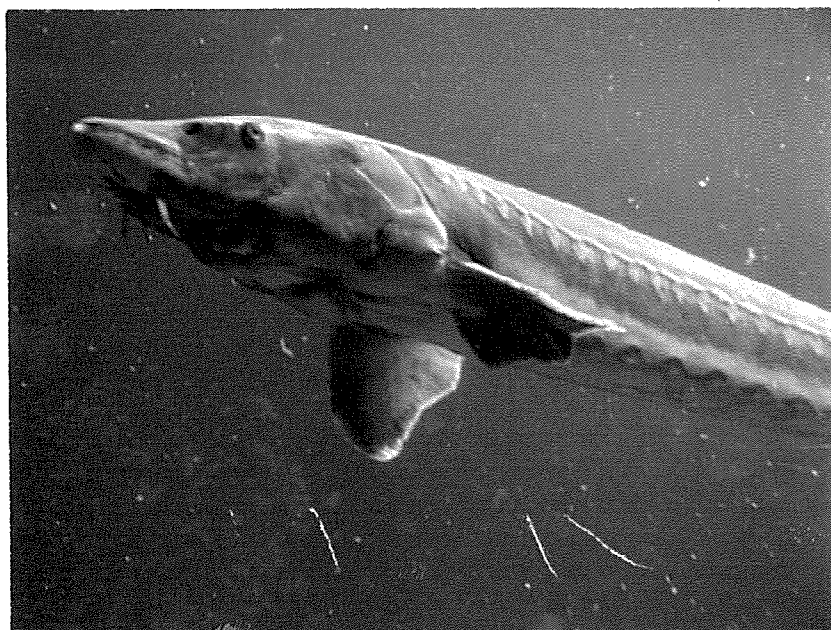




DE ATLANTISCHE STEUR

Terugkeer in de Rijn

Alphons van Winden
Willem Overmars
Wilbert Bosman
Alexander Klink

Een studie in opdracht van het Wereld Natuur Fonds

COLOFON

uitgave: Stichting Ark
Postbus 21
6997 ZG Hoog Keppel

vormgeving: Jeroen Helmer
opmaak: Grietje van Veen
druk: Wink, Doetinchem

DE ATLANTISCHE STEUR Terugkeer in de Rijn

Alphons van Winden
Willem Overmars
Wilbert Bosman
Alexander Klink

Studie in opdracht van het W.N.F.

te bestellen door overmaking van f 50,- op girorekening 161432 t.n.v.
Stichting Ark/Stroming B.V., Beek-Ubbergen, onder vermelding van
de naam van het rapport en het ISBN-nummer.

© copyright 2000 Stichting Ark.

Alles uit dit rapport mag worden overgenomen of geciteerd,
mits de bron duidelijk vermeld wordt.

ISBN: 90 74647 49 9

trefw.: Rijn, Rivierengebied, Steur.

Inhoud

Leeswijzer	7
1. De Atlantische steur	9
1.1 Inleiding	9
1.2 Specifieke geschiktheid van de Rijn voor herpopulatie	10
1.3 Specifieke geschiktheid van de Atlantische steur voor herpopulatie	11
1.4 Voorwaarden voor geslaagde herpopulatie	11
1.5 Populatie-opbouw van de Atlantische steur in de Rijn	14
1.6 Populatie waar de Atlantische steur uit wordt betrokken	14
2. Wijze van onderzoek	15
2.1 Doel en opzet van deze studie	15
2.2 Geraadpleegde bronnen	15
3. De Atlantische steur: <i>Acipenser sturio</i>	17
3.1 Systematiek	17
3.1.1 Synoniemen	19
3.2 Beschrijving Atlantische steur, <i>Acipenser sturio</i>	19
3.2.1 Herkenning Atlantische steur	19
3.2.2 Hybriden	21
3.2.3 Albinisme	21
3.3 Karakteristieken	21
3.3.1 Lengte, gewicht en leeftijd	21
3.3.2 Geslachtsrijpheid	23
3.4 Geografische verspreiding van het Genus <i>Acipenser</i>	24
3.5 Kaviaar	25
4. Habitat en levenscyclus	27
4.1 De Atlantische steur als trekvis	27
4.2 Verblijf in zee van volwassen en onvolwassen Atlantische steur	27
4.2.1 Wijze van onderzoek aan op zee levende Atlantische steur	27
4.2.2 Waterdiepte en afstand tot de kust van het voorkomen	28
4.2.3 Verdeling over het jaar van de vangsten op zee	30
4.2.4 Vangstgegevens gerangschikt naar substraattype	33
4.3 De jaarlijkse migratie de rivier op	33
4.3.1 Migratieroutes in het Rijnestuarium	36
4.4 Migratie in de rivier	36
4.4.1 Geslachtsverhouding tijdens de paaitrek	39
4.5 Paaigedrag	39

4.6	Paaigronden	40
4.6.1	Actuele situatie van de paaiplaatsen in de Garonne	42
4.7	Habitat van juveniele vis en de trek naar het estuarium	43
4.8	Habitat onvolwassen Atlantische steuren in estuarium	45
4.8.1	Beschrijving van de verblijfplaatsen	47
4.8.2	Bewegingen en verblijfplaatsen tussen de 1 ^e winter en de 2 ^e winter	48
4.8.3	Bewegingen en verblijfplaatsen tussen 2e winter en 3e winter	48
4.8.4	“Mouvee de la St. Jean”	48
5.	Voedsel	51
5.1	Zee	51
5.2	Estuarium / rivier	52
6.	Historisch voorkomen van de Atlantische steur in Europa en restpopulaties	55
6.1	Oorspronkelijke verspreiding	55
6.2	Huidige verspreiding	57
6.3	Oorzaken achteruitgang	57
6.4	Teloorgang van de Rijn-Maas-populatie	58
6.4.1	Steurvisserij in Nederland	59
6.4.2	Aantalsontwikkeling	64
6.4.3	Niet inheemse steuren in de Nederlandse wateren	68
6.5	Steurvisserij in de Elbe, de Eider en de Wisla	68
6.6	Steurvisserij in Groot Brittannië	71
6.7	Gironde-populatie	71
6.7.1	Visserij op zee	71
6.7.2	Visserij in het estuarium en op de rivieren	72
6.7.3	Kaviaar industrie	73
6.7.4	Actuele situatie	73
6.7.5	Rioni-populatie	74
7.	Het Franse Atlantische steur-programma	75
7.1	Historie	75
7.2	Life Nature programma	76
7.2.1	Kweekprogramma	77
7.2.2	Onderzoek aan de paaiplaatsen	77
7.2.3	Onderzoek aan de populatie in de natuurlijke situatie	78
7.2.4	Publiciteit	78
8.	De Rijn als habitat voor de Atlantische steur	79
8.1	Vergelijking van de Rijn met de Garonne/Dordogne	79
8.2	Het zeemilieu: Noordzee en Atlantische Oceaan	80
8.2.1	Aanpassing aan verblijf op zee	80
8.2.2	Bedreigingen voor de Atlantische steur op zee	80
8.2.3	Conclusie t.a.v de Noordzee	82
8.3	Het estuarium van de Rijn	83
8.3.1	De noodzaak van brakwaterzones	83
8.3.2	Doorlaatbaarheid/toegankelijkheid van de Nederlandse kust .	83

8.3.3	Het Rotterdams Havengebied, het enige overgebleven brakwatergetijdengebied in de monding van de Rijn.	86
8.3.4	Waterkwaliteit in het Rotterdams Havengebied	89
8.3.5	Visvoedsel in de Nieuwe Waterweg en Oude Maas	90
8.3.6	Waar ligt voor de macrofauna de overgang tussen zoet, brak en zout?	91
8.3.7	Sluisbeheer Haringvlietsluizen.	91
8.3.8	Het beheer van het Krammer Volkerak	92
8.3.9	Sluisbeheer Afsluitdijk en mogelijkheden brakwaterzone in het IJsselmeer	93
8.3.10	Het zoetwatergetijdengebied	94
8.3.11	Mogelijke paaiplaatsen in het zoetwatergetijdengebied.	95
8.3.12	Mogelijke betekenis van zoet- en zoutwatermeren bij de kust	95
8.3.13	Visserij.	95
8.3.14	Conclusie t.a.v. het estuarium	96
8.4	De rivier de Rijn in Nederland als paaigebied en opgroeigebied voor jonge Atlantische steur	97
8.4.1	Bodemsamenstelling van de Nederlandse Rijntakken	97
8.4.2	Mogelijke locaties voor paaiplaatsen in de Boven Rijn en Waal	98
8.4.3	Mogelijke locaties voor paaiplaatsen in de IJssel.	99
8.4.4	Foerageermogelijkheden voor jonge Atlantische steur	100
8.5	Het belang van de Rijn in Duitsland en Frankrijk voor de paaiende Atlantische steur	102
8.5.1	De Niederrhein tussen Bonn en de Nederlandse grens.	102
8.5.2	Mittlere- en Obere Rhein tussen Iffizheim en Bonn.	104
8.6	Chemisch herstel Rijn.	106
8.6.1	Belasting van steuren door chemische stoffen	106
8.6.2	Chemisch herstel Rijn.	107
8.7	Conclusies ten aanzien van de geschiktheid van de Rijn in Frankrijk, Duitsland en Nederland	109
9.	Het herpopulatieprogramma	111
9.1	Ondersteuning bestaande projecten in Frankrijk en Georgië.	111
9.2	Internationale samenwerking	111
9.3	Uitvoering	112
9.3.1	Wijze van uitzetten	112
9.3.2	Periode van uitzetten.	113
9.3.3	Geschikte plaatsen om de larven of jonge vis uit te zetten. .	113
9.4	De rol van het Wereld Natuur Fonds	114
9.5	Planning.	114
10.	Literatuur	115

Leeswijzer

Hoofdstuk 1 is te beschouwen als een samenvatting en geeft in het kort antwoord op veel vragen die er zijn ten aanzien van de Atlantische steur en de mogelijkheden voor herpopulatie. In de overige hoofdstukken worden de conclusies van hoofdstuk 1 nader toegelicht.

In hoofdstuk 2 wordt beschreven hoe het onderzoek naar de Atlantische steur is uitgevoerd en van welke bronnen gebruik is gemaakt. In hoofdstuk 3 tot en met 5 wordt de herkenning van de Atlantische steur, zijn leefwijze en het voedsel beschreven. In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op het historische voorkomen van de Atlantische steur, waarbij een groot aantal Noordwest Europese rivieren wordt behandeld.

Het Franse onderzoek aan de Atlantische steur is uniek omdat de enige rivier waar deze dieren nog voorkomen in Frankrijk ligt. In hoofdstuk 7 wordt hier uitgebreid op in gegaan. In hoofdstuk 8 wordt een beschrijving gegeven van de geschiktheid van het gehele stroomgebied van de Rijn. Achtereenvolgens passeren de Noordzee, het estuarium en de rivier zelf in Nederland, Duitsland en Frankrijk de revue. Van ieder milieu wordt na de beschrijving ook een korte samenvatting gegeven (par. 8.2.3, par 8.3.14 en par 8.7). Tenslotte wordt in hoofdstuk 9 de praktische kant van het herpopulatie-programma besproken en het voorstel om te komen tot een internationale commissie die dit programma opzet en begeleidt.



1. De Atlantische steur

Kansen voor herstel van de West-Europese populatie

1.1 Inleiding

De Atlantische steur is zonder twijfel de meest tot de verbeelding sprekende vis die in de Europese rivieren heeft geleefd. Met zijn lengte tot 3,5 meter en een gewicht van 250 kg was het de mammoet onder de vissen; een vis die geen visserslatijn nodig had om indruk te maken. De magie van deze vissoort is van alle tijden en al in de Middeleeuwen behoorde een gevangen steur toe aan de landheer en wie er een gevangen had kon op veel belangstelling rekenen, getuige de vele prenten en foto's van steurvissers.

De Mammoet is een uitgestorven diersoort en het scheelt niet veel of de Atlantische steur wacht een zelfde lot. Terwijl rond 1900 in West Europa jaarlijks meer dan 10.000 exemplaren werden gevangen is deze machtige vis nu teruggedrongen tot slechts twee riviersystemen: de Gironde in Frankrijk nabij Bordeaux en de Rioni in Georgië. Beide populaties bestaan uit niet meer dan enkele honderden dieren en in de meeste jaren is er zelfs geen succesvolle voortplanting. De Atlantische steur behoort daarmee tot een van de meest bedreigde diersoorten, meer nog dan de reuzenpanda.

Om in de Westeuropese rivieren een nieuwe stabiele populatie steuren op te bouwen, is het op de eerste plaats nodig om de soort voor uitsterven te behouden. Een krachtige ondersteuning van de activiteiten tot behoud van deze vissoort in Frankrijk is daarom gewenst. Langs de Gironde doen medewerkers van het instituut Cemagref al meer dan 20 jaar actief onderzoek naar de mogelijkheden tot herstel van de populatie steuren. Deze populatie is er nu stabiel, maar herstel treedt nog niet op. In Georgië is de situatie minder duidelijk. Langs de Rioni zijn de inspanningen tot behoud van de steur nog zeer beperkt. Een oriënterend onderzoek naar de stand van zaken daar is nodig.

Er moet nog veel gedaan worden voor de populaties in Frankrijk en Georgië weer aan het groeien zijn. Wanneer dat het geval is, wordt het tijd voor de tweede stap: het herbevolken van andere Europese rivieren. Want er is toch hoop dat de Atlantische steur zich kan herstellen. Het WNF-Nederland heeft

een studie uitgevoerd naar de kansen voor de steur in de Rijn en de mogelijkheden die deze rivier nu en in de toekomst weer biedt voor het behoud van deze magnifieke vissoort. Samen met de Elbe was de Rijn ooit de belangrijkste rivier voor de West Europese steurenpopulatie.

In de Rijn is een deel van de oorzaken waardoor de steur er uitgestorven is inmiddels verdwenen:

- er zijn, met succes, door de Rijnsoeverstaten veel inspanningen verricht om het water weer schoon te krijgen
- de grootschalige gemechaniseerde riviervisserij is al lange tijd verdwenen
- sinds kort zijn allerlei natuurontwikkelingsprojecten gestart om rivierbiotopen te herstellen
- en er zijn vergevorderde plannen om het Rijnsysteem via het Haringvliet weer in open verbinding met de Noordzee te brengen

Van de Atlantische steur is niet te verwachten dat zij zonder hulp van de mens de Rijn weer zal koloniseren. In de winter verblijft een klein deel van de Franse populatie op de Noordzee, maar in het begin van het voorjaar zwemmen zij terug naar de Gironde. Deze Atlantische steuren herkennen de Rijn ook niet meer als geboortegrond. De kans dat twee geslachtsrijpe dieren van deze zwervers tegelijk de Rijn op zwemmen moet als uitgesloten worden beschouwd. We zullen de Atlantische steur daarom een handje moeten helpen door jonge vis of eieren uit te zetten op de meest geschikte voortplantingsplaatsen in Frankrijk, Duitsland en Nederland.

Dit is echter pas mogelijk als de steur in de Gironde of Rioni zich herstelt en er weer voldoende dieren aanwezig zijn om zonder schade aan de lokale populatie eieren of larven uit te zetten in andere rivieren.

De terugkeer van de Atlantische steur in de Europese rivieren sluit goed aan bij de projecten 'levende rivieren' en 'meegroeien met de zee' die in respectievelijk 1993 en 1996 door het WNF zijn gestart. Hoofddoel van deze projecten is dat door herstel van natuurlijke processen langs de rivieren, in het estuarium en langs de kust bedreigde en lokaal uitgestorven planten en dieren kunnen terugkeren. Langs de Rijn blijkt al binnen enkele jaren na de start van het eerste project dat veel dier- en plantensoorten op eigen kracht de nieuwe biotopen langs de rivier bevolkten; soms waren zij al tientallen jaren uit het Nederlandse rivierengebied verdwenen. Soorten die niet op eigen kracht het gebied konden bereiken zoals de bever zijn in het gebied uitgezet en planten zich inmiddels succesvol voort.

1.2 Specifieke geschiktheid van de Rijn voor herpopulatie

Tot in het begin van deze eeuw was de Rijn samen met de Elbe de belangrijkste West Europese rivier voor de Atlantische steur. Uit de vangstcijfers blijkt dat een populatie van minimaal tienduizend dieren afhankelijk was van de Rijn. De combinatie van een lange, diepe rivier met veel paaimogelijkheden en een uitgestrekt estuarium met veel opgroeimogelijkheden voor de juveniele dieren maakten de Rijn tot een zeer geschikte rivier. Veel kleine popula-

ties in andere West Europese rivieren waren voor hun voortbestaan waarschijnlijk afhankelijk van de grote populaties in de Rijn en de Elbe. Een aantal oorzaken hebben er toe geleid dat de Atlantische steur in het begin van deze eeuw in de Rijn is uitgestorven. Watervervuiling en riviercorrecties, waarbij paaiplaatsen en opgroeigebieden voor jonge steur verdwenen, hebben hun tol geëist, maar bovenal is het de grootschalige gemechaniseerde zegenvisserij geweest die de Atlantische steur heeft doen uitsterven.

Ondanks de vele ingrepen die in het rivierdal zijn uitgevoerd kunnen vissen de Rijn nog steeds tot 700 km stroomopwaarts, de stuw van Iffezheim bij Straatsburg, opzwemmen. Geen enkele andere Europese rivier is over zo'n afstand bereikbaar voor vissen. Voor de Atlantische steur is dit ruim voldoende, aangezien hij juist in de diepe benedenstroomse delen van de rivier paait en opgroeit.

In het kader van het project 'Ecologisch herstel Rijn' is er de laatste 10 jaar hard aan gewerkt om de Rijn weer schoon en leefbaar te maken voor allerlei organismen. De resultaten zijn zeer bemoedigend: de Rijn is inmiddels een van de schoonste grote rivieren van Europa en sneller dan verwacht keren allerlei planten en dieren terug in en langs de Rijn. De Rijn is er klaar voor om ook de Atlantische steur te ontvangen.

1.3 Specifieke geschiktheid van de Atlantische steur voor herpopulatie

De gehele zoetwatercomponent van de levenscyclus van de Atlantische steur speelt zich af in het benedenstroomse deel van rivieren. De Atlantische steur is niet, zoals de Zalm, afhankelijk van de uiteinden van het stroomgebied, de snelstromende bergbeken, om er te paaieren. De Atlantische steur leent zich daarom goed voor herintroductie omdat alleen het benedenstroomse deel van rivieren bereikbaar hoeft te zijn. Van steursoorten in de Kaspische zee en de restpopulatie van de Atlantische steur in de Gironde is bekend dat ze weinig kritisch zijn ten aanzien van de waterkwaliteit. De belangrijkste voorwaarde is dat het zuurstofgehalte hoog genoeg is om de eieren uit te laten komen. Als geen andere soort maakt de Atlantische steur duidelijk hoe belangrijk het is dat de rivier zelf, het estuarium en de monding in zee als een samenhangend natuurgebied functioneren. In hun lange levensloop hebben zij dit hele gebied nodig om zich te voeden, voort te planten en op te groeien. De Atlantische steur is een zeer tot ieders verbeelding sprekende vis die een belangrijke rol kan spelen als symbool voor het herstel van hele Rijnsysteem.

