

**DE BIOLOGIE, ECOLOGIE EN POPULATIEDYNAMICA VAN  
PUITAAL (*Zoarces Viviparus* L.) IN DE NEDERLANDSE  
KUSTWATEREN EN ESTUARIA**

**Rijkswaterstaat**  
Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ  
Bibliotheek (Middelburg)

RIKZ/OS/2001. 804x  
601

**Auteurs:**

Johan Jol, Belinda Kater en Richard Duin

**Nummer:**

RIKZ/OS/804x

**Datum**

28-06-01

**Project::**

WONS-Toxische stoffen (WT\*3-EFFECTEN)





Aan  
zie verzendlijst

Contactpersoon	Doorkiesnummer
-	-
Datum	Bijlage(n)
21 september 2001	-
Ons kenmerk	Uw kenmerk
RIKZ/	-
Onderwerp	Product
-aanbieding werkdocument	- WT*3-EFFECT

Met genoegen zend ik u hierbij het RIKZ werkdocument OS/804x, getiteld "De biologie, ecologie en populatiedynamica van puitaal (*Zoarces viviparus* L.) in de Nederlandse kustwateren en estuaria". Het werkdocument is opgesteld in het kader van het onderzoekprogramma WONS\*Toxische stoffen in opdracht van de hoofddirectie van Rijkswaterstaat.

Berichten over een mogelijke achteruitgang van de puitaal in de Baltische Zee en in de Duitse en Engelse kustwateren vormde de aanleiding voor het onderzoek. Doel van het onderzoek was na te gaan of er ook in Nederland sprake is van een achteruitgang van de puitaal, en zo ja, verklaringen hiervoor te geven. De puitaal is een levendbarende vis en gevoelig voor toxische effecten van contaminanten. Hij is een AMOEBE-soort en staat bekend als graadmeter voor de waterkwaliteit.

Het werkdocument geeft een kort overzicht van de wetenschappelijke literatuur over de puitaal. Verder worden de resultaten gepresenteerd van een statistische analyse van beschikbare vissertijgegevens. Tot slot worden de resultaten besproken van een telefonische enquête die onder beroepsvissers werd gehouden.

De conclusie is dat er in Nederland geen duidelijke aanwijzingen zijn voor een afname in de populatiedichtheid van de puitaal. Verder is geconcludeerd dat de puitaal een geschikt proefdier is voor toxiciteitsonderzoek in het laboratorium, met name toetsen die tot doel hebben mogelijke voortplantingseffecten op te sporen.

Wanneer u vragen of opmerkingen hebt over bijgaand werkdocument, kunt u zich wenden tot de heer Johan Jol (tel: 0113-377002; email: [j.g.jol@rikz.rws.minvenw.nl](mailto:j.g.jol@rikz.rws.minvenw.nl)).

Dick Vethaak

projectleider WONSTOX\*effecten

Vestiging Middelburg  
Postbus 8039, 4330 EA Middelburg  
Bezoekadres Grenadierweg 31

Telefoon 0118 672200  
Telefax 0118 651046

## **Inhoudsopgave**

<b>Samenvatting</b>	4
<b>Voorwoord</b>	5
<b>1. Inleiding en doelstelling</b>	6
<b>2. Biologie</b>	7
2.1 Uiterlijke kenmerken	7
2.2 Habitat	7
2.3 Voeding en plaats in het voedselweb	8
2.4 Voortplanting en groei	8
<b>3. Voorkomen in de Nederlandse en aangrenzende kustwateren</b>	9
3.1 Beschikbare gegevens	9
3.2 Statistische analyse	12
3.3 Telefonische enquête	14
<b>5. Discussie en conclusies</b>	15
<b>6. Referenties</b>	18
<b>Bijlagen</b>	21

## SAMENVATTING

### DE BIOLOGIE, ECOLOGIE EN POPULATIEDYNAMICA VAN PUITAAL (*Zoarces Viviparus* L.) IN DE NEDERLANDSE KUSTWATEREN EN ESTUARIA

Doel van deze studie is het maken van een prognose wat de mogelijkheden zijn om de puitaal (*Zoarces Viviparus* L.) te nemen als indicatorvissoort die kan worden gebruikt om de kwaliteit van de Nederlandse kustwateren te monitoren en/of om deze soort in te zetten bij ecotoxicologische laboratoriumproeven. Een belangrijke eigenschap die hiervoor pleit is het feit dat de puitaal levendbarend is, de jongen die zich in de baarmoeder van zwangere puitaaltvrouwtjes bevinden kunnen onderzocht worden op zaken zoals vergroeiingen, sex-ratio, lengte enz. Ook is de puitaal geen trekvis (afgezien van het trekken naar dieper water in de winter) en dit is een eigenschap die, voor monitoringsdoeleinden, essentieel is. Ook is van belang dat over het onderzoeken van puitaaljongen in de baarmoeder al veel is gepubliceerd door Zweedse onderzoekers.

Aan de hand van de beschikbare literatuur en door middel van overleg met diverse deskundigen is een beschrijving gegeven van de biologie van de puitaal in de ruimste zin des woords.

Om de dichtheid en een mogelijke afname van deze vissoort in de Nederlandse en aangrenzende kustwateren vast te stellen is gebruik gemaakt van datasets die zijn verkregen van verschillende instellingen en personen en uit beschikbare literatuur. Ook is een telefonische enquête onder broepsvissers gehouden. De aldus verkregen gegevens zijn statistisch geanalyseerd.

Uit de resultaten blijkt geen consistente trend die duidt op een afname van de puitaal in de Nederlandse wateren. Als mogelijke oorzaken van een eventuele afname in de dichtheid aan puitaal worden niettemin genoemd: 1. Hoge watertemperaturen in winter en zomer; 2. Het verdwijnen van mosselbanken als gebied waar puitaal foerageert. Verder kan worden geconcludeerd dat de puitaal een minder geschikte soort voor monitoring is, maar wel een goed testmodel voor laboratoriumonderzoek.

## VOORWOORD

De voor u liggende studie is uitgevoerd teneinde in te kunnen schatten wat de mogelijkheden zijn om de puitaal te gebruiken als doelsoort om de chemische en biologische kwaliteit van de Nederlandse kustwateren te monitoren en/of om deze soort als proefdier in te zetten bij ecotoxicologisch laboratoriumonderzoek.

Voor de hierboven beschreven doeleinden is het noodzakelijk dat deze vissoort in de te monitoren wateren in voldoende hoeveelheden aanwezig is. Voor laboratoriumexperimenten is het noodzakelijk een goed inzicht te verkrijgen in de biologie van het te gebruiken proefdier.

Hierom is zowel de biologie als de dichtheid van de puitaal beschreven. Er zijn aanwijzingen dat zowel in binnen- als buitenlandse wateren de puitaalpopulaties de laatste jaren afnemen. Daarom is getracht een eventuele afname van de puitaal in de Nederlandse wateren d.m.v. statistische analyse nader te onderzoeken.

Bij het verzamelen van de gegevens en bij het interpreteren ervan hebben vele mensen een bijdrage geleverd zonder welke deze studie niet had kunnen worden uitgevoerd en die wij dan ook veel dank verschuldigd zijn.

Onze dank gaat uit naar de volgende personen:

Mark Fonds en Hans Witte (NIOZ) voor het verstrekken van gegevens, adviezen en het kritisch lezen van het manuscript.

Henny Welleman en Adriaan Rijnsdorp (RIVO) voor het verstrekken van gegevens en adviezen.

Herman Hummel (NIOO) Kris Hostens (Rijksuniversiteit Gent) Joachim Maes (Katholieke Universiteit Leuven), Pieter Seeuws, Erik Neuman (SKUTAB), Hans Kleef en Peter Tydeman (RIKZ) voor het verstrekken van gegevens.

A. Akhlat (RIKZ) en H. van Aken (NIOZ) voor het verstrekken van watertemperatuur gegevens van verschillende kustlokaties en van de haven van 't Horntje.

Ook gaat onze dank uit naar de vele vissers die bereid waren informatie te verstrekken voor de in deze studie verrichte telefonische enquête.

Liana Pekaar (RIKZ) heeft veel werk verricht bij het zoeken naar informatie over puitaal.

Tenslotte willen wij Dick Vethaak (RIKZ) bedanken voor het begeleiden van het project, dat is uitgevoerd in het kader van WONS\*Toxische stoffen (WT\*3-EFFECTEN).

## 1 INLEIDING EN DOELSTELLING

Sedert 1983 onderzoekt Rijkswaterstaat (Rijksinstituut voor Kust en Zee) het optreden van visziekten en reproductiestoornissen bij vissen en andere in zee levende organismen zoals wulken en purperslakken in relatie tot vervuiling van de zee. Tot op heden zijn de verschillende onderzoeken bij vissen hoofdzakelijk gericht op bot en schar, hoewel al enkele malen puitaal (*Zoarces Viviparus* L) is gebruikt bij veldstudies (Essink, 1978, 1985, 1989). In Noordwest Europa zijn echter reeds talrijke veldstudies met puitaal uitgevoerd, en de trend bestaat om in monitoring en bij toxicologische testen in de toekomst vaker puitaal te gaan gebruiken, o. a. in het Europese project "Biological Effects Quality Assurance in Monitoring Programmes" (BEQUALM).

Dit werkdocument heeft als doel:

1. Een beschrijving te geven van de biologie van de puitaal en een overzicht te geven van de beschikbare literatuur met betrekking tot de biologie en de autoecologie van puitaal;
2. Een verkennend onderzoek te doen naar het voorkomen en de mogelijke achteruitgang van de puitaalpopulaties in de Nederlandse wateren en de mogelijke oorzaken die hieraan ten grondslag liggen;
3. Bepalen van de beschikbaarheid en de toepasbaarheid van de puitaal als indicatorsoort / testmodel voor de Nederlandse situatie.

