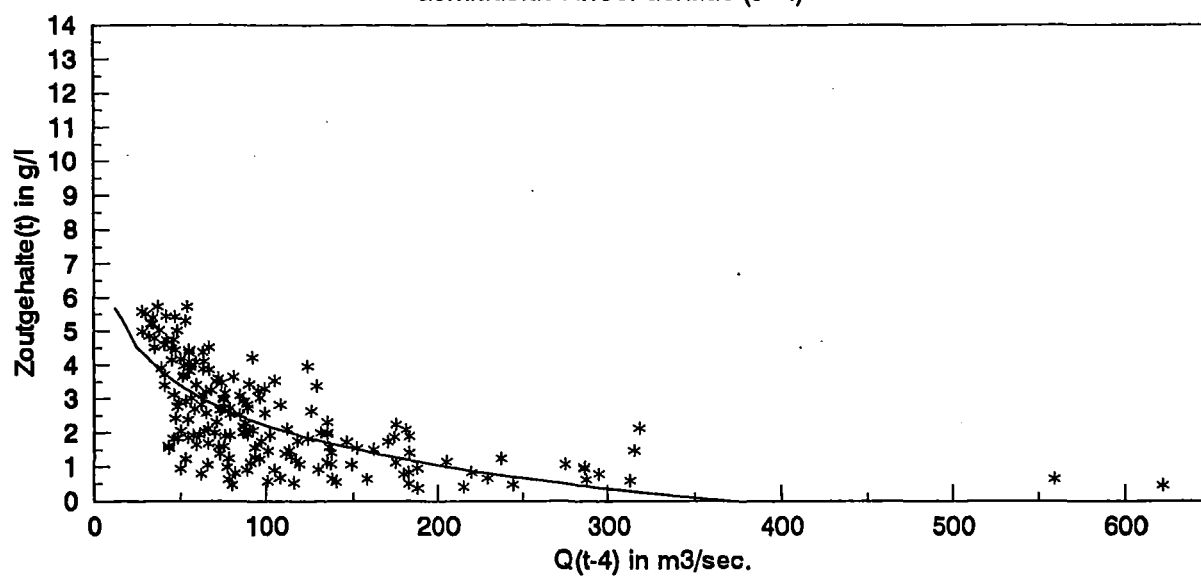


$R^2 = 0,5505810$
 $n = 182$
 $Y = -1,815179 \cdot \ln X + 10,558367$

Oosterweel

Gemiddelde Zoutgehalte dekade (t)

Gemiddelde Afvoer dekade (t - 4)

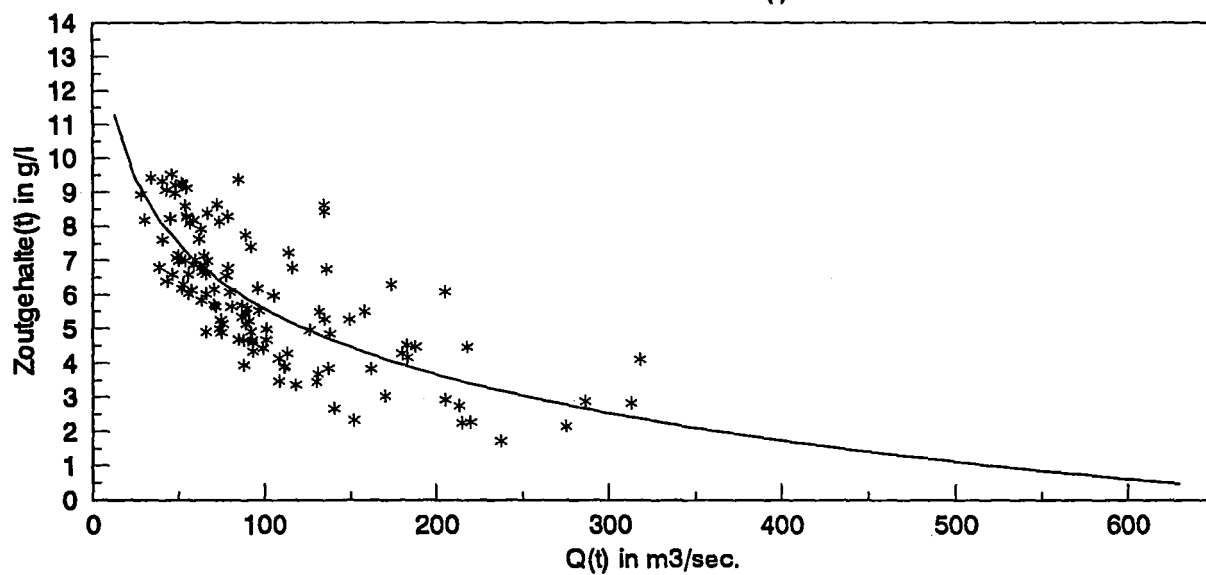


$R^2 = 0,4930813$
 $n = 182$
 $Y = -1,687242 \cdot \ln X + 9,9849408$

Prosperpolder

Gemiddeld Zoutgehalte dekade (t)

Gemiddelde Afvoer dekade (t)

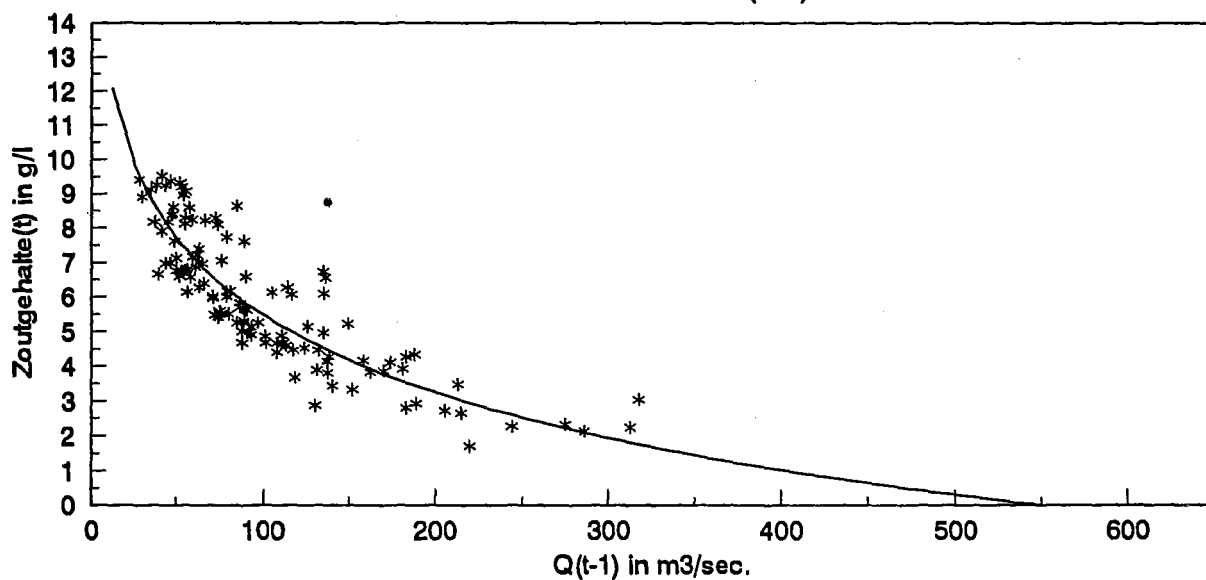


$R^2 = 0,5599857$
 $n = 121$
 $Y = -2,773530 \cdot \ln X + 18,357927$

Prosperpolder

Gemiddeld Zoutgehalte dekade (t)

Gemiddelde Afvoer dekade (t - 1)

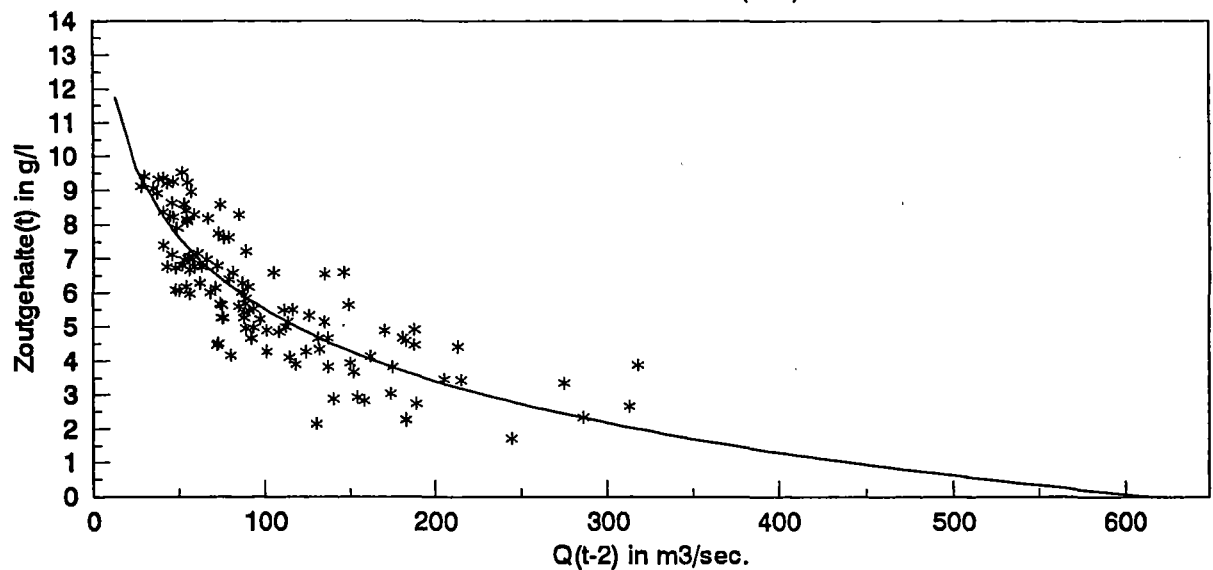


$R^2 = 0,7766851$
 $n = 121$
 $Y = -3,214660 \cdot \ln X + 20,93204$

Bijlage 10a

Prosperpolder

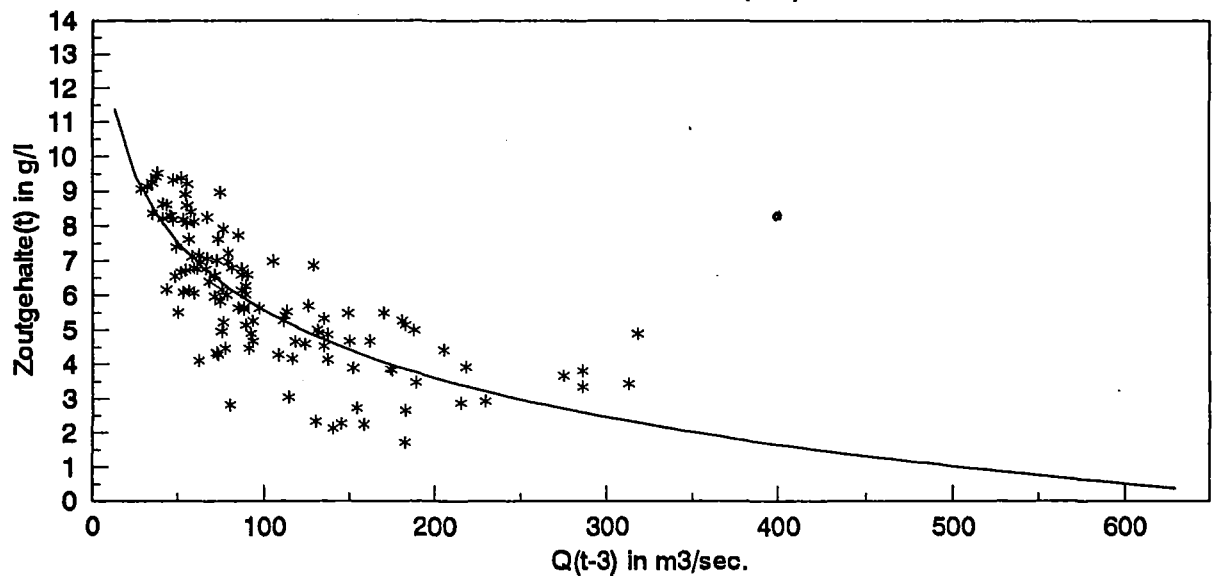
Gemiddelde Zoutgehalte dekade (t)
Gemiddelde Afvoer dekade (t - 2)



$R^2 = 0,7185687$
 $n = 121$
 $Y = -3,035250 \cdot \ln X + 19,494655$

Prosperpolder

Gemiddelde Zoutgehalte dekade (t)
Gemiddelde Afvoer dekade (t - 3)

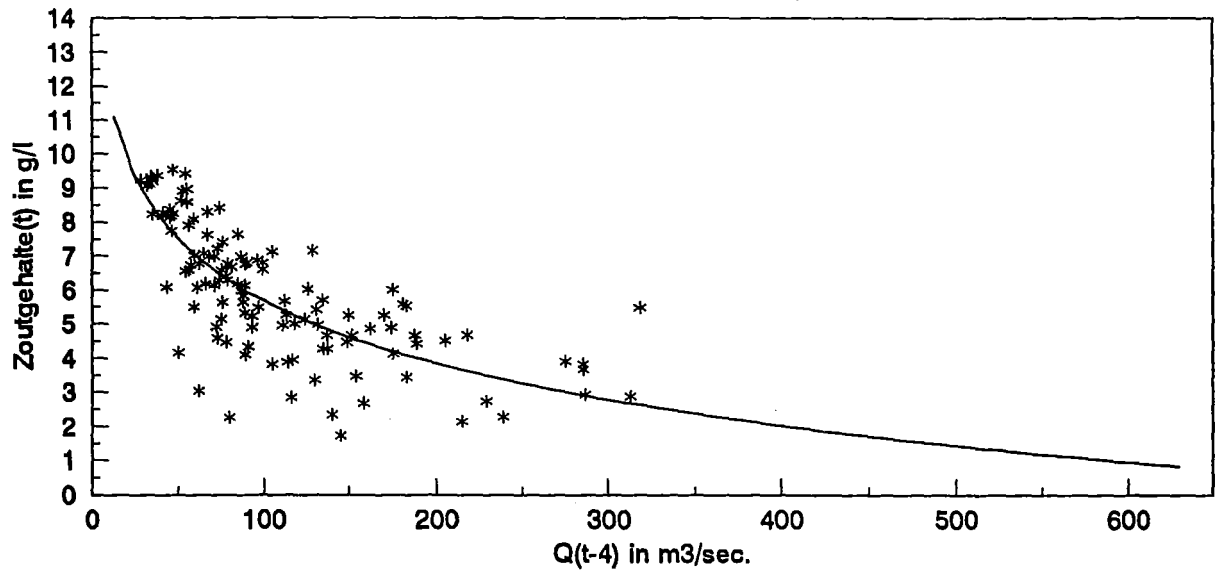


$R^2 = 0,6331438$
 $n = 121$
 $Y = -2,821346 \cdot \ln X + 18,566099$

Prosperpolder

Gemiddelde Zoutgehalte dekade (t)

Gemiddelde Afvoer dekade (t - 4)

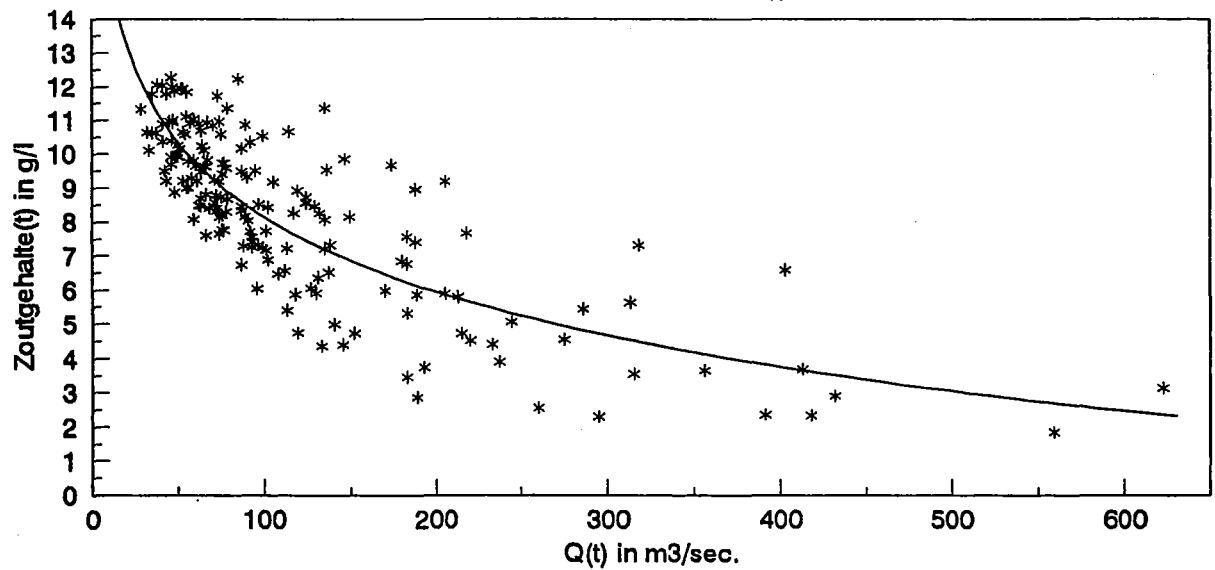


$R^2 = 0,5892721$
 $n = 121$
 $Y = -2,638123 \cdot \ln X + 17,830807$

Baalhoek

Gemiddeld Zoutgehalte dekade (t)

Gemiddelde Afvoer dekade (t)