1.4 Voorwaarden voor geslaagde herpopulatie

De belangrijkste voorwaarden waar een rivier aan moet voldoen voor de herintroductie van de Atlantische steur zijn:

- Voldoende geschikte paai- en eiafzetplaatsen.
Vermoedelijk paaiden Atlantische steuren in het verleden al in de diepere gedeelten van het zoetwatergetijdengebied waar de bodem uit grind bestaat, maar in ieder geval paaiden ze bovenstrooms van Nijmegen in de diepe grindrijke buitenbochten en verder stroomopwaarts tussen Bonn en Bingen en nabij Mannheim. Al deze gebieden zijn nog steeds bereikbaar en

ze voldoen nog steeds aan de voorwaarden, zoals dat zijn: diepe kuilen waar de paairijpe dieren zich verzamelen, een grindige bodem voor het afzetten van de eieren en voldoende stroming en een hoog zuurstofgehalte.

- Geschikte schuilplaatsen en foerageermogelijkheden voor de larven en de zeer jonge steur.

De holten en spleten tussen steen en grof grind die de larven van de Atlantische steur nodig hebben om zich gedurende de dag schuil te houden zijn overal aanwezig. Soms bestaan de oevers van de rivier uit grove blokken of zijn er kribben en soms zijn er natuurlijke holten. De eerste weken zoeken de jonge dieren hun voedsel in zandige bodems. Deze zijn overal langs de Rijn aanwezig. Tussen Mainz en Bonn liggen ze in de niet door de scheepvaart gebruikte geulen langs eilanden, tussen Wesel en Nijmegen in de ruime binnenbochten van de meanders en verder stroomafwaarts in het zoetwatergetijdengebied in de slenken die zich dagelijks tweemaal met water vullen. In de nabije toekomst zullen de foerageergebieden worden uitgebreid met stromende nevengeulen die op veel plaatsen langs de Waal en de Neder-Rijn zijn gepland en waarvan de eerste inmiddels is aangelegd bij Beneden Leeuwen.

- Het benedenstroomse deel van de rivier en het estuarium moeten geschikt zijn voor de jonge vissen om er de eerste 2 tot 3 jaar op te kunnen groeien alvorens ze naar zee gaan.

De juveniele Atlantische steur brengt de eerste 2 tot 3 jaar van zijn leven door in het intergetijdengebied op de overgang van zout naar zoet water. De Nieuwe Waterweg en de Oude en Nieuwe Maas zijn voorlopig de enige plaatsen waar de jonge Atlantische steur terecht kan. Er bestaan vergevorderde plannen om Haringvliet en Hollands Diep weer in permanent open verbinding te brengen met de Noordzee. Het areaal aan brak- en zoetwatergetijdengebied en daarmee het opgroeigebied van de jonge Atlantische steur zal hierdoor aanzienlijk worden vergroot.

- Een open verbinding tussen de rivier en de zee.

De Nieuwe Waterweg is het enige permanent open zeegat dat de Atlantische steur ter beschikking heeft om van de Noordzee de Rijn op te zwemmen en omgekeerd. Via de Haringvliet kan de Atlantische steur wel het rivierengebied verlaten, maar nog niet binnengaan. Wanneer de Haringvliet in de toekomst in meer of mindere mate ook bij vloed open zal zijn, is de optrek van vissen ook hier mogelijk. Vanouds was het Haringvliet het belangrijkste zeegat voor de Atlantische steur en andere trekvissen.

Een geschikte herintroductie van een soort hangt verder af van het feit of de oorzaken van het uitsterven zijn weggenomen. Voor het uitsterven van de Atlantische steur worden de volgende oorzaken genoemd:

- Watervervuiling.

De sterkste afname van de Atlantische steur vond plaats in het einde van de vorige eeuw, ruim voordat het water van de rivieren sterk vervuild raakte. Mogelijk hebben de laatste dieren die in de dertiger jaren van deze eeuw de Rijn opzwommen wel hinder ondervonden van de vervuiling en werd de voortplanting erdoor belemmerd. Nadien is de watervervuiling eerst nog

sterk toegenomen om de laatste 20 jaar weer erg snel af te nemen. Inmiddels is dankzij de inspanningen van het 'Rijnactieplan' de waterkwaliteit weer op een vooroorlogs peil en zijn de concentraties van de meest gevreesde stoffen op een zodanig niveau gekomen dat ze geen belemmering meer vormen voor de voortplanting en het opgroeien van vissen en andere waterorganismen.

- Riviercorrecties.

Vanaf het midden van de vorige eeuw zijn grootscheepse werken uitgevoerd in het stroomgebied van de Rijn. De rivier veranderde van een brede stroom met eilanden en ondieptes die zijn loop regelmatig verlegde in een vaste stroomgeul met een vrijwel constante diepte en breedte. Dit betekende een sterke afname van het aantal rivierbiotopen, waarbij vooral de ondiepe stromende delen verdwenen. Voor de jonge Atlantische steur zijn deze biotopen met name van belang om er voedsel te zoeken. Echter niet alle ondieptes zijn verdwenen en langs de Waal en de Neder Rijn bestaan vergevorderde plannen om een groot aantal nevengeulen te herstellen.

- Grindwinning.

Voor het afzetten van haar eieren is de Atlantische steur aangewezen op grindbanken in de diepere delen van de stroomgeul. In het verleden werd vaak grind gewonnen, met name in het Duitse deel van de Rijn. Deze grindwinning is inmiddels beëindigd en de grindvoorkomens zijn nu stabiel.

- Riviervisserij.

Wat de riviervisserij betreft moet onderscheid gemaakt worden tussen enerzijds de relatief kleinschalige vormen van visserij zoals de fuik- en kuilvisserij en de visserij met staand want die gedurende vele eeuwen in het Nederlandse en Duitse deel van de Rijn werden uitgeoefend en anderzijds de grootschalige gemechaniseerde zegenvisserij die tussen ca 1850 en 1900 op een tiental plaatsen in het Rijnestuarium werd bedreven. Alleen al uit de vangstcijfers blijkt dat deze laatste vorm van visserij uitermate succesvol was en het leidt geen twijfel dat ze een zeer belangrijke bijdrage heeft geleverd aan het uitsterven van een aantal soorten trekvisen. De steur was voor deze tak van visserij niet eens de belangrijkste soort, als dat wel het geval was geweest was de visserij zeker gestopt voordat de Atlantische steur was uitgestorven. De steur was echter een bijvangst van de visserij op Zalm, Elft en later ook Fint. Deze soorten hielden vanwege hun snellere reproductie langer stand dan de Atlantische steur, die pas vanaf 12 jarige leeftijd geslachtsrijp is en dus erg veel kans had om voor die tijd gevangen te zijn. Wanneer de zegenvisserij in de loop van de 20e eeuw verdwijnt omdat ook de aantallen Zalm en Elft sterk afnemen is de Atlantische steur al vrijwel geheel weggevangen.

Met het verdwijnen van de trekvisen is ook de riviervisserij verdwenen. Op kleine schaal wordt in het estuarium nog gevangen met fuiken en langs de rivieren zijn er tegenwoordig sportvissers. Zij vormen echter geenszins een bedreiging voor de Atlantische steur.

- Het zeemilieu.

Het is onduidelijk in hoeverre de vangsten op zee in het verleden een rol

hebben gespeeld bij het uitsterven van de Atlantische steur in de Rijn. Alleen uit het begin van deze eeuw zijn vangstcijfers bekend van IJmuiden. Deze waren hoog in vergelijking met de vangsten op de rivier, terwijl de Atlantische steur op de Rijn toen al sterk in aantal was verminderd. Van de Gironde populatie is bekend dat de zeevisserij vrij weinig invloed had op de afname van de soort. Of dit voor de Noordzee ook geldt is onduidelijk, de visserijdruk is er erg groot en met name de intensieve sleepnetvisserij zal met name de Atlantische steur als bodemfoerageerder treffen. Uit Frans onderzoek is gebleken dat vooral de oudere dieren zeer grote afstanden afleggen en vermoedelijk een deel van het jaar in de diepzee verblijven.

1.5 Populatie-opbouw van de Atlantische steur in de Rijn

Het einddoel van de herintroductie zou een stabiele, reproductieve populatie moeten zijn die zich zelf in stand houdt zonder de hulp van de mens. Aan de hand van de vangsten aan het eind van de vorige eeuw zullen er zeker ongeveer 10.000 volwassen dieren in de Rijn hebben geleefd. Wanneer het Rijnsysteem vanaf haar middenloop nabij Straatsburg tot aan de monding in zee weer goed functioneert, met voldoende foerageer- en opgroeimogelijkheden voor de jonge vis is een populatie van enkele duizenden volwassen dieren haalbaar. Het voortbestaan van de soort is hiermee veiliggesteld en in het ideale geval zou de Rijn-populatie weer kunnen fungeren als uitvalsbasis voor de kolonisatie van iedere Europese rivieren. .

1.6 Populatie waar de Atlantische steur uit wordt betrokken

Nog slechts 2 populaties van de Atlantische steur zijn voorhanden om eieren of jonge visjes van te betrekken. Het meest in aanmerking komen de steuren van de Gironde omdat deze als nabije populatie minder geografische verschillen zullen hebben dan de Rioni-populatie. De dieren van de Gironde verblijven ook nu nog een deel van het jaar op de Noordzee en zeer waarschijnlijk was er vroeger al uitwisseling tussen de Rijn- en Gironde-populaties.

De Atlantische steur is echter bijna uitgestorven en geslaagde reproductie komt in de Gironde niet jaarlijks meer voor. Ook is het nog niet gelukt om jonge dieren op te kweken tot ze geslachtsrijp zijn. De eerste inspanningen zullen dan ook gericht moeten zijn op het behoud en herstel van deze populatie. Daarna pas is herpopulatie van de Rijn pas mogelijk.

Vanwege de grote dreiging van uitsterven is het raadzaam om ook, wanneer de populatie aldaar het toelaat, gebruik te maken van steuren uit de Rioni. Ook vanwege de genetische diversiteit is het wenselijk gebruik te maken van beide populaties.

Ook wanneer de dieren uit één populatie worden betrokken kan rekening worden gehouden met de genetische variëteit. Om deze van de uitgezette Atlantische steur te waarborgen is het van belang van minimaal 20 verschillende dieren uit te gaan die als ouders kunnen fungeren. Omdat het sperma makkelijk te winnen is, is het het eenvoudigst om vooral veel verschillende mannelijke dieren te gebruiken.

2. Wijze van onderzoek

2.1 Doel en opzet van deze studie

Doel van deze studie is de haalbaarheid van de herintroductie van de Atlantische steur in de Rijn te onderzoeken. De Atlantische steur is een bedreigde diersoort en in de twee rivieren waar ze nog voorkomt is de situatie zorgwekkend. De kans dat de Atlantische steur vanuit een van deze rivieren andere rivieren koloniseert is klein. Het is daarom vanuit het oogpunt van behoud van deze soort gewenst om mogelijkheden te bestuderen om de soort elders te herintroduceren en daarmee de populatie weer op peil te brengen.

In een rivier die voor herintroductie wordt geselecteerd moet de Atlantische steur in staat zijn zelf een reproductieve zich zelf in stand houdende populatie op te bouwen. Deze rivier moet daarom aan de volgende criteria voldoen:

- er moeten voldoende voor de Atlantische steur bereikbare, geschikte eiafzetplaatsen zijn
- de larven en jonge vissen moeten over geschikte schuilplaatsen en foerageermogelijkheden beschikken
- het benedenstroomse deel van de rivier en het estuarium moeten geschikt zijn voor de jonge vissen om er de eerste 2 tot 3 jaar op te kunnen groeien alvorens ze naar zee gaan
- ten slotte moet de zee, waar de Atlantische steur uiteindelijk naar toe zwemt en het grootste deel van zijn verder leven doorbrengt, geschikt zijn

De Rijn was vanouds een van de belangrijkste rivieren voor de Atlantische steur om er te paaïen en op te groeien. Wanneer deze rivier weer geschikt is voor herbevolking, dan is dat een belangrijke stap op weg naar volledig herstel. Vanuit de Rijn kan de Atlantische steur dan in een later stadium, wanneer de populatie weer groot genoeg is, ook andere rivieren, die in de Noordzee uitmonden, op eigen kracht bevolken.

2.2 Geraadpleegde bronnen

Omdat de Atlantische steur in Nederland en Duitsland al meer dan 50 jaar is uitgestorven is slechts weinig onderzoek gedaan aan deze vissoort. De literatuur uit deze landen die voor deze haalbaarheidsstudie is gebruikt dateert dan ook veelal uit het begin van de eeuw. Voor zover mogelijk is gebruik gemaakt van de oorspronkelijke bronnen. In Duitsland is recent onderzoek ge-

daan door R. Kinzelbach aan het historisch voorkomen van de Atlantische steur in de Rijn. Kinzelbach is ook betrokken bij de 'Gesellschaft zur Rettung des Störes', waar voor deze studie contacten mee zijn gelegd. In 1996 zijn door het Landesanstalt für Ökologie uit Nordrhein-Westfalen de mogelijkheden voor de Atlantische steur in de Rijn onderzocht. Voor andere recente informatie is vooral gebruik gemaakt van de publicaties over de Zalm, waar in Nederland door RIZA, RIVM, OVB en RIVO in het kader van het project 'Ecologisch Herstel Rijn' sinds ongeveer 10 jaar intensief aan wordt gewerkt in de Rijn en haar zijrivieren.

De populatie in de Gironde wordt door Franse onderzoekers van het instituut CEMAGREF sinds bijna 20 jaar gevolgd. Grote moeite wordt door hen gedaan om deze populatie voor uitsterven te behoeden. Een uitgebreid studieprogramma heeft veel nieuwe gegevens opgeleverd over de leefwijze van de Atlantische steur, de kweekmethoden van jonge dieren en de wijze waarop de steur de zee, het estuarium en de rivieren gebruikt. Een groot deel van hun rapporten is geraadpleegd en voor deze studie gebruikt. Ook is een bezoek gebracht aan het instituut en zijn gesprekken gevoerd met de Franse onderzoekers.

Veel kennis over het verzamelen van steurenbroed en het opkweken van larven en jonge vissen is aanwezig bij Russische bedrijven die Kaspische steursoorten kweken ten behoeve van de kaviaarproductie. In 1993 is een bezoek gebracht aan de Alexandrovsky steurkwekerij langs de Wolga in Trudfront in de provincie Astrachan. Hiervan is verslag gedaan in Overmars, 1995.

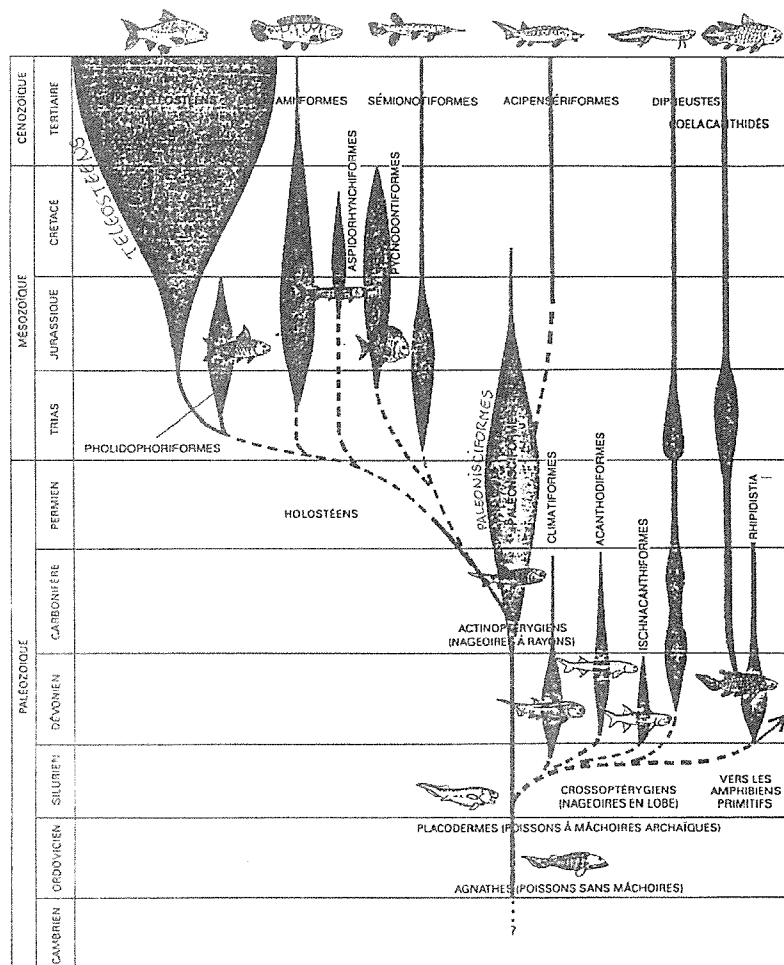
Om foto- en filmmateriaal te verzamelen is een bezoek gebracht aan het aquarium van Helgoland waar twee Atlantische steuren in gevangenschap worden gehouden.

3. De Atlantische steur: *Acipenser sturio*

3.1 Systematiek

De steuren zijn een van de oudste nu nog op aarde levende visfamilies. Fossiele vondsten zijn bekend vanuit de vroege Trias-periode, ca 220 miljoen jaar geleden. In die tijd splittoosten de steuren zich af van de Paleonisciformes (de groep waarvan zich tijdens het Carboon ook de teleosteen afsplitsten) die toen net over het hoogtepunt van hun bloeitijd heen waren en uiteindelijk tijdens het Krijt, vele miljoenen jaren later, uitstierven (Trouvery et al. 1984).

Figuur 1.
Figuur van de
afstamming van de steur



De steur is de enige overgebleven vertegenwoordiger van deze groep. De steuren werden lange tijd als evolutionair primitieve vissen gezien. In werkelijkheid is de steur een eindfase van een lange evolutionaire ontwikkeling uit een groep die zijn bloeitijd kende in het Perm en vroege Trias-tijdperk (zie figuur 1).

Positie van *Acipenser sturio* in de systematiek:

Klasse der Osteichthyes (Beenvissen)

Onderklasse der Actinopterygii

Super-orde der Chondrostei

Orde der Acipenseriformes

Familie der Acipenseridae

De Atlantische steur, *Acipenser sturio* (Linnaeus, 1758), is de enige in West-Europa voorkomende vertegenwoordiger van de familie der Acipenseridae. Deze familie omvat 24 soorten verdeeld over vier genera. Het genus *Acipenser* is het meest vertegenwoordigd met 17 soorten. Drie soorten worden onderscheiden in het genus *Pseudoscaphirhynchus* en twee soorten binnen de genera *Scaphirhynchus* en *Huso* (Rochard et al. 1991).