## 2. BIOLOGIE EN AUTOECOLOGIE VAN DE PUITAAL

### 2.1. Uiterlijke kenmerken

De puitaal (*Zoarces Viviparus* L.) is een typische bodemvis, die vooral voorkomt in ondiep water vlak onder de kust en is langs de Nederlandse kust en in onze zeegaten algemeen. Rug en flanken zijn geelbruin, onderzijde is grijsbruin; op rug en rugvin bevinden zich 12 - 15 schuine donkere vlekken, en op de flanken een rij ronde vlekken. De borstvinnen hebben geel-oranje randen. De rug- en anaalvin zijn zeer lang en gaan beide over in staartvin (Nijssen en de Groot, 1987). Vaak is midden in de rugvin een deel der stralen korter dan de anderen en onvertakt; het aantal van deze onvertakte stralen kan per populatie verschillen en is soms zelfs afwezig (Nijssen en de Groot, 1987). Lythgoe en Lythgoe geven dit kenmerk voor alle puitalen (Lythgoe en Lythgoe, 1979). De borstvinnen zijn groot, de buikvinnen hebben slechts drie stralen (Nijssen en de Groot, 1987).

De puitaal lijkt, zoals de naam al aangeeft, enigszins op een ingekorte paling. De maximale lengte is 50 cm. maar de meeste gevangen puitalen zijn omstreeks 23 cm. Oppervlakkig gezien lijken puitalen ook op meunen waarmee zij dan ook wel door sommige vissers worden verward.

### 2.2 Habitat

Puitalen zijn typische bodemvissen die gewoonlijk op zand of modder leven waarin ze zich ingraven, of tussen zeewier en onder stenen. In de Waddenzee en in de Oosterschelde komt de puitaal zeer veel voor op mosselpercelen (mond. med. diverse vissers, Fonds *et al.*, 1989). Het verspreidingsgebied is de N. O. Atlantische Oceaan, Noord- en Oostzee, Barentssee en Witte zee. Ze komen voor in ondiep water van 4 tot 10 meter diepte, soms echter tot 40 meter (Nijssen en de Groot, 1987; Lythgoe en Lythgoe, 1979). De op 40 meter diepte gevangen puitaal zal mogelijk in de winter waargenomen zijn.

Langs de Nederlandse kust en in onze zeegaten is de puitaal algemeen (Nijssen en de Groot, 1987). In de winter trekt de puitaal zich terug in dieper water (RIKZ rapport, 1990); de puitaal van de Waddenzee lijkt bv. in de herfst via de zeegaten naar de Noordzee te trekken: garnalenvissers die benoorden de Waddeneilanden vissen constateren in het najaar een tijdelijke toename aan puitaal in de vangst (mond. med. diverse vissers). Ook Dankers *et al.* (1978) beschrijven, naar aanleiding van een toename in aantallen volwassenen langs de Noordzeekust in de winter, de mogelijkheid dat er een horizontale migratie is in de winter vanuit de Waddenzee naar buiten. Wheeler (1969) en Muus (1978) beschrijven ook dit gedrag. Fonds spreekt van een vermoedelijke verticale migratie van ondiep naar dieper water gedurende de zomer om hogere watertemperaturen te mijden (Fonds, 1978). Olof Sandström (pers. med.) vermoedt ook dat puitaal zich terugtrekt naar dieper water als de temperatuur in ondiep water te veel stijgt, en schrijft daaraan een afname in de hoeveelheid puitaal toe, zoals die de laatste jaren langs de kusten van de Oostzee wordt waargenomen. Doornbos *et al.* (1981) vermoedden echter dat de puitaal gedurende de zomer juist in



zeer ondiep water, dus juist waar de temperatuur het hoogst is, voorkomt. Deze twee versies spreken elkaar tegen; uit de ter beschikking staande bemonsteringsgegevens is dit migratiegedrag niet duidelijk te bepalen.

### 2.3 Voeding en plaats in het voedselweb

Het voedsel varieert per plaats, waarschijnlijk afhankelijk van het aanbod. Het meest worden diverse soorten crustaceeën gegeten (copepoden, amphipoden, *cypris* larven, zeer jonge strandkrabben (5 mm), jonge garnalen (1-2 cm)) en kleine mollusken (jonge *Mytilus* en *Hydrobia*) (Fonds *et al.*, 1989). Daarnaast worden kokkels gegeten en kleine vissen en/of jongen en eieren van grotere soorten zoals grondels en jonge platvis (Wheeler 1969). In de Waddenzee zijn vlokreeften (*Gammarus spec.*), slijkgarnalen (*Corophium spec.*) en jong mosselzaad (*Mytilus edulis*) het belangrijkste voedsel (Boddeke, 1971).

Puitalen zelf worden gegeten door vogels (o.a. aalscholvers) en diverse grotere vissoorten waaronder kabeljauw (*Gadus morhua* L.). (RIKZ rapport, 1990). Volgens Kruuk *et al.* is de puitaal ook voedsel voor de otter, (*Lutra lutra*) voor de reiger (*Ardea cinerea*) en de zwarte zeekoet (*Cephus grylle*) (Kruuk *et al.*, 1988).

Fonds *et al.* onderzochten het metabolisme, voedselverbruik, groei en de voedselomzetting van de zeedonderpad (*Myxocephalus scorpius* L.) en de puitaal d.m.v. vistochten op de Waddenzee en in laboratoriumexperimenten.

Lichaamssamenstelling en energiegehalte werden geschat in relatie tot de conditiefactor.

De conditiefactor (K) van puitaal werd vastgesteld met de volgende formule:

$$K=100.W.L^{-3} \cdot 25$$

Waarbij W= natgewicht in grammen, L= lengte in cm.

Het metabolisme, gewichtsverlies van vastende vissen en de maximale groeiratio bij een overmaat aan voeding werden geschat in het laboratorium bij verschillende temperaturen met groepen vissen van verschillende gemiddelde lengte. De groei in lengte van puitaal was maximaal bij 15° C (0,5 mm per dag). De dagelijkse gewichtstoename van maximaal groeiende vis en het dagelijkse gewichtsverlies van vastende vissen zijn beide gecorreleerd met het metabolische gewicht. Het effect van temperatuur en het energiebudget werd beschreven. De voedselconsumptie van de populaties op de Waddenzee werd geschat. Voor de door Fonds *et al.* gevonden dichtheden aan puitaal kwam dit uit op 1,0 -1,5 gram asvrij drooggewicht per m<sup>2</sup> per jaar (Fonds *et al.*, 1989).

### 2.4. Voortplanting en groei

De reproductiebiologie van de puitaal is uitgebreid beschreven door Vetemaa (1999). Hij onderzocht een Kattegatpopulatie tussen juli 1994 en september 1995 (Vetemaa, 1999) en gebruikte daarbij fuiken met een maaswijdte van 10 mm.

Vrouwtjespuitalen zijn geslachtsrijp vanaf hun eerste tot tweede levensjaar, mannetjes vanaf hun eerste levensjaar (Vetemaa, 1999). Zoals de Latijnse naam aangeeft: "*Zoarces Viviparus*", zijn puitalen levendbarend. De paring, waarbij het vrouwtje inwendig bevrucht wordt vindt in de Nederlandse wateren plaats in augustus/september (Fonds, mond.med.). Bretschneider en de Wit (1947) die een puitaalpopulatie nabij Den Helder onderzochten vonden echter in twee seizoenen zwangere vrouwtjes: de meeste vrouwtjes waren zwanger in het najaar maar enkele vrouwtjes droegen jongen van april tot juli. De tijdsduur waarin de bevruchting van de vrouwtjes plaatsvindt bedraagt 2 á 3 dagen. Gedurende de paaitijd neemt de foerageeractiviteit van de vrouwtjes af of stopt tot de tweede helft van oktober waarna dit wordt hervat en toeneemt tot half januari. In december is de conditiefactor het laagst (Vetemaa, 1999). De jongen, 24 tot 105 exemplaren (Götting, 1976) of 10 tot 400 exemplaren (Whitehead *et al.*, 1986) ontwikkelen zich in het enkelvoudige ovarium. Hoewel de eitjes relatief groot zijn, en er voldoende dooierewit beschikbaar is voor de eerste larvale ontwikkeling, zijn de larven afhankelijk van een toelevering van voedingsstoffen vanuit de moeder (Vetemaa, 1999). Van januari tot maart komen de jongen ter wereld als complete kleine puitalen met een lengte van 4 tot 5 cm, waarna in het vrouwtje tot eind juli een nieuwe voorraad eitjes tot rijping komt, die, op hun beurt weer in augustus bevrucht worden. De vissen groeien snel, in het eerste jaar tot 14 cm., in het tweede jaar tot 20-, het derde jaar tot 27- en het vierde jaar zijn lengtes tot 32 cm mogelijk (Vetemaa, 1999). Fonds *et al.* die de Waddenzeepopulatie onderzochten vonden de volgende gemiddelde lengtes gemeten in september/oktober: 0-groep: 10-13 cm, I-groep: 15-17 cm, II-groep: 18-21 cm en oudere puitalen hebben een gemiddelde lengte van 22-25 cm.

In de Waddenzee worden voornamelijk 0-groep en I-groep exemplaren gevangen, II-groep puitalen zijn al zeldzaam en oudere puitalen > 25 cm zijn zeer zeldzaam (Fonds *et al.*, 1989).

### **3. VOORKOMEN EN VERSPREIDING IN DE NEDERLANDSE EN AANGRENZENDE KUSTWATEREN**

#### 3.1 Beschikbare gegevens

Bij de beschrijving van de puitaal door Nijssen en de Groot wordt gesteld dat de puitaal langs de Nederlandse kust vrij algemeen is, vooral in de getijdzone (Nijssen en De Groot, 1987).

Dertien jaar later, in een dagbladartikel wordt de puitaal bestempeld als een "zeldzame vissoort" in de Nederlandse wateren (Daan, 2000) (Provinciale Zeeuwse Courant september 2000).