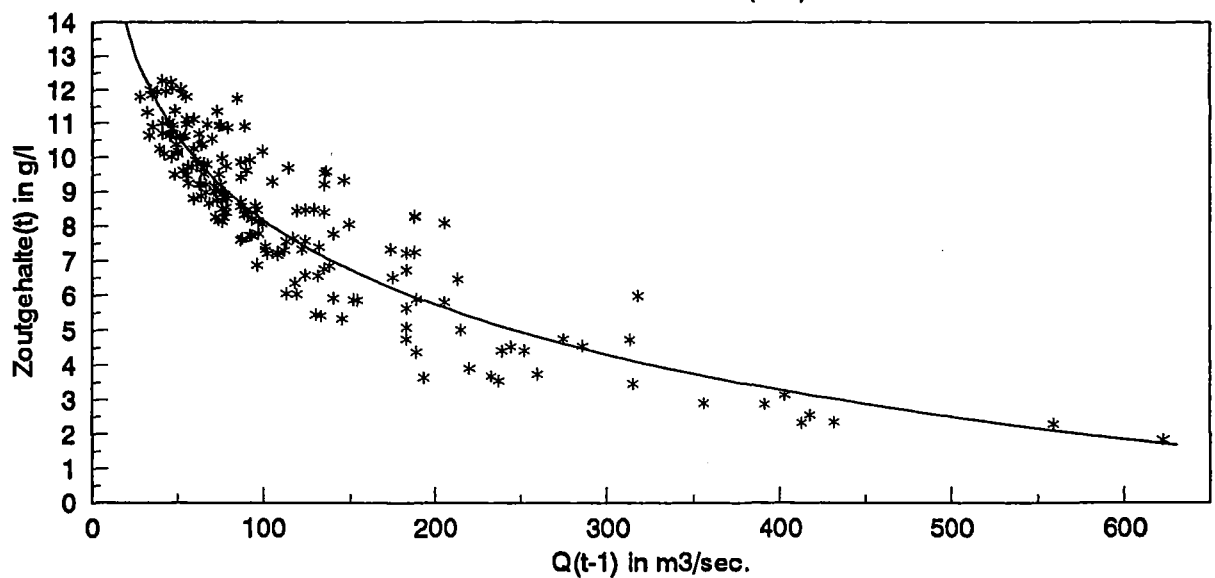


$R^2 = 0,6632453$
 $n = 178$
 $Y = -3,166934 \cdot \ln X + 22,737874$

Baalhoek

Gemiddeld Zoutgehalte dekade (t)

Gemiddelde Afvoer dekade (t - 1)

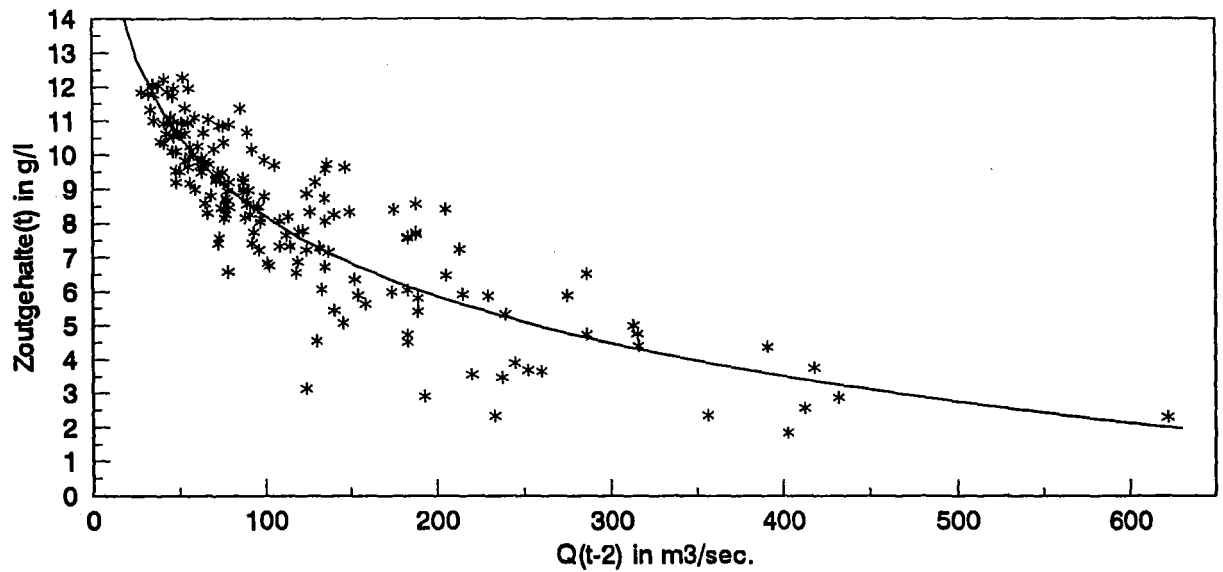


$R^2 = 0,7766851$
 $n = 178$
 $Y = -3,523860 \cdot \ln X + 24,408826$

Bijlage 11a

Baalhoek

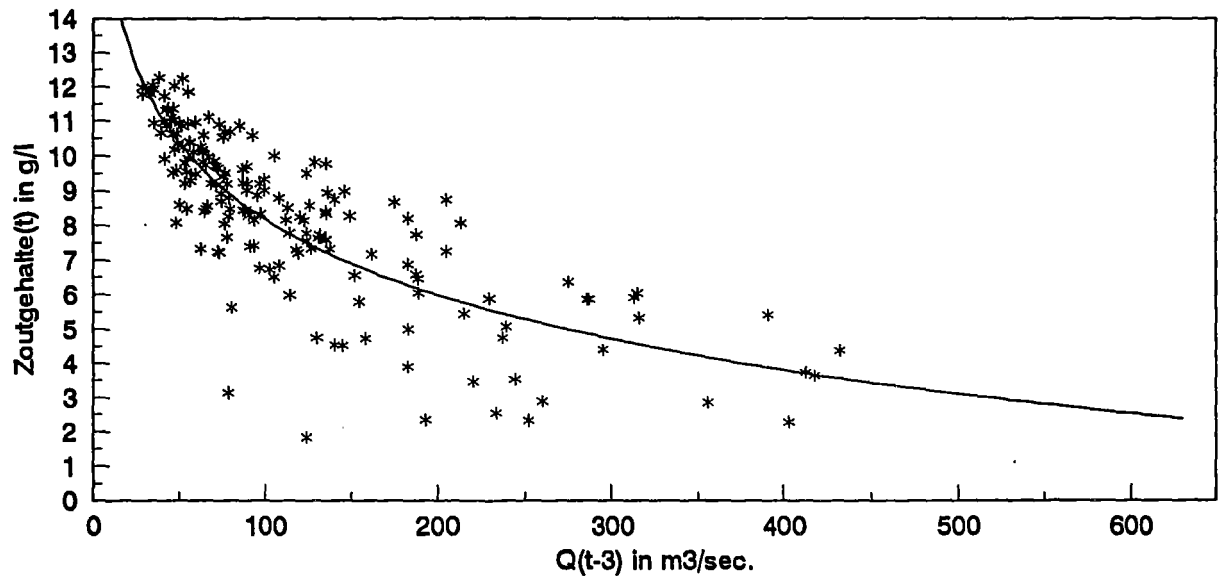
Gemiddelde Zoutgehalte dekade (t)
Gemiddelde Afvoer dekade (t - 2)



$R^2 = 0,7731811$
 $n = 177$
 $Y = -3,386313 \cdot \ln X + 22,800616$

Baalhoek

Gemiddelde Zoutgehalte dekade (t)
Gemiddelde Afvoer dekade (t - 3)

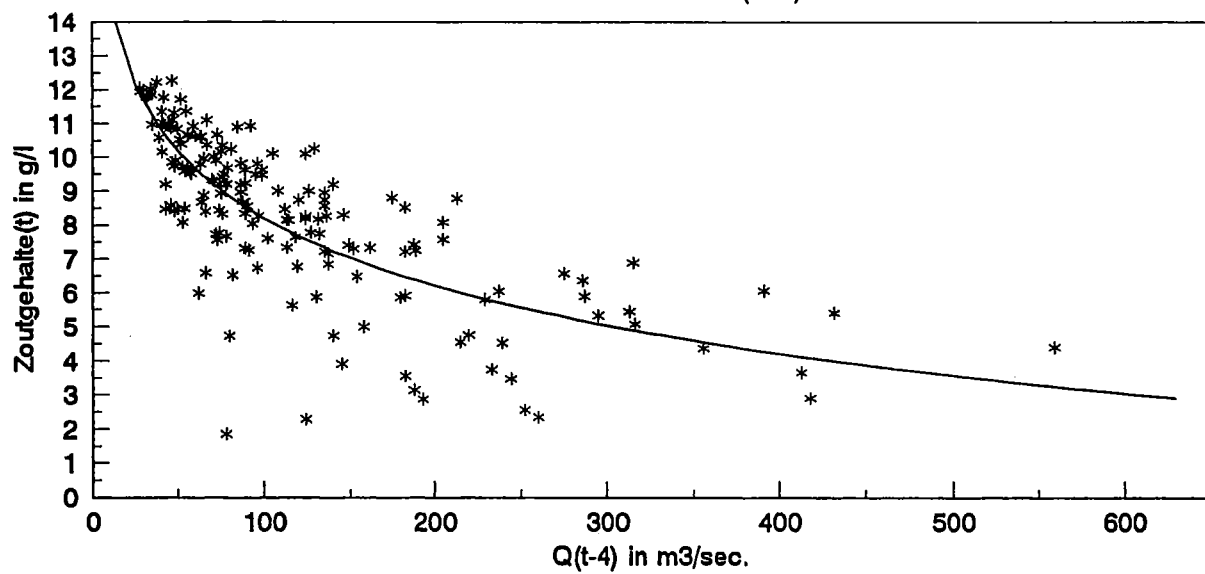


$R^2 = 0,6732508$
 $n = 176$
 $Y = -3,146534 \cdot \ln X + 22,670630$

Baalhoek

Gemiddelde Zoutgehalte dekade (t)

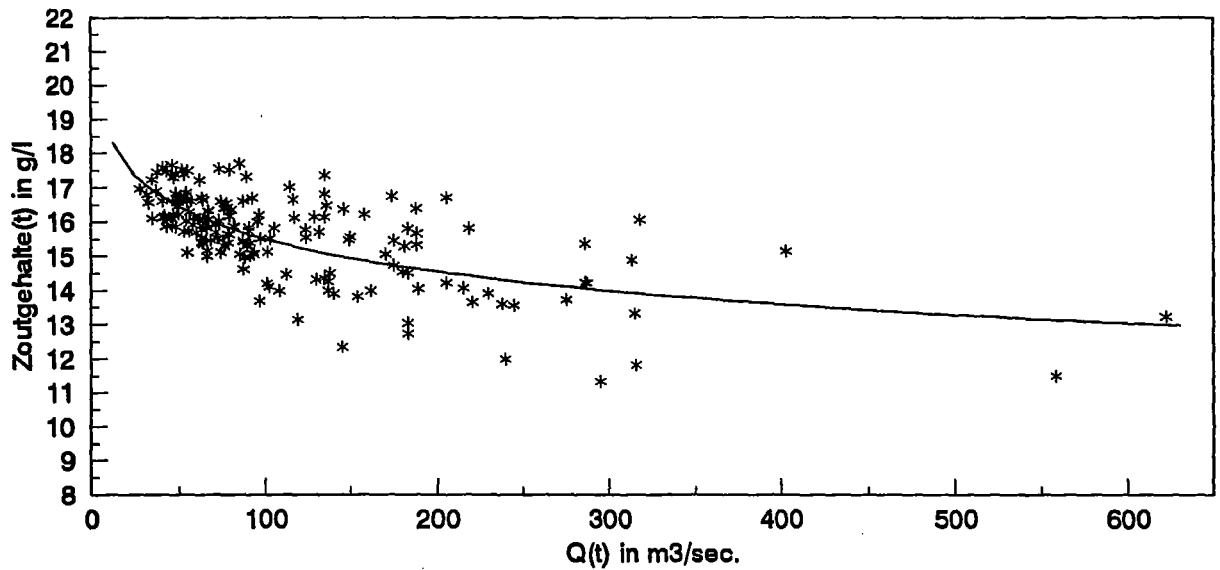
Gemiddelde Afvoer dekade (t - 4)



$R^2 = 0,6040721$
 $n = 175$
 $Y = -2,883604 \cdot \ln X + 21,491454$

Hoofdplaat

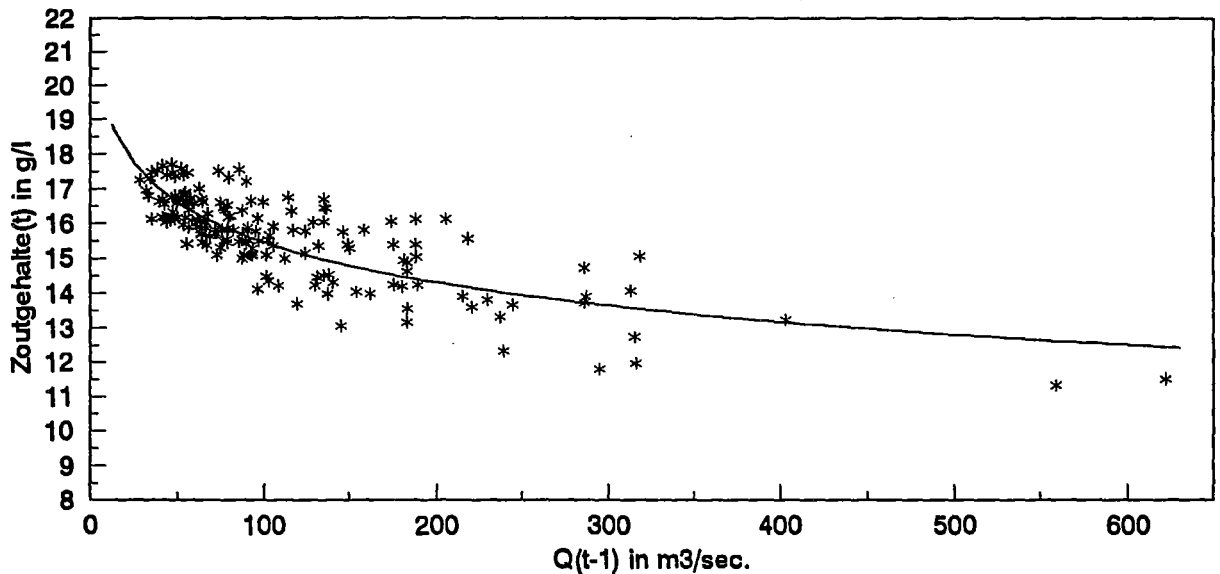
Gemiddeld Zoutgehalte dekade (t)
Gemiddelde Afvoer dekade (t)



$R^2 = 0,4446581$
 $n = 174$
 $Y = -1,369331 \cdot \ln X + 21,805175$

Hoofdplaat

Gemiddeld Zoutgehalte dekade (t)
Gemiddelde Afvoer dekade (t - 1)

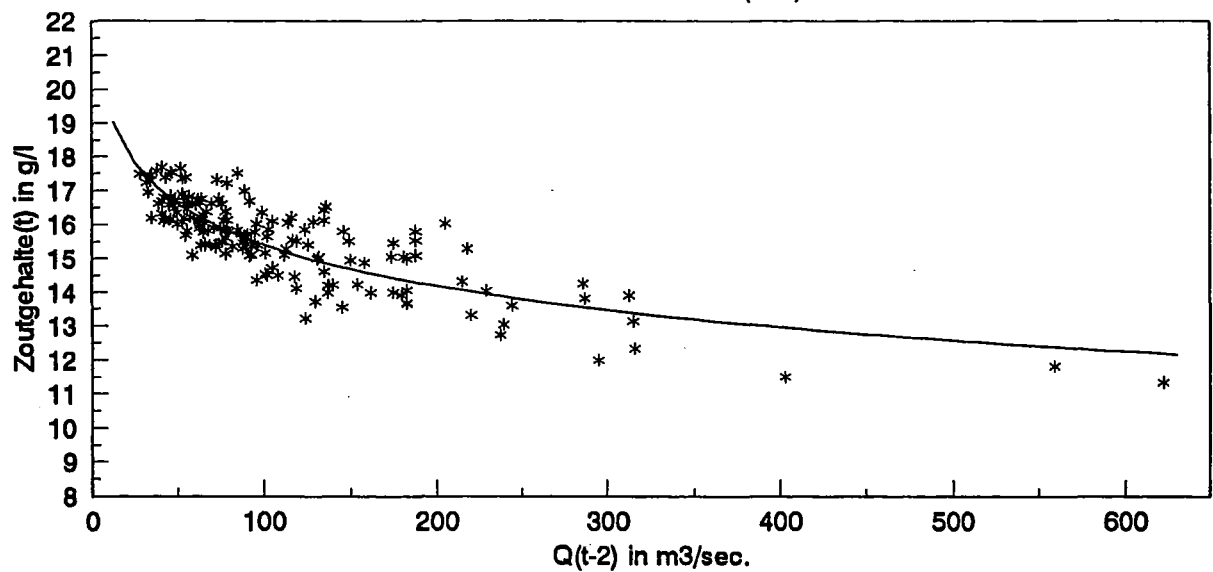


$R^2 = 0,6272043$
 $n = 174$
 $Y = -1,645794 \cdot \ln X + 23,039463$

Hoofdplaat

Gemiddelde Zoutgehalte dekade (t)

Gemiddelde Afvoer dekade (t - 2)

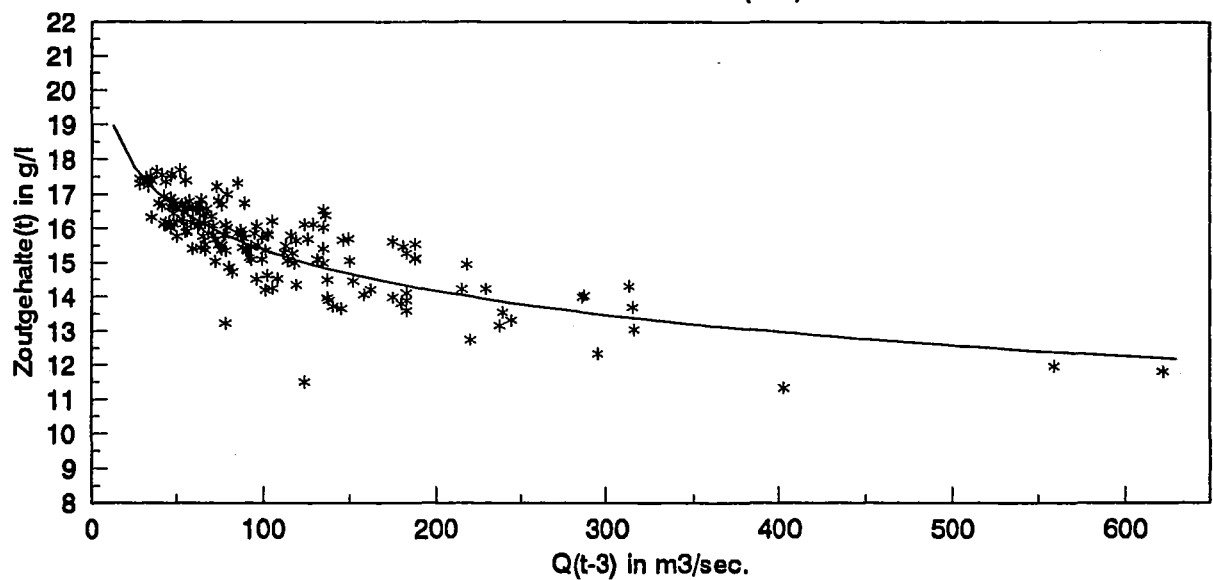


$R^2 = 0,6924152$
 $n = 174$
 $Y = -1,762716 \cdot \ln X + 23,532958$

Hoofdplaat

Gemiddelde Zoutgehalte dekade (t)