Genus *Acipenser*:

<i>Acipenser baeri</i>	<i>Acipenser nudiventris</i>
<i>Acipenser brevirostum</i>	<i>Acipenser oxyrhynchus</i>
<i>Acipenser dabryanus</i>	<i>Acipenser ruthenus</i>
<i>Acipenser fulvescens</i>	<i>Acipenser sinensis</i>
<i>Acipenser gueldenstaedti</i>	<i>Acipenser schrenki</i>
<i>Acipenser kikuchii</i>	<i>Acipenser stellatus</i>
<i>Acipenser medirostris</i>	<i>Acipenser sturio</i>
<i>Acipenser multiscutatus</i>	<i>Acipenser transmontanus</i>
<i>Acipenser naccarii</i>	

Genus *Pseudoscaphirhynchus*:

Pseudoscaphirhynchus kaufmanni
Pseudoscaphirhynchus hermanni
Pseudoscaphirhynchus fedtschenkoi

Genus *Huso*:

Huso huso
Huso dauricus

Genus *Scaphirhynchus*:

Scaphirhynchus albus
Scaphirhynchus platyrhynchus

3.1.1 Synoniemen

In de loop der tijd zijn er een aantal synoniemen geweest voor de Atlantische steur (Holcyk et al. 1989):

Acipenser sturio Linnaeus, 1758

Acipenser Lichtensteinni Bloch and Schneider, 1801

Acipenser latirostris Parnell, 1831

Acipenser hospitus Krøyer 1846

Acipenser Thompsonii Ball (in Thompson 1856)

Acipenser (Antaceus) Yarrellii Duméril 1867

3.2 Beschrijving Atlantische steur, *Acipenser sturio*

De Atlantische steur heeft een langgerekt laag lijf. De maximum diepte is 10,0 -13,5 % van de totale lengte. De snuit is toegespitst en loopt licht omhoog. De lengte van de snuit bedraagt 52,6 tot 65,8 % van de totale koplengte. Het oog is klein, licht ovaal met een bronsgele iris en een zwarte pupil met een groene tint. Voor de onderstandige bek, die geen tanden bevat zitten vier tastdraden. Bij adulten ligt de aanhechting van de tastdraden dicht bij de mond dan bij de top van de snuit. De onderlip is duidelijk ingesneden (Holcyk et al. 1989).

De kleur van de adulten varieert van grijs-groen en grijs-bruin tot blauw-zwart op de rug en hoofd. Zeer grote exemplaren hebben een goud-groene rug. De flanken zijn lichter met donker wazige 'bloches' met een variabele intensiteit (Roule 1925). De buik is zilver-wit, wit of geelachtig. De pectorale vin is gelig, de andere vinnen zijn grijsachtig. Het aantal ongedeelde vinstralen in de dorsale vin loopt uiteen van 30 - 50, bij de anaalvin is dat van 22 - 33. De eerste vin straal van de pectorale vin is geevolueerd tot een sterke steek.

De rug, flank en buik zijn bedekt met rijen beenplaten die door de huid heen komen. Het aantal beenplaten op de rug varieert van 9 - 16, op de flank van 24 -40 en op de buik 8 - 14 (Holcyk et al. 1989, Rochard et al. 1991). De beenplaten zijn groot en stevig en vuilwit tot helder wit. Ze zijn twee keer zo groot als de beenplaten van een *A. gueldenstaedti* van dezelfde grootte (Marti 1939).

3.2.1 Herkenning Atlantische steur

Aan de hand van door Mohr (1962), Holcyk et al. (1989) en Rochard et al. (1991) bewerkte literatuur is een tabel opgesteld waarmee *A. sturio* op externe kenmerken kan worden onderscheiden van een aantal andere in Europa voorkomende soorten. Deze soorten worden ook in aquaria gehouden en soms gevangen in de Nederlandse wateren. In tabel 1 zijn de belangrijkste kenmerken, op grond waarvan *A. sturio* duidelijk kan worden onderscheiden van de andere soorten, bij die soorten vetgedrukt.

Tabel 1. Kenmerken voor herkenning van *Acipenser sturio*

De kenmerken waarop *A. sturio* zich van de andere soorten onderscheid zijn bij die soorten **vetgedrukt**

	<i>A. sturio</i>	<i>A. ruthenus</i>	<i>A. baeri</i>	<i>A. gueldenstaedti</i>	<i>A. stellatus</i>
KLEUR					
rug	grijsgroen/ grijsbruin zwart/bruin blauwzwart	donkergrijs/ bruin	lichtgrijs/ donkerbruin	goudbruin zwart	variabel
buik	zilverwit/ wit/gelig	geelwit	wit tot geel	geelwit	licht
MAX. LENGTE (CM)					
	350 (600 ?)	100	200	215--236	218
SNUIT					
vorm	spits, licht	smal	—	kort stomp	zwaard- vormig
	omhoog gebogen	spits		iets rond	
% snuit van totale hoofdlength ¹	52,6--65,8	27,8--63,5	33,1--61,0	23,5--34,2	59,0--65,0
TASTDRADEN					
met franjes	nee	ja	meestal niet	nee	nee
KIEUWBOOG					
aantal tanden	15--29	11--27	15--31	15--31	24--29
AANTAL ONVERTAKTE VINSTRALLEN					
dorsale vin	30--50	32--49	30--56	27--51	40--54
anale vin	22--33	16--34	17--33	18--33	22--35
AANTAL BEENPLATEN					
dorsaal	6--16	11--18	10--20	8--18	9--16
lateraal	24--40	56--71	32--62	24--50	26--43
ventraal	8--14	10--20	7--16	6--13	9--14
hybriden	<i>A. gueldenst.</i> <i>A. ruthenus</i>	<i>H. huso</i> <i>A. gueldenst.</i> <i>A. baeri</i> <i>A. stellatus</i>	<i>A. ruthenus</i>	<i>A. ruthenus</i> <i>H. huso</i> <i>A. stellatus</i> <i>A. nudi- ventris</i>	<i>A. gueldenst.</i> <i>H. huso</i> <i>A. ruthenus</i> <i>A. nudi- ventris</i>

1: lichaamslengte = afstand tussen de top van de snuit en het verstgelegen uiteinde van de staart vin

hoofdlength = de afstand tussen de top van de snuit en de achterrand van de kieuwplaat

snuitlength = de afstand tussen de top van de snuit en de dichtst bij de snuit gelegen oogrand

3.2.2 Hybriden

De Atlantische steur hybridiseert met de Russische steur (*Acipenser gueldenstaedti*) (Holcyk et al. 1989) en de Sterlet (*Acipenser ruthenus*) (Maitland 1980). De hybride met de Russische steur heeft een langere en meer puntige snuit dan de Russische steur, de grootte van de dorsale en laterale beenplaten is intermediair tussen die van de ouders (Banarescu 1964).

3.2.3 Albinisme

Albinisme komt voor, maar is uiterst zeldzaam. In Bohemen is in de Elbe ooit een albino exemplaar van de Atlantische steur gevangen (Flasarová & Flasar 1976).

3.3 Karakteristieken

3.3.1 Lengte, gewicht en leeftijd

Grootte van de Atlantische steur

De lengte die steuren bereiken is per riviersysteem verschillend. De grootste Atlantische steur die ooit is aangetroffen was 6 meter lang. De meeste steuren halen deze lengte echter niet. Het is de vraag in hoeverre de lengte van 6 meter betrouwbaar is. Alle recent opgemeten dieren en gecontroleerde vangsten uit het verleden leveren steeds maten op onder de 3,5 meter. CEMAGREF (1995) geeft als maximale maat voor de Atlantische steur 3,5 m en als gemiddelde maat voor de geslachtsrijpe dieren 145 tot 220 cm. Duncker (1935) schrijft over een exemplaar van 3,35 m en 240 kg dat zich in een Hamburgs museum bevindt. Verwey (archief Vereniging Aquatische Ecologie te Wageningen) vermeldt dat ook in ons land dergelijke exemplaren werden gevangen: “zo vingen Noord- en Zuidwal langs de Nieuwe Merwede soms Atlantische steuren van 2 - 3 m die dan in de gewichtsklasse van 150 - 250 kg vielen”. Duncker maakt ook melding van een exemplaar van 415,5 kg dat in 1883 in de Elbe werd gevangen, de lengte van dit exemplaar is niet bekend. De grootste lengtes zouden alleen door de vrouwtjes kunnen worden bereikt; de maximale maat voor mannetjes is 2 meter (Mohr, 1952). Wellicht is in het verleden verwarring opgetreden met de grootste steursoort de Beluga (*Huso huso*), die wel 6 meter kan worden.

In de Guadalquivir (Spanje) werden de mannetjes gemiddeld 148,9 cm (94-220), de vrouwtjes 188,8 cm (105-250) (Classen 1944). In de Gironde zijn de mannetjes maximaal 200 cm en de vrouwtjes 255 cm (Magnin 1962). Mannetjes Atlantische steuren uit de Zwarte zee worden gemiddeld 124,1 cm en de vrouwtjes 174,9 cm (Ninua 1976). In de Rioni rivier waren de mannetjes gemiddeld 137 cm en de vrouwtjes 182 cm (Marti 1939). De mannetjes Atlantische steuren in de Rijn werden maximaal zo'n 200-220 cm lang, de vrouwtjes 260-280 cm (Kinzelbach 1987).

Gewicht

Magnin (1962) stelde aan de Gironde vast dat terwijl de lengte op hogere leeftijd minder snel toeneemt, het gewicht wel blijft toenemen. De zwaarste dieren die in die tijd werden gevangen wogen ca. 90 kg en waren 40 jaar oud. Extrapolatie leverde op dat dieren die de maximale leeftijd van 100 jaar zou-

den bereiken 300 kg zouden moeten wegen, bij een lengte van 350 cm. Zo grote dieren zijn uit de Gironde echter niet met zekerheid bekend.

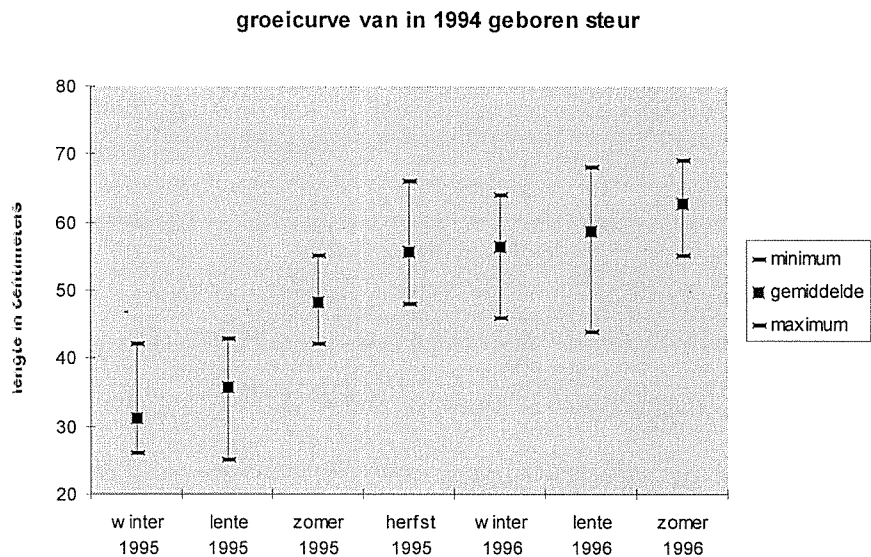
Ouderdom

De vrouwtjes van de Atlantische steur worden ouder dan de mannetjes (Holcyk et al. 1989). Verder is de leeftijd die Atlantische steuren bereiken per gebied verschillend. De oudste Atlantische steur gevangen in het Ladogameer was 360 cm lang en 48 jaar oud (Lebedev 1960). Het oudste vrouwtje gevangen in de Gironde was 42 jaar en 255 cm lang. Het oudste mannetje was daar 25 jaar (Trouvery et al. 1984).

Groei

Jonge Atlantische steuren groeien zeer snel. In de Elbe haalden jonge dieren aan het einde van de zomer een gemiddelde lengte van 15 cm (11-21) (Mohr 1952). In april van het volgende jaar waren ze gemiddeld al 28 cm (26-30). Rochard (1997) heeft door het volgen van een cohort jonge dieren in de Gironde gedurende 2 jaar nauwkeurig de groei kunnen vaststellen (zie figuur 2).

Figuur 2.
Grafiek van de groei van
jonge Atlantische steur in
de eerste 2 jaar na de geboorte
(Rochard, 1997)

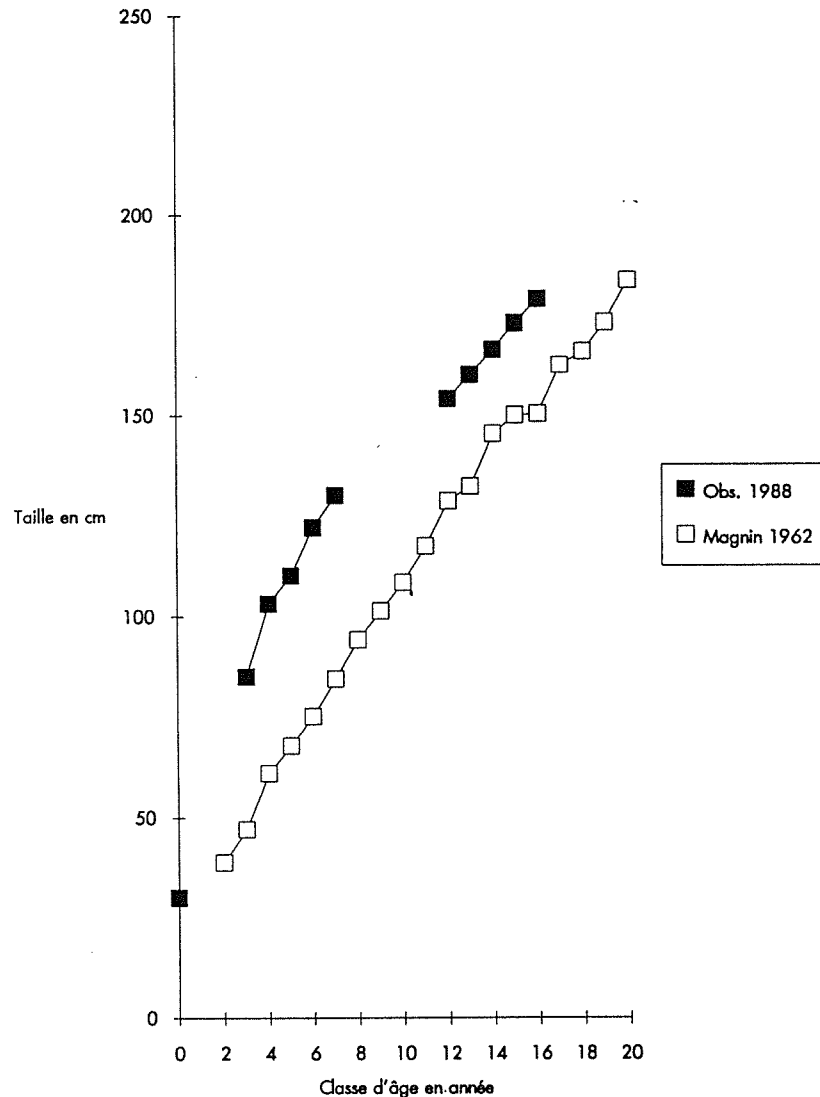


Het gewicht was na 2 jaar gemiddeld 1107 gram en liep uiteen van 710 tot 1600 gram. Duidelijk is te zien dat de groei in het voorjaar en de zomer het grootst is.

Magnin (1962) onderzocht aan de hand van de Franse populatie de relatie tussen leeftijd - lengte - gewicht. Hieruit bleek dat de groei van vrouwelijke en mannelijke Atlantische steuren even snel verloopt. Hij stelde ook een groei-curve lijn op (zie figuur 3). Recent onderzoek aan de Gironde populatie waarbij jonge dieren zijn gemerkt en op latere leeftijd zijn teruggevangen, heeft het mogelijk gemaakt een nauwgezette groeicurve samen te stellen (Lepage,

1989). Het blijkt dat de groei sneller gaat dan Magnin eerder vaststelde (zie figuur 3). Na bewerking van gegevens uit de Zwarte zee werd duidelijk dat de Atlantische steur daar sneller groeit dan in het Gironde gebied.

Figuur 3.
Groei-curve lijn van
de Atlantische steur
zoals vastgesteld
door Magnin
in 1962 en
door Lepage in 1989.



3.3.2 Geslachtsrijpheid

Het geslachtsrijp worden bij de Atlantische steur is afhankelijk van de groei-snelheid die weer afhankelijk is van interne en externe factoren als temperatuur en beschikbaarheid van voedsel enz. (Trouvery et al. 1984). Dit veroorzaakt ook de geografische verschillen. Bij *Acipenser baeri* blijken de dieren in gevangenschap eerder geslachtsrijp te zijn: na 7 jaar en in de natuur na 11-12 jaar. Dit als gevolg van ideale voedselomstandigheden. (Sokolov, 1977). Atlantische steuren uit zuidelijke populaties zijn eerder geslachtsrijp dan die uit noordelijke populaties.

In de Gironde-populatie stelde Magnin (1962) vast dat de meerderheid van de mannetjes bij een lengte van 1,45 m. (14 tot 15 jaar) geslachtsrijp is en de vrouwtjes pas bij 1,65 m (20 tot 22 jaar). Lepage (1989) concludeert aan de hand van de snellere groeicurve (figuur 3) en aan terugvangsten van geslachtsrijpe dieren die als juveniel waren gemerkt dat de mannetjes vanaf 8 tot 10 jaar en de vrouwtjes vanaf 14 tot 16 jaar geslachtsrijp zijn. De vrouwtjes zijn dan ongeveer 1,60 m lang. Ninua (1976) geeft voor de Rioni-populatie leeftijden van 8 jaar voor de mannetjes en 11 jaar voor de vrouwtjes. Atlantische steuren in deze zuidelijke populatie worden dus op jongere leeftijd geslachtsrijp.

In de Elbe waren de mannetjes geslachtsrijp bij een lengte van 1.20 m. Er van uitgaande dat de Duitse en Franse populatie geografisch niet sterk van elkaar afwijken zouden deze ongeveer 8 jaar moeten zijn. De vrouwtjes werden geslachtsrijp bij een lengte vanaf 1,50 m (12 jaar oud) en gemiddeld 1.60-1.70 m (14 tot 16 jaar) (Mohr 1952). Deze lengtes zijn vrijwel hetzelfde als Lepage (1989) mat in de Gironde.

Een paairijpe vrouwelijke Atlantische steur draagt 500.000 tot 2.500.000 eieren in zich.

De meeste auteurs zijn van mening dat de mannetjes ieder jaar naar de paai-gronden trekken tot zij niet meer in staat zijn tot voortplanting. De vrouwtjes daarentegen ondernemen de tocht slechts eens per twee á drie jaar (Rodriguez 1962, Bauch 1966, Trouvery et al. 1984, Holcyk et al. 1989), of eens per 3 tot 5 jaar (Rochard, 1991). Mannetjes zouden tot hun 25e levensjaar mee doen aan de voortplanting, vrouwtjes tot 40 jaar (Trouvery et al. 1984). Gezien de leeftijd die de vrouwtjes kunnen bereiken zou dit betekenen dat ze zich hun hele leven voortplanten.

In de Rionirivier (Georgië) waren de mannetjes die mee deden aan de voortplanting afkomstig uit de leeftijdsklassen 8 - 12 jaar en 110 - 140 cm lang. De vrouwtjes waren tussen de 11 en 20 jaar oud en 170 tot 200 cm lang. De sexratio was 1,3 : 1, er waren meer vrouwtjes dan mannetjes (Ninua 1976).

In de Guadalquivir rivier (Spanje) waren de Atlantische steuren die gingen paaien overwegend ouder. De mannetjes waren tussen 9 en 18 jaar, de vrouwtjes tussen de 13 en 25 jaar. De sexratio was 3:1, wat betekent dat er veel meer vrouwtjes dan mannetjes gingen paaien. In de Po lag de sexratio op 1:1 (Holcyk et al. 1989).

In hoeverre de sexratio's ook de werkelijke verhouding weergeven is de vraag. De gegevens zijn veelal gebaseerd op vangsten. Verschillende auteurs (Classen 1944, Spillman 1961) wijzen er op dat mannetjes eerder starten met de migratie dan de vrouwtjes of dat een vrouwtje met meerdere mannetjes trekt (Kinzelbach 1987).