Tieuws heeft van 1954 t/m 1973 de bijvangst van Duitse garnalenkotters geregistreerd, en vond daarbij dat de vangst aan puitaal gedurende de

onderzoekperiode min of meer constant bleef; deze schommelde rond de  $7.10^6$  exemplaren per jaar. Dit getal is berekend op basis van een gemiddelde jaarlijkse standaard inspanning van 52487 visreizen gedurende de gehele periode van 1954 tot 1973 (Tieuws, 1978).

In 1989 is door dezelfde auteur opnieuw een analyse gemaakt van de bijvangst van Duitse garnalenkotters over de periode 1954 t/m 1988 gebaseerd op een totaal van 13417 vangstmonsters met een totaal gewicht van 67000 kg. Daarin werd puitaal vermeld als enige soort waarvan het aantal is toegenomen: na tot 1980 vrij constant te zijn geweest is, tot 1988, deze vissoort ongeveer verviervoudigd. (Tieuws, 1989).

In de periode van 1960 t/m 1976 is door Dr. K.F. Vaas en P. de Koeier gedurende een aantal vaartochten gevist op de Oosterschelde met als doel gegevens te verzamelen over de daar aanwezige vissoorten. Er is gevist met een 3m. boomkor voorzien van een garnalennet met een kuil met 1 cm. mazen. Door de diepgang van het gebruikte vaartuig was het niet mogelijk om buiten de geulen op de plaat te vissen. De op deze wijze verzamelde gegevens zijn verwerkt tot een inventarisatie door Doornbos *et al.* (1981). In dit werk wordt o.a. puitaal beschreven als een algemene soort, die dus regelmatig wordt gevangen, en die in het oostelijk deel vaker wordt gevangen dan in het westelijk deel. Het gemiddeld aantal puitalen per 100 minuten korren over de gehele Oosterschelde is berekend gedurende 4 opeenvolgende periodes van 3 - 4 jaar, en hierbij zijn de volgende getallen verkregen:

- 1960 - 1964 : 6 exemplaren
- 1965 - 1968 : 27 exemplaren
- 1969 - 1972 : 5 exemplaren
- 1972 - 1976 : 4 exemplaren

Meijer *et al.* hebben van 1979 t/m 1987 een monitoring onderzoek op de Oosterschelde verricht. Daarbij werd de puitaal geklassificeerd als zeer algemeen voorkomend, deze was in meer dan 50 % van het totale aantal vangsten aanwezig over de gehele periode.

Hostens vond bij maandelijkse bemonsteringen op de Westerschelde tussen januari 1988 en december 1989 op 14 stations tussen Vlissingen en Bath een gemiddelde van 0,08 exemplaren per 1000 m<sup>2</sup> (Hostens, 2000) Deze bemonsteringen werden uitgevoerd met het ms. Luctor en er is gevist met een 3m-boomkortuig voorzien van 1 wekker en een ketting in de bodempees en waarvan de kuil een maaswijdte had van 10 mm, de lengte van de trekken was 1 km.

Hamerlynck *et al.* hebben in 1989 op 48 stations in het Nederlandse Deltagebied bemonsteringen verricht (Hamerlynck *et al.*, 1993). Ook deze bemonsteringen werden uitgevoerd met het ms. Luctor, de wijze van bemonsteren was gelijk aan die beschreven door Hostens (2000). Hier werden de volgende aantallen per 1000 m<sup>2</sup> gevonden:

- Voordelta Oosterschelde: variërend tussen 0 en 0,3 exemplaren
- Oosterschelde Oostzijde: 3 exemplaren  
Westzijde: 0,6 exemplaren
- Westerschelde Oostzijde: 0,2 exemplaren  
Westzijde: 0 exemplaren

Van Leeuwen, Rijnsdorp en Vingerhoed beschreven de variatie in dichtheid en verdeling van demersale vis in de kustzone van de Zuidoostelijke Noordzee tussen 1980 en 1993. De gegevens die onder andere betrekking hebben op puitaal zijn verzameld tijdens DFS (Demersal Fish Survey) reizen, waarbij met boomkornetten (2 cm maaswijdte) is gevist (Van Leeuwen *et al.*, 1994).

Voor puitaal leveren zij de volgende resultaten:

- In de Waddenzee (die voor dit onderzoek in een Westelijk- een centraal- en een Oostelijk deel werd opgesplitst nam de dichtheid sinds 1983 geleidelijk af;
- In het Schelde estuarium, verdeeld in Ooster- en Westerschelde, nam de dichtheid toe in begin jaren '80 hoewel de gevangen hoeveelheden klein zijn. Hierbij moet worden opgemerkt dat dit alleen geldt voor de Oosterschelde, de dichtheid op de Westerschelde nam iets toe tot 1985, en nam daarna geleidelijk af;
- In de kustzone, verdeeld in Zuid, midden en Noord (Zuid is het deel van de Nederlandse kust vanaf Zeeuws Vlaanderen tot het Marsdiep, midden is het deel vanaf het Marsdiep tot de Elbemonding, en Noord is een deel van de kust van Sleeswijk-Holstein) nam de dichtheid toe tot 1987, en nam daarna sterk af.

Een vollediger beeld kan worden gekregen met ongepubliceerde gegevens van vangsten van het DFS (Welleman, ongepubliceerde gegevens, 2000) Hierin wordt voor de jaren 1970 t/m 2000 de gemiddelde vangst aan puitaal per hectare vermeld voor de:

- Waddenzee Oost (gemiddeld over de gehele periode 15,8 exemplaren)
- Waddenzee West (gemiddeld over de gehele periode 37,3 exemplaren)
- Kustzone (gemiddeld over de gehele periode 2,4 exemplaren)
- Oosterschelde (gemiddeld over de gehele periode 5,8 exemplaren)
- Westerschelde (gemiddeld over de gehele periode 0,1 exemplaren)

De bovenstaande gegevens zijn uitvoeriger vermeld in bijlage 1.

Medewerkers van het Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek (NIOO) verstrekten de volgende gegevens betreffende de dichtheid van het bestand aan puitaal op de Oosterschelde: vanaf juni 1983 tot juli 1985 nam de dichtheid geleidelijk toe, daarna steeg deze steil tot februari 1988 waarna de dichtheid weer afnam, en in de jaren 1989 en 1990 dezelfde waarde bereikte als in het tijdvak van 1983/85. In 1999 bedroeg het gemiddeld aantal puitalen per 1000 m<sup>2</sup> plusminus 11, hetgeen

overeenkomt met de hogere aantallen in de tachtiger jaren. (Hummel, ongepubliceerde gegevens, 2000).

Medewerkers van het NIOZ hebben vanaf 1965 d.m.v. een fuik die was geplaatst bewesten van de Mokbaai op  $\pm 2$  m. waterdiepte het voorkomen van verschillende mariene organismen geïnventariseerd, waaronder de puitaal. Hier werd een snelle afname in dichtheid geconstateerd in 1965/67, en van 1967 tot 1999, afgezien van enkele schommelingen, een minder steile afname (ongepubliceerde gegevens J.Y. Witte, 2000). Deze gegevens zijn afgebeeld in bijlage 2. Witte vermoedt een afname van puitaal in de Waddenzee over de laatste 10 jaren (pers. med. J.Y. Witte). Fonds opperde de mogelijkheid dat de oorzaak hiervan het ontbreken van strenge winters zou kunnen zijn waardoor eventuele predatoren van de jonge puitaal naar dieper water zouden kunnen zijn vertrokken, ook noemde hij de mogelijkheid dat de groei van evt. voor puitaal mortale bacteriën zou kunnen worden geremd door strenge winters m.a.w. koud zeewater (pers. med. M. Fonds).

E. Neuman vond in het Skagerrak na de uitzonderlijk warme zomer en herfst van 1997 dat de door hem bemonsterde puitaaltvrouwtjes een lagere conditiefactor hadden en dat het gewicht en de lengte van de embryo's in de baarmoeder van zwangere vrouwtjes lager waren als na een zomer en herfst met minder hoge temperaturen, ook was het aantal jongen per vrouwtje lager, en het aantal dode embryo's in de baarmoeder was veel hoger als normaal, zodat hij concludeerde dat herfsttemperaturen cruciaal waren voor een goede voortplanting (pers. Med. E. Neuman).

### 3.2 Statistische analyse

De door het RIVO (Welleman) en NIOZ (Witte) verstrekte gegevens zijn statistisch geanalyseerd (bijlage 3). Dit leverde de volgende resultaten op:

De data, die zijn geanalyseerd via een trend-analyse laten gebieden met stijging of daling van de aantallen zien, maar er zijn ook gebieden met een top in de aantallen. Daarom wordt niet alleen naar lineaire relaties, maar ook naar andere (kwadratische) relaties gekeken.

Hoewel de puitaal aantallen in de Westelijke Waddenzee lijken af te nemen met ongeveer 1% per jaar, laat de trend analyse geen significante afname zien. In de Oostelijke Waddenzee laat de trend een toename van 1970 tot en met 1979 van gemiddeld 66% zien, terwijl in de periode daarna (1979-2000) er een afname van ongeveer 85% te zien is.

De NIOZ getallen laten een dalende trend zien van ongeveer 4-5% per jaar.

In de Oosterschelde vindt de trendanalyse een significante toename van het aantal puitalen met 5% per jaar.

In de Nederlandse kustzone wordt een significante toename van het aantal puitalen tot 1990 gevonden. In de laatste tien jaar is er een significante afname van ongeveer 10%.

In de Westerschelde worden geen significante veranderingen in aantallen puitalen gevonden.

In de gegevens van de Waddenzee en de Oosterschelde is in de gegevens een periodiciteit van 16-20 jaar aanwezig die niet direct te duiden is.