Gemiddelde Afvoer dekade (t - 3)

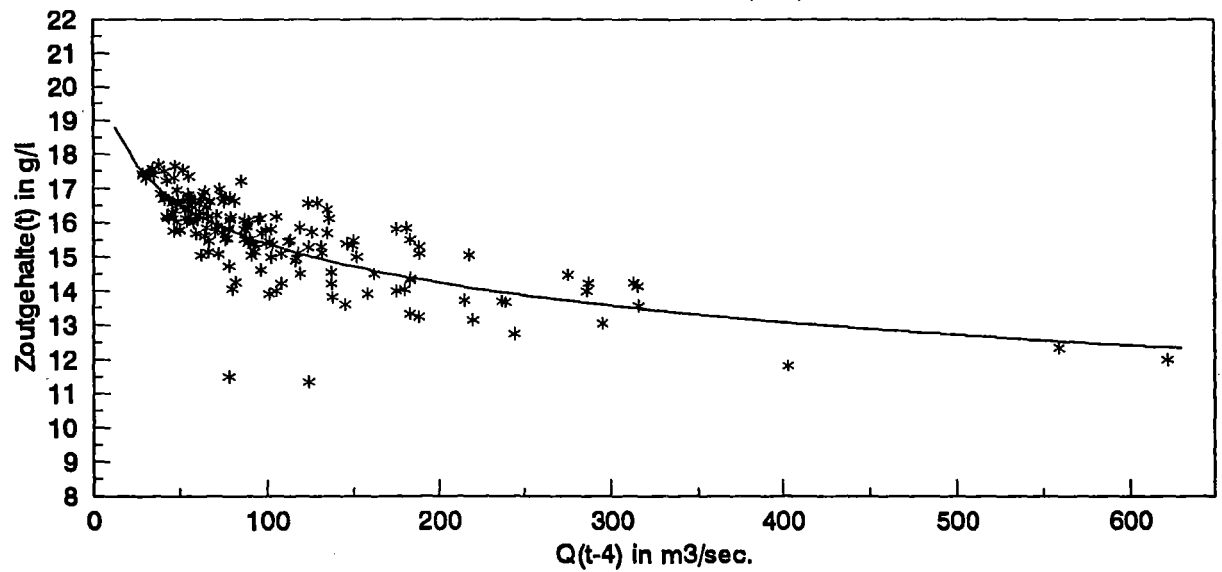


$R^2 = 0,6756947$
 $n = 174$
 $Y = -1,739096 \cdot \ln X + 23,399459$

Hoofdplaat

Gemiddelde Zoutgehalte dekade (t)

Gemiddelde Afvoer dekade (t - 4)

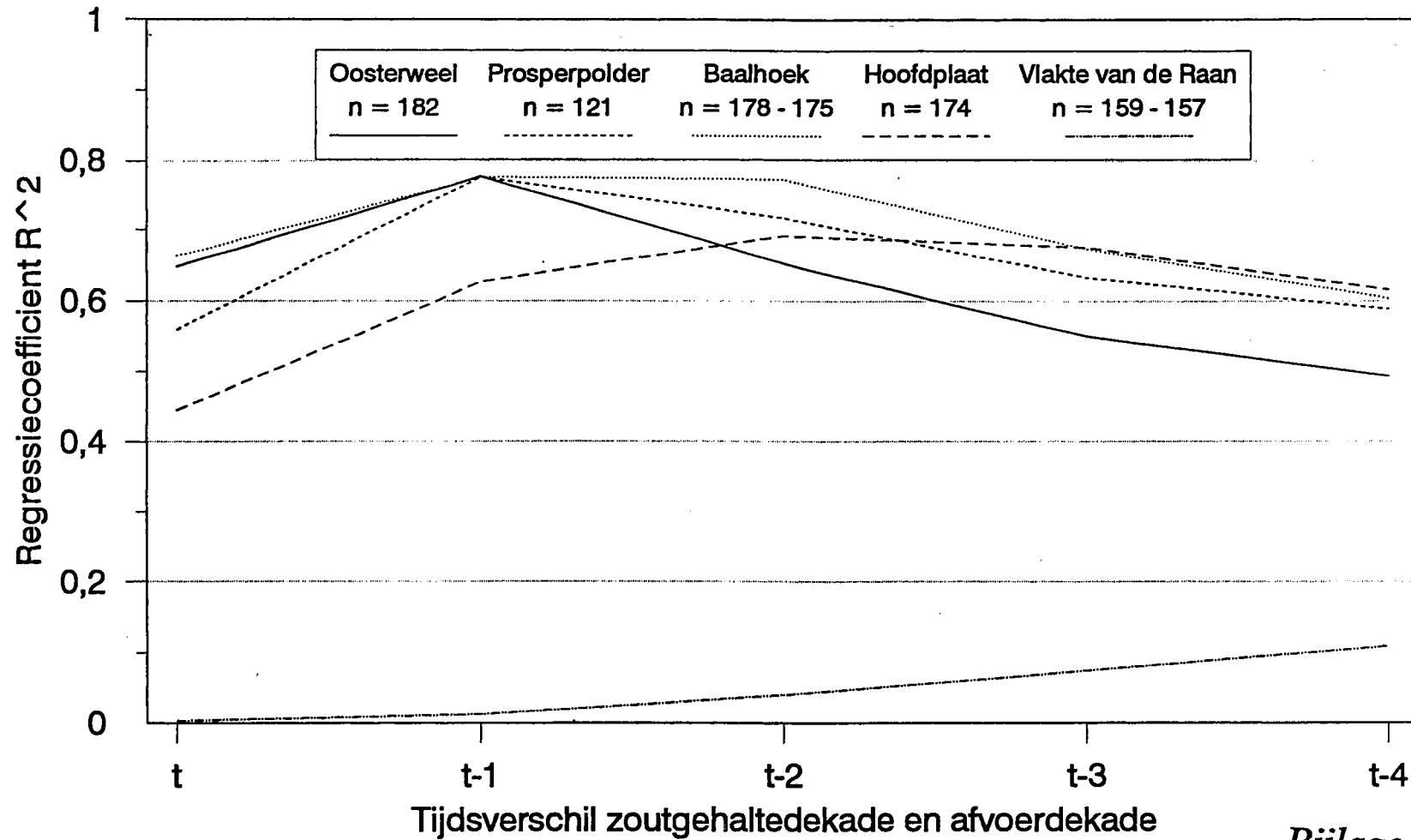


$R^2 = 0,6159489$
 $n = 174$
 $Y = -1,658975 \cdot \ln X + 23,031810$

Regressiecoëfficiënten

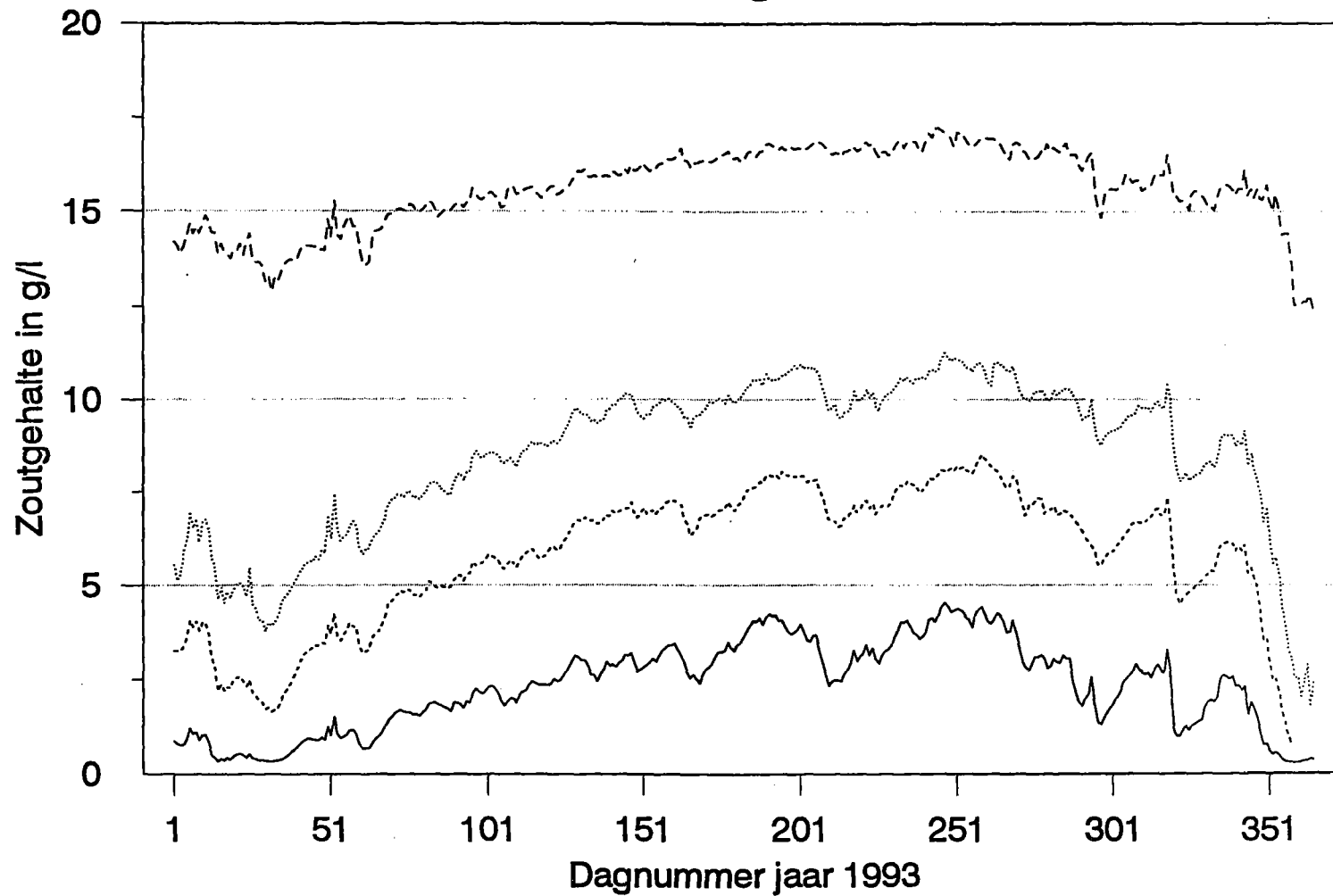
Zoutgehalte en afvoer

Variatie in tijd in dekaden van de afvoerdekaden



Bijlage 13

Detail verloop Zoutgehalte 1993



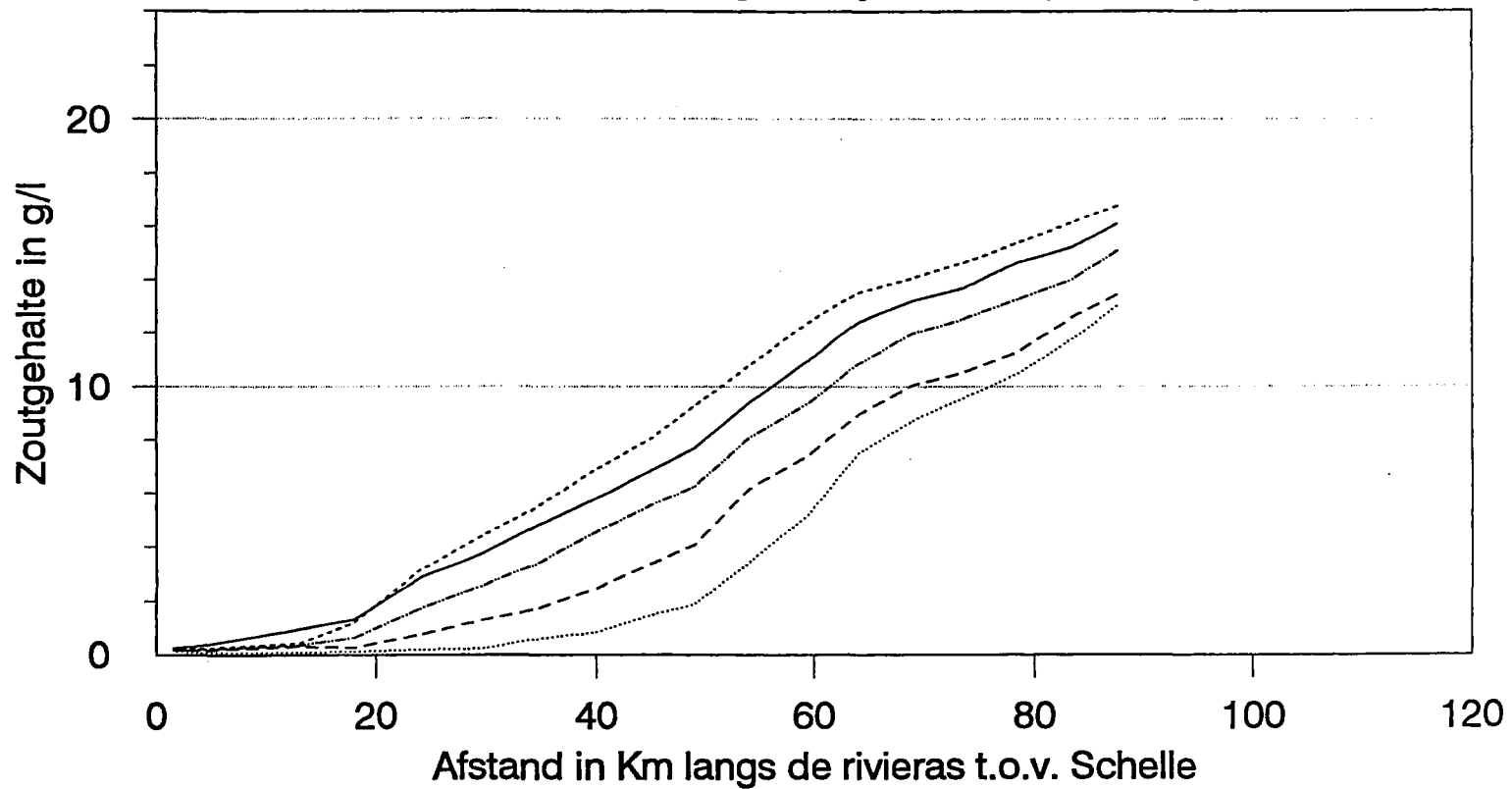
Oosterweel Prosperpolder Baalhoek Hoofdplaat

Zoutgehalte: Daggemiddelde waarden

Westerschelde - Zeeschelde

Zoutgradiënten Hovercrafttochten

Laagwaterkenteringen tijdens Springtij



23041993
afvoer = 63

01111993
afvoer = 66

12041994
afvoer = 183

27041994
afvoer = 119

23061994
afvoer = 66

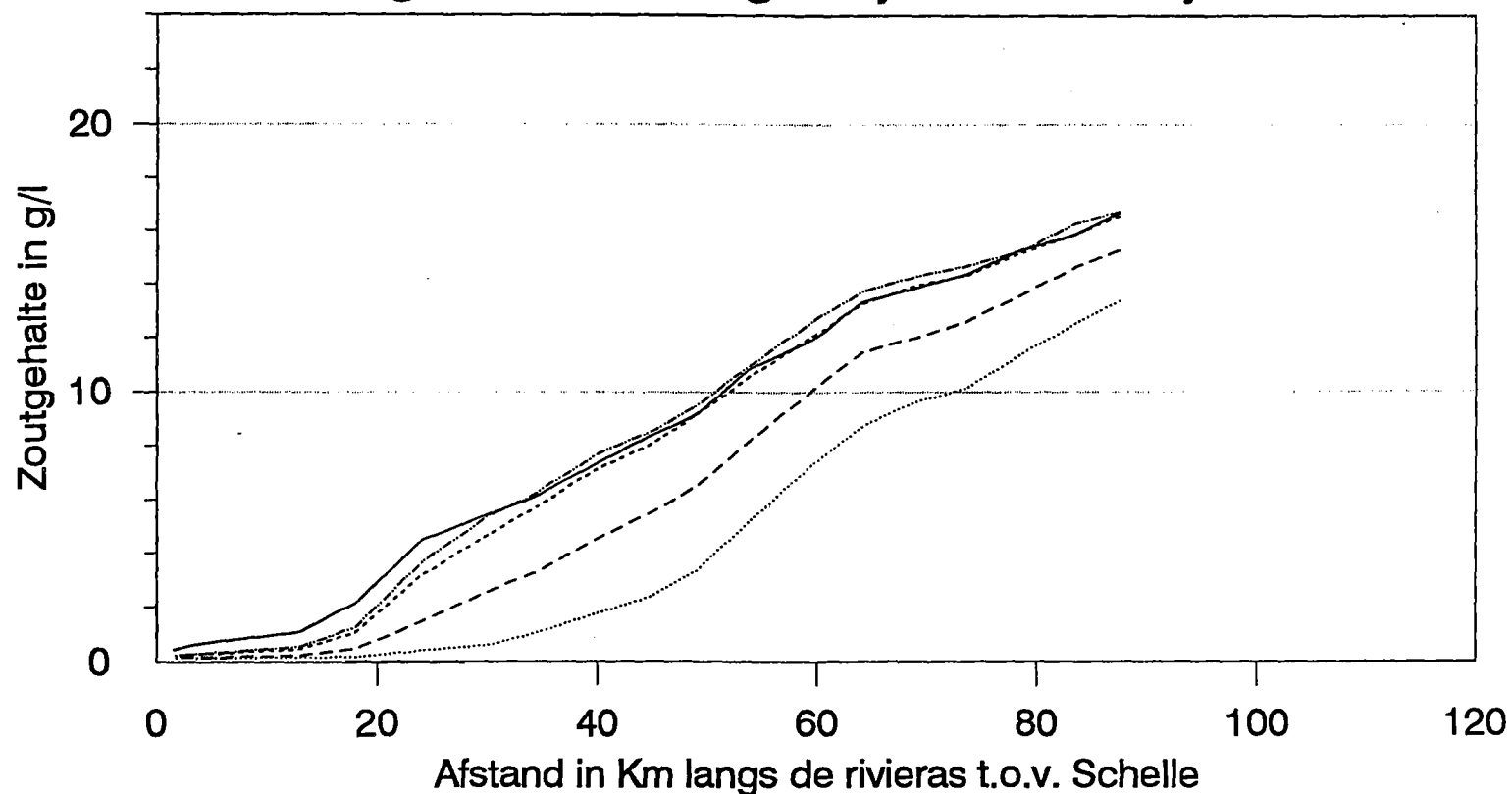
Dekadegemiddelde afvoeren

Bijlage 15a

Westerschelde - Zeeschelde

Zoutgradiënten Hovercrafttochten

Laagwaterkenteringen tijdens Doodtij



30061993 05111993 20041994 02061994 13091994
afvoer = 49 afvoer = 66 afvoer = 183 afvoer = 183