3.4 Geografische verspreiding van het Genus *Acipenser*

Alle vertegenwoordigers van de steur komen voor op het noordelijk halfrond. Belangrijke verspreidingsgebieden, waar vaak meerdere soorten voorkomen zijn: de Pacifische kust van Azië (China en Japan), de west- en oostkust van

de Verenigde Staten, de Zwarte Zee en de Kaspische Zee. Langs de Atlantische kusten van Europa komt slechts een soort voor, de Atlantische steur. Vanwege de kaviaarproductie behoren de steuren tot de, voor de visserij, meest belangrijke soorten. Jaarlijks wordt ca 30.000 metrische ton vis aangevoerd. De vangsten in de voormalige Sovjet Unie nemen hiervan 90% voor hun rekening; voor het grootste deel uit de Kaspische Zee (ca. 25.000 metrische ton). Tot in de eerste helft van deze eeuw werd ook de Atlantische steur gevangen voor de kaviaar (m.n. in Frankrijk).

Tabel 2. Verspreiding van de steuren over de wereld. De onderstreepte soorten zijn zoetwatersteuren, zij blijven hun hele leven in zoetwater; de andere zijn anadrome trekvisen (Trouvery, 1984).

	Zwarte Zee	Kaspische Zee	Aralmeer	Middell. Zee	Atlant. & Baltische kusten	Siberië	Noord Amerika oostkust	Noord Amerika Westkust	Pacifische kust van Azië
<i>A. baeri</i>	.	.	.	.	.	X	.	.	.
<i>A. brevirostris</i>	.	.	.	.	.	.	X	.	.
<i>A. dabryanus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	X
<i>A. fulvescens</i>	.	.	.	.	.	.	X	.	.
<i>A. guldenstaedti</i>	X	X	.	.	.	.	.	.	.
<i>A. kikuchii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	X
<i>A. medirostris</i>	.	.	.	.	.	.	.	X	X
<i>A. multisulcatus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	X
<i>A. nudiventris</i>	X	X	X	.	.	.	.	.	.
<i>A. nacarii</i>	.	.	.	X	.	.	.	.	.
<i>A. oxyrhynchus</i>	.	.	.	.	.	.	X	.	.
<i>A. ruthenus</i>	X	X	.	.	.	X	.	.	.
<i>A. sinensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	X
<i>A. shrenki</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	X
<i>A. stellatus</i>	X	X	.	.	.	.	.	.	.
<i>A. sturio</i>	X	.	.	X	X	.	.	.	.
<i>A. transmontanus</i>	.	.	.	.	.	.	X	.	.

3.5 Kaviaar

Dat de steur in Nederland bijna 50 jaar na het uitsterven nog steeds een grote bekendheid geniet is onder andere te danken aan de kaviaar die de dieren produceren. Kaviaar bestaat uit de onbevuchte eieren van de vrouwelijke dieren, de oöcyten. Deze eieren moeten direct na het vangen uit het dier worden gehaald; dit kan alleen door het dier te doden en open te snijden. De kwaliteit van de kaviaar is afhankelijk van de mate waarin de eieren al in de vrouwtjessteur zijn gerijpt. Dit bepaalt namelijk de hoeveelheid vet en daarmee de stevigheid. Na het wassen van de eieren wordt de kwaliteit beoordeeld op grond van de kleur, grootte en stevigheid. Een behandeling met zout en een kleine hoeveelheid borax gedurende enkele minuten is soms nodig om de kaviaar wat steviger te maken. Vanaf het moment dat de kaviaar is verkregen totdat ze bij de consument komt moet ze bewaard worden bij een temperatuur lager dan 4 graden.

Jaarlijks wordt ca 350.000 kg kaviaar geproduceerd. Hiervan is ca 90% afkomstig van de steuren die in de Kaspische Zee leven (Meulenaer, 1996).

Drie van de 6 soorten steur uit de Kaspische Zee zijn geschikt voor de kaviarproductie: de Beluga met een licht tot donkergrijze kaviar, de Russische Steur (Osietra) met een zwartachtige tot bruinige kaviar en de Spitssnuitsteur (Sevruga) met een zwarte kaviar. Het is een mythe dat de kleur afhankelijk is van de leeftijd van de steur, meer waarschijnlijk is het dieet van de soorten de bepalende factor (Meulenaar, 1996). Evenals de kleur van de kaviar is ook de grootte van de eieren geen kenmerk om de diverse soorten te onderscheiden.

Waarschijnlijk genoten de eerste vissers die steur konden bemachtigen in een ver verleden al van de eieren van deze vis. Zeker is dat de Perzen en Romeinen het aten en de Grieken beschreven het als “mooie zwarte pareltjes”. In de Middeleeuwen is de steur onder andere vanwege de eieren een vis die aan de landheren was voorbehouden. De kennis om de eieren te verwerken tot kaviar is vermoedelijk uit China afkomstig, die hiervoor in de 10e eeuw al recepten hadden.

Vanaf de 17e en 18e eeuw komt kaviar in Europa meer in de mode als luxe gerecht. In het tweede deel van de 19e eeuw ontwikkelden de USA en Canada als eersten een grootschalige kaviarhandel naar Europa. De overbevissing die dit tot gevolg had leidde er toe dat na 1910 de meeste Amerikaanse steursoorten vrijwel waren uitgestorven.

In Nederland is de productie van kaviar nooit van de grond gekomen in tegenstelling tot Duitsland waar aan het einde van de 19e eeuw veel kaviar werd geproduceerd. Duitsland is sindsdien altijd een groot afnemer geweest van kaviar en ook nu nog is het de belangrijkste afnemer van Russische kaviar. Waarschijnlijk is de belangrijkste reden dat de Atlantische steurpopulatie in de Elbe is uitgestorven de overbevissing vanwege de kaviarproductie. In Frankrijk startte men pas in 1920 langs de Gironde met de productie van kaviar. Ook hier leidde dit binnen enkele decennia tot een sterke afname van de populatie. Vanaf het begin van de 20e eeuw is de Sovjet Unie de belangrijkste producent van kaviar. Vanaf 1953 ontwikkelde ook Iran zich als een belangrijke exporteur nadat eerst overeenkomsten met de Sovjet Unie waren gesloten over de visrechten in de Kaspische Zee. Om afname van de populatie te voorkomen zijn er allerlei reguleringen en heeft men methoden ontwikkeld om de steur in visvijvers op te kweken. Na het uiteenvallen van de Sovjet Unie grenzen ineens 3 nieuwe landen aan de Kaspische zee (Azerbaidzjan, Kazachstan en Turkmenistan) en het kaviar-kartel is daardoor uiteengevallen. Door het wegvallen van de regelgeving en grootschalige illegale visserij worden de drie steursoorten waar de kaviar van afkomstig is nu in hun voortbestaan bedreigd.

4. Habitat en levenscyclus

4.1 De Atlantische steur als trekvis

De Atlantische steur is een anadrome trekvis en wisselt het verblijf op zee en op de rivier met elkaar af. Er zijn drie verschillende trekbewegingen te onderscheiden:

- de volwassen dieren trekken vanaf zee de rivier op om er te paaien en keren vervolgens weer terug naar zee
- de onvolwassen dieren trekken ook jaarlijks vanuit zee het estuarium in en verblijven daar gedurende enkele maanden; de zgn. St. Janstrek
- de juveniele vissen laten zich vanaf de paaigronden afzakken naar het estuarium en trekken na een verblijf aldaar van ca. twee jaar naar zee

Omdat maar zelden bij oude vangstgegevens is vermeld welke afmetingen de dieren hadden, is van deze waarnemingen niet met zekerheid te zeggen of het om volwassen of onvolwassen dieren ging. Wanneer steur voor de kaviaarindustrie werd gevangen is het duidelijk dat het om volwassen vrouwelijke dieren gaat, maar waar de vis ook voor het vlees werd gevangen maakte het weinig uit of het dier volwassen was of niet. Dat beide werden gevangen blijkt wel uit een oud overzicht van de Nassause Domeinraad, waarin de vangsten van het jaar 1563 zijn vermeld van de vissers van Geertruidenberg, Drimmelen en Sliedrecht. Bij de gegevens die betrekking hebben op de maanden maart, april en mei van dat jaar wordt zowel melding gemaakt van gevangen “steur” als van “steurkens” (Martens, 1992).

4.2 Verblijf in zee van volwassen en onvolwassen Atlantische steur

De volwassen en onvolwassen Atlantische steur verblijft het grootste deel van het jaar in zee. De dieren leven daar over het algemeen vrij dicht bij de Europese kust op het continentaal plat dat zich uitstrekt van de Middellandse zee tot aan de arctische zone (Trouvery et al. 1984).

4.2.1 Wijze van onderzoek aan op zee levende Atlantische steur

De enige gegevens die door het Franse onderzoeksprogramma over de Atlantische steur op zee worden verkregen zijn van vissers die de dieren vangen als bijvangst. De waarnemingen zouden daarom een scheef beeld kunnen op-

leveren, omdat de vissers uitsluitend het voor hen geschikte deel van de zee bevissen en dat hoeft niet het voor de Atlantische steur meest geschikte deel te zijn. Daarbij is de vangstmethode toegespitst op het vangen van andere soorten vis dan de Atlantische steur. Het is dus mogelijk dat zelfs in het door de vissers bezochte gebied een meer of minder groot deel van de Atlantische steur niet wordt getraceerd. Ondanks dat een vrij goede samenwerking is opgezet met de vissers sluit men niet uit dat slechts een klein deel van de vangsten wordt gemeld.

Een groot deel (70%) van de op zee gevangen Atlantische steuren draagt een merkje. Sinds 1981 hebben medewerkers van het Franse onderzoeksinstituut CEMAGREF meer dan 2500 Atlantische steuren gemerkt. Van de op de Noordzee en in de Ierse Zee gevangen dieren was een vergelijkbaar percentage gemerkt.

De op zee gevangen Atlantische steuren zijn in de meeste gevallen bijvangsten van vissers die op bodemdieren vissen. In 66% van de gevallen gaat het om tong-, bot- en rogvisserij en in 15% van de gevallen om vissers die op kreeftachtigen vissen. Slechts in 18% van de gevallen gaat het om vissers op pelagische soorten (makreel). De vangsten zijn gelijkelijk verdeeld over de verschillende typen netten waarmee wordt gevangen: filets maillants (34%), filets tramails (30%) en sleepnetten (35%) (Rochard, 1996). Hoewel het gegeven niet significant is, zijn er bij de vangsten met filets meer gewonde dieren dan met sleepnetten. Van de op zee gevangen Atlantische steuren is 57 % dood en 8% gewond (Rochard, 1996). Van de 57% die dood is, is naar schatting de helft in de netten gedood en de andere helft gestorven, omdat de vis wordt meegenomen of opgegeten.

4.2.2 Waterdiepte en afstand tot de kust van het voorkomen

Letaconnoux (1961) stelde voor de populatie van de Gironde een verspreidingskaart op aan de hand van vangstgegevens die hij verzamelde onder de vissers van La Rochelle (zie figuur 4). Hij concludeerde hieruit dat de Atlantische steur niet ver van de monding van de Gironde in zee verbleef. Uit later onderzoek zou blijken dat de Atlantische steur veel verder trok en dat de kaart vooral een beeld geeft van de verspreiding van de vissers (Rochard, 1997).

De oude en grote dieren gaan uiteindelijk naar dieper water: 20 tot 50 m en voor Marokko zijn dieren op 110 tot 130 m gevangen (deze waren meer dan 2 m lang). Ook Grubisic (1967) maakt melding van grote exemplaren die tussen 100 en 200 m diep in de Adriatische zee werden gevangen. Ook incidentele vangsten voor de kust van IJsland (waar de Atlantische steur niet paait) wijzen er op dat ze zelfs de diepzee niet mijden.

Een onderzoek waarbij tussen 1981 en 1994 gegevens zijn verzameld van 179 op zee gevangen Atlantische steuren laat zien dat het gebied waar de in de Gironde gemerkte dieren zich over verspreiden erg groot is; 65% van de vangsten ligt meer dan 350 km van de Gironde (Rochard, 1997). In figuur 5 zijn de waarnemingen per zeegebied weergegeven. Hieruit blijkt dat de dieren

Figuur 4

Kaart van de vangstplaatsen
van de Atlantische steur
in de Golf van Biskaje.

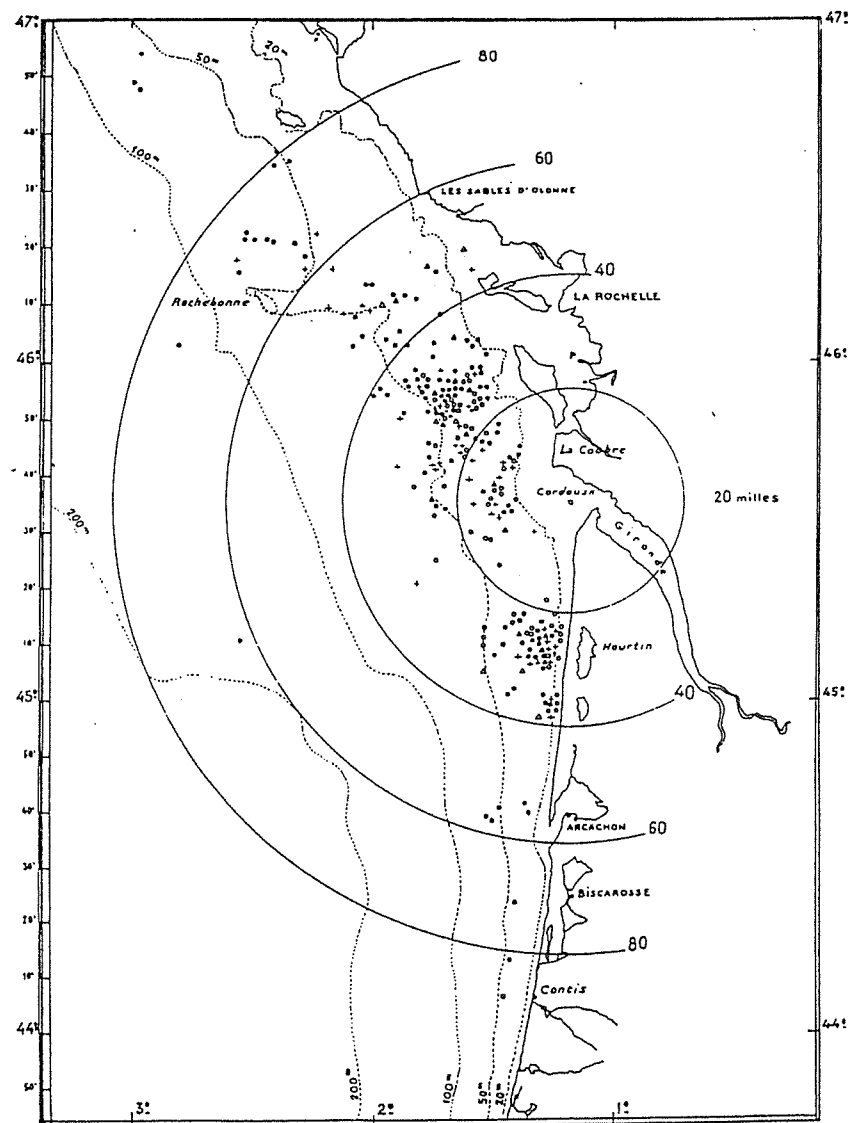
jan. - maart: *;

april - juni: +;

juli - september: Δ;

oktober - december: °.

Naar gegevens van Letaconnoux (1961).



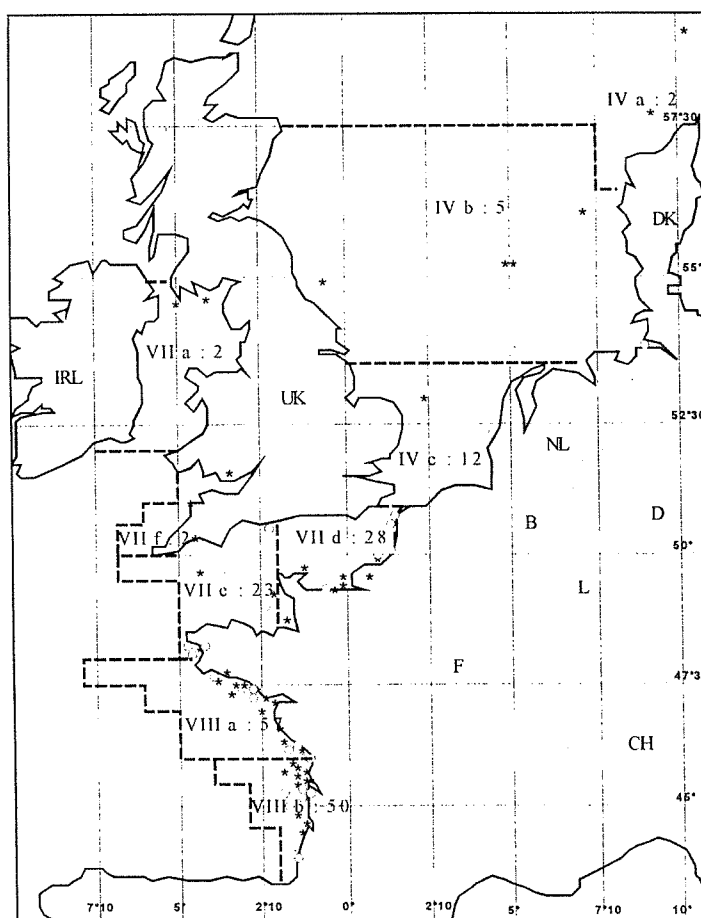
vooral in noordelijke richting uitzwerven. 40% zwemt voorbij de westpunt van Bretagne en 10% van de dieren bereikt de Noordzee.

Binnen een steekproef van 155 onvolwassen dieren van 3 tot 10 jaar oud vond Rochard (1996) geen relatie tussen ouderdom en diepte van de zee, waar ze werden gevangen. De onvolwassen Atlantische steur verspreidt zich volgens hem over de gehele ondiepe kustzone, tot op een diepte van 65 m (meeste tussen 20 en 30 m). Wel vindt men een relatie tussen de afstand vanaf de Gironde-monding en de ouderdom: hoe verder van de monding weg hoe minder jonge dieren. In de Noordzee zijn vooral dieren gevangen met een lengte van 100 tot 145 cm; d.w.z. 5 tot 8 jaar oud. Iedere zomer van april tot juli komen de onvolwassen dieren samen in de Gironde om daarna weer uit te zwerven. Naarmate de dieren ouder worden zwerven ze dus na deze samenkomst in de Gironde steeds verder uit. De Atlantische steur blijkt in staat 600 mijl in 43 dagen af te leggen (Castelnaud 1988). In de nabijheid van de Gironde hebben de op zee gevangen Atlantische steuren gemiddeld de kleinste

afmetingen (Rochard, 1997). Uit het feit dat in de ondiepe Noordzee de vangsten ook ver van de kust worden gedaan blijkt dat niet de nabijheid van de kust, maar vooral de diepte bepalend is voor de verspreiding.

Opvallend is dat slechts 2 van de 155 gevangen dieren volwassen zijn. Door de vissers worden dus vrijwel alleen onvolwassen Atlantische steuren gevangen. In het verleden was dit niet veel anders. Letaconnoux (1961) signaleert dat door de vissers van La Rochelle op zee vooral (75% van de vangsten) onvolwassen dieren van 100 tot 150 cm lang worden gevangen. Wanneer in 1950 een minimummaat voor op zee gevangen steur wordt ingesteld van 150 cm, valt de vangst op zee dan ook geheel stil.