Om te toetsen of hoge wintertemperaturen een negatieve invloed hebben op de overleving van pasgeboren jongen is het langlopend gemiddelde van de hoeveelheid puitaal in de Oostelijke en de Westelijke Waddenzee zoals die zijn waargenomen door medewerkers van het RIVO (zie bijlage 1) uitgezet tegen de temperatuur in februari, de tijd waarin de jongen ter wereld komen. Hieruit zou kunnen worden geconcludeerd dat in de Westelijke Waddenzee de optimale temperatuur bij het geboren worden van de jongen 1,96°C bedraagt, in de Oostelijke Waddenzee is dit 2,49°C. Zowel bij hogere als bij lagere temperaturen neemt de hoeveelheid overlevenden af. Van de andere gebieden waren niet voldoende gegevens beschikbaar om een dergelijke berekening uit te voeren. Deze bewerking wordt uitgebreider beschreven in bijlage 4.

Samengevat kan geconcludeerd worden dat het aantal puitalen in de westelijke Waddenzee en in de Westerschelde (waar hoe dan ook nauwelijks puitaal wordt gevangen) niet significant veranderd is in de afgelopen 30 jaar. In de Oostelijke Waddenzee lijkt er een toename te hebben plaatsgevonden tot 1979, waarna de aantallen weer terug liepen. De aantallen in de Oosterschelde zijn de afgelopen 30 jaar sterk toegenomen, en in de Nederlandse kustzone gedaald. De getallen van het NIOZ laten een daling in aantallen zien.

### 3.3 Telefonische enquête

Om voor de periode van 1990 tot 2000 een zo volledig mogelijk beeld te krijgen werd besloten om een telefonische enquête te houden onder beroepsvissers die hun werkgebied hebben in de kustwateren en zeegaten.

In de enquête werden de volgende factoren meegenomen:

1. Omdat puitaal geen commerciële vissoort is letten sommige vissers niet op uiterlijke kenmerken daarvan en verwarren men soms met puitaal.
2. De ene visser heeft meer aandacht voor eventuele bijvangst aan niet commerciële vissoorten als de andere.
3. Als garnalenvissers gebruik maken van een zeefkuil dan zal de bijvangst drastisch verminderen, waardoor de gegevens slecht zijn te vergelijken met die van voorgaande periodes toen nog geen zeefkuil werd gebruikt.
4. Op plaatsen waar zoet water gespuid wordt zal, door de zoet/zout schommelingen, de hoeveelheid gevangen puitaal sterk fluctueren.
5. Een ander punt van overweging was het feit dat fuikenvissers op plaatsen staan waar garnalenvissers door hun vistuig en/of diepgang niet terecht kunnen, zoals ondiepten en mosselpercelen, daarbij zou echter wel aan het licht kunnen komen dat puitaal warm water mijdt, waardoor in de zomermaanden wel in de geulen puitaal wordt gevangen door garnalenvissers, maar dat de fuikenvissers, op ondiep water minder of geen puitaal vangen.

#### De aan de vissers gestelde vragen waren de volgende:

1. -Kunt u een puitaal herkennen?
2. -In welk gebied vist u?
3. -Met wat voor vistuig beoefent u de visserij?
4. -Welke tijd van het jaar wordt er gevist?
5. -Is er variatie in de vangst aan puitaal gedurende het jaar?
6. -Hoeveel jaar vist u?
7. -Is de vangst aan puitaal zolang u kunt herinneren toegenomen/afgenomen/gelijkgebleven of weet u het niet zeker?

Als vraag 1 ontkennend werd beantwoord of als in antwoord opvraag 6 werd aangegeven dat de geënquêteerde visser niet zeker wist of de puitaal was toe- of afgenomen dan wel gelijkgebleven dan telden de antwoorden van deze visser niet mee in de enquête.

Voor deze enquête worden de volgende gebieden onderscheiden:

1. Oostelijke Waddenzee (Dollard tot Lauwersoog)
2. Westelijke Waddenzee (Lauwersoog tot Marsdiep)
3. Kust (Huibertsgat tot Cadzand)
4. Oosterschelde (Oesterdam/Krabbenkreek/Krammersluizen tot stormvloedkering)
5. Westerschelde (Schaar van Ouden Doel tot lijn Vlissingen/Breskens)

### Resultaten telefonische enquête

In totaal werden bovengenoemde vragen aan 49 vissers voorgelegd, waarvan 10 fuikenvissers en 39 garnalenvissers. Van de ondervraagde vissers konden echter 21 geen oordeel geven, omdat, als gevist werd bij spuisluizen waar regelmatig zoet water werd geloosd de hoeveelheid puitaal daardoor te sterk fluctueerde (spuisluizen Den Oever, Kornwerderzand en Haringvliet), en verder, omdat de puitaal voor beroepsvissers totaal onbelangrijk is, is er door veel vissers weinig aandacht aan geschonken. De daardoor verkregen gegevens zijn niet gemakkelijk te interpreteren. De hieronder afgebeelde tabel geeft de resultaten weer zoals die uit de enquête naar voren zijn gekomen, hierbij zijn de resultaten van vissers die geen oordeel konden geven buiten beschouwing gelaten.

Het zal duidelijk zijn dat de keuze om een telefonische enquête te houden onder beroepsvissers naar het voorkomen van een niet-commerciële vissoort geen gelukkige is.

	TOEGENOMEN	AFGENOMEN	GELIJKGEBLEVEN
Nederlandse kust		4	5
Waddenzee West	1	3	6
Waddenzee Oost		3	
Wester-Schelde		3	
Ooster-Schelde		2	1

Hoewel het er op het oog op lijkt dat de hoeveelheid gevangen puitaal is afgenomen, levert een  $\chi^2$  toets voor onafhankelijkheid over deze tabel geen significant verschil op tussen de verschillende antwoorden en ook niet over de verschillende gebieden.

## **5. DISCUSSIE EN CONCLUSIES**

### **IS DE DICHTHEID AAN PUITAAL IN DE NEDERLANDSE WATEREN AFGENOMEN?**

Uit bovenstaande gegevens is geen eenduidig oordeel te geven over een mogelijke toe- of afname dan wel een gelijkblijven van de dichtheid van puitaal in de Nederlandse zoute wateren in de laatste 10 tot 15 jaar. Het enige wat zeker lijkt te zijn is een toename aan puitaal op de Oosterschelde.

Van de gebruikte gegevens kan het volgende worden opgemerkt:

- De laatste jaren is het aantal mosselbanken in de Westelijke Waddenzee afgenomen (Witte, mond. med.) aangezien dit met name een plaats is waar puitaal foerageert, zou hierdoor een afname van puitaal kunnen worden veroorzaakt.



- De analyseresultaten van de gegevens verkregen van het NIOZ, die zijn verzameld in het uiterste Westelijke deel van de Waddenzee verschillen van de gegevens van het RIVO voor de Westelijke Waddenzee over de zelfde periode. Er is echter door het NIOZ gevist met een fuik op vrij ondiep water en door het RIVO met een boomkornet waarbij de diepgang van het gebruikte vaartuig beperkend was voor het te bevissen gebied.
- Voor wat betreft de Oosterschelde zijn er bij het NIOO gegevens die dit tijdvak beslaan, dit zijn echter gegevens die nog niet gepubliceerd kunnen worden. Zou voor dit gebied een compleet beeld van de dichtheid aan puitaal moeten worden verkregen dan zouden in het onderzoek zowel de gegevens van het RIVO als die van het NIOO moeten worden betrokken, en zelfs met die gegevens zou het gevaar bestaan dat het beeld dat dan verkregen wordt niet geheel correct is daar beide datasets verkregen zijn uit gegevens die verzameld zijn met boomkornetten, waarbij mogelijk de diepgang van de onderzoeksvaartuigen een rol zou kunnen spelen, te ondiep water kan met deze vaartuigen niet worden bevist (hoewel het ms. Luctor van het NIOO een diepgang heeft van slechts 1m.) en het feit dat mosselpercelen, die bij uitstek een plaats zijn waar puitaal zich ophoudt, in de regel niet worden bevist met boomkornetten.

### **IS DE PUITAAL EEN GOEDE INDICATORSOORT/TESTMODEL VOOR DE NEDERLANDSE SITUATIE ?**

Gedurende de gesprekken die gevoerd zijn met de verschillende vissers en medewerkers van onderzoeksinstituten en na lezing van de beschikbare literatuur is het duidelijk geworden dat er, om te monitoren, in de meeste Nederlandse kustwateren niet voldoende puitaal beschikbaar is. Immers bevelen Sandström *et al.* (1999) voor het monitoren van het voortplantingssucces van puitaal hoeveelheden te bemonsteren puitaal aan die in de Nederlandse wateren zeer moeilijk zijn te verkrijgen, nl: 50 zwangere vrouwtjes. Als in een bepaalde populatie de sex-ratio 1:1 is zouden er minimaal 100 puitalen moeten worden gevangen om 50 vrouwtjes te krijgen, en het is dan nog maar de vraag of deze alle zwanger zijn. Een ander probleem dat zich dan voordoet is het feit dat in dit soort bemonsteringen de gezondheid en sexratio van de zich in de baarmoeder van het vrouwtje bevindende jongen moet worden vastgesteld, dat is pas mogelijk in november terwijl het er op lijkt dat de meeste puitaal wordt gevangen in de nazomer en het begin van de herfst op mosselpercelen (pers. med. div. vissers), als dus een deel van de vrouwtjes mogelijk nog niet bevrucht is. De bevruchte vrouwtjes zouden in dat geval een aantal maanden in een aquarium moeten worden opgeslagen en de daaruit voortkomende stress zou de hoedanigheden van de zich in de baarmoeder bevindende jongen kunnen beïnvloeden.

Wel is het mogelijk om op enkele plaatsen voldoende puitaal te verzamelen om daarmee laboratorium experimenten uit te voeren. De plaats die voor dat doel het meest veelbelovend lijkt te zijn is, getuige uitspraken van diverse vissers, de Ooster-Schelde, en wel in de zomer en het begin van de herfst.