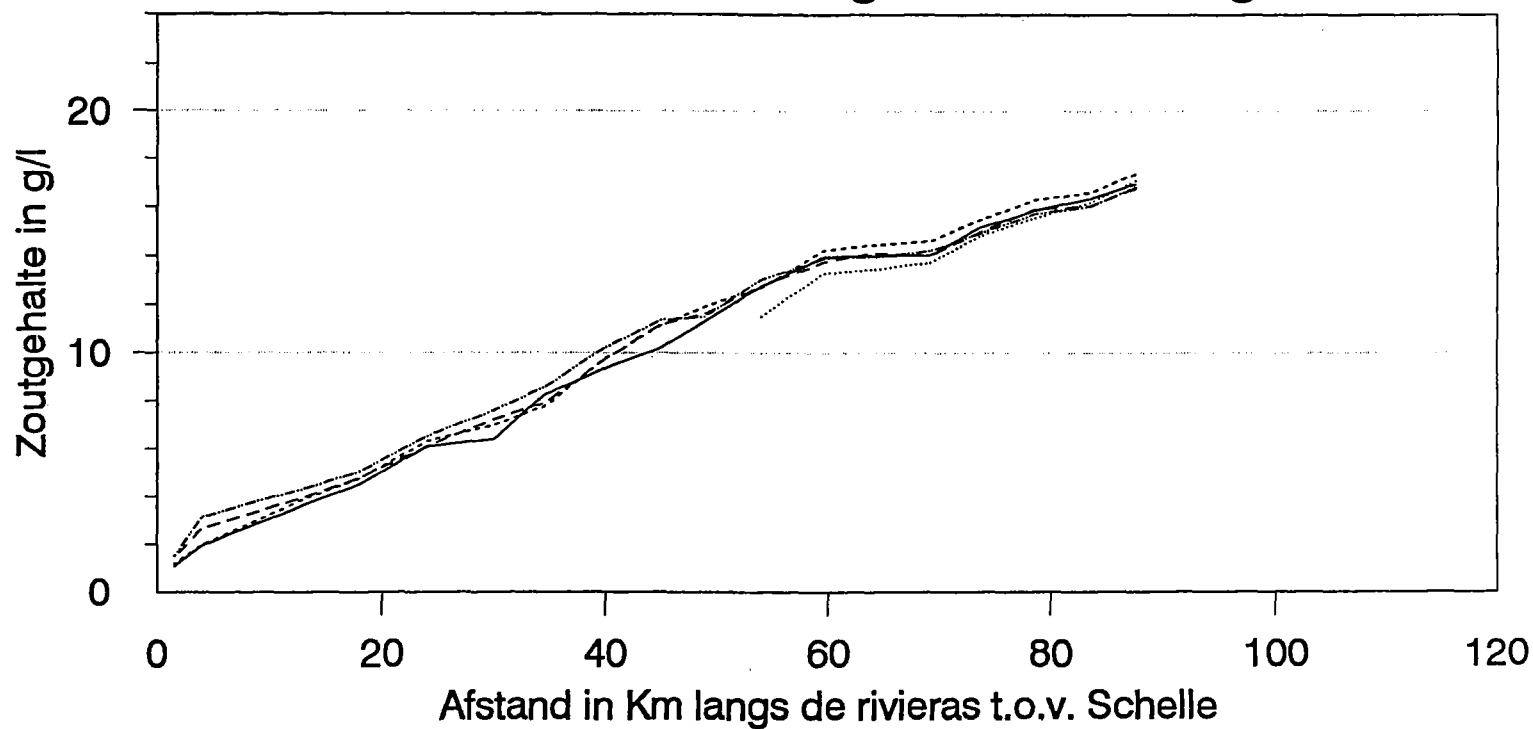
Dekadegemiddelde afvoeren

Bijlage 15b

Westerschelde - Zeeschelde

Zoutgradienten Hovercrafttochten

Maximum Vloed en Hoogwater kentering



28051993	12111993	23111993	05081994	09081994
Max. VI, afvoer = 67	Max. VI, afvoer = 188	Max. VI, afvoer = 78	Hwk, Gem. Getij	Hwk, Doodtij

Dekadegemiddelde afvoeren

2805 en 2311 doodtij

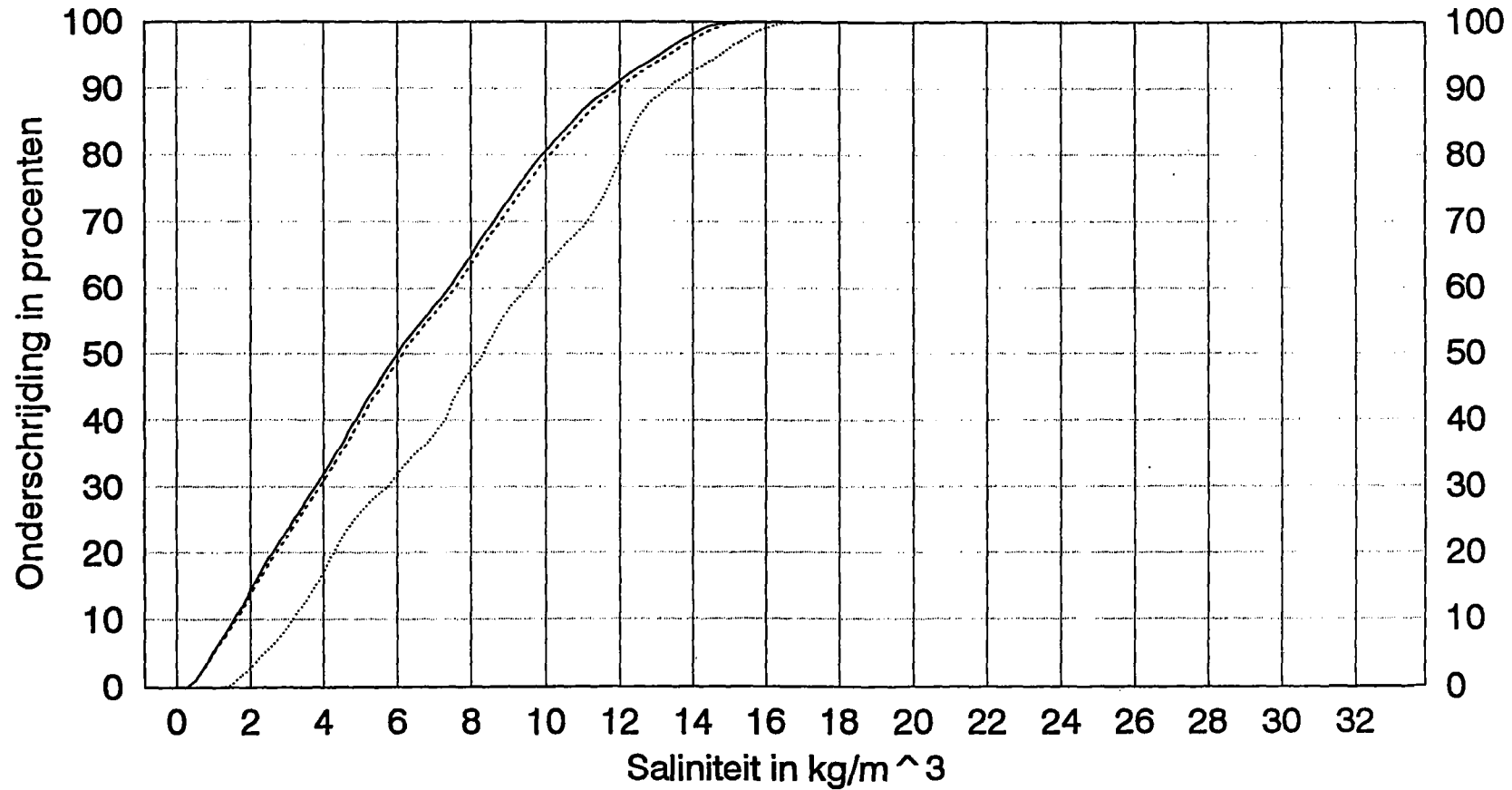
1211 is springtij

Bijlage 15c

Oosterweel

Onderschrijdingsfrequentielijnen 1990

20-minuutwaarden



T0 1990	T1 1990	T2 1990
Gem. 6,372	Gem. 6,520	Gem. 8,324
—————	-----	

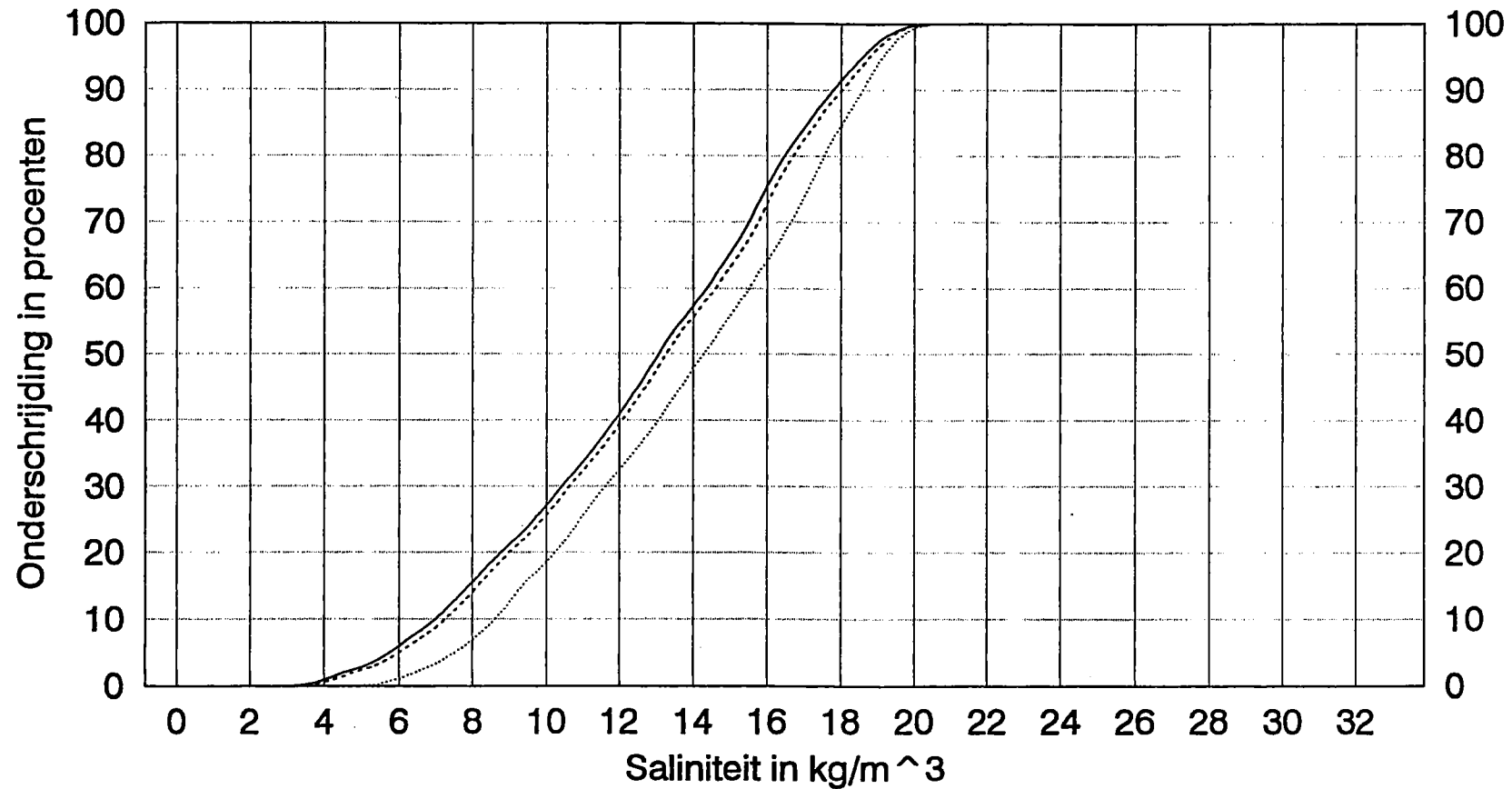
Ber. resultaten SCALDIS 400, 20 min. waarden

Bijlage 16a

Prosperpolder

Onderschrijdingsfrequentielijnen 1990

20-minuutwaarden



T0 1990 T1 1990 T2 1990
 Gem. 12,709 Gem. 12,936 Gem. 13,896

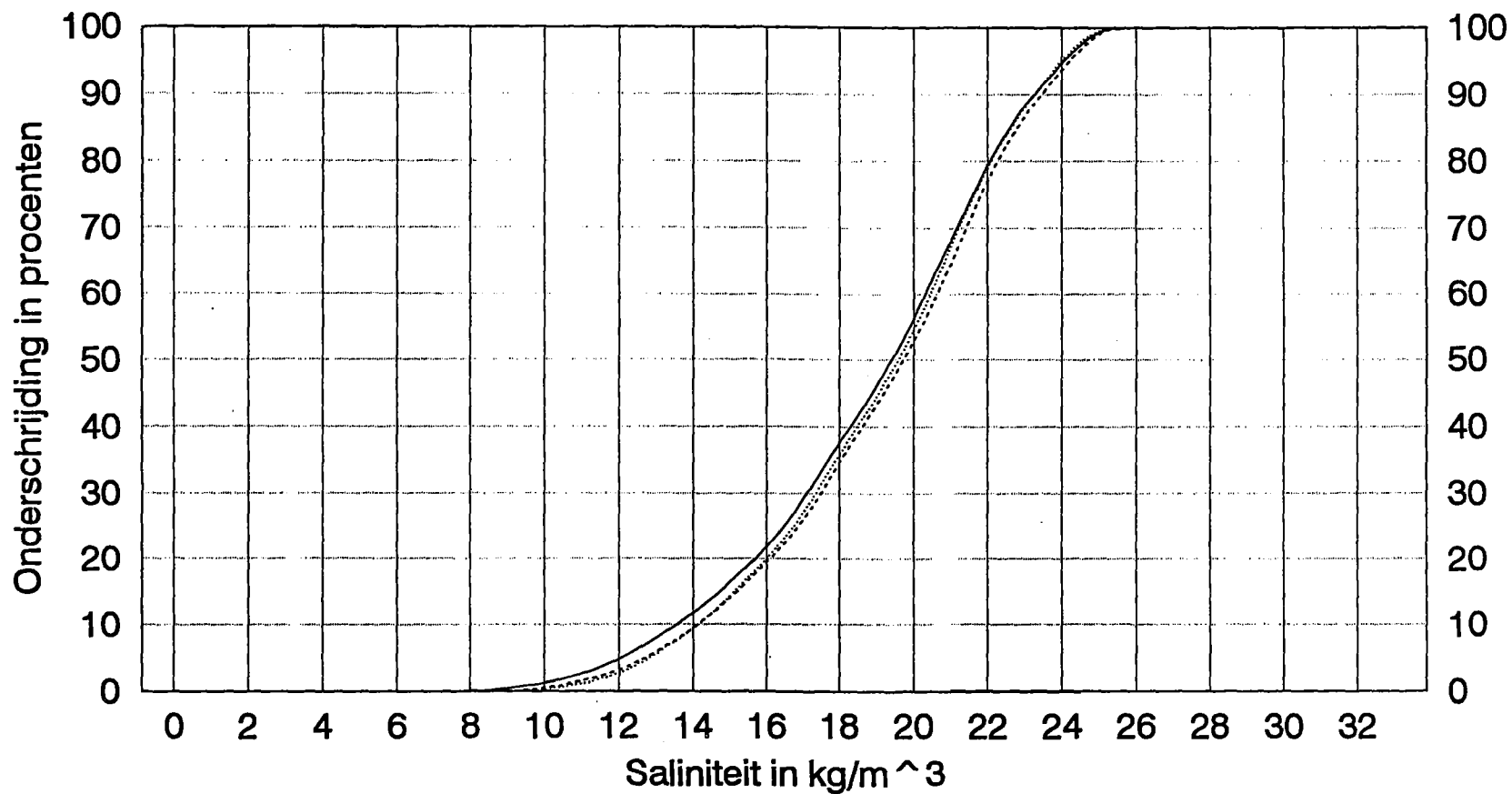
Ber. resultaten SCALDIS 400, 20 min. waarden