Figuur 5
Kaart van de verdeling
van vangsten van
de Atlantische steur
in zee naar onderzoek
door Cemagref
(Rochard, 1997)
Per sector (Rom. Cijfers) is
het aantal vangsten opgegeven. De individuele vangsten waarvande vangplek bekend is, zijn op de kaart aangegeven, als "*" wanneer ze in de Gironde gemerkt zijn en anders als "o"



4.2.3 Verdeling over het jaar van de vangsten op zee

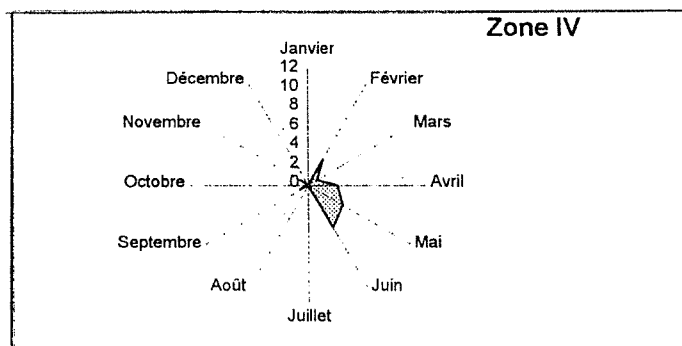
Verreweg de meeste vangsten op zee worden gedaan tussen januari en juli. Het is onduidelijk waarom er in het andere deel van het jaar minder vangsten zijn, of omdat er minder of op een andere wijze wordt gevestigd, of omdat de Atlantische steuren tussen juli en januari naar een ander, dieper, deel van de zee trekken, waar niet wordt gevestigd (Rochard, 1996).

De terugvangsten in de Noordzee ($n = 15$) zijn uitsluitend gedaan in de periode februari tot juni en in het Kanaal vooral tussen januari en juli ($n = 46$).

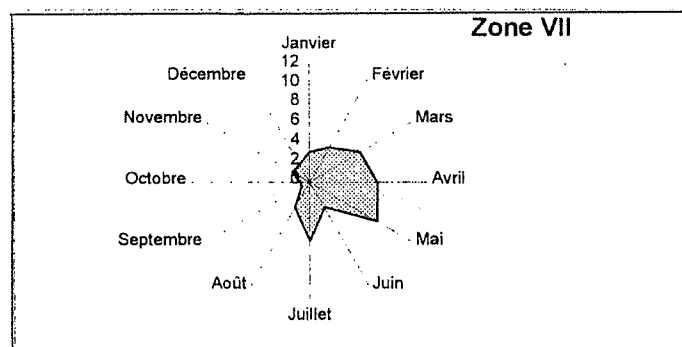
Voor de kust van Bretagne en de Loire-monding ($n = 50$) zijn twee duidelijke

Figuur 6.
Kaart met de
maandelijkse verspreiding
van de
Atlantische steur
op zee ingedeeld
naar de zones
van figuur 5.
(Rochard, 1997)

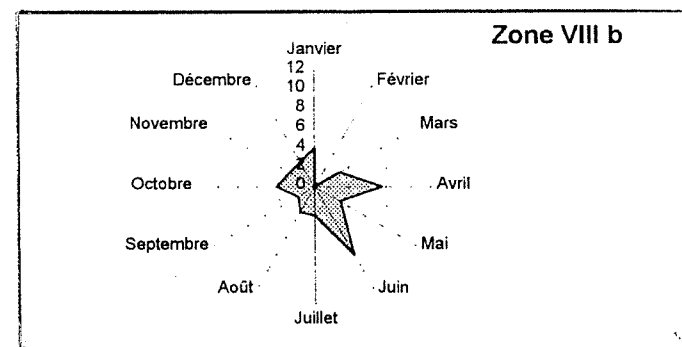
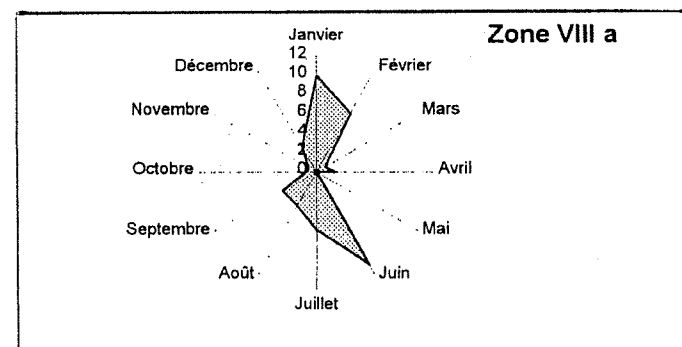
51°00' N



48°00' N

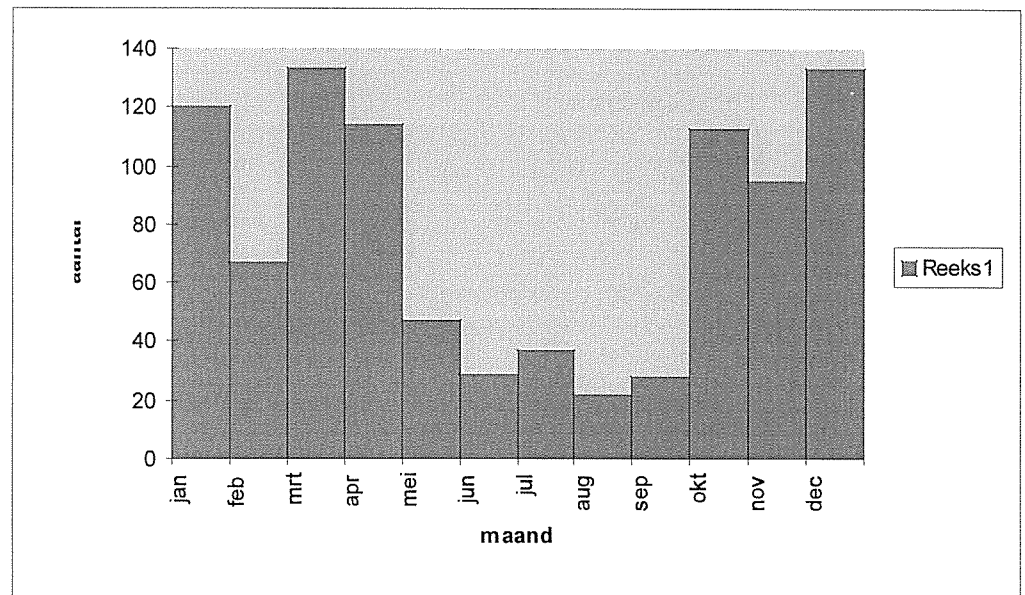


45°30' N

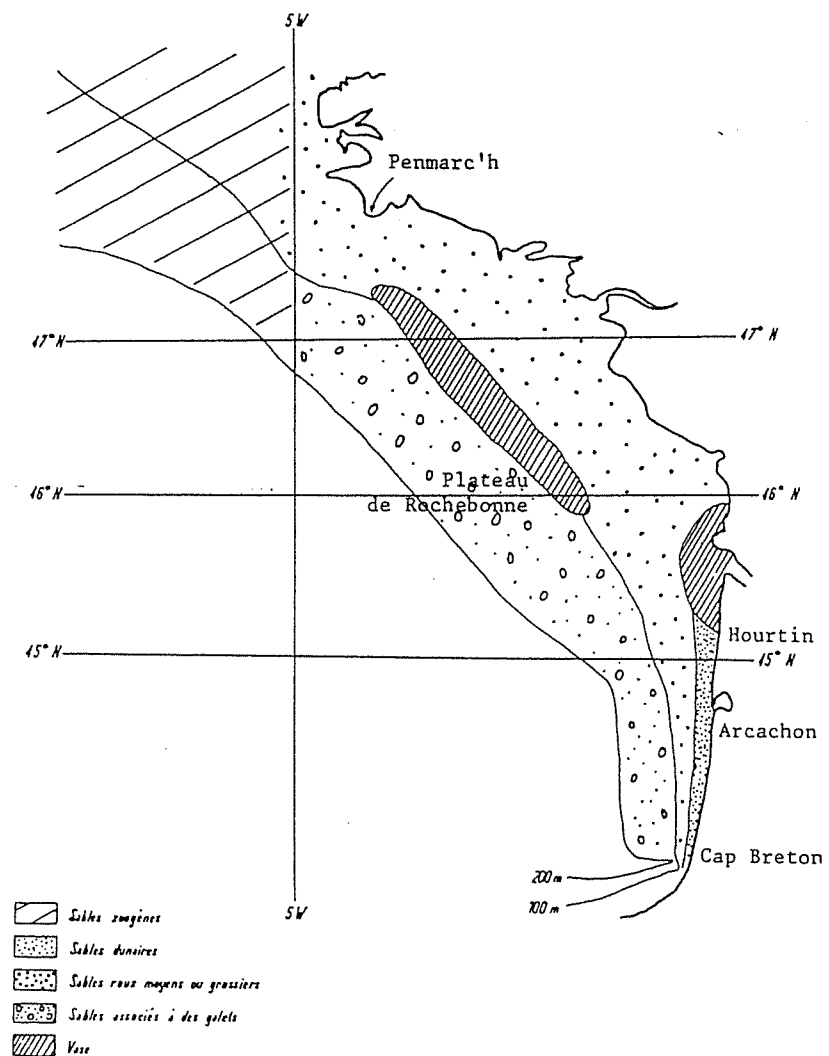


pieken, in de periode januari-februari en juni-september. Voor de monding van de Gironde worden het gehele jaar dieren gevangen ($n = 46$), met een piek tussen maart en juni (zie figuur 6). In de Duitse Bocht werden in het begin van de eeuw de meeste Atlantische steuren gevangen in de periode tussen november en februari (Mohr, 1952).

Figuur 7.
Totaalaantal steurvangsten
per maand van de jaren
1902 t/m 1915
aangeleverd op
de visafslag te IJmuiden



Figuur 8
Bodemkaart van
de Golf van Biscaye
(naar Dorel,
in Trouvery et
al. 1984)



Uit vangstgegevens van de visafslag van IJmuiden van het begin van deze eeuw blijkt dat de meeste steur werd aangeleverd tussen oktober en april. In de maanden dat de steur in de rivieren verbleef was de aanvoer duidelijk minder (zie figuur 7). Het is niet bekend waar in de Noordzee de steur werd gevangen.

4.2.4 Vangstgegevens gerangschikt naar substraatype

Figuur 4 geeft een gedetailleerd beeld van de verspreiding in de Golf van Biskaje (Letaconnaux 1961). De meeste Atlantische steuren verblijven in een zone van 20 tot 50 mijl uit de kust en dicht in de buurt van de Gironde-mondding. Koppeling van deze verspreidingsgegevens aan een bodemkaart van de Golf van Biskaje (figuur 8) laat zien dat de Atlantische steuren zich vooral ophouden in de circalittorale kustzone. De circalittorale kustzone is een van drie onder scheiden zones van het continentaal plat (Trouvery et al 1984). Het gebied is tussen de 20 en 80 meter diep. De bodem bestaat uit rood, middel-fijn tot grof zand met een grote verscheidenheid aan bentische fauna. De temperatuur op de bodem ligt tussen de 10 tot 15°C, het zoutgehalte ligt op 35 ‰ (Trouvery et al. 1984). Rochard (1996) kan op grond van 89 vangsten op zee, waarvan de exacte vangplaats van bekend is, geen voorkeur voor een bepaald substraatype aangeven. Op vaste rotsbodem na blijken de Atlantische steuren boven ieder type zeebodem voor te komen.

4.3 De jaarlijkse migratie de rivier op

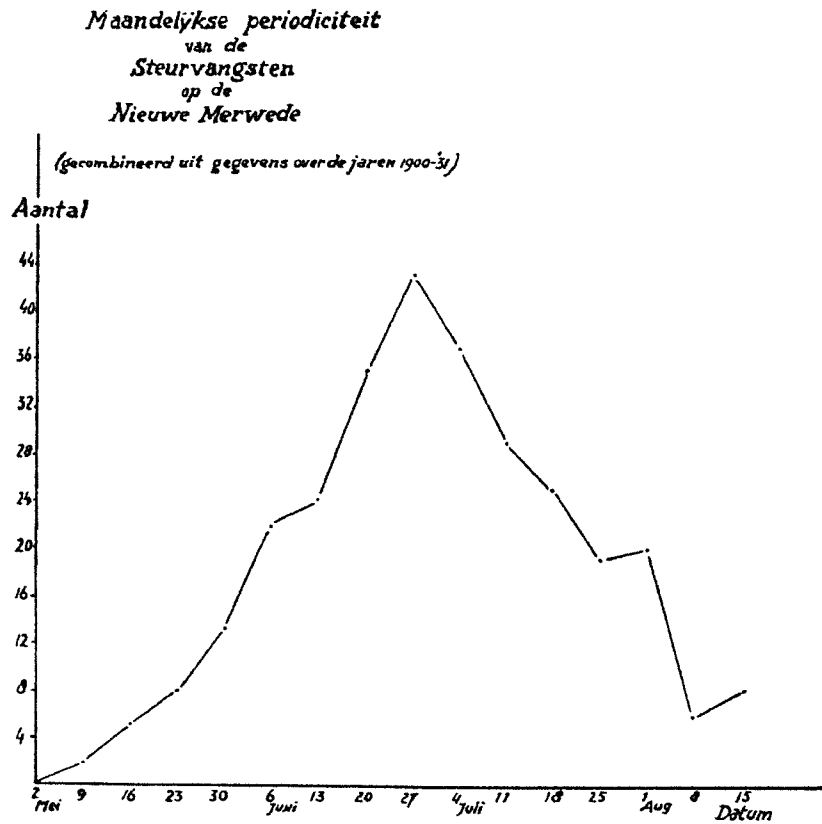
Ieder jaar trekken paairijpe Atlantische steuren de rivier op om zich voort te planten. Het tijdstip is afhankelijk van de geografische ligging. De migratie komt op gang bij een watertemperatuur van 12 - 17,5°C (Spillman 1961, Ninua 1976, Holcyk et al. 1989). Zuidelijke populaties migreerden daardoor eerder dan de noordelijke populaties (Magnin 1962, Holcyk et al. 1989).

Tabel 3. Periode waarin migratie plaatsvond in een aantal Europese rivieren.

rivier	periode
Baltische rivieren (Chalikov 1949)	juni - augustus
Elbe (Mohr 1952)	april - juni/juli
Rijn (Kinzelbach 1987, Holcyk et al. 1989)	mei - juli
Rioni rivier (Ninua 1976, Elanidze 1983)	mei
Guadalquivir (Elvira et al. 1991)	maart - april
Gironde (Castelnaud et al. 1991)	maart - mei

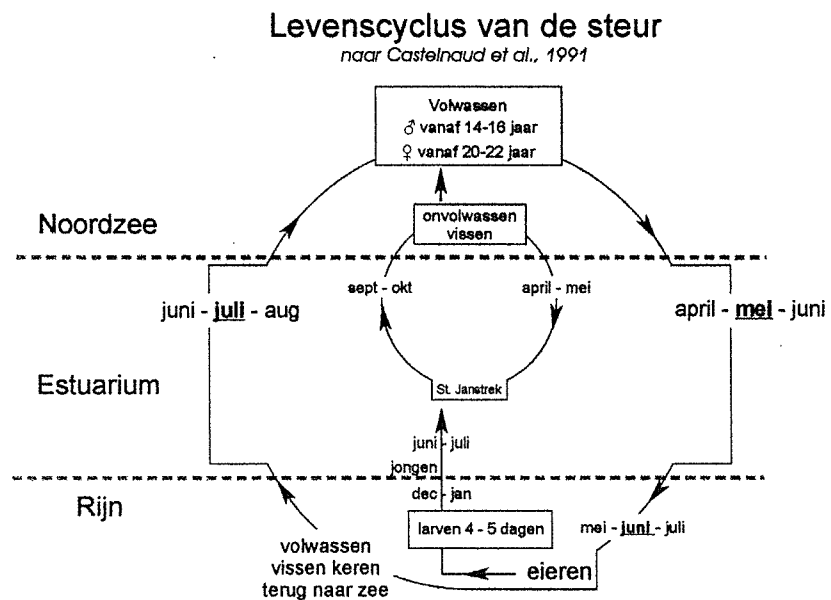
Tabel 3 laat voor een aantal rivieren de tijdstippen zien waarop in het hoogtepunt van de jaarlijkse migratie was. In Nederland trokken de eerste Atlantische steuren begin mei de rivier op. Het hoogtepunt van de migratie was eind juni (Verhey 1949). De laatste dieren werden half augustus gevangen (zie figuur 9). Uit verkoopcijfers uit de periode 1640 - 1642 (tabel 4) blijkt dat toen ook al eerder en nog later steur werd gevangen; de piek lag begin juli. Zowel door Verhey als door de koopman uit Geertruidenberg is geen onderscheid

Figuur 9.
Grafiek van het verloop
van de steurtrek op
de Nieuwe Merwede
aan de hand van
de gecombineerde vangsten
van 1900 t/m 1931
van de zegenvisserij
op de Noord- en de Zuidwal
(Verhey, 1949)



Grafiek II. Het verloop van de steurtrek tussen Mei en Augustus.

Figuur 10.
Jaarlijkse migratiecyclus
van de Atlantische steur
in het Girondege bied
(naar Castelnaud
et al. 1991).



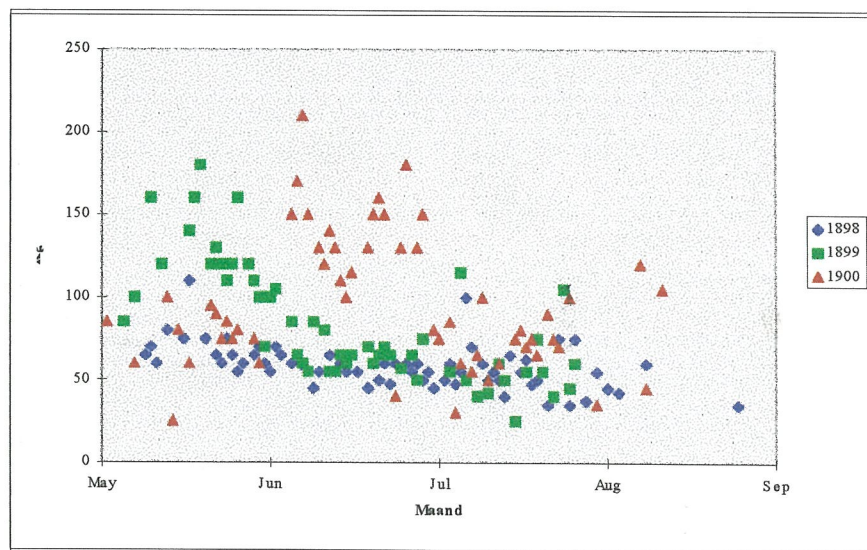
gemaakt tussen volwassen dieren op paaitrek en onvolwassen dieren die de St. Janstrek maken. De Gironde-populatie arriveert in maart - april (Castelnaud 1991) in het estuarium en paait in mei en juni. In de loop van juli keren de volwassen dieren weer terug naar zee (zie figuur 10).

Tabel 4. Het verloop van de trek van de steur, Zalm en Elft door het Bergsche veld aan de hand van de gecombineerde ventcijfers van 1640 t/m 1642 van de vis-handelaar Flitterwijck uit Geertruidenberg (Martens, 1992).