Uit het bovenstaande kan dus worden geconcludeerd dat de puitaal als indicatorsoort om te monitoren in de Nederlandse wateren minder geschikt is, wel blijkt deze soort een goed testmodel voor laboratoriumonderzoek.

## REFERENTIES

- Boddeke, R. 1971. Vissen en vissen. Amsterdam: 46-50
- Bretschneider, L.H. & de Wit, J.D. 1947. Sexual endocrinology of non-mammalian vertebrates. Monographs on the progress of research in Holland during the war, pp. 126-129. Amsterdam: Elsevier
- Daan, N. 2000. Provinciale Zeeuwse Courant september 2000.
- Dankers, N.M.J.A. & J.F. de Veen, W.J. Wolff en J.J. Zijlstra 1978. Variations in relative abundance in a number of fish species in the Wadden Sea and the North Sea coastal areas. In Fishes and fisheries of the Wadden Sea, Ecology of the Wadden Sea, Vol. 2
- Doornbos, G., Twisk, F., Vaas, K.F., & P. de Koeier, 1981. De visfauna van de open Ooster-Schelde. Een inventarisatie over de periode 1960-1976. Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek Yerseke. Rapporten en verslagen nr. 1981-5-12
- Doornbos, G., Twisk, F., Vaas, K.F. en P. de Koeier. 1981. De visfauna van de open Ooster-Schelde. Een inventarisatie over de periode 1960-1976. Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek Yerseke. Rapporten en Verslagen nr. 1981-5:12
- Essink, K., 1978. The effects of pollution by organic waste on macrofauna in the Eastern Dutch Wadden Sea. Neth. Inst. Sea Res. Publ. Ser. 1:1-135
- Essink, K., 1985. Monitoring of mercury pollution in Dutch coastal waters by means of the teleostian fish *Zoarces Viviparus*. Neth. J. Sea Res. 19: 177-182.
- Essink, K., 1989. Chemical monitoring in the Dutch Waddensea by means of benthic invertebrates and fish. Helgol. Meeresunters. 43: 435-446.
- Fonds, M. 1978. The seasonal distribution of some fish species. In: Fishes of the Wadden Sea. Dankers, N., Wolff, W.J., and J.J. Zijlstra (eds.). 5. Final Report Wadden Sea Working Group. Balkema, Rotterdam: 42-77
- Fonds, M., Jaworski, A., Iedema, A. & P.V.D. Puyl Metabolism, food consumption, growth and food conversion of shorthorn sculpin (*Myoxocephalus scorpius*) and eelpout (*Zoarces Viviparus*). ICES Dem. Fish. Comm. C.M.1989/G:31, 19 pag. (min)
- Gotting, K.J., 1976. Fortpflanzung und Oocyten-entwicklung bei der Aalmutter (*Zoarces Viviparus*)(Pisces, Osteichthyes). Helgol. wiss. Meeresunters. 28: 71-89
- Hamerlynck, Olivier, Kris Hostens, Renato V. Arellano, Jan Mees en Paul van Damme, 1993. The mobile epibenthic fauna of soft bottoms in the Dutch Delta (South-West Netherlands): spatial

structure. *Neth. J. of Aquatic Ecology* 27(2-4) 343-358

Hostens, K. 2000. Spatial patterns and seasonality in the epibenthic communities of the Westerschelde (Southern Bight of the North Sea). *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* (2000), 80, 27-36

Kruuk, H., B. Nolet & D. French. 1988. Fluctuations in numbers and activity of inshore demersal fishes in Shetland. *J. Mar. Biol. Ass. nr.* 68 601-617

Leeuwen, P.I. van., Rijnsdorp, A. & B. Vingerhoed. 1994. Variations in abundance and distribution of demersal fish species in the coastal zone of the Southeastern North Sea between 1980 and 1993. *ICES Demersal Fish Committee C.M.* 1994/G:10

Lythgoe, J. & G. 1976. *Vissen van de Europese Kustwateren en de Middellandse Zee.* Moussaults Uitgeverij. 192-193

Meijer, A.J.M. & H.W. Waardenburg 1988. Monitoring-onderzoek aan de visfauna van de Oosterschelde. Tussentijdse rapportage: Resultaten 1986 en 1987. Rapport Bureau Waardenburg BV.

Meijer, A.J.M. & R.J.L. Philippart 1982. Monitoring-onderzoek aan de visstand van de Oosterschelde. Resultaten 1979-1981. Rapport Bureau Waardenburg BV.

Meijer, A.J.M. 1984. Monitoring-onderzoek aan de visstand van de Oosterschelde Overzicht 1982 en 1983. Rapport Bureau Waardenburg BV.

Meijer, A.J.M. 1986. Monitoring-onderzoek aan de visstand van de Oosterschelde Overzicht 1984 en 1985. Rapport Bureau Waardenburg BV.

Muus, B.J., 1978. *Elseviers Zeevissengids.* Elsevier, Amsterdam, Brussel

Nijssen, H. & S.J. de Groot, 1987. *De vissen van Nederland.* Stichting Uitgeverij KNNV. nr. 43 164-165

Sandstrom, O. 1999. Guidelines for monitoring fish reproduction success Embryo development and survival in viviparous blenny *Zoarces viviparus*. BEQUALM workpackage 10

Tiewws, K., 1978. Non commercial fish species in the German Bight: records of by-catches of the brown shrimp fishery. *Rapp. P.-v. Reun. Cons.int. Explor. Mer*, 172: 259-265

Tiewws, K., 1989. 35 years' abundance trends (1954 - 1988) of 25 fish and crustacean stocks on the German North Sea coast. *ICES paper C.M.* 1989/E:28

Vetemaa, M. 1999. Reproduction biology of the viviparous blenny (*Zoarces Viviparus* L.). *Fiskeriverket rapport* (1999) 2: 81-96

Welleman, H., 2000. Ongepubliceerde gegevens

Witte, J.Y. 2000. Ongepubliceerde gegevens

Wheeler, A. 1969. The fishes of the British Isles and North-West Europe. MacMillan, London/Melbourne/Toronto, 613 pp

Whitehead, P.J.P., M.L. Bauchot, J.C. Hureau, J. Nielsen & E. Tortonese 1986. Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean, Vol. III 1015-1473 (Unesco, Paris)

## Bijlage 1

Gemiddelde vangst puitaal  
(Aantal per hectare)

Jaar	Westerschelde	Oosterschelde	Waddenzee west	Waddenzee oost	Kustzone
1970	1,8	1,5	60,8	10,3	0,0
1971	0,0	1,7	26,0	25,6	0,0
1972	0,0	0,9	45,6	29,0	0,2
1973	0,0	0,2	36,6	18,8	0,0
1974	0,0	0,6	23,4	17,3	0,0
1975	0,0	0,4	28,7	3,9	0,0
1976	0,1	0,2	15,4	13,7	
1977	0,0	0,1	13,9	7,9	0,0
1978	0,0	0,3	67,0	12,1	6,4
1979	0,0	1,4	36,1	18,6	2,5
1980	0,0	3,5	54,4	32,7	0,9
1981	0,0	0,9	62,0	32,1	0,4
1982	0,0	2,4	64,0	33,9	1,2
1983	0,0	3,5	170,0	49,8	1,2
1984	0,1	2,6	56,2	39,7	1,7
1985	0,4	3,9	27,0	32,5	3,7
1986	0,1	13,8	16,7	12,0	8,4
1987	0,2	10,5	40,0	14,4	14,2
1988	0,1	20,1	42,4	15,9	8,3
1989	0,0	1,7	22,9	9,2	3,1
1990	0,1	11,0	34,0	9,4	7,2
1991	0,1	8,4	12,7	11,6	2,8
1992	0,1	7,6	6,0	4,0	2,3
1993	0,0	11,8	10,0	3,7	0,5
1994	0,1	2,1	18,1	4,3	2,0
1995	0,0	17,3	17,6	1,7	1,0
1996	0,1	13,4	25,8	8,4	2,8
1997	0,3	16,6	32,1	6,8	0,5
1998	0,0	7,4	20,6	3,8	0,2
1999	0,0	3,4	47,9	3,9	0,4
2000	0,0	10,4	23,4	3,5	0,9

## Bijlage 2.

Fuikvangsten NIOZ (Nabij Mokbaai) 1966-1999

Jaar	Totaal	Aantal malen gelege	Gemiddeld
1966	674	93	7,25
1967	163	79	2,06
1968	241	145	1,66
1969	213	145	1,47
1970	150	110	1,36
1971	119	128	0,93
1972	93	93	1,00
1973	32	82	0,39
1974	153	85	1,80
1975	132	116	1,14
1976	115	112	1,03
1977	31	110	0,28
1978	33	103	0,32
1979	47	83	0,57
1980	46	82	0,56
1981	45	78	0,58
1982	59	96	0,61
1983	70	102	0,69
1984	41	100	0,41
1985	27	97	0,28
1986	81	86	0,94
1987	42	79	0,53
1988	59	97	0,61
1989	30	92	0,33
1990	43	99	0,43
1991	22	109	0,20
1992	6	86	0,07
1993	16	97	0,16
1994	14	115	0,12
1995	5	162	0,03
1996	4	108	0,04
1997	12	160	0,08
1998	22	158	0,14
1999	13	168	0,08

### Bijlage 3.

#### Statistische analyse NIOZ- en RIVO ongepubliceerde gegevens

##### Overzicht van de gegevens

Algemeen overzicht van de gegevens. In Figuur 1 worden de door het NIOZ en het RIVO aangeleverde gegevens gepresenteerd. De gegevens worden gepresenteerd als "aantal puitaal/ha". Teneinde de verwerking te vereenvoudigen worden de gegevens van het NIOZ (vangst in een fuik) ook "aantal puitaal/ha" genoemd.