Bijlage 16b

Baalhoek

Onderschrijdingsfrequentielijnen 1990

20-minuutwaarden



T0 1990	T1 1990	T2 1990
Gem. 18,837	Gem. 19,177	Gem. 19,053
—————	-----	

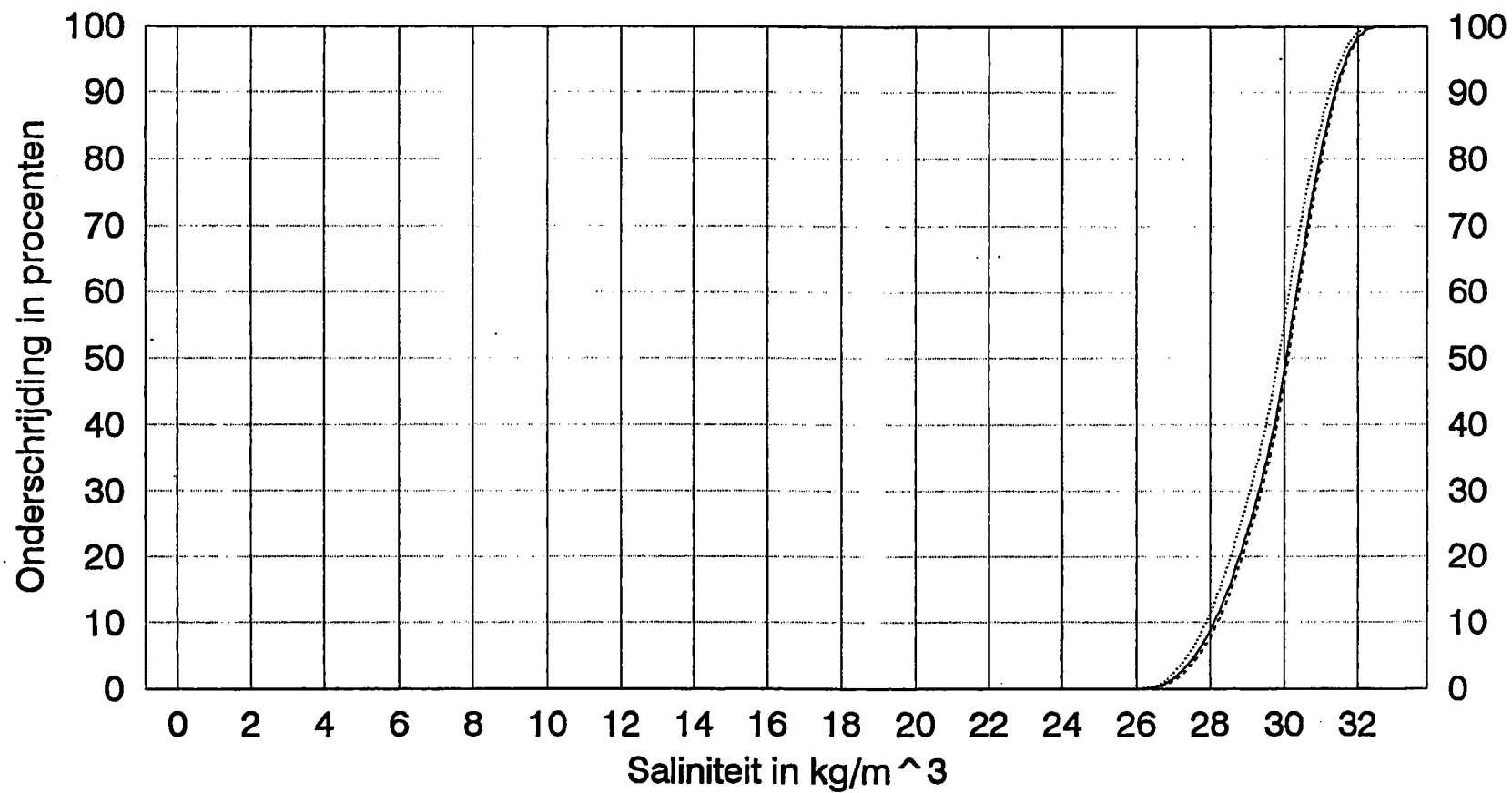
Ber. resultaten SCALDIS 400, 20 min. waarden

Bijlage 16c

Hoofdplaat

Onderschrijdingsfrequentielijnen 1990

20-minuutwaarden



T0 1990
Gem. 29,874

T1 1990
Gem. 29,939

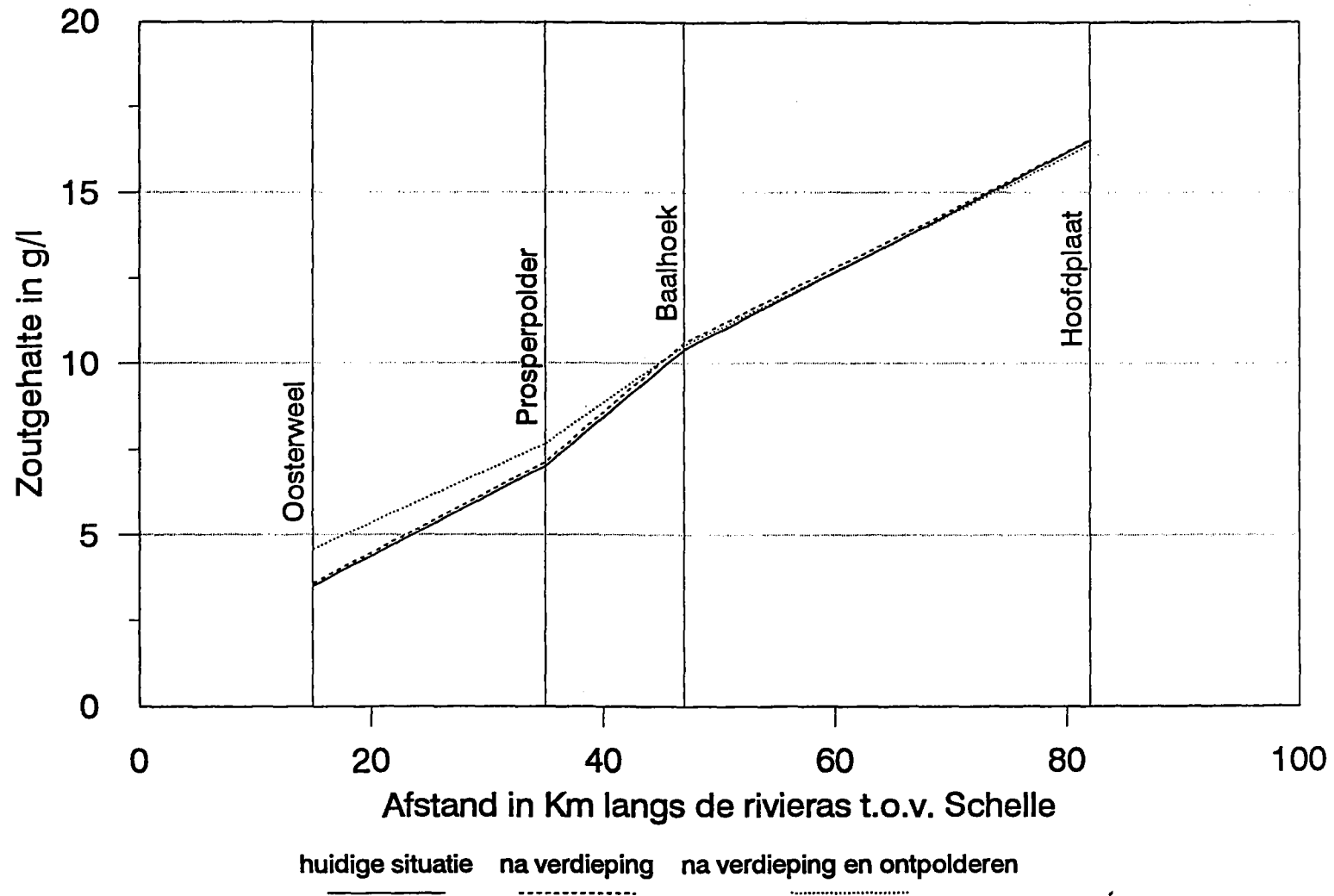
T2 1990
Gem. 29,673

Ber. resultaten SCALDIS 400, 20 min. waarden

Bijlage 16d

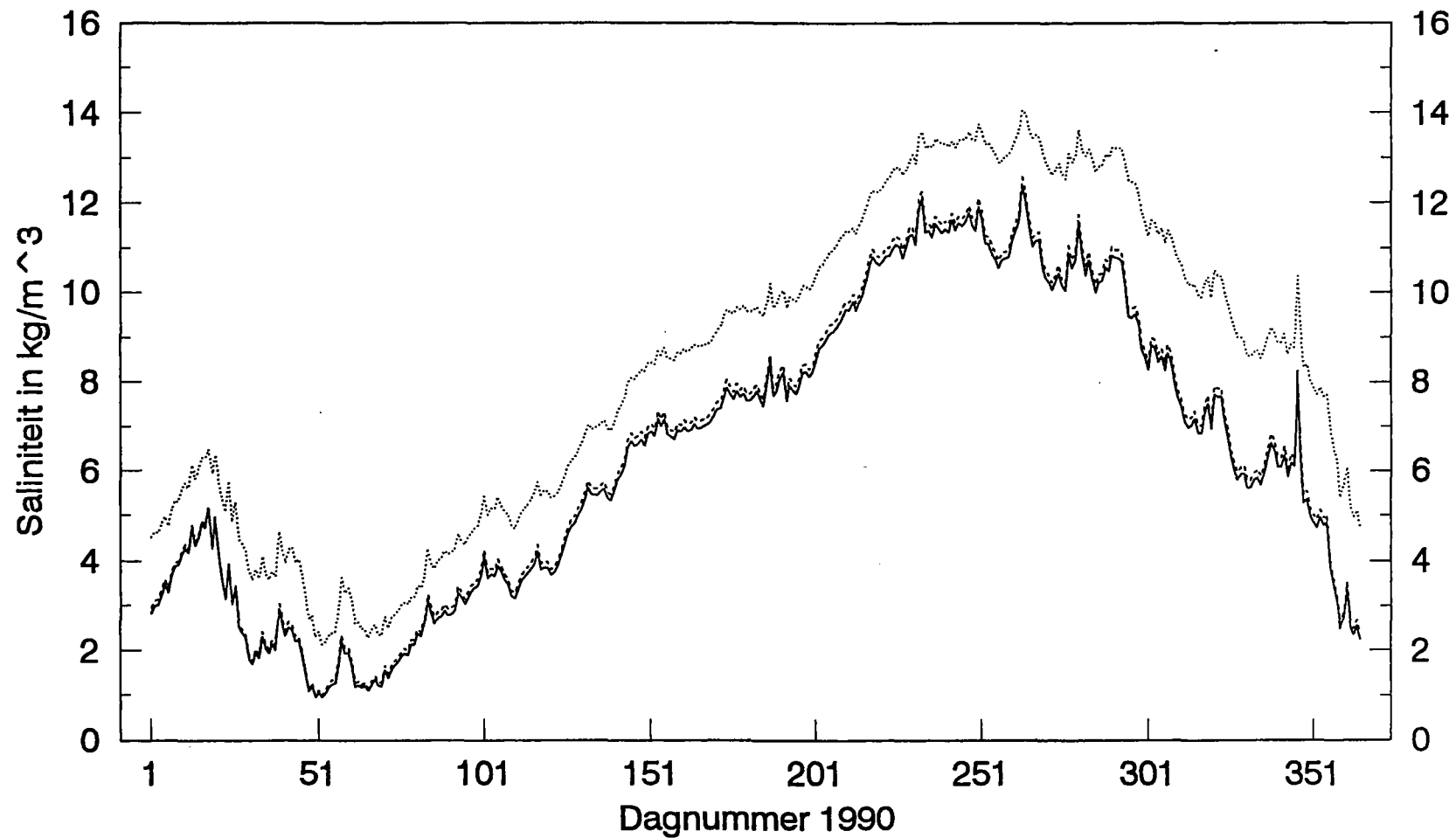
Westerschelde - Zeeschelde

Gemiddeld Zoutgehalte Scaldis berekeningen



Oosterweel

Verloop Dag-getijgemiddelde saliniteit 1990



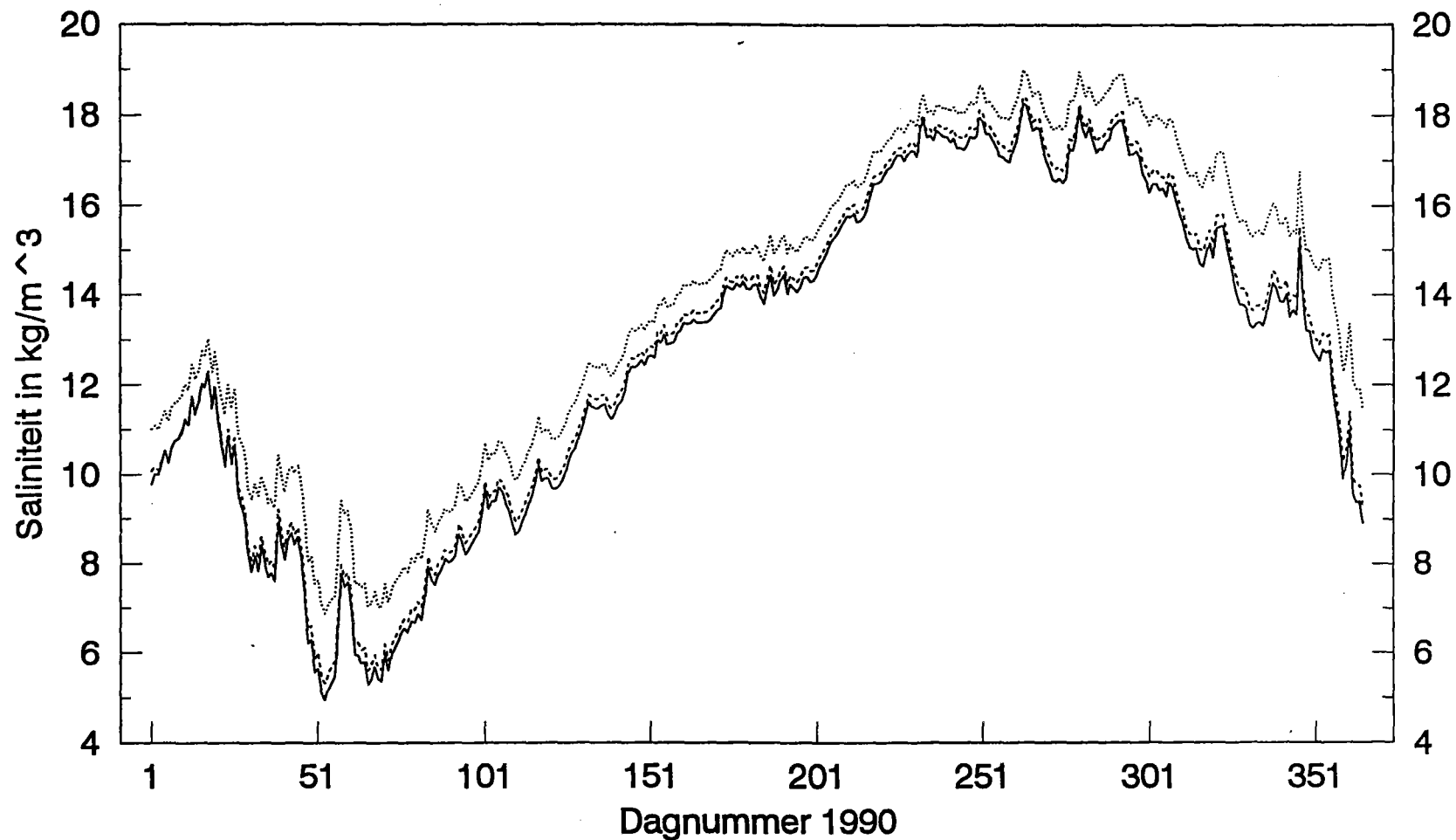
huidige situatie na verdieping na verdieping en ontpolderen