Totale per maand	Steur	Zalm	Elft
Januari	0	7	0
februari	0	47	0
maart	2	223	29
april	17	501	2466
mei	42	1327	644
juni	81	1382	5
juli	122	2204	2
augustus	34	2515	0
september	19	751	0
oktober	1	137	0
november	geen vangsten		
december	geen vangsten		

Uit vangstgegevens door Verwey (archief Vereniging Aquatische Ecologie te Wageningen) verzameld bij de visafslag van Hardingsveld kon geen duidelijk patroon worden gevonden in de optrek van bepaalde jaarklassen (zie figuur 13). In 1898 zijn er nauwelijks steuren gevangen boven 100 kg. In 1899 trokken de grote steuren vooral in mei en de kleinere in juni en juli. In 1900 zijn het vooral de "kleintjes" die in mei worden gevangen, de grote in juni en in juli worden weer kleine steuren gevangen. De winter van 1900 was ongeveer 1,5 graden kouder dan die van 1899 en 1898. Vermoedelijk was de watertemperatuur van de Rijn dan ook lager in 1900 en trokken in ieder geval de oudere dieren daarom later de rivier op.

Figuur 11.
Gewichtsverdeling over
het jaar van de in
1898, 1899 en 1900
te Hardingsveld
aangeleverde steur
(naar gegevens
verzameld door Verwey)



In 1898 was 10% van de steuren lichter dan 50 kg. In 1899 was dit slechts 3% en in 1900 is 4,4% van de steur lichter dan 50 kg. De kleinste aangeleverde dieren wogen 25 kg. Dit maakt de veronderstelling onwaarschijnlijk dat de steur al volwassen is en al massaal trekt bij een gewicht van 20 kg. De overgrote meerderheid van de vangsten ligt in de klasse ca. 50 - 75 kg.

4.3.1 Migratieroutes in het Rijnestuarium

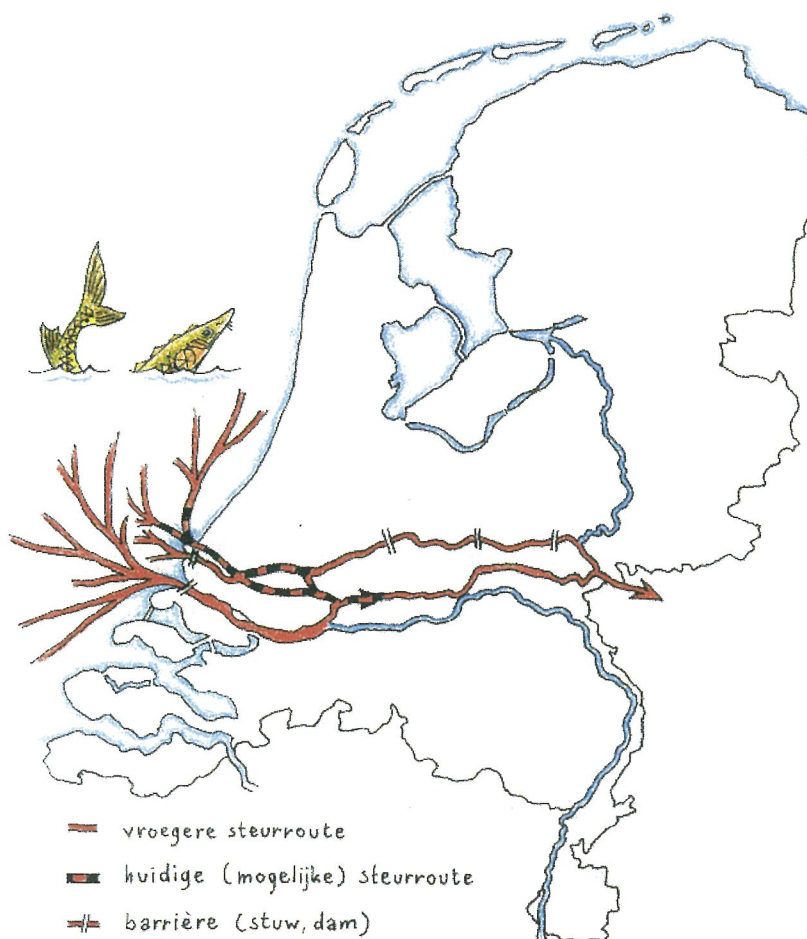
Aan de hand van steurvangsten in de 17e en 18e eeuw blijkt dat de Atlantische steur zowel via de Zuiderzee als het Zuid-Hollandse estuarium de rivieren Rijn en Maas op zwom. Waarschijnlijk trokken de meeste dieren via het Haringvliet en het Hollands diep. Uit de aanzienlijke vangstcijfers van de visafslag aan het Kralingse Veer bij Rotterdam blijkt dat ook veel Atlantische steuren via de Brielse Maas en Nieuwe Maas, dus door de Rotterdamse havens, de Rijn op zwommen. (zie figuur 12)

Kinzelbach (1987) schat dat ca 10% van de Atlantische steuren die de Rijn opzwemmen tot Duitsland komt; de rest blijft in het estuarium en het Nederlandse deel van de rivier.

4.4 Migratie in de rivier

De Atlantische steur trekt vooral tijdens perioden met hoog water (Roule 1922, Kulmatycki 1932, Classen 1944, Mohr 1952, Verhey 1949, 50

Figuur 12.
De 19e eeuwse migratieroutes
vanaf de Noordzee de Rijn op.
Alleen de route via
de Nieuwe Waterweg,
Nieuwe/ Oude Maas
en Merwede is nu nog open.



Magnin 1962, Ninua 1976) door de hoofdgeulen op een diepte van 2 - 8 meter naar de paaiplaatsen (Roule 1925, Spillmann 1961, Kinzelbach 1987). Stroomsnelheden in de rivier van 1,4 - 2,2 m s⁻¹ zijn daarbij geen probleem (Ninua 1976). Ook stroomversnel lingen zoals die bij Binger Loch worden zonder problemen gepasseerd (Kinzelbach 1987). Uit een onderzoek van Verhey (1949) aan de tijdstippen waarop de Atlantische steur werd gevangen in de Nieuwe Merwede blijkt dat in de periode tussen 2 uur voor en 2 uur na laagwater 53% van de vangsten werd gedaan en in diezelfde periode rond hoogwater 41% van de vangsten. In de periodes tussen laag- en hoogwater werd in 2 maal 2 uur tijd slechts 6% van de vangsten gedaan. Het is in deze periode dat de stroom het sterkst is en blijkbaar werden dan de minste Atlantische steuren gevangen. Dat de periode met de minste stroming, de kentering, de beste vangtijd was blijkt ook uit het feit dat in zowel de periode van één uur rondom laagwater als één uur rondom hoogwater, in beide gevallen 15% van de vangsten werd gedaan. Dit is tweemaal zoveel als in de andere uren.

De afstand die tijdens de migratie wordt afgelegd, is positief gecorreleerd aan de waterafvoer en waterstand in de rivier (Fric 1908, Mohr 1952, Jaskowski 1962, Klauswitz 1974, Flasarová & Flasar 1976) en mogelijk van de populatiedichtheid (Kinzelbach 1987).

Tabel 5. Maximaal afgelegde migratieafstanden door de Atlantische steur in een aantal Europese rivieren (naar Holcýk et al. 1989).

Vistula	San river bij Przemyśl: 831 km Dunajec river bij Niedzica: 982 km
Elbe	Ohre river bij Kadan: 820 km Vltava rivier bij Praag: 810 km
Oder	Oder bij Wrocław: 503 km Warta rivier bij Konopnica: 575 km
Rijn	Rijn bij Reinfelden: 850 km Main bij Schweinfurt: 837 km

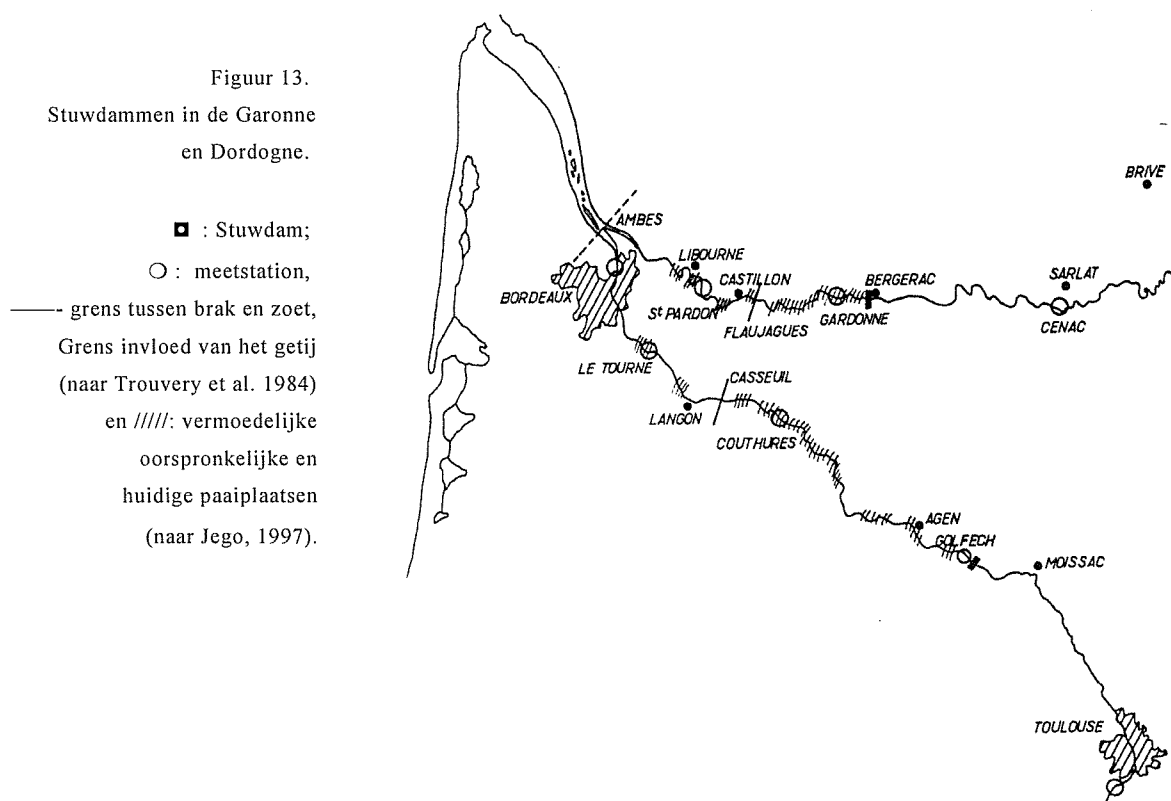
De Atlantische steur is in staat zeer grote afstanden af te leggen (tabel 5). In de Rijn werd ooit bij Reinfelden een Atlantische steur gevangen, de vis had 850 km afgelegd. Over het algemeen zijn de migratieafstanden echter korter. In de Rioni-rivier legde de Atlantische steur gemiddeld 110-115 km af (Svetovidov 1964, Ninua 1976), in de Elbe zo'n 300 km (Fric 1872). Ook in de Rijn lagen de meeste paaiplaatsen vermoedelijk binnen enkele honderden kilometers van zee. Er zijn echter geen exacte locaties bekend en beschrijvingen in de literatuur zijn steeds gebaseerd op vangsten van paairijpe dieren. Hoek (1910) en Deelder & Huussen (1973) menen daarom dat de Atlantische steur paaide in de Biesbosch en het Kampereiland (IJssel). Ook volgens Kinzelbach (1987) zou de Atlantische steur voornamelijk in het mondingsgebied van de Rijn hebben gepaaid en zwommen dieren alleen verder

stroomopwaarts als zij benedenstrooms geen geschikt paaigebied konden vinden of als de dichtheid erg groot was. In Duits land lagen de paaiplaatsen voor het grootste deel in de Unteren Niederrhein tussen Bonn en de Nederlandse grens en in mindere mate in de Romantische Rhein tussen Mainz en Koblenz. Naast de Rijn zijn ook zijrivieren als de Lippe, Neckar, Moezel en Main gebruikt om er te paaieren (Kinzelbach 1987).

De vraag is of Atlantische steuren ieder jaar dezelfde paaiplaatsen gebruiken. Fluctuaties in de afvoer van de rivieren kunnen jaarlijks voor dermate grote waterstandsverschillen zorgen dat paaiplaatsen die het ene jaar wel geschikt zijn het andere jaar totaal ongeschikt zijn.

Hoever de Atlantische steuren vroeger de Dordogne en Garonne opzwommen is niet precies bekend. Tegenwoordig bepalen de op 210 km van de monding gelegen stuwdam bij Bergerac (Dordogne) en op 270 km gelegen dam nabij Agen (Garonne) de maximale migratieafstand (Trouvery et al. 1984) (figuur 13). Deze dammen liggen zo ver van zee dat waarschijnlijk slechts een klein deel van de oorspronkelijke paaiplaatsen erdoor onbereikbaar is geworden. Een deel van de vermoedelijke paaigronden voor de dammen in de Garonne en Dordogne ligt in het deel van de rivieren waar het getij nog merkbaar is. Door veranderingen in het debiet en de sedimentafvoer van de Garonne en Dordogne zijn de meeste plaatsen in het zoetwatergetijdengebied aldaar nu niet meer geschikt als paaiplaats; de grindige bodem is er weggegraven of met slib bedekt. (Jego, 1997).

Parsley (1994) constateerde dat vlak voor dammen en stuwen die de Amerikaanse witte steur niet kon passeren ook paaiplaatsen lagen, ook al voldeden de omstandigheden geenszins aan de bekende eisen van de soort.



4.4.1 Geslachtsverhouding tijdens de paaitrek

Roule (1922) en Vibert (1945) zijn van mening dat de mannetjes in de meerderheid zijn. Magnin (1962) stelde het tegenovergestelde vast. Classen (1944) en Spillman (1961) constateerden dat de mannetjes drie weken eerder trekken dan de vrouwtjes. Volgens Kinzelbach (1987) trekt de Atlantische steur in kleine groepjes (een vrouwtje en een tot drie mannetjes) de rivier op. Trouve-ry et al. (1984) plaatsen een kritische noot bij de opgegeven geslachtsverhoudingen. Vele conclusies zijn gebaseerd op vangsten. Zowel de vanginstrumenten als de bepaling van het geslacht (Franse vissers bijvoorbeeld noemden ieder individu zonder kaviaar een mannetje) kunnen de resultaten beïnvloeden. Ook zijn mannetjes beweeglijker dan vrouwtjes en daardoor moeilijker te vangen.

Uit vangstgegevens door Verwey (archief Vereniging voor Aquatische ecologie te Wageningen.) van vermoedelijk de visafslag van Hardinxveld blijkt ook dat meer mannelijke dieren werden gevangen dan vrouwelijke (zie tabel 6). Op de maand mei na werden in alle maanden ongeveer tweemaal zoveel mannelijke dieren gevangen.

Tabel 6. Geslachtsverhouding van de Atlantische steur (herkomst vangsten niet met zekerheid bekend, vermoedelijk Hardinxveld).

maand	1895		1896		1897		TOT	
geslacht:	m	v	m	v	m	v	m	v
april	.	.	1	1	1	.	2	1
mei	15	8	17	18	3	6	35	32
juni	61	31	44	14	11	5	116	50
juli	64	31	24	10	8	8	96	49
augustus	6	3	4	0	3	0	13	3
september	1	.	.	.	.	.	1	0
oktober	1	.	.	.	.	.	1	0

4.5 Paaigedrag

Prioux (1957) beschrijft het paaigedrag van de Atlantische steur als volgt: "De mannetjes zijn beweeglijk, levendig, in staat over netten heen te springen. Het vrouwtje, beladen met eieren zwemt rakelings over de bodem. Zij laat zich op de stroom omhoog drijven en zet met tussenpozen haar eieren af op een diepe, met stenen bedekte plaats. Boven het vrouwtje dat aan het leggen is bevruchten de mannetjes de eitjes en verdedigen deze tegen puitalen, palingen en andere rovers". Ehrenbaum (1923) beschrijft hoe de Atlantische steur tijdens het paaïen, vanwege de grote sprongen, niet te vangen was. Van de in Noord Amerika levende *A. fulvescens* is bekend dat het paaïen 5 tot 8 uur per dag gedurende soms meerdere dagen kan duren. De mannetjes zouden volgens Castelnaud (1988) door druk en wrijven tegen het vrouwtje het afzetten van de eieren bespoedigen.

4.6 Paaigronden

Van geen enkele populatie van de Atlantische Steur is exact bekend waar de paaigronden lagen. Zelfs in de Garonne en Dordogne heeft men door het troebele water nooit afgezette eieren gevonden. Inmiddels zijn er via vissers wel gebieden bekend waar paairijpe Atlantische steuren paaiden of zich verzamelden. Ze werden opmerkzaam op het gestoei van de vissen. Mannetjes sprongen boven het water uit en vrouwtjes maakten met hun rug golvende bewegingen aan het wateroppervlak. Een oude visser uit Caverne vertelde: "Het kwam vaak voor dat wij mannetjes en vrouwtjes in grote aantallen aan het wateroppervlak zagen koersen. Tijdens de paaiperiode ging er geen uur voorbij zonder dat wij ergens een mannetje boven het water uit zagen springen of dat een brede besnorde kop boven water verscheen om daarna weer onder te duiken" (Trouvery et al. 1984). Omdat nooit eieren zijn gevonden is het niet duidelijk of het hier alleen om verzamelplaatsen ging of dat er ook werd gepaaid.

Omdat de precieze ligging van de paaiplaatsen niet bekend is en nooit eieren zijn gevonden is het ook niet duidelijk wat de belangrijkste voorwaarden zijn waar de paaiplaatsen aan moeten voldoen. De kennis hierover is voornamelijk verkregen door een vergelijking van door vissers aangewezen vermoedelijke paaiplaatsen aangevuld met gegevens van paaiplaatsen van andere steursoorten. Hieronder volgt een opsomming van belangrijke kenmerken.

Bodemsubstraat

De paaigronden liggen altijd op plaatsen waar grind aanwezig is (Trouvery et al. 1984, Kinzelbach 1987) en het water voldoende hard stroomt dat slib en fijn zand niet bezinken. Ook Ninua (1976) noemt stenige tot kiezelige ondergrond als geschikt substraat voor paaiplaatsen. Volgens Elie et al. (1996) bedraagt de ideale diameter van het substraat 17 tot 65 mm.

De kleverige bruin tot bruinzwarte eieren worden afgezet op de grind- of steenachtige bodem (Trouvery et al. 1984, Kinzelbach 1987) of aan stronken (Maitland 1980) (Trouvery et al. 1984) in de hoofdgeul of in stromende nevengeulen (Holcyk et al. 1989). In slibrijke gebieden worden geen eieren afgezet (Trouvery et al. 1984). De voorkeur voor zwaar substraat heeft vermoedelijk te maken met de zuurstofvoorziening van de eieren. Op plaatsen waar grind ligt stroomt het water sneller en is de zuurstofconcentratie hoger dan daar waar zand of slib is afgezet. Op het veel makkelijker verspoelbare zand of slib zouden de eieren door turbulentie snel bedolven kunnen worden onder het substraat waardoor zuurstofgebrek kan ontstaan. Ook plantenresten kunnen als substraat dienen (Ehrenbaum, 1923). In Noord-Amerika zijn eieren van *A. Oxirhynchus* gevonden op schalen van zoetwatermosselen.