Voor de diverse lokaties zijn de volgende afkortingen gebruikt:

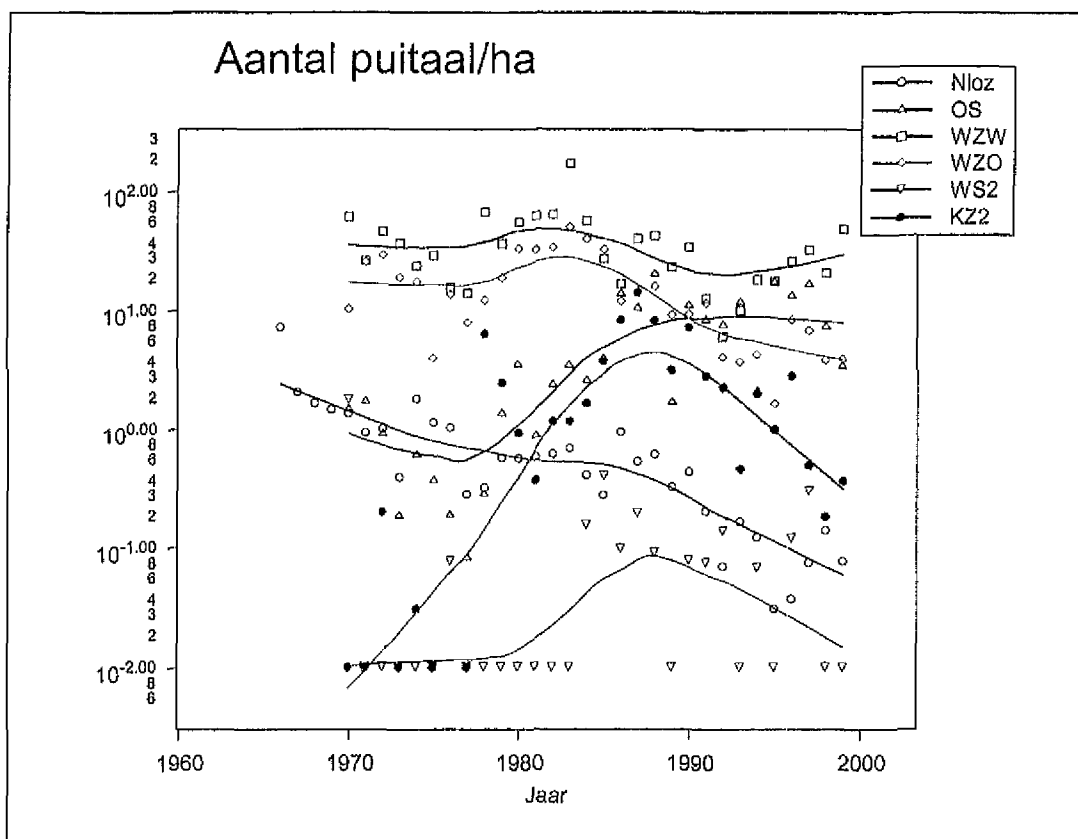
Westelijke Waddenzee	WZW
Oostelijke Waddenzee	WZO
Oosterschelde	OS
Kustzone Nederlandse Kust	KZ2
Westerschelde	WS2
Lokatie nabij Mokbaai (Texel)	NIOZ

De gegevens zijn op een log<sub>10</sub> schaal uitgezet, om meer duidelijkheid te krijgen in de verschillen tussen de gebieden onderling. De nul-waarden van WS2 en KZ2 zijn verhoogd met 0,01 om problemen met de log<sub>10</sub>-schaal te vermijden. Door de gegevens is een zogenaamde gladde lijn (denk aan een lopend gemiddelde) gefit om inzicht in de soort trend te krijgen.

Duidelijk is te zien dat de gebieden Waddenzee Oost (ZO) en Waddenzee West (WZW) een vergelijkbaar patroon vertonen, evenals de Westerschelde (WS2) en de Nederlandse kustzone (KZ2). De beide laatstgenoemde gebieden vertonen een piek in 1998. De NIOZ gegevens laten een duidelijk dalende lijn zien, terwijl het gebied Oosterschelde (OS) een duidelijk stijgende lijn vertoont met een afvlakking in de jaren '90. Voor bijna alle gebieden, behalve WZW, is een duidelijk dalende lijn te zien sinds de jaren 90.

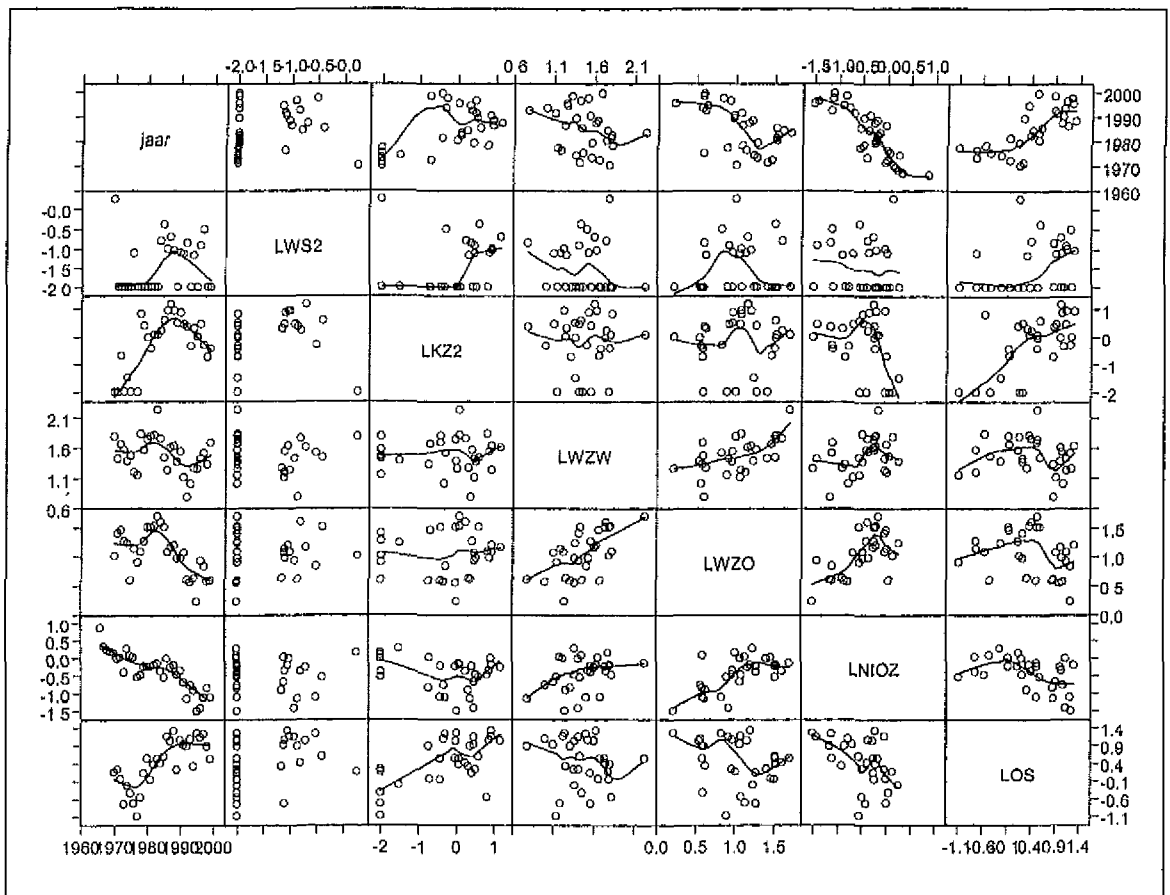
De geconstateerde veranderingen in de aantallen puitaal/ ha geven duidelijk aan dat een lineaire trendanalyse niet toereikend is om deze veranderingen te beschrijven.





*Figuur 1. Overzicht van de gegevens in de diverse gebieden in de periode 1970-2000. (Het aantal puitaal/ha is uitgezet op een log10-schaal. De nulwaarnemingen in de gebieden KS2 en WS2 zijn vervangen door 0,01)*

Voor het weergeven van de patronen tussen de gebieden onderling is in Figuur 2 een zogenaamd scatterplotmatrix weergegeven. De gegevens zijn wederom op log10 schaal weergegeven. De meest linker kolom geeft per gebied de ontwikkeling door de jaren aan (conform Figuur 1). Immers op de x-as staat het jaar en op de y-as de gegevens van de diverse watersystemen. De afkortingen van de gebieden staan in de diagonaal van de grafiek, waarin L staat voor de logaritmische waarde. Door de punten is weer een glatte functie getekend, zodat duidelijker wordt wat voor soort relatie er aanwezig is. Duidelijk zijn de lineaire relaties (b.v. LWZW en LWZO (positief), LNIOZ en LOS (negatief) en LOS en LKZ2, positief) te zien.



*Figuur 2. De matrix van de gegevens van de diverse gebieden. Voor de naam van elk gebied staat de L voor de logaritmische transformatie (LOG10) van de gegevens. Interpretatie van de grafiek: b.v. de 6e cel van linksonder (de cel die wordt ingesloten door LOS en LNIOZ) moet als volgt gelezen worden: de x-as wordt bepaald door de LNIOZ-gegevens, terwijl LOS-gegevens de y-as bepaalt.*

Uit Figuur 2 is te constateren dat de ontwikkeling in het WZW-gebied geen duidelijke relatie heeft met de NIOZ gegevens. Wel is goed te zien dat hogere waarden voor puitaal van de OS gepaard gaan met lagere waarden van de WZW. Gezien de correlatie van de WZW met de WZO is dit ook voor dit gebied het geval. Er lijkt wel een positieve relatie te bestaan tussen de ontwikkelingen in de WZO en met die van de NIOZ gegevens: hoge waarden in de WZO gaan gepaard met hoge waarden van het NIOZ. Tussen de OS en NIOZ bestaat een negatief verband: hoge waarden bij het NIOZ gaan gepaard met lage waarden voor de OS.