Berekende 20-minuut waarden SCALDIS 400

Bijlage 18a

Prosperpolder

Verloop Dag-getijgemiddelde saliniteit 1990



huidige situatie

na verdieping

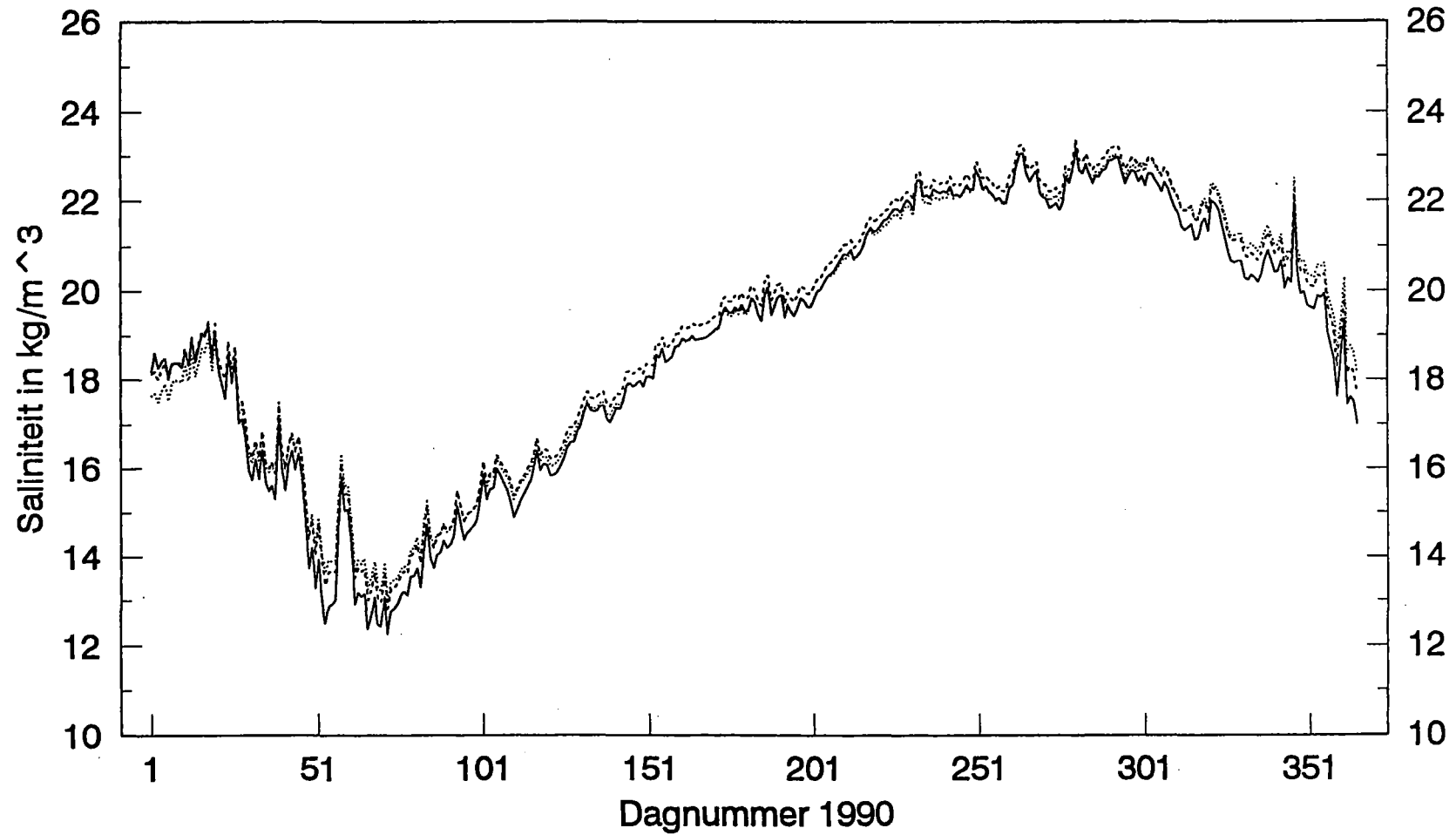
na verdieping en ontpolderen

Berekende 20-minuut waarden SCALDIS 400

Bijlage 18b

Baalhoek

Verloop Dag-getijgemiddelde saliniteit 1990

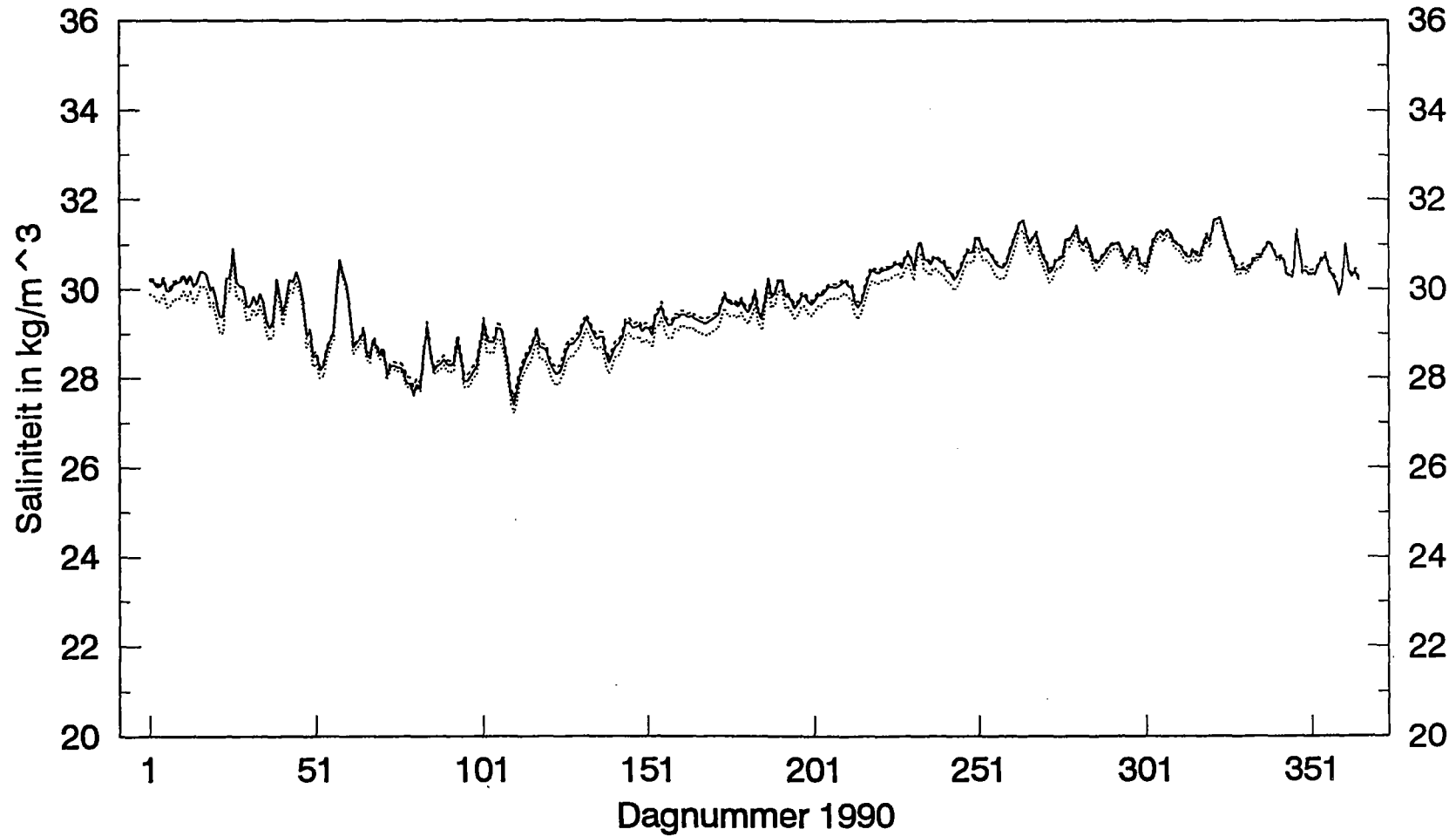


Berekende 20-minuut waarden SCALDIS 400

Bijlage 18c

Hoofdplaat

Verloop Dag-getijgemiddelde saliniteit 1990



huidige situatie

na verdieping

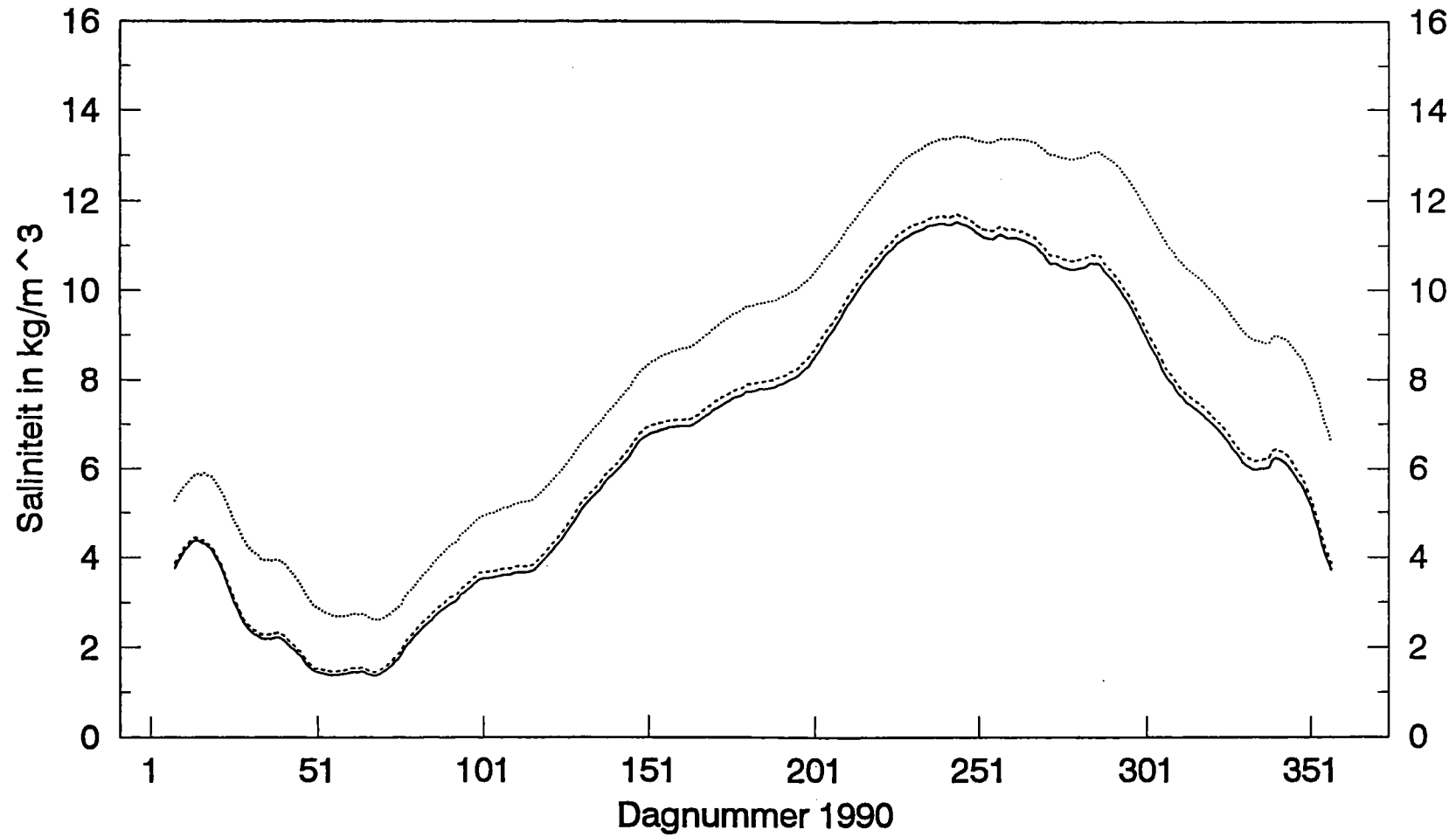
na verdieping en ontpolderen

Berekende 20-minuut waarden SCALDIS 400

Bijlage 18d

Oosterweel

Verloop Dood-Springtijgemiddelde saliniteit 1990



huidige situatie

na verdieping

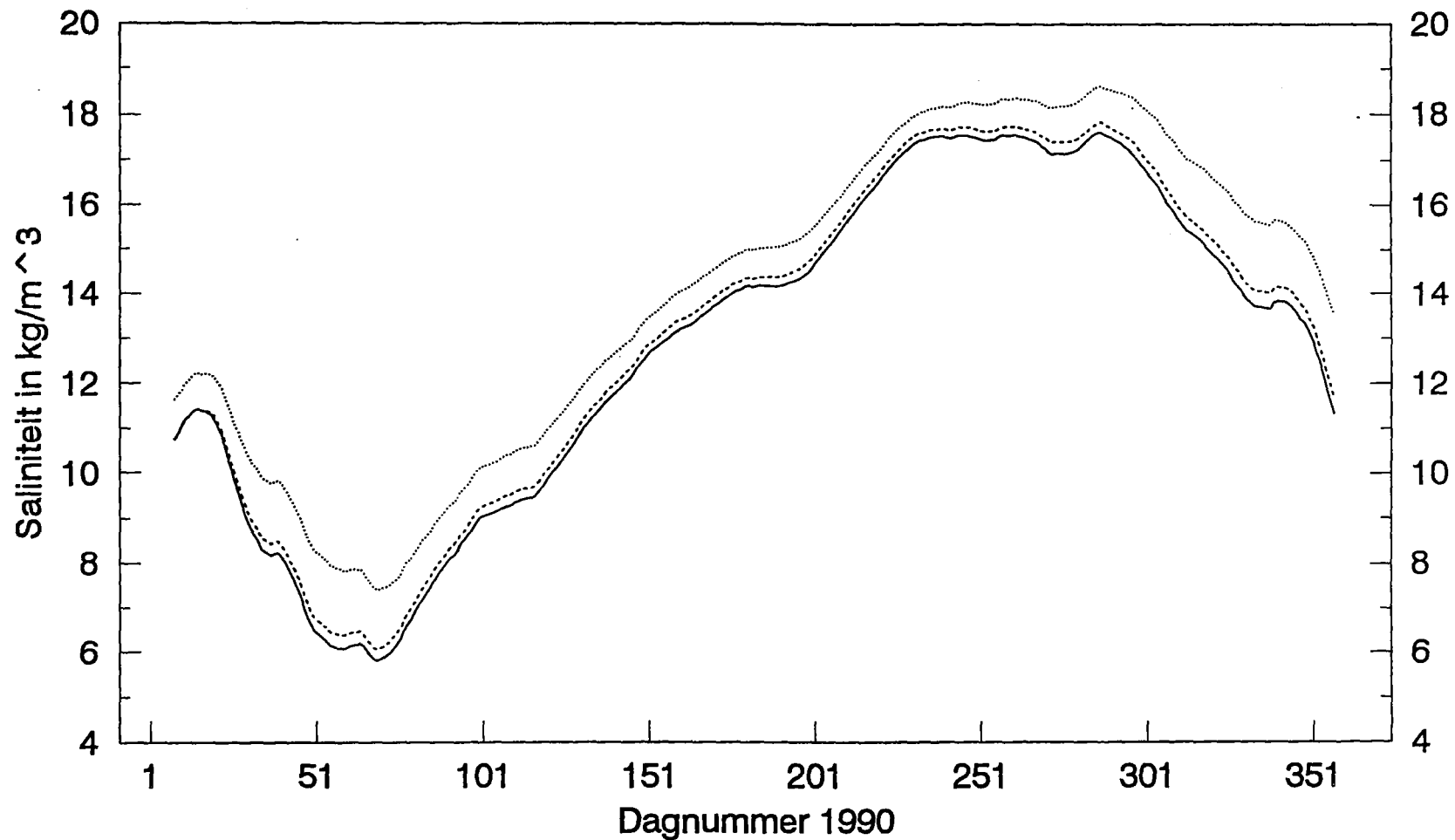
na verdieping en ontpolderen

Berekende 20-minuut waarden SCALDIS 400

Bijlage 19a

Prosperpolder

Verloop Dood-Springtijgemiddelde saliniteit 1990



huidige situatie

na verdieping

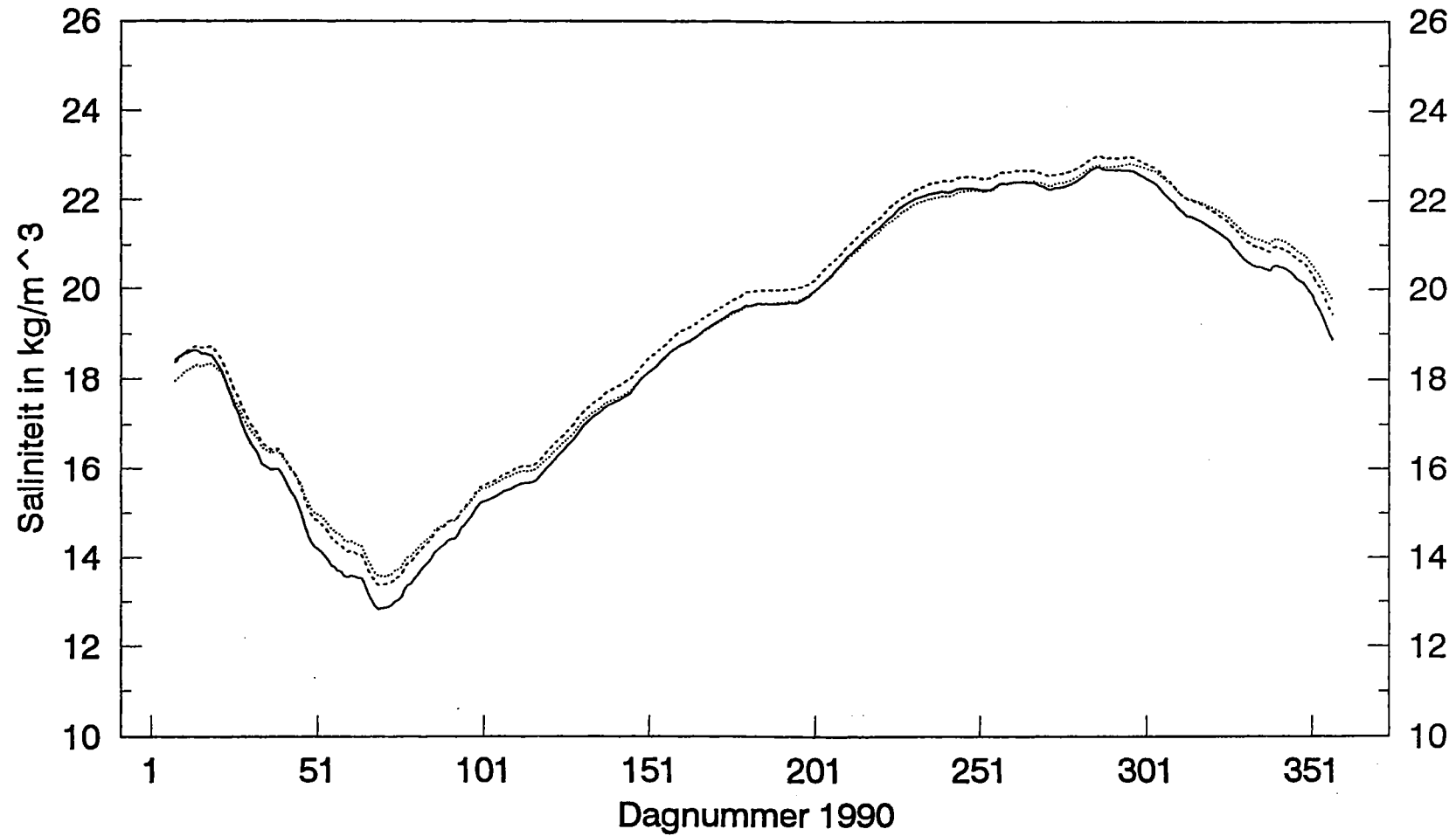
na verdieping en ontpolderen

Berekende 20-minuut waarden SCALDIS 400

Bijlage 19b

Baalhoek

Verloop Dood-Springtijgemiddelde saliniteit 1990



huidige situatie

na verdieping