Ook de diepere stroomgeulen in het zoetwatergetijdengebied hebben doorgaans een bodem van grof materiaal. Zo hadden de geulen in de door Hoek (1910) en Deelder & Huussen (1973) genoemde paaiplaatsen Kampereiland en Biesbosch voordat de Zuiderzee en Haringvliet werden afgesloten een bodem van grof zand als gevolg van de sterke getijstromen. Slib kon er vanwege het nooit stil staande water niet bezinken. Het is onbekend of in deze geulen ook grind op de bodem lag. In de Oude Maas is vanwege de toegenomen

men getijstroomen na het afsluiten van de Haringvliet de bodem nu gedeeltelijk met grind bedekt. Stroomopwaarts in de Rijn vanaf Gorinchem maakt grind 20 tot 70% en grof zand 30 tot 60% van het bodemsubstraat uit. In de laatste 30 jaar is aan deze situatie weinig veranderd (Brinke, 1997). De bodem van de voormalige paaiplassen in de Untere Niederrhein tussen Bonn en de Nederlandse grens bestaat grotendeels uit grind met een diameter van 1 tot 10 cm.

Diepte

Een aantal auteurs geven aan dat de eieren in kuilen in het midden van de rivier worden afgezet (Mohr 1952, Kinzelbach 1987), of in de diepere delen in buiten bochten (Ehrenbaum, 1923). Ehrenbaum noemt ook de koppen van kribben en met basalt versterkte buitenbochten, waar door de stroom blokken vanaf zijn gevallen en in de diepe kuilen voor de kribben en bochten liggen. In de Eider kunnen deze kuilen 8 tot 20 meter diep zijn. Mohr (1962) constateert later dat op die diepe plaatsen echter nooit legsels zijn gevonden. Guerri en Pustelnik (1996) vermelden naar aanleiding van onderzoek aan paaiplassen in de Garonne en Dordogne dat de paaiplassen minimaal 3 tot 4 meter diep zijn. In de Wolga zet de op de Atlantische steur lijkende Spitsnuitsteur zijn eieren af op ondiepe plaatsen (30 tot 200 cm). Vermoedelijk is niet de diepte, maar de troebelheid van het water de belangrijkste factor. Direct zonlicht kan de eieren beschadigen en daarom worden de eieren in heldere wateren op diepere plaatsen afgezet dan in troebele wateren (Landesanstalt für Ökologie, 1996).

Stroming

Trouvery et al. (1984) en Kinzelbach (1987) beschrijven dat het water voldoende hard moet stromen dat slib en fijn zand niet bezinken. Ninua (1976) noemt een stroomsnelheid van 1,5 tot 2,0 m.s⁻¹, maar Elie et al. (1996) slechts 0,5 tot 0,8 m.s⁻¹.

Temperatuur

De watertemperatuur op de paaigronden zou volgens Kinzelbach (1987) 14 - 15 graden bedragen. In de Garonne bedraagt de watertemperatuur waarbij de eieren worden afgezet 18,5 - 19 graden (Magnin, 1962). Detlaff et al. (1993) geeft in het algemeen voor steuren aan dat ze hun eieren pas af zetten als de temperatuur voor het rijpen van de eieren optimaal is. Bij *Acipenser baeri* bleek dat binnen een groep vrouwelijke dieren de ovogenese gelijktijdig verliep, zodat op een bepaald moment (b.v. bij gunstige watertemperatuur) er binnen korte tijd veel dieren tegelijk hun eieren afzetten (Sokolov, 1977).

Zuurstofgehalte

In de Rionirivier was de concentratie opgelost O₂ op de voortplantingsplaatsen 7,4 - 9,5 mg. l⁻¹ bij een heersende stroomsnelheid 1,5 - 2,0 m.s⁻¹ (Ninua 1976). Op de plaatsen die Jago (1997) onderzocht in Dordogne en Garonne was het zuurstofgehalte vaak vrij laag en bedroeg 3,5 tot 6 mg/l in de Dordogne en 4,5 tot 9 mg/l in de Garonne. Detlaff et al. (1993) stelden voor steursoorten van de Kaspische Zee de volgende zuurstofgehalten vast: *A. stellatus* 6,6 - 9,3 mg/l en *A. gueldenstaedti* 7,2 - 10,1 mg/l. Een zuurstofge-

halte lager dan 6 mg/l is ver moedelijk schadelijk voor de embryo's (Landesanstalt für Ökologie, 1996).

Zuurgraad

De pH in de Rioni op de paaiplaatsen bedroeg 7,4 - 7,6 (Ninua, 1976).

4.6.1 Actuele situatie van de paaiplaatsen in de Garonne

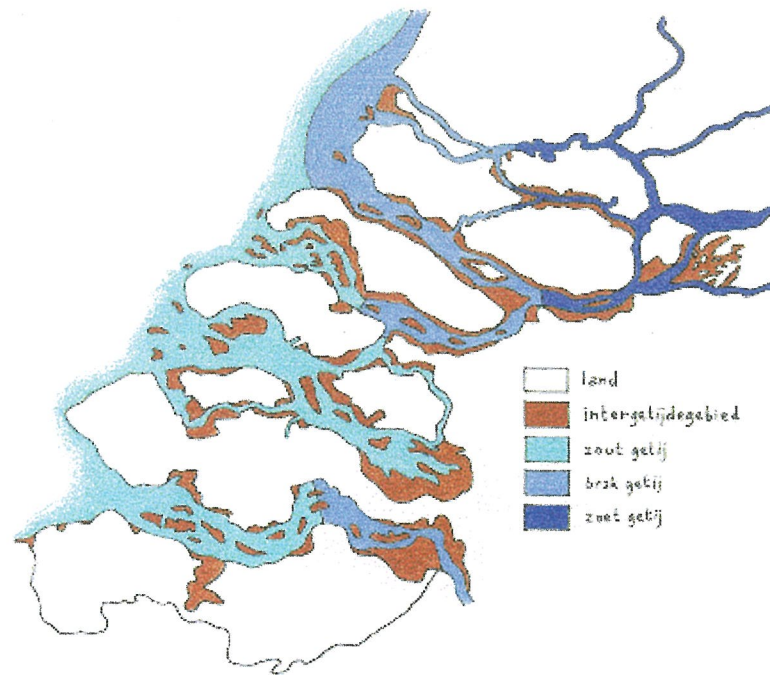
Castaign (1963) beschrijft dat de lokale vissers de belangrijkste paaiplaatsen in de Garonne situeren in een zone stroomopwaarts van Beautiran (ca 25 km ten zuiden van Bordeaux) tot aan Langon. Deze zone ligt grotendeels in het zoetwatergetijdengebied (Beautiran: 4 à 5 m getijverschil, Langon: ca 1,5 m). Rond 1970 is dit deel van de Garonne geheel uitgebaggerd voor de grind- en zandwinning tot op de onderliggende rotsige bodem. De paaiplaatsen zouden hierdoor zijn verdwenen. Jego (1997) concudeert n.a.v. een inventarisatie van de mogelijke paaiplaatsen in 1996 dat de situatie hier niet geschikt (meer) is. De bodem blijkt er bedekt te zijn met een laag slib (zie tabel 7). Door de aanleg van stuwen worden geen grind en zand meer doorgevoerd en is er alleen nog transport van slib. In de na de grindwinning overgedimensioneerde geul slaat het slib neer. Ook voor de paaiplaatsen in het door getij beïnvloedde deel van de Dordogne is dit het geval. Stroomopwaarts waar het getij gering is en de stroom bij vloed niet meer omkeert, is de situatie gunstiger.

Behalve de locaties in het door getij bepaalde deel van de Dordogne en Garonne heeft Jego (1997) ook in het daarboven gelegen fluviale deel van beide rivieren alle locaties bekeken waar de bedding dieper is dan ca 5 meter (zie figuur 13). In tabel 7 is de samenstelling van het bodemsubstraat weergegeven.

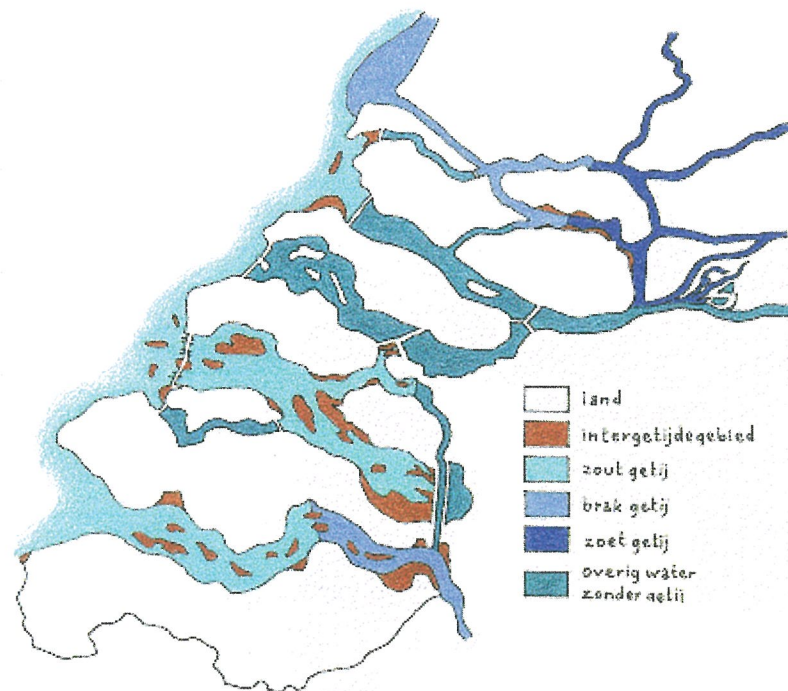
Over het algemeen bestaat de bodem uit keien en iets mindere mate uit grind. Op de locaties in het zoetwatergetijdengebied na slaat er vrijwel geen slib neer op de bodem. De stroomsterkte in de Dordogne is, met name in het zomerhalfjaar gering, veelal geringer dan 0,5 m/sec. Ondanks dat slaat er geen slib neer en lopen de er afgezette eieren niet het risico bedekt te worden. In de Garonne is de stroming gemiddeld hoger, maar ook daar komen plaatsen voor met vrijwel stilstaand water. Er slaat echter geen slib neer.

Het oppervlak van de paailocaties loopt uiteen van 0,25 ha tot 14,5 hectare. In totaal is er in de Dordogne en Garonne samen ca 64,5 ha geschikte paaiplaats. Op grond van cijfers van Derjavine (1947) die Jego aanhaalt kan men verwachten dat een vrouwelijke Atlantische steur ca 350 m² nodig heeft om er te paaien. Wanneer slechts 10% van het oppervlak geschikt zou zijn, zou er nog plaats genoeg zijn voor 170 paaiende Atlantische steuren (Jego, 1997).

Figuur 25.
Situatie in het estuarium
van de Rijn in 1950
(kaartje uit Baptist e.a.
1988)



Kaart 26.
Situatie in het estuarium
van de Rijn in 1995
(kaartje uit Baptist e.a. 1988)



8.3.3 Het Rotterdams Havengebied, het enige overgebleven brakwatergetijdengebied in de monding van de Rijn.

Het enige brakwatergebied in de huidige delta van de Rijn bevindt zich in de Nieuwe Waterweg en het Hartelkanaal. In de rond 1863 gegraven Nieuwe Waterweg bevindt zich een zout - zoet gradiënt en het waterpeil staat onder invloed van het getij. Wat de fysisch-chemische karakteristieken betreft kan de Nieuwe Waterweg gekarakteriseerd worden als een brakwaterecosysteem (Eertman, 1996).

In november 1997 is in de Beerdam (gelegen op de Maasvlakte) een opening gemaakt. Zoutwater kan vanaf de Noordzee via het Beerkanaal door deze opening het Hartelkanaal instromen. In dit kanaal heeft zich een geleidelijk aflopen de zoutgradiënt ingesteld omdat de aanvoer van zoetwater vanaf de Oude Maas door het Hartelkanaal slechts 15% van het totaal is. Het brakwatergebied in de Rijnmond is door deze ingreep aanzienlijk vergroot. Ook zal de getijdenslag en daarmee de oppervlakte intergetijdengebied in het achterland (Biesbosch) er iets groter door worden.

Hieronder is een vergelijking gemaakt tussen de Nieuwe Waterweg en andere brakwatersystemen: de Eems-Dollard in Noord Nederland, de Westerschelde in Zuid-Nederland (gegevens uit Eertman, 1996) en de Gironde in Zuidwest Frankrijk (Magnin, 1962) (Willot, 1989).

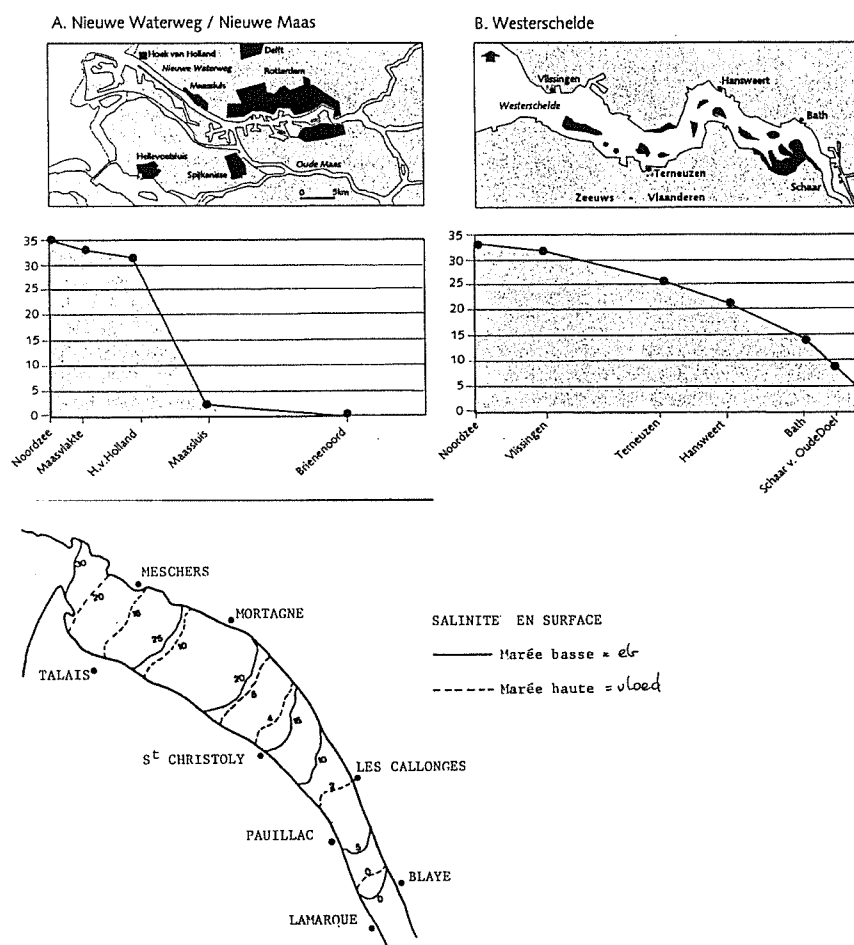
Saliniteit

De saliniteit wordt bepaald door de wisselwerking tussen Noordzeewater en zoetwater van de Rijn en, in mindere mate, de Maas. De saliniteit in het water neemt tussen Hoek van Holland en de monding van de Oude Maas af van 35‰ tot 2‰. Een klein deel van het zout dringt nog verder door via de Nieuwe Maas tot bij Brienenoord en via de Oude Maas tot bij Spijkenisse. In figuur 3A is het verloop van de saliniteit in de Nieuwe Waterweg weergegeven (Eertman, 1996). De zoutgradiënt begint direct bij de monding van de rivier en verloopt veel steiler dan in een natuurlijk estuarium (figuur 27B) is het gevolg van de relatief grote aanvoer van zoet rivierwater die het zoute zeewater tegenhoudt.

Vanwege de grote diepte van de vaargeul (25 meter) kan het zoute water relatief makkelijk de Nieuwe Waterweg binnen dringen en komt het verder dan in een natuurlijke riviermonding (zie ook figuur 25 voor de situatie in 1950 voor de verdieping). Het Rijnwater wordt voor het grootste deel via de Nieuwe Waterweg geleid en dient daarmee als tegenwicht tegen het indringende zoute water.

De Gironde heeft een geleidelijk verlopende saliniteitsgradiënt. Het zoute water dringt tot ca 50 km het estuarium binnen (Les Callonges ca 5‰). Vanaf het splitsingspunt tussen Garonne en Dordogne dringt een kleine hoeveelheid zout de rivieren op: op 15 km vanaf dit punt is het zoutgehalte ca 10 mg/l. Dit is bij opkomend getij, bij afgaand tij is het gehalte, afhankelijk van de rivier-afvoer veel lager. In de monding nabij Mortagne varieert het zoutgehalte van 7 tot 23 ‰ afhankelijk van het getij.

Figuur 27.
Het verloop van de
saliniteitsgradiënt in (A)
de Nieuwe Waterweg-
Nieuwe Maas en (B)
de Westerschelde en in de
Gironde (C) (naar Allen,
1972).



Getijverschil

Het getijverschil in de Nieuwe Waterweg bedraagt 1.6 - 1.8 m. Dit is iets minder dan andere systemen zoals de Eems-Dollard (2.3 - 3.0) en de Westerschelde (3.8 - 4.5). Het intergetijdengebied is daarom relatief klein, ook vanwege de inpoldering in het verleden van gorzen en platen langs de Oude en Nieuwe Maas. Het getij dringt op de Waal door tot bij Zaltbommel, ca 90 km vanaf de Noordzee. Voor de afsluiting van het Haringvliet was dit nog 35 km verder tot Dodewaard.

In de Gironde bedraagt het getijverschil 3,5 tot 5,5 m en het dringt door tot ca 150 km vanaf zee de rivieren op. Op de Garonne is dit tot ca 60 km strooms van Bordeaux. Langs de Gironde is er een uitgestrekt intergetijden gebied en langs de beide rivieren zijn er langs de oevers smalle stroken droog vallende slikken.

Stroomsnelheid

De stroomsnelheid varieert van 5 tot 110 cm/sec en is iets geringer dan in de Eems Dollard (tot 140 cm/sec), de Westerschelde (tot 156 cm/sec) en de Gironde (tot 180 cm/sec).

Diepteverdeling

De diepteverdeling in de Nieuwe Waterweg is sterk door de mens beïnvloed. Er is geen sprake van een watersysteem met talloze geulen en ondiepe, deels droog vallende platen zoals in Westerschelde, Eems-Dollard en Gironde. Daarentegen is er één diepe geul over een groot deel van de breedte van de rivier. Langs de oever neemt de diepte af tot ca -1.5 m. Tussen de kribben bevinden zich wel ondieptes met een zandige of slikkige bodem en zijn er stroomluwe plaatsen. Slechts een klein deel van deze oevers valt droog en alleen nabij Rozenburg is een deel van deze oever begroeid. Op slechts enkele plaatsen, zoals bij Heijplaat, is er een zandstrand langs de oever. Ook in het onlangs aangesloten Hartelkanaal komt geen intergetijdengebied voor en de minste waterdiepte is ook bij eb groter dan 1.5 m. De diepteverdeling in de Gironde is slechts weinig door de mens beïnvloed: langs de oostelijke oever liggen enkele inpolderingen en langs de westelijke oever is een scheepvaartgeul uitgebaggerd (diepte 8 tot 10 m). Op enkele plaatsen wordt grind en zand gewonnen. De diepte in een groot deel van het estuarium is natuurlijk en varieert van 4 tot 8 (-12) meter. Langs de oevers zijn er uitgestrekte droogvallende slikken en zandplaten.