## Trendanalyse

Op grond van Figuur 1 kan geconcludeerd worden dat de ontwikkelingen in de tijd niet bepaald een lineaire functie is, maar dat er soms sprake is van een toe- en afname in de beschouwde periode. Een lineaire trendanalyse is daarom ook niet de meest geschikte om de trends te berekenen. In plaats daarvan wordt een kwadratisch verband verondersteld dat in staat is om het knikpunt in de tijdreeks te berekenen. Indien geen knikpunt aanwezig is, wordt dit model vereenvoudigd tot een lineaire. De analyse wordt uitgevoerd op log10 schaal, wat inhoudt dat de berekende af- of toenames relatief zijn. Het model luidt derhalve:

$$\text{LOG10}(\text{Aantal puitaal} / \text{ha}_i) = \text{intercept} + \text{Trend}_1 * (\text{jaar} - 1965) + \text{Trend}_2 * (\text{jaar} - 1965)^2 \quad (1)$$

waarin LOG10(Aantal puitaal/ha<sub>i</sub>) de logaritme is van het aantal puitaal/ha voor gebied *i*, het intercept de as-afsnede met de y-as is, de Trend<sub>1</sub> de waarde van de lineaire trend en de Trend<sub>2</sub> de waarde van de kwadratische trend is en *jaar* staat voor het jaartal. Indien de kwadratische term in (1) niet significant van nul verschilt gaat dit model over in een lineair model. Er is sprake van geen trend als zowel trend<sub>1</sub> en trend<sub>2</sub> niet significant van nul verschilt. Het significantie niveau wordt beoordeeld bij een onbetrouwbaarheid van 5%.

## Westelijke Waddenzee (WZW)

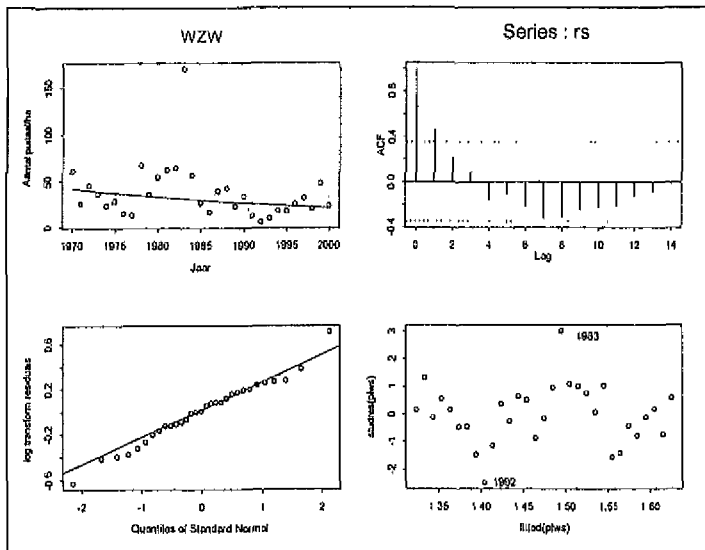
Voor het gebied WZW is een lineaire relatie gefit, omdat de kwadratische coëfficiënt niet significant van nul verschilde.

De coëfficiënten voor deze lijn waren met de desbetreffende standaardfouten, t-waarde en de overschrijdingskans, met s als significant en ns als niet significant van nul verschillend:

WZW	waarde	standaardfout	t-waarde	overschrijdingskans onder aanname dat waarde nul is
(Intercept)	1.6357	0.1036	15.7853	0.0000 (s)
Trend <sub>1</sub>	-0.0101	0.0057	-1.7779	0.859 (ns)

Deze coëfficiënten zijn op log schaal. De trend is niet significant, maar er is sprake van een lichte daling van ca. 1% per jaar. In Figuur 3 zijn de resultaten getoond. Wat duidelijk opvalt is de uitschieter in 1983. Op log10-schaal is dit niet zo erg, getuige de grafiek in de linkeronderhoek waarin de gestandaardiseerde residuen zijn uitgezet tegen de gefitte waarde. Waarden van de gestandaardiseerde residu die groter zijn dan 2 of kleiner dan -2 moeten als uitschieters gezien worden. Deze grafiek laat tevens zien dat er in de residuen nog sprake is van een regelmatig patroon met pieken

en dalen. Dit patroon laat de figuur in de rechterbovenhoek nog beter zien. Hierin is de autocorrelatie (de afhankelijkheid van de gegevens in de tijd) van de residuen van de trendlijn uitgezet. De residuen horen echter onafhankelijk in de tijd te zijn voor een juiste statistische interpretatie. De residuen hebben een bepaald patroon, waarbij er een positieve afhankelijkheid is met de waarden van het voorgaande jaar: hoge waarden in het voorgaande jaren resulteren in hoge waarden in het daarop volgende jaar (het balkje bij lag 1 overschrijdt de stippellijn). Tevens lijkt er sprake te zijn van een bepaalde periodiciteit. De grafiek in de linkeronderhoek laat zien dat de residuen normaal verdeeld zijn: de residuen liggen allemaal min of meer op de rechte lijn



**Figuur 3.** De resultaten van de lineaire fit op de gegevens van WZW. In de linker bovenhoek staan de waarnemingen, de gefitte waarden en de 95%-betrouwbaarheidsintervallen uitgezet tegen het jaar. In de rechter bovenhoek worden de residuen gecontroleerd op autocorrelatie. Voor de eerste lag is duidelijk sprake van afhankelijkheid. In de linker onderhoek wordt gecontroleerd of de residuen normaal verdeeld zijn (de residuen liggen mooi in de buurt van de lijn). In de grafiek van de rechter onderhoek wordt de gestandaardiseerde residu (studres) uitgezet tegen de gefitte waarde. Metingen met een studres boven de 2 zijn voor dit model sterke uitschieters.

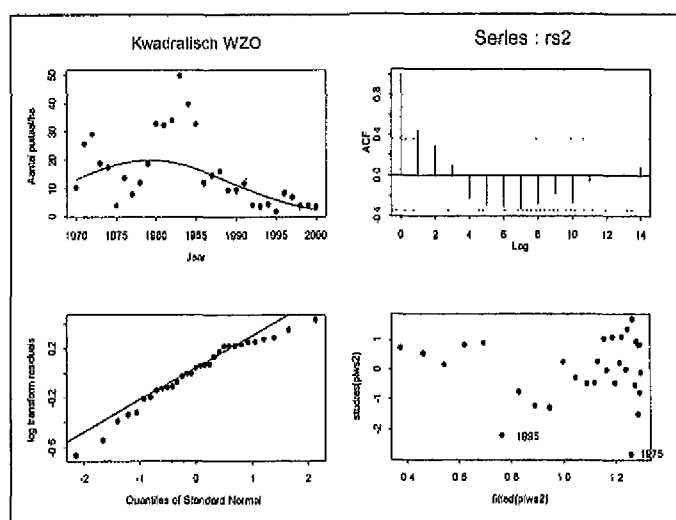
### Oostelijke Waddenzee (WZO)

Voor WZO bleek een kwadratisch verband beter:

De coëfficiënten zijn:

WZO	waarde	standaardfout	t-waarde	overschrijdingskans onder aanname dat waarde nul is
<b>(Intercept)</b>	1.0776	0.1579	6.8236	0.0000 (s)
<b>Trend<sub>1</sub></b>	0.0431	0.0228	1.8948	0.0685 (ns)
<b>Trend<sub>2</sub></b>	-0.0021	0.0007	-3.0779	0.0046 (s)

De resultaten voor WZO zijn weergegeven in Figuur 4, waaruit blijkt dat de trend toeneemt tot en met 1979 en vervolgens een dalende trend vertoont die naar verloop van tijd groter wordt. Voor de 1970 tot en met 1979 is de gemiddelde procentuele trend 66%; vanaf 1979 tot en met 2000 is de procentuele daling . 85%. Ook bij deze gegevens treedt autocorrelatie op, waarvan het patroon overeenkomt met dat van WZW. Ook hier lijkt sprake van een periodiciteit.



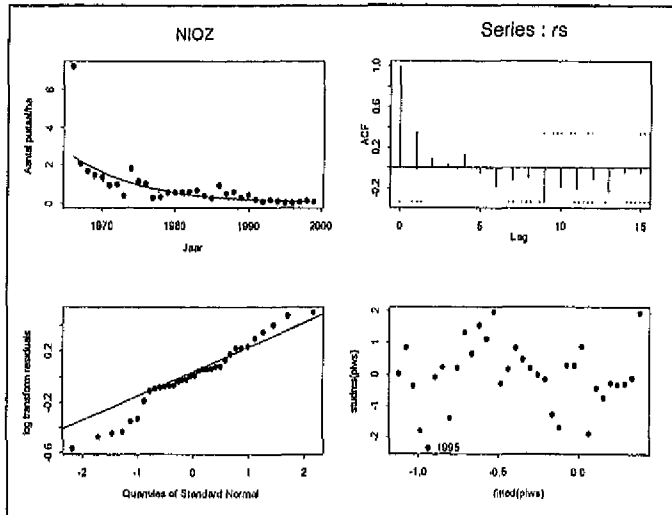
*Figuur 4. De resultaten van WZO.*

### Lokatie nabij de Mokbaai (Texel) (NIOZ)

In Figuur 5 zijn de gegevens van het NIOZ weergegeven. Een lineair model bleek voldoende om de gegevens in de tijd te beschrijven. Let op de sterke uitschieter in het eerste jaar.

NIOZ	waarde	standaardfout	t-waarde	overschrijdingskans onder aanname dat waarde nul is
<b>(Intercept)</b>	0.2505	0.0789	3.1759	0.0033 (s)
<b>Trend<sub>1</sub></b>	-0.0457	0.0047	-9.6723	0.0000 (s)

De trendlijn vertoont een procentuele afname van 4-5% per jaar , wat voor de 30-jarige periode resulteert in een afname van ongeveer 96%. De figuur in de linkerbovenhoek laat, minder duidelijk dan bij WZW en WZO, ook een periodiciteit in de gegevens zien.