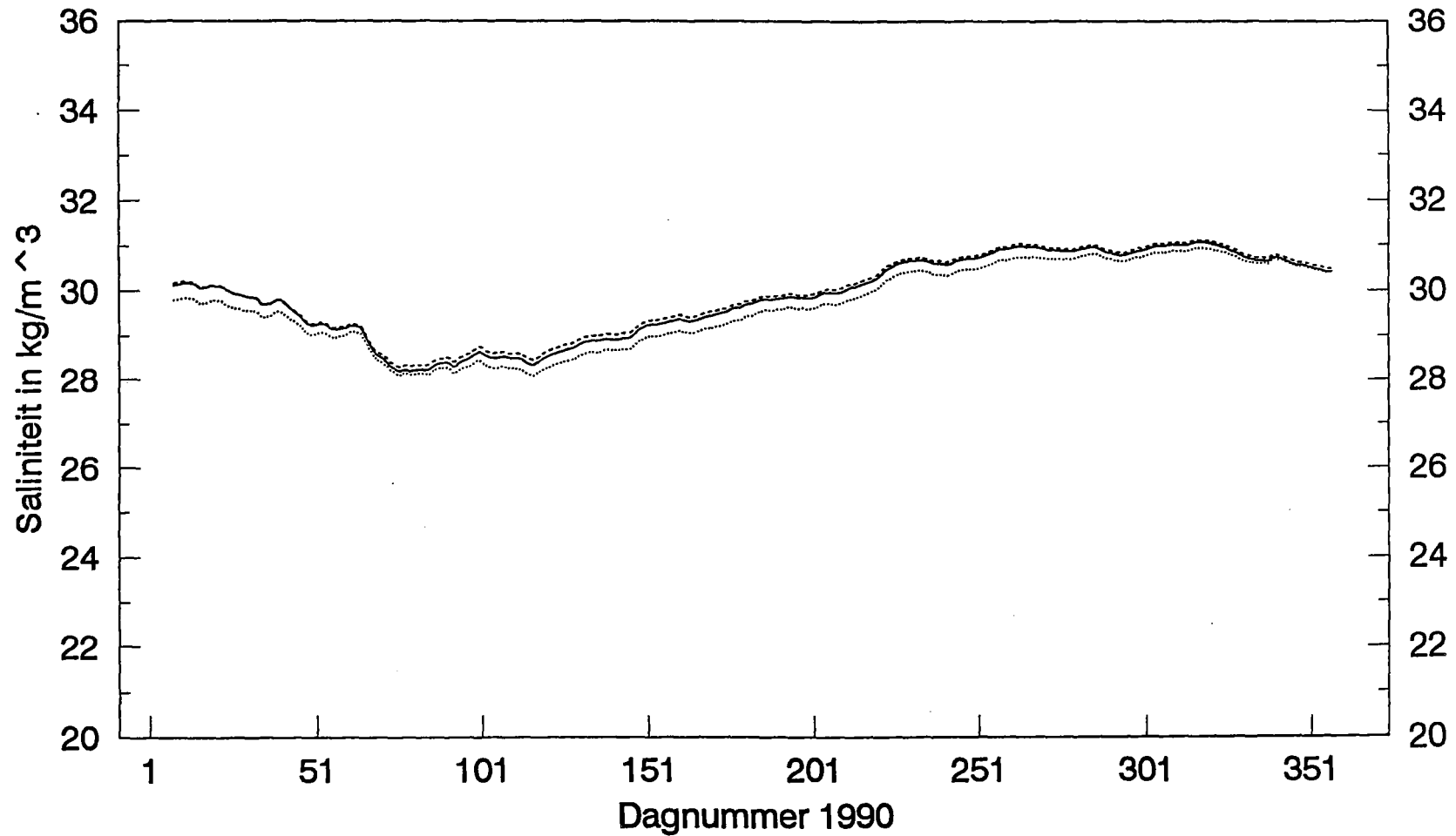
na verdieping en ontpolderen

Berekende 20-minuut waarden SCALDIS 400

Bijlage 19c

Hoofdplaat

Verloop Dood-Springtijgemiddelde saliniteit 1990



huidige situatie

na verdieping

na verdieping en ontpolderen

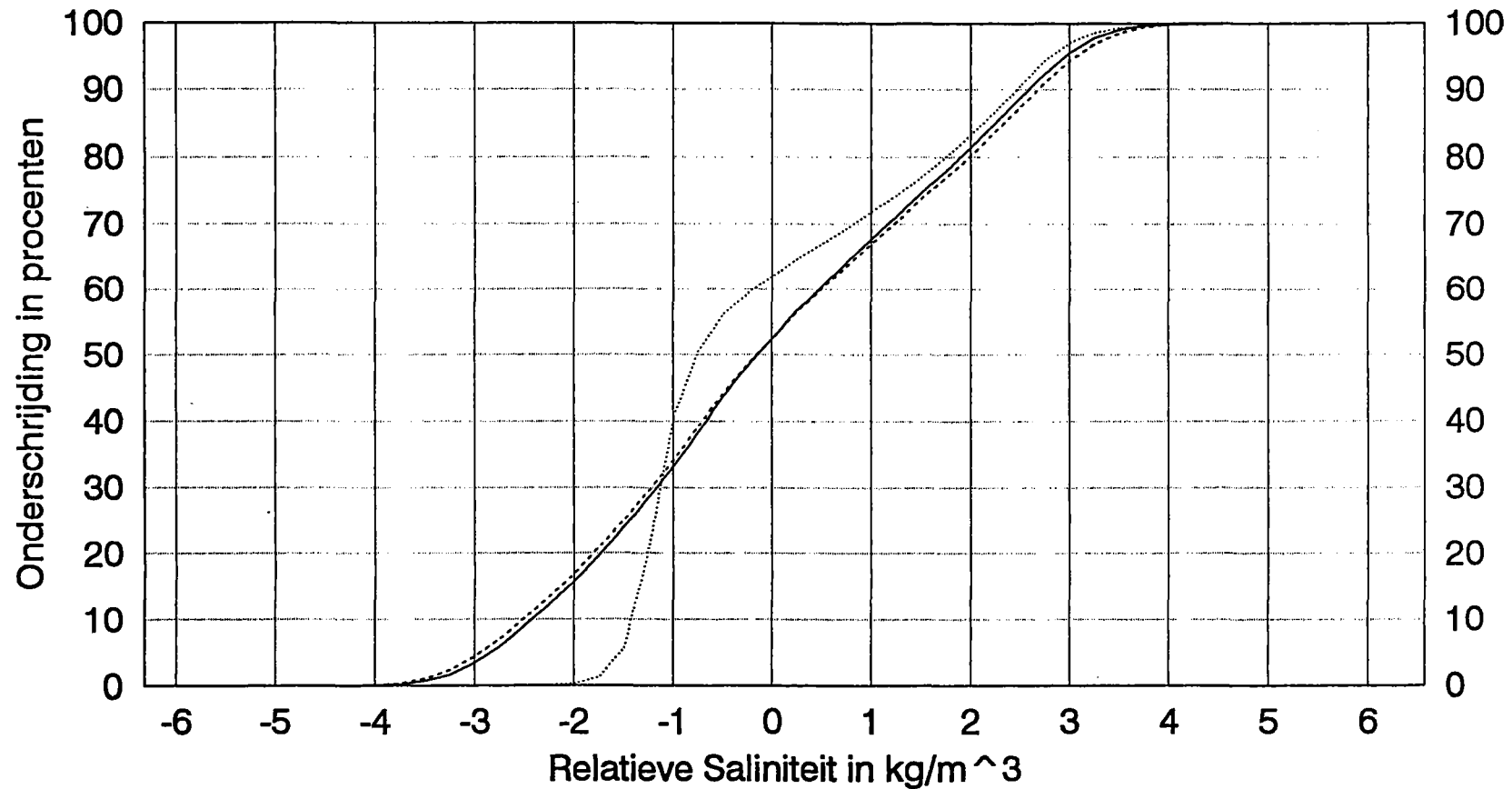
Berekende 20-minuut waarden SCALDIS 400

Bijlage 19d

Oosterweel

Onderschrijdingsfrequentielijnen 1990

Dagelijkse Getij-invloed



huidige situatie
Gem. = -0,00059

na verdieping
Gem. = -0,00063

na verdieping en ontpolderen
Gem. = -0,00045

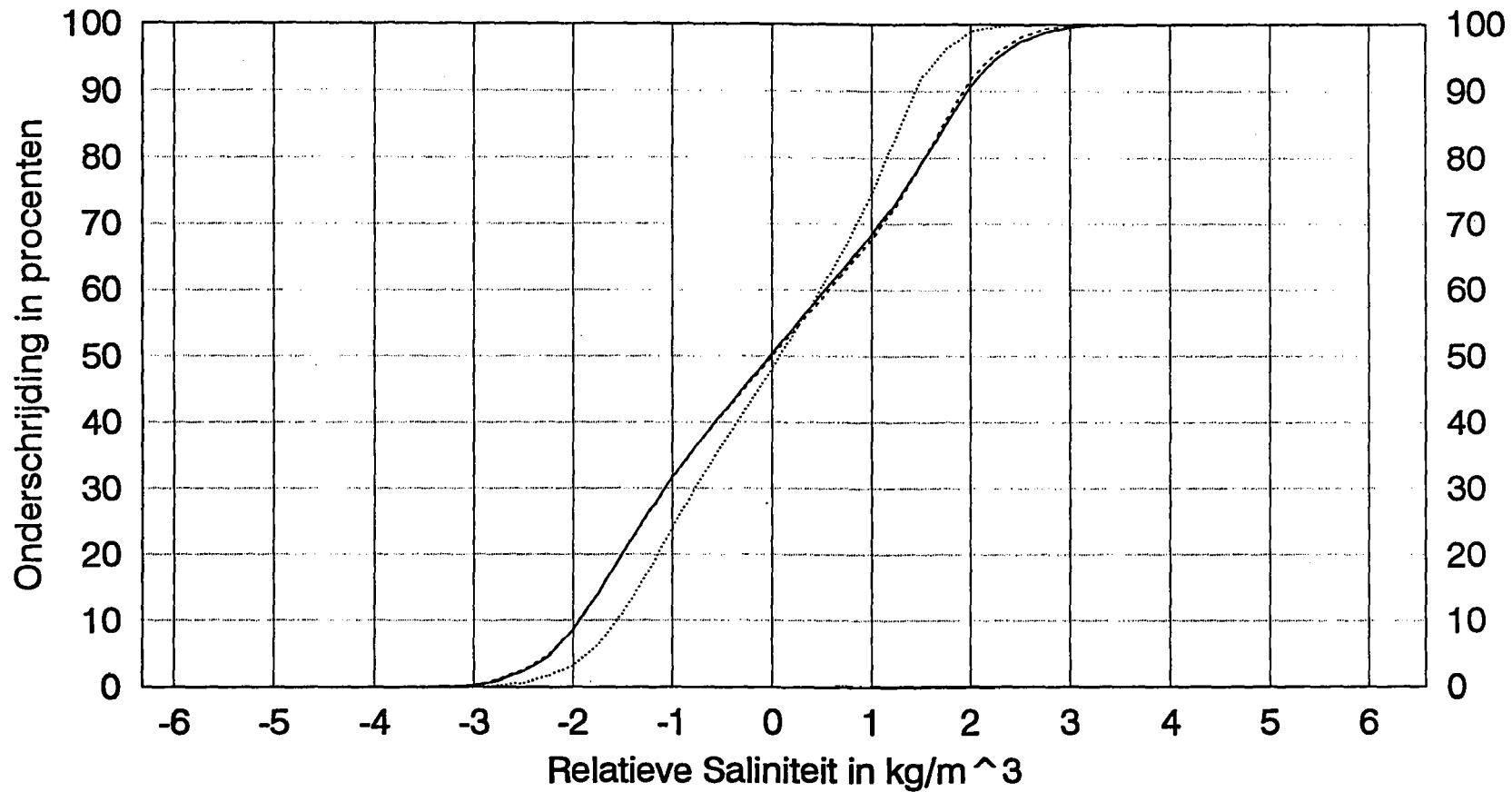
Ber. resultaten SCALDIS 400, 20 min. waarden

Bijlage 20a

Prosperpolder

Onderschrijdingsfrequentielijnen 1990

Dagelijkse Getij-invloed



huidige situatie	na verdieping	na verdieping en ontpolderen
Gem. = -0,00095	Gem. = -0,00099	Gem. = -0,00085

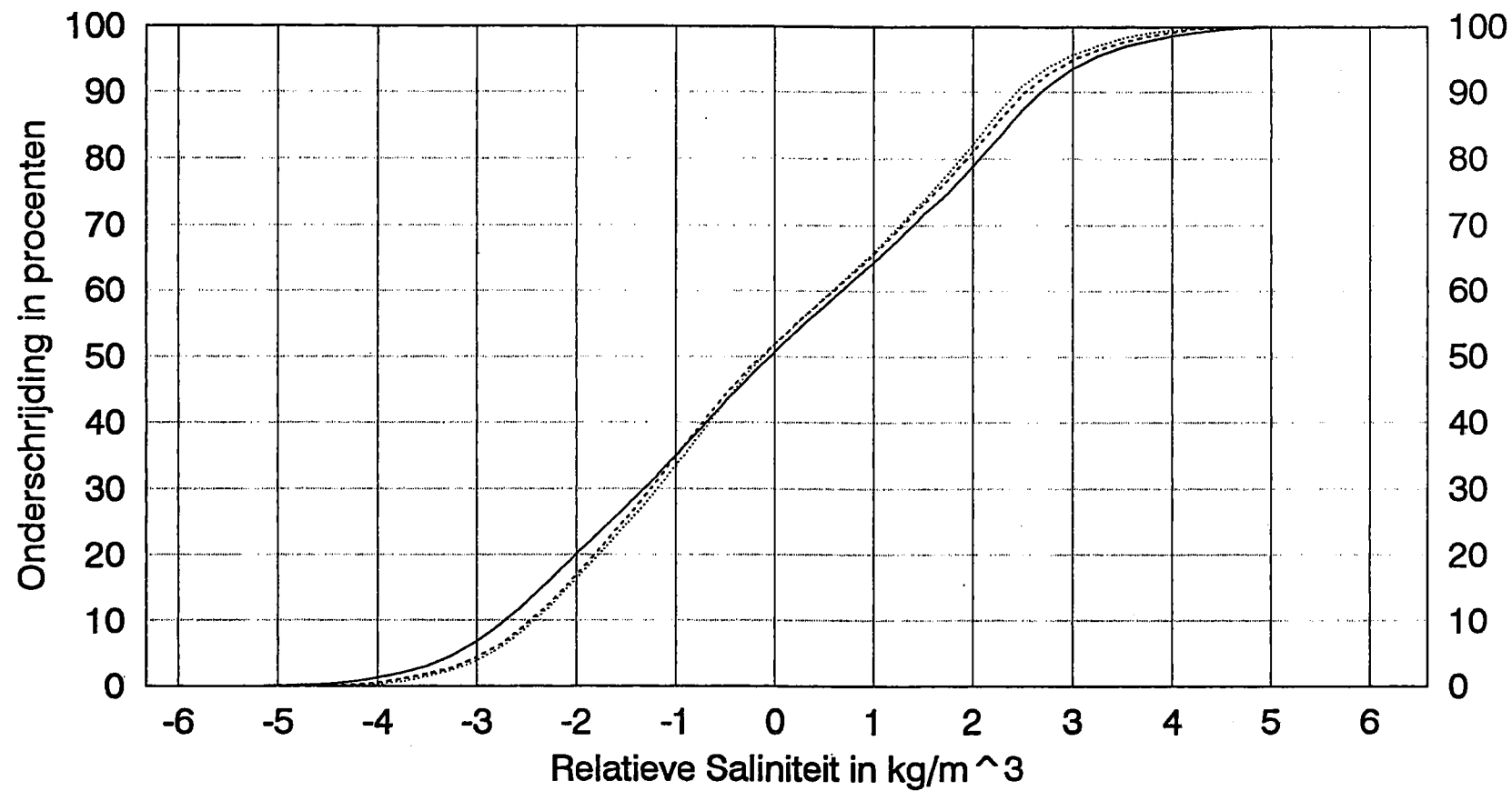
Ber. resultaten SCALDIS 400, 20 min. waarden

Bijlage 20b

Baalhoek

Onderschrijdingsfrequentielijnen 1990

Dagelijkse Getij-invloed



huidige situatie	na verdieping	na verdieping en ontpolderen
Gem. = -0,00105	Gem. = -0,00123	Gem. = -0,00126
—————	- - - - -	

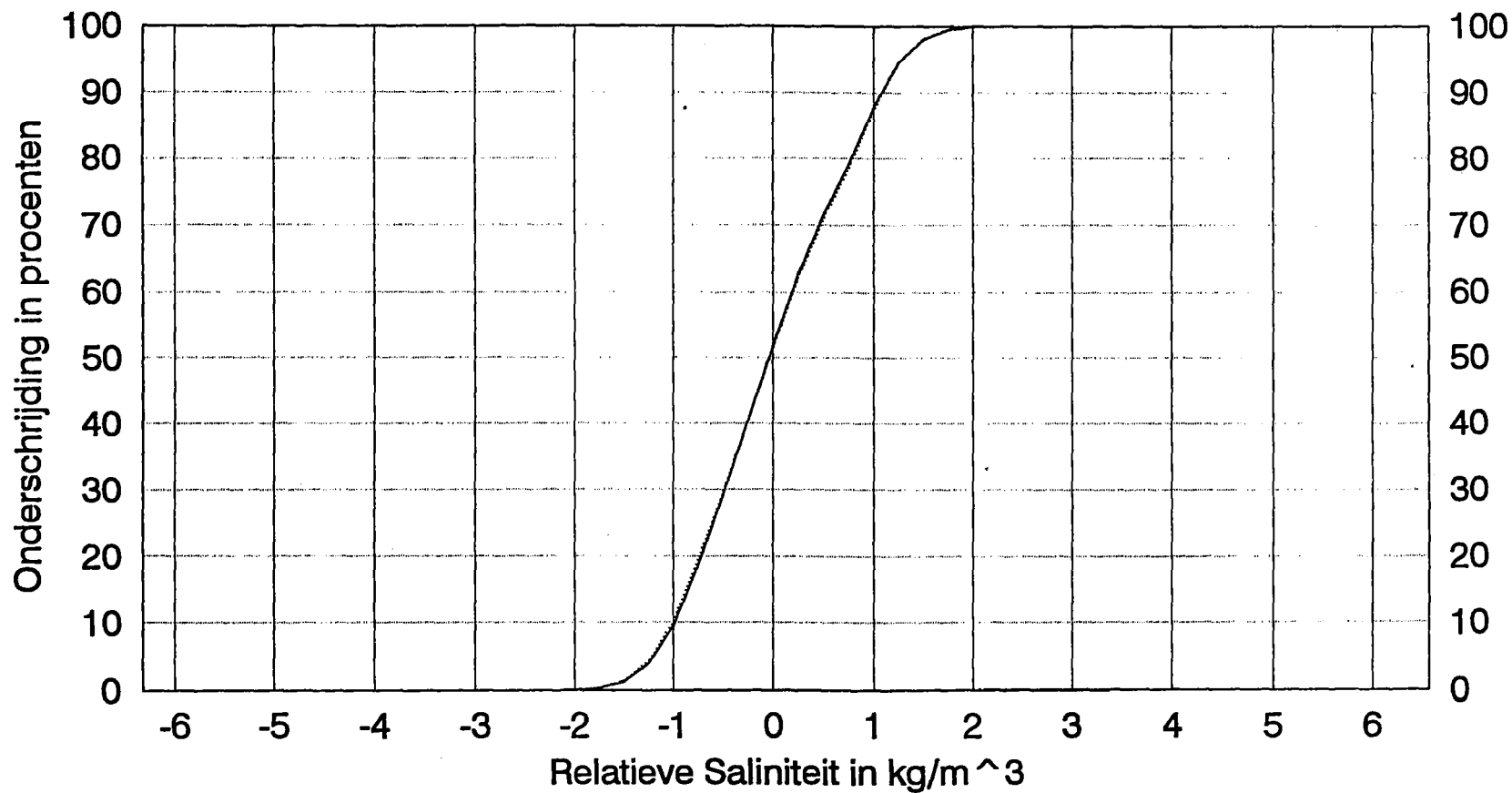
Ber. resultaten SCALDIS 400, 20 min. waarden

Bijlage 20c

Hoofdplaat

Onderschrijdingsfrequentielijnen 1990

Dagelijkse Getij-invloed



huidige situatie
Gem. = -0,00021

na verdieping
Gem. = -0,00022

na verdieping en ontpolderen
Gem. = -0.00023

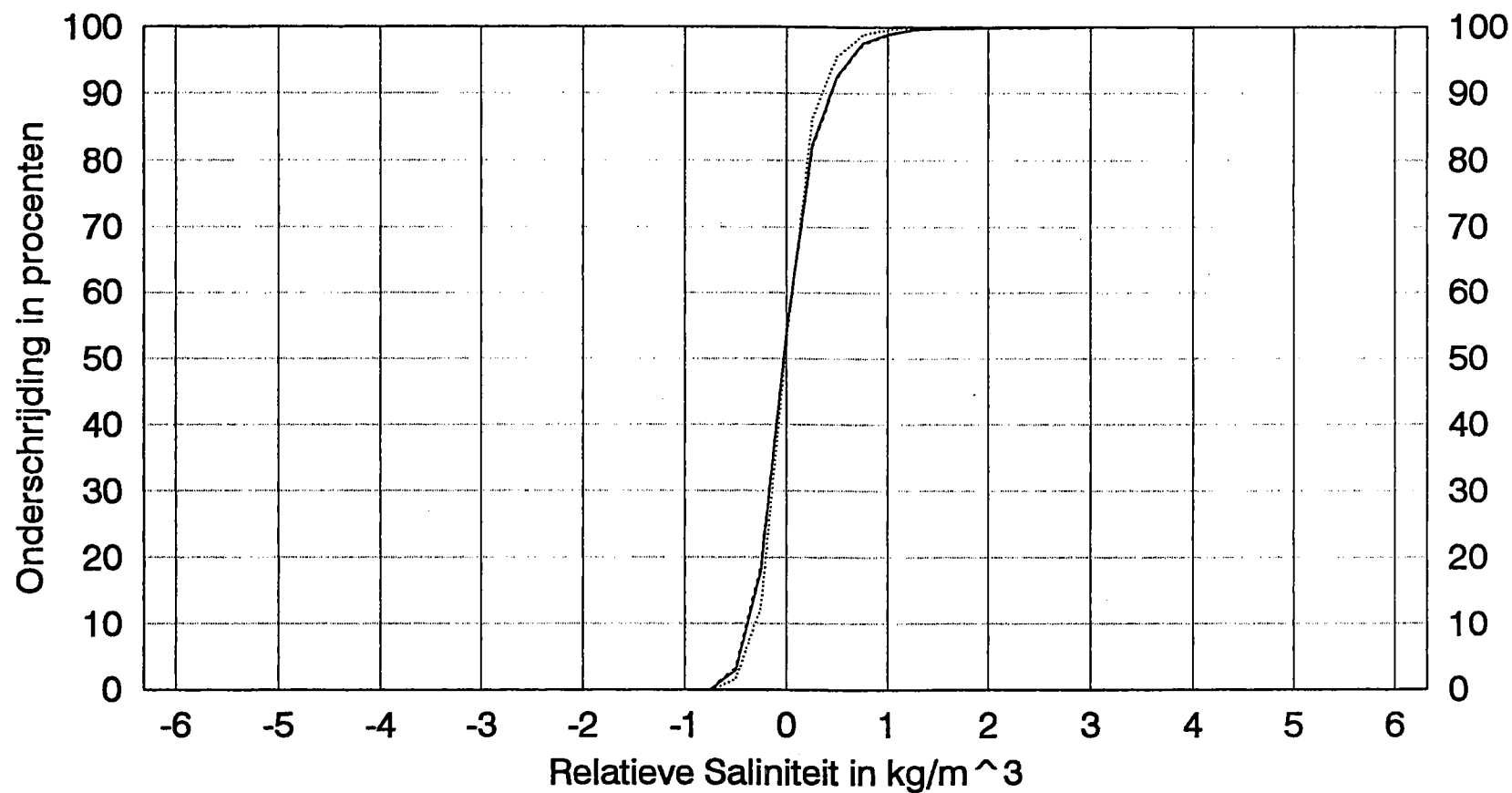
Ber. resultaten SCALDIS 400, 20 min. waarden

Bijlage 20d

Oosterweel

Onderschrijdingsfrequentielijnen 1990

Invloed Doodtij-Springtij cyclus



huidige situatie
Gem. = 0,01044

na verdieping
Gem. = 0,010412

na verdieping en ontpolderen
Gem. = 0,010983

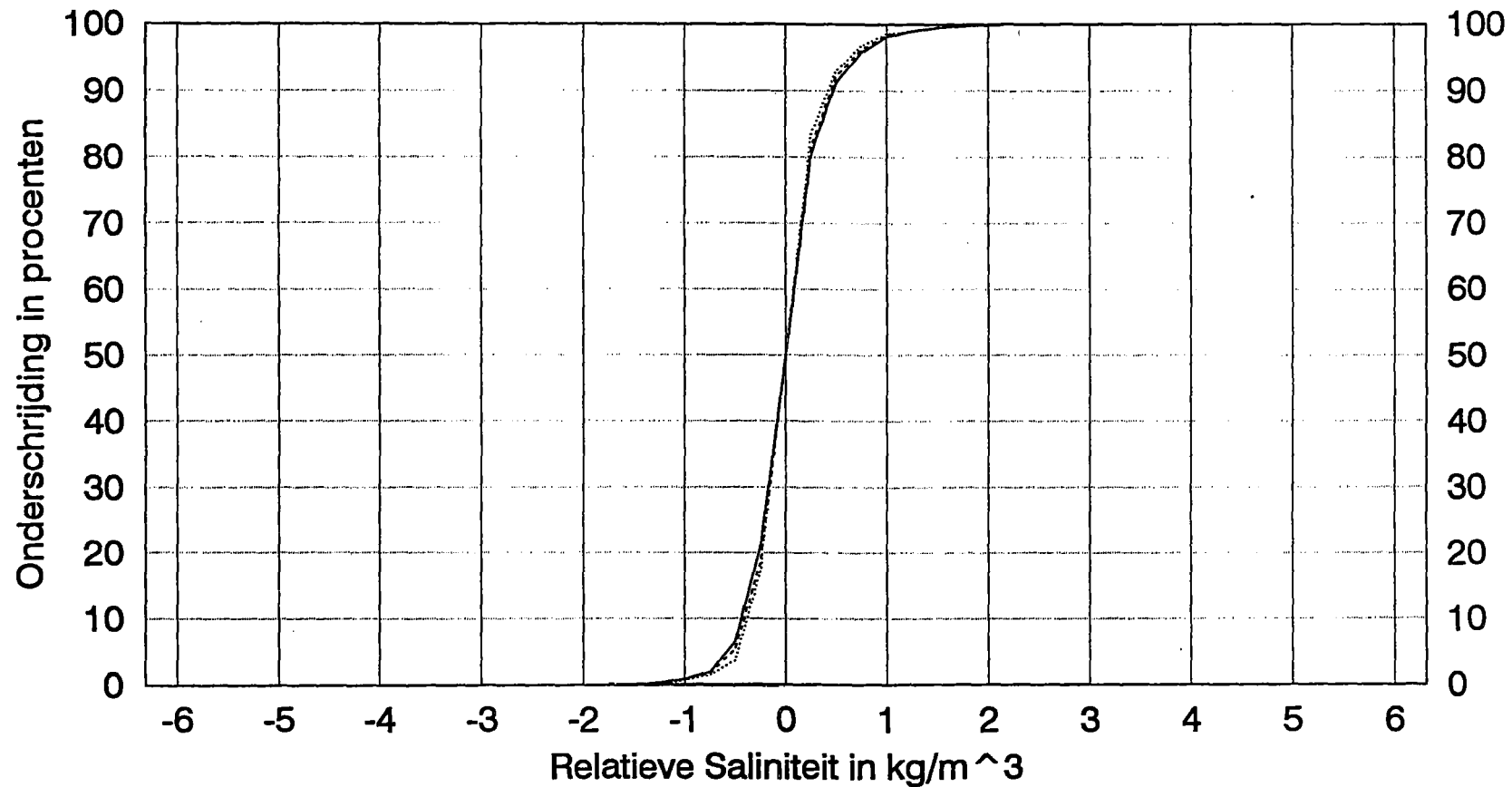
Ber. resultaten SCALDIS 400, 20 min. waarden

Bijlage 21a

Prosperpolder

Onderschrijdingsfrequentielijnen 1990

Invloed Doodtij-Springtij cyclus



huidige situatie
Gem. = 0,012815

na verdieping
Gem. = 0,01238

na verdieping en ontpolderen
Gem. = 0,010736

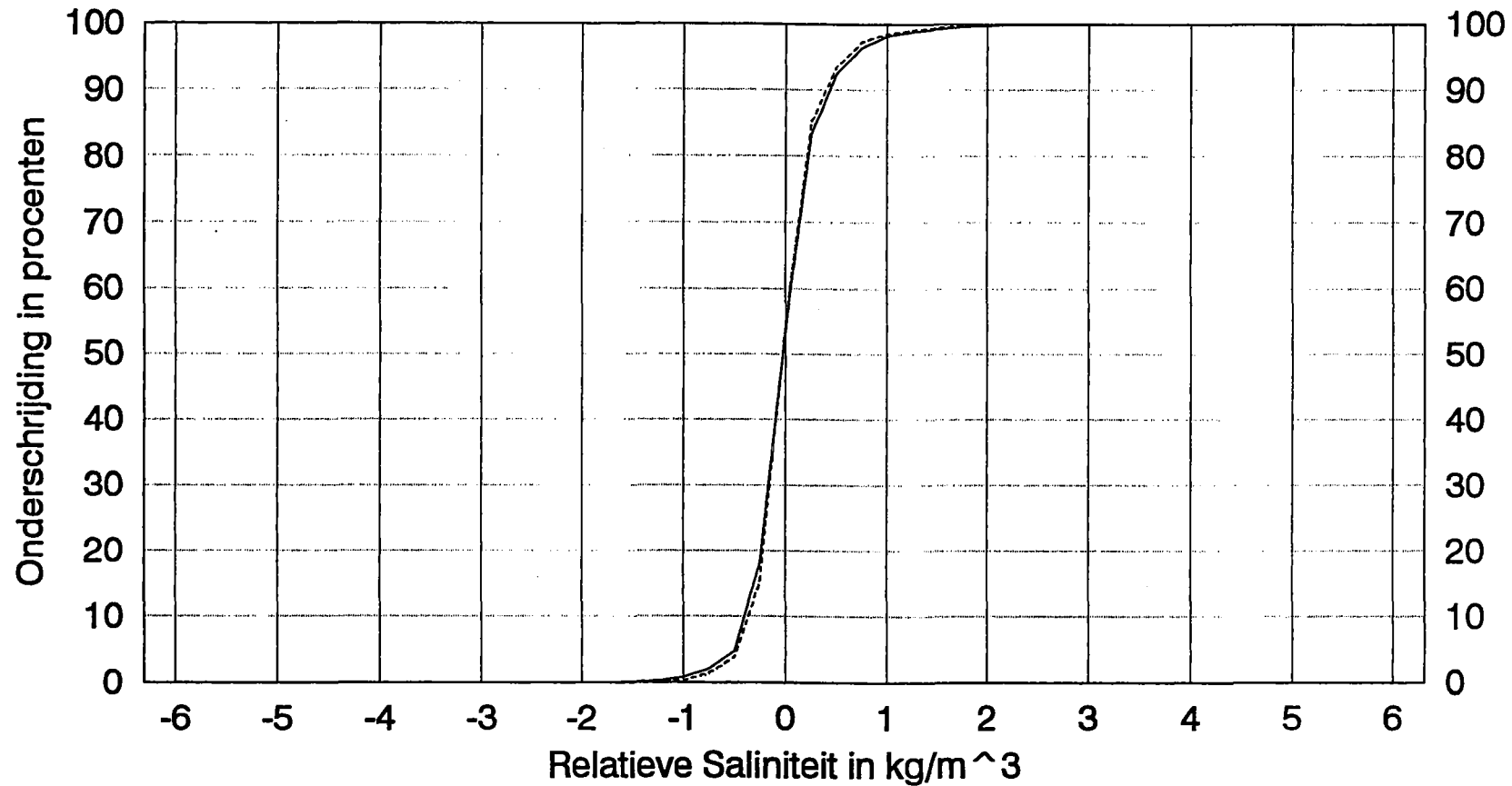
Ber. resultaten SCALDIS 400, 20 min. waarden

Bijlage 21b

Baalhoek

Onderschrijdingsfrequentielijnen 1990

Invloed Doodtij-Springtij cyclus



huidige situatie
Gem. = 0,005842

na verdieping
Gem. = 0,006113

na verdieping en ontpolderen
Gem. = 0,00562

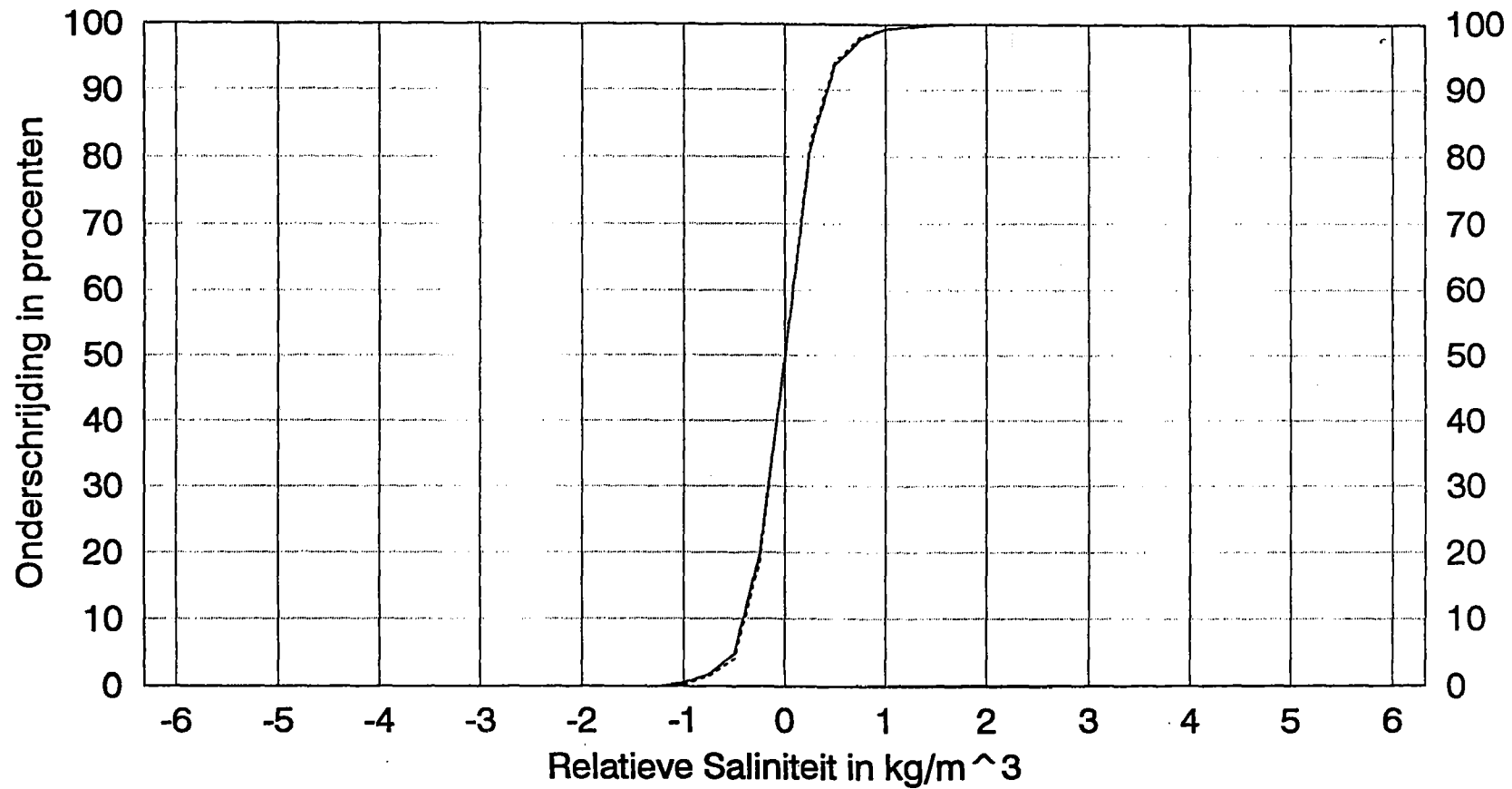
Ber. resultaten SCALDIS 400, 20 min. waarden

Bijlage 21c

Hoofdplaat

Onderschrijdingsfrequentielijnen 1990

Invloed Doodtij-Springtij cyclus



huidige situatie	na verdieping	na verdieping en ontpolderen
Gem. = 0,001536	Gem. = 0,001386	Gem. = 0,001262

Ber. resultaten SCALDIS 400, 20 min. waarden

Bijlage 21d



ministerie van verkeer en waterstaat

rijkswaterstaat

dienst getijdewateren

NOTITIE GWWS-88.567

aan : directie Zeeland
van : DGW (Stronkhorst, Lefèvre)
datum: 22 juni 1988

onderwerp:

Effecten van de ontziltling van het Zoommeer op de Westerschelde.

INHOUD

1. Inleiding.
2. Opzet van het onderzoek
 - 2.1. vraagstelling
 - 2.2. meetprogramma
3. Resultaten
 - 3.1. spuiregiem
 - 3.2. waterkwaliteit
 - 3.2.1. chloridegehalte
 - 3.2.2. zwevende stof
 - 3.2.3. zuurstof
 - 3.2.4. microverontreinigingen
 - 3.2.5. nutriënten
 - 3.3. bodemdieren
4. Conclusies.

Literatuur

Lijst met figuren

4. CONCLUSIES.

De effecten van de ontziltling van het Zoommeer op de Westerschelde kunnen als volgt samengevat worden:

- de ontziltling heeft een chloridegehalte verlaging van ca. 2 g/l Cl⁻ in het oostelijk deel van de Westerschelde van tot gevolg gehad in de periode augustus-november 1987,
- het zoete water uit het spuikanaal Bath wordt in de Westerschelde volledig gemengd en heeft geen verandering in de verticale verdeling van het chloridegehalte tot gevolg,
- er zijn aanwijzingen dat het zwevende stofgehalte nabij de grens is toegenomen door een verschuiving in de zône met een troebelheidsmaximum als gevolg van het hoge spuidebiet tijdens de ontziltling, terwijl stroomafwaarts een verlaging in het zwevende stofgehalte is opgetreden door de verdunning met het water uit het Zoommeer,
- onder omstandigheden waarbij het zuurstofgehalte op de Schelde laag is, is in de omgeving van de Bathse spuisluis lokaal sprake van verbetering in het zuurstofgehalte,
- de lozingen via de Batsche spuisluis heeft een verlaging van de concentraties aan nutriënten en microverontreinigingen op de Belgisch/Nederlandse grens tot gevolg. De grensoverschrijdende vrachten worden echter niet beïnvloed.
- ten opzichte van de belasting met microverontreinigingen van de Westerschelde via de Schelde is de belasting uit het Zoommeer tijdens de ontziltlingsperiode verwaarloosbaar klein met uitzonderingen van nikkel (5-10%) en aldrin. De belasting met stikstof en fosfaat bedraagt t.o.v. de Schelde ca. 10% .
- het soortenaantal, de dichtheden en de biomassa's van de bodemdieren in de Westerschelde tijdens de ontziltlingsperiode liggen in de range van die in de voorgaande jaren.