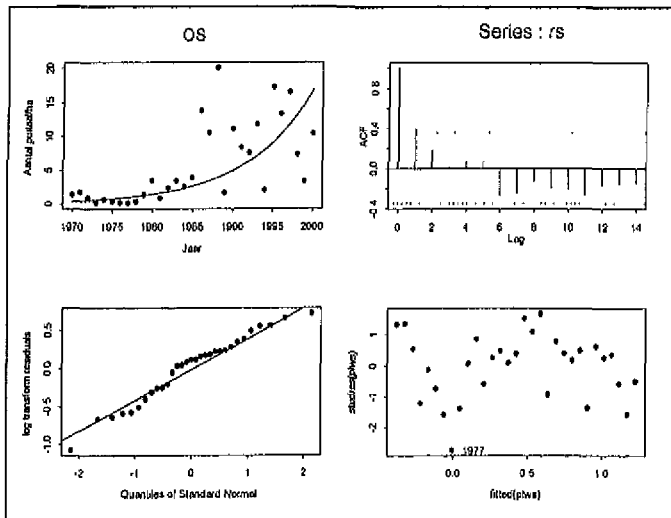
*Figuur 5. De resultaten van NIOZ. Zowel aan de onder- als aan de bovenkant van de gegevens fit het model niet goed, getuige de figuur van de normale verdeling. (zie voor de toelichting van de figuren: Figuur 3.)*

### De Oosterschelde (OS)

In Figuur 6 staan de resultaten voor het gebied OS. Hiervoor bleek een lineair model geschikt te zijn.. De resultaten zijn:

OS	waarde	standaardfout	t-waarde	overschrijdingskans onder aanname dat waarde nul is
(Intercept)	-0.4347	0.1656	-2.6255	0.0137 (s)
Trend <sub>1</sub>	0.0536	0.0090	5.9392	0.0000 (s)

OS is één van de weinige gebieden waar sprake is van een toename :. 5% per jaar. Voor de 30-jarige periode resulteert dit in een procentuele toename van ongeveer 4000%! Zoals uit Figuur 6 is af te leiden geeft dit wel een te optimistisch beeld, gezien de afvlakking na 1998. In de residuen (rechter onderhoek) laat wel een bepaalde periodiciteit zien.



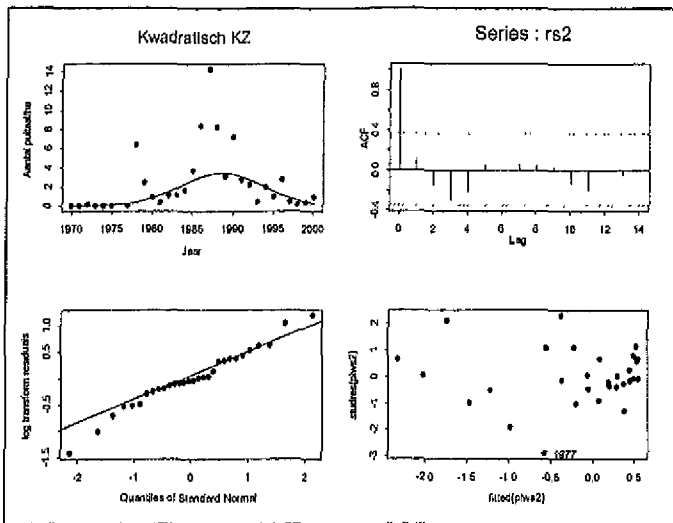
Figuur 6. De resultaten van OS.

### De Nederlandse Kustzone (KZ2)

Voor KZ2 bleek een kwadratisch verband goed om de gegevens te beschrijven. De resultaten zijn:

KZ2	waarde	standaardfout	t-waarde	overschrijdingskans onder aanname dat waarde nul is
(Intercept)	-2.6493	0.3354	-7.9000	0.0000 (s)
Trend <sub>1</sub>	0.3263	0.0477	6.8368	0.0000 (s)
Trend <sub>2</sub>	-0.0083	0.0014	-5.7744	0.0000 (s)

Alle coëfficiënten zijn zeer significant. Het knikpunt is in 1990, waarop de positieve trend omslaat in een negatieve. Voor de laatste 10 jaar is de procentuele afname ca. 90%.



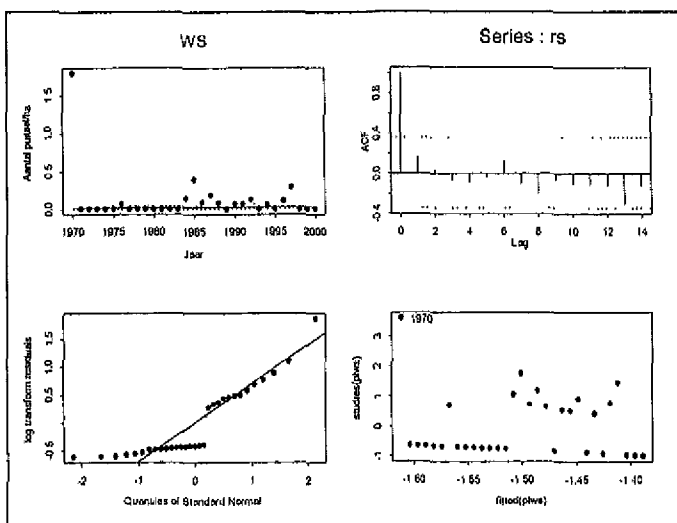
*Figuur 7. De resultaten van KZ2.*

### Westerschelde (WS2)

In de WS zijn geen veranderingen aangetoond (zie Figuur 8): er is sprake van een geen trend. De resultaten zijn:

WS	waarde	standaardfout	t-waarde	overschrijdingskans onder aanname dat waarde nul is
(Intercept)	-1.6188	0.2416	-6.6992	0.0000
Trend <sub>1</sub>	0.0074	0.0132	0.5627	0.5780

In Figuur 8 zijn de resultaten weergegeven.



*Figuur 8. De resultaten van WS.*



## Periodiciteit

Uit de trendanalyse van de gegevens van de gebieden WZW, WZO, NIOZ en OS bleek dat er in de gegevens een bepaalde periodiciteit aanwezig is. Dit kan worden gemodelleerd door (1) uit te breiden met twee harmonische componenten volgens:

$$\text{LOG}_{10}(\text{Aantalputtaal} / \text{ha}_i) = \text{intercept} + \text{Tr}_1 * (\text{jaar} - 1965) + \text{Tr}_2 * (\text{jaar} - 1965)^2 + a_1 \cos\left(\frac{2\pi}{T}\right) + a_2 \sin\left(\frac{2\pi}{T}\right), \quad (2)$$

waarin  $\text{Tr}_1$  en  $\text{Tr}_2$  respectievelijk  $\text{Trend}_1$  en  $\text{Trend}_2$  voorstellen en de toegevoegde cos- en sin- componenten de cyclus beschrijven. Voor deze cyclus componenten staan de coëfficiënten  $a_1$  en  $a_2$  voor de amplitude en  $T$  voor de periode.

De resultaten van deze analyse voor de vier gebieden staan in onderstaande tabel, waarin de coëfficiënten van de trends en de significante periode in jaren staat vermeld. De gebieden in de Waddenzee hebben een overeenkomende periode. De precieze reden van de aanwezigheid van de periodiciteit in de gegevens is niet geheel duidelijk.

Gebied	Tr1	Tr2	Periode
WZW	-0.0162(0.0046,0.2%)	ns	16 jaar
WZO	0.0678(0.0210,0.3%)	-0.0024(0.0005,<0.1%)	16 jaar
NIOZ	-0.0404(0.0045,<0.1%)	ns	18 jaar
OS	0.0566(0.0081,<0.1%)	ns	20 jaar

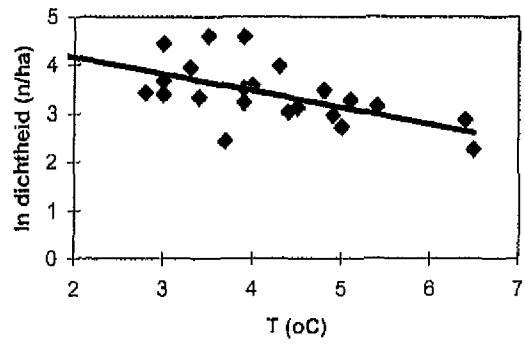
#### Bijlage 4

Het voortschrijdend gemiddelde van de aantal puitalen per hectare in de Westelijke en Oostelijk Waddenzee is in relatie gebracht met de watertemperatuur gemeten bij 't Horntje in de winter voor de het eerste jaar in het voortschrijdend gemiddelde. Na logaritmische transformatie van de aantallen voldeden de data aan alle voorwaarden voor een regressie analyse.

Om die temperatuur te vinden waarop de invloed van temperatuur merkbaar wordt in de puitaaldichtheid is een parabolische functie door de data gefit. Dit model beschreef de data van de Westelijke Waddenzee met een bergparabool en een  $r^2$  van 0,983 en de data van de Oostelijke Waddenzee en een  $r^2$  van 0,929. De gedifferentieerde functies gaven de vergelijking van de raaklijn. De top van de parabool werd gevonden door de raaklijn aan 0 gelijk te stellen. De top van de parabool in de Westelijke Waddenzee was te vinden bij een temperatuur van 1,96 °C, en in de Oostelijke Waddenzee bij een temperatuur van 2,49 °C.

Vervolgens is een lineaire regressie uitgevoerd op de data met een temperatuur boven de 1,96 °C voor de Westelijke, en een temperatuur boven de 2,49 °C voor de Oostelijke Waddenzee. Dit leverde een significante dalende lijn op in de Westelijke ( $p=0,005$ ) en Oostelijke ( $p=0,050$ ) Waddenzee, waaruit blijkt dat een warme winter tot een lagere puitaaldichtheid leidt.

### Westelijke Waddenzee



### Oostelijke Waddenzee