Zuurstofgehalte

De zuurstofconcentratie is doorgaans hoog (8 mg/liter) en wijkt niet af van de andere watersystemen. Lage gehalten (5 mg) worden sporadisch gemeten en duren meestal niet lang. In de Gironde ligt de zuurstofconcentratie ook tussen 8 en 9 mg/l. In het zoetwatergetijdengebied is het er lager (7,5 mg).

pH

pH-waarden is in alle watersystemen ongeveer gelijk en varieert van 7,8 tot 8,2

Chlorophyl-a gehalte

De concentratie Chlorofyl-a is vergelijkbaar in de Nederlandse watersystemen en varieert van 1 microgram in de winter tot maxima van 30 à 50 in de zomer.

Zwevende stof

De hoeveelheid zwevende stof bedraagt gemiddeld 20 mg/l en varieert van 5 tot 145 mg/l. Dit is vergelijkbaar met de Westerschelde (10 tot 160) en de Eems-Dollard (5 tot 100). Het doorzicht van het water neemt naar zee gaande langzaam toe van 0.5 meter tot 0.9 meter zicht. In de Gironde, met name in het zoetwatergetijdengebied, is het gehalte aan zwevende stof een factor 10 hoger en varieert van 100 tot 1000 mg per liter. Het doorzicht is in het zoetwatergetijdengebied soms minder dan 10 cm. De waarden in de Westerschelde en de Nieuwe Waterweg zijn normaal voor estuaria waar rivieren in uitmonden; in de Gironde is het gehalte vrij hoog.

Nutriënten

De concentratie opgeloste nutriënten (Si, P en N) zijn in de Nieuwe Waterweg hoog en vergelijkbaar met de situatie in het oostelijk deel van de Westerschelde en de Eems-Dollard.

Watertemperatuur

De variatie in watertemperatuur in de Nederlandse wateren is vergelijkbaar met de Gironde; de watertemperatuur in Frankrijk is 3 tot 5 graden hoger: Nieuwe Waterweg 4 tot 21°C, Westerschelde 5 tot 20°C en Gironde 8 tot 25°C.

Debiet en saliniteitsverloop

Het watersysteem van de Nieuwe Waterweg, Hartelkanaal en Nieuwe en Oude Maas wordt gekenmerkt door een hoge mate van menselijke beïnvloeding (rechte contouren en harde oevers). Voor de ecologische potentie moeten in eerste instantie de fysisch-chemische karakteristieken worden bekeken. Wanneer een systeem wordt gezocht dat als referentie kan dienen voor de ecologische ontwikkelingsrichting dan is de Westerschelde het meest voor de hand liggend. Beide lijken veel op elkaar, behalve dat de saliniteitsgradiënt afwijkt. In de Nieuwe Waterweg is deze minder geleidelijk dan in de Westerschelde. De brakwaterzone in de Nieuwe Waterweg is niet veel langer dan ca 10 km. Belangrijkste oorzaak hiervoor is de hoeveelheid rivierwater die door het gebied stroomt. Bij de Westerschelde is dat 50 tot 180 m³ per seconde en bij de Rijn is het gemiddeld 2200 m³ (minimaal 900 m³ en maximaal 15.000 m³). De Gironde neemt met een rivierafvoer variërend van 300 tot 1200 m³ (maximaal 5000) een tussenpositie in. In de Westerschelde kunnen zoet en zout goed mengen vanwege de veelheid aan platen en geulen. In de Nieuwe Waterweg is dat niet het geval, zoet rivierwater stroomt er over het zoute zeewater. Vanwege de variatie in de hoeveelheid zoetwater die wordt aangevoerd varieert de saliniteit op een punt ook aanzienlijk. In de Gironde is de menging minder goed dan in de Westerschelde, maar beter dan in de Nieuwe Waterweg. Er is in de Gironde een groot verschil in zoutgehalte tussen de westelijke oever en de oostelijke oever, het zoute water dringt het estuarium in langs de westoever (via de scheepvaartgeul), terwijl het rivierwater vooral langs de oostoever stroomt. De Atlantische steur in het estuarium houdt zich vooral op langs de oostelijke oever.

Wanneer het beheer van de Haringvlietsluizen verandert (zie hieronder) zal meer Rijnwater via de Haringvliet en minder via de Nieuwe Waterweg naar zee stromen. Zoutwater kan dan in de Nieuwe Waterweg verder landinwaarts door dringen en er zal zich een brakwatergebied vormen in een groter deel van zowel de Nieuwe als de Oude Maas. Berekeningen laten zien dat de saliniteit bij Spijkenisse dan tot 9‰ kan oplopen. Waarschijnlijk zal ook het verloop van de saliniteit dan geleidelijker zijn. Met name de Oude Maas is van belang als brakwatergetijdengebied omdat de oevers hier voor een deel uit slikplaten bestaan die bij vloed overstromen en ook zijn er enkele slenken.

8.3.4 Waterkwaliteit in het Rotterdams Havengebied

De vervuilingsgraad van het water kan een beperkende factor zijn voor migrerende vissoorten. Het is bekend dat te hoge concentraties van bepaalde verontreinigingen worden gemeden door trekkende vissen. Ook koelwaterlozingen of hoge temperaturen worden gemeden door deze vissoorten; onderzoek aan de zalm heeft dit uitgewezen. Het Rotterdams havengebied is een van de gebieden die berucht zijn vanwege de watervervuiling die er in het verleden op-

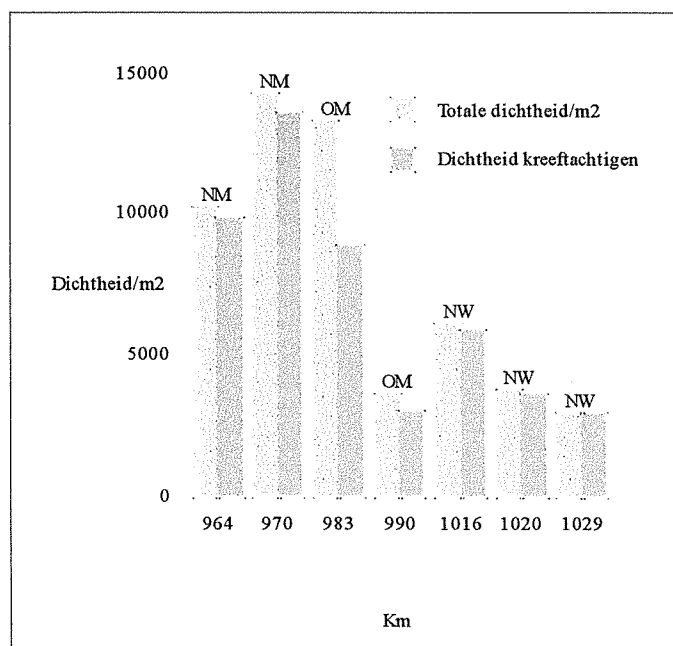
trad. In het kader van het project “Ecologisch herstel Rijn en Maas “ (EHR) is er veel aan gedaan om de vervuiling terug te dringen. Uit Sonneveldt (1997) blijkt dat de situatie zeer sterk is verbeterd. De concentratie van de meeste vervuilende stoffen worden in het havengebied niet verhoogd ten opzichte van de concentratie in het aangevoerde water. De concentratie van opgelost cadmium is wel verhoogd (0,11 ug/l in Maassluis tov 0,10 ug/l in Lobith), maar blijft ruimschoots onder de laagst bekende vermijdingsconcentratie voor zalmachtigen (50 ug/l). Van de andere zware metalen is de concentratie opgelost zink vrij hoog (15 ug/l), iets minder dan 50% van de laagst bekende vermijdingsconcentratie en de concentratie opgelost koper (5,0 ug/l) ligt er ruim boven. De natuurlijke achtergrond concentratie in de Rijn van opgelost koper is echter zo hoog dat ze al ruim boven de laagst bekende vermijdingsconcentratie ligt.

Bij lozingspunten is de concentratie aan vervuilende stoffen veelal hoog en vormt zich langs de oever een lozingspluim. Als gevolg van de waterbeweging door het getij wordt het geloosde water echter zeer sterk verdund. In enkele havens, bv de Eemhaven, is de temperatuur van het water enkele graden verhoogd als gevolg van thermische lozingen. Op de rivier echter is de invloed op de temperatuur echter nooit groter dan 0,4 graden, hetgeen ruimschoots onder de kritische grens van 1 graad ligt.

8.3.5 Visvoedsel in de Nieuwe Waterweg en Oude Maas

Het voedsel van de Kaspische steur in de rivierdelta van de Wolga wordt gevormd door macrofauna: steurgarnalen, slijkgarnalen en vlokreeften. Deze dieren zijn hooguit 2 cm lang en komen ook algemeen voor in de Rijndelta. Dichtheden van het potentiële voedsel in het benedenrivierengebied zijn weergegeven in het figuur 28. Deze gegevens zijn bewerkt vanuit het MWTL onder zoek, uitgevoerd in 1995 in de Rijntakken.

Figuur 28
Dichtheden van de macrofauna op stenen in de Nieuwe Merwerde (NM), Oude Maas (OM) en Nieuwe Waterweg (NW) in 1995 (bron ongepubl. Gegevens Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands).



Uit de figuur blijkt dat de kreeftachtigen in het gehele riviertraject (km. 964-1029) de dominante groep zijn. Stroomafwaarts neemt hun aandeel in de totale macrofauna toe. De dichtheden nemen echter abrupt af tussen km. 983 en km. 990 in de Oude Maas (Heijenoordtunnel). Of dit negatieve gevolgen zou kunnen hebben voor de Atlantische steur, is hieruit niet af te leiden aangezien normaal waarden van het voedsel van de Atlantische steur niet bekend zijn. Tevens voorziet het monitoringsonderzoek niet in een kwantitatieve bemonstering van andere substraten dan stenen.

8.3.6 Waar ligt voor de macrofauna de overgang tussen zoet, brak en zout?

Op basis van enige kreeft-achtigen kan een vrij duidelijk beeld worden verkregen van de belangrijke overgangsgebieden voor de macrofauna.

Tabel 16. Samenstelling van algemene kreeft-achtigen in Oude Maas (OM) en Nieuwe Waterweg (NW)

Riviertak	OM	OM	OM	NW	NW	NW
<i>Rivierkilometer</i>	<i>983</i>	<i>990</i>	<i>1001</i>	<i>1016</i>	<i>1020</i>	<i>1029</i>
<i>Corophium curvispinum</i>	1473	55	48	-	-	-
<i>Corophium multisetosum</i>	0	5	16	744	253	7
<i>Coropohium lacustre</i>	-	-	1	234	61	156
<i>Balanus improvisus</i>	-	-	12	58	69	1238

De meest voorkomende groep kreeft-achtigen zijn de slijkgarnalen (*Corophium* spp.). *C. curvispinum* is de Kaspische slijkgarnaal die nog geen 10 jaar geleden voor het eerst in Nederland is waargenomen. Momenteel is het de meest voorkomende soort op hard substraat in de Rijntakken. Deze zoetwatersoort tolereert zwak brak water, maar laat verstek gaan als het zoutgehalte toeneemt. In tabel 16 ligt de grens tussen zoet en zwak brak tussen km. 983 en 990. *C. multisetosum* en *C. lacustre* zijn typische brakwatersoorten die in het zoete water en in de zee niet voorkomen. Blijkbaar begint het brakke gebied voor deze soorten vooral tussen km. 1001 en km. 1016, waar deze soorten talrijk voorkomen. Een volgende overgang van het brakke naar het zoute water kan gelokaliseerd worden tussen km 1020 en 1029 waar de zeepok *Balanus improvisus* de dominante kreeftachtige wordt.

8.3.7 Sluisbeheer Haringvlietsluizen

De Haringvlietsluizen zijn spuisluizen voor zoet water. Het water is afkomstig van de Rijn en voor een kleiner deel van de Maas. Het spui-beheer is alleen gericht op het lozen van water en de stroming is tijdens het spuien meestal zo groot dat vissen niet naar binnen kunnen zwemmen. In het zomerhalfjaar, als de aanvoer van zoetwater gering is, staan de sluisen soms gedurende langere tijd dicht. Ook tijdens springvloed en stormvloed blijven de sluisen soms dicht. De Voordelta, het zeegebied voor de Haringvlietdam tussen de Maasvlakte en Goeree, raakt dan geheel gevuld met zout water. Tijdens het spuien vult de Voordelta zich in meer of mindere mate met zoet

water. Vanwege het onregelmatige karakter van de zoetwaterinflux kan zich hier geen permanent brakwater gebied vormen met een naar zee toe geleidelijk toenemende saliniteit.

Het is te verwachten dat binnen enkele jaren de Haringvlietsluizen een ander spuibeheer krijgen. Door Rijkswaterstaat is in 1998 een Millieu Effect Rapportage (MER) uitgewerkt waarin de volgende varianten worden besproken:

- gebroken getij; bij 2000 tot 4000 m³ rivieraanvoer staan de sluizen open op 1800 m³. Bij een debiet tussen 1700 en 2000 m³ staan de sluizen alleen bij eb open met een kleine opening. Bij een debiet onder 1700 m³ slaan de sluizen dicht. Dit betekent dat de sluizen nu in de zomer langere tijd dicht staan.
- gedempt getij; sluizen staan gedurende 95% van de tijd open op 2000 m³. Alleen bij minder dan 1000 m³ aanvoer (bij Lobith) gaan ze dicht.
- beheer als stormvloedkering; sluizen staan 99,5% van de tijd open op 6000 m³. Alleen bij overstromingsgevaar gaan ze dicht.

Omdat men verwacht dat ook bij een positief besluit het vanwege de noodzakelijke maatregelen nog wel enige tijd kan duren voordat de sluizen open gaan, is ook een tijdelijke variant bedacht. Bij deze variant gaan de sluizen op een kier waardoor intrek van vis mogelijk is en zich een klein brakwatergetijdengebied kan instellen.

Behalve zoetwater vanaf de rivier kan bij het, gedeeltelijk, openen van de sluizen dan ook zout- en brakwater vanaf zee de Haringvliet instromen. Trekvissen kunnen ongehinderd vanaf zee de Rijn en Maas op- en afzwemmen. Afhankelijk van de optie waarvoor wordt gekozen kan zoutwater tot uiterlijk iets voor het eiland Tiengemeten naar binnen dringen, waardoor een groot brakwatergetijdengebied kan ontstaan. Omdat de uitstroom van water minder onregelmatig is zal ook de Voordelta gedeeltelijk gevuld raken met brakwater. De afmetingen van het zo ontstane brakwatergetijdengebied zijn van een orde van grootte die vergelijkbaar is met de voor 1950 aanwezige brakwatergebieden in het estuarium. Het getijverschil in het Haringvliet zal van 30 cm nu weer oplopen tot 70 cm à 100 cm, afhankelijk van de gekozen opening. Het oppervlakte intergetijden gebied zal weer groter worden en processen als geul- en plaatvorming zullen een nieuwe impuls krijgen.

8.3.8 Het beheer van het Krammer Volkerak

Een derde brakwatergebied bevond zich voor de afsluiting van het Zeeuws-Zuid Hollands estuarium in de Krammer Volkerak. Een deel van het Rijnwater stroomde via het Hollands Diep het Volkerak binnen om daar te mengen met zout water dat vanaf de Grevelingen en de Oosterschelde het Krammer instroomde. Na de aanleg van de Hellegatsdam in het noorden en de Philipsdam in het zuiden is het Krammer Volkerak geheel afgesloten voor zowel de aanvoer van Rijnwater als zeewater. Het zo ontstane zoetwatermeer wordt gevoed door regenwater en twee kleine Brabantse beken. Rijnwater wordt niet ingelaten en het overtollige regenwater wordt via de sluizen in de Hellegatsdam in het Hollands Diep gespuid.

Hoewel er voor het Krammer Volkerak nog geen plannen bestaan zoals voor het Haringvliet, kan ook in dit systeem de waterhuishouding zodanig worden gewijzigd dat nieuwe brakwatergebieden ontstaan.

Door een bepaalde hoeveelheid Rijnwater via het Krammer Volkerak naar de Oosterschelde te laten stromen is het mogelijk in het noordelijk deel van de Oosterschelde (het Zijpe en het Mastgat) een brakwatergebied te creëren..

Wanneer de Westerschelde als voorbeeld dient dan is een hoeveelheid van ca 100 m³ per seconde gedurende de periode dat het eb is voldoende om een vrij uitgebreid brakwatergetijdengebied te laten ontstaan. Tevens wordt hierdoor de aanvoer van nutriënten naar de Oosterschelde hersteld. Sinds de afsluiting van de Philipsdam is het gehalte aan de nutriënten P, N en Si namelijk sterk gedaald (Eertman, 1996).

Door de sluizen ook bij geringe stroming nog open te laten staan (vgl. sluizen in de Afsluitdijk) kunnen trekvisser in- en uitzwemmen.

8.3.9 Sluisbeheer Afsluitdijk en mogelijkheden brakwaterzone in het IJsselmeer

De sluizen in de Afsluitdijk zijn in eerste instantie aangelegd om overtollig zoetwater vanuit het IJsselmeer te spuien in de Waddenzee. Het zoete water in het IJsselmeer is voor een deel neerslagwater en voor een ander deel Rijnwater dat via de IJssel instroomt. Het spuien vindt plaats bij laagwater en het water stroomt dan met zo'n kracht naar buiten dat vis niet in staat is er tegenin te zwemmen. In het kader van het internationale project "Zalm 2000" om de zalm weer terug te laten keren in de Rijn en haar zijrivieren is het spuisbeheer van de sluizen aangepast (Dekker, 1996). Sinds 1991 staan de sluizen langer open om migrerende vis in staat te stellen bij lagere stroomsnelheid naar binnen te zwemmen.

Het aangepaste sluisbeheer lijkt het gewenste resultaat te hebben. Trekvisser zwemmen vanuit het brakke getijdenwater naar het zoete stilstaande water. De dieren blijken in staat te zijn om deze plotselinge overgang te overbruggen. Dekker (1996) verzamelde o.a. forel, zalm, prik en fint als bijvangst van IJsselmeervissers. Deze vissen waren afkomstig van de Noordzee en verbleven kortere of langere tijd op het IJsselmeer. Het was niet duidelijk in hoeverre de verschillende soorten op weg waren naar of terugkeerden van in het rivierengebied gelegen paaiplassen. Het vermoeden bestaat dat het bij de forel om elders, bijvoorbeeld in Deense rivieren, uitgezette vissen gaat. Zij komen in het IJsselmeer als 20 tot 30 cm grote dieren en groeien er 2 jaar op, om het gebied dan weer te verlaten. Zij spelen dus geen rol in het Rijnsysteem, maar zouden dat op termijn wel kunnen gaan doen als de rivier er beter voor ingericht is; dat wil zeggen beter bereikbare paaiplassen en voldoende opgroeimogelijkheden voor jonge vis (mond. med. Dekker).

Ook werden 3 Sterlets (*Acipenser c.f. ruthenus*) gevangen in fuiken op het IJsselmeer; hiervan is ook niet bekend of ze trekkend waren tussen IJsselmeer en de Rijn of dat ze al langere tijd in het IJsselmeer leefden. Wel zeker trekkend zijn vanuit zee afkomstige platvissen die het IJsselmeer opzwemmen om er te paaien.

Het zoete water dat de Waddenzee instroomt mengt zich met het zoute zee-water. De instroom van zoetwater is te onregelmatig om in dit deel van de Waddenzee een brakwatergetijdengebied te ontwikkelen. De saliniteit op één plaats is daar voor aan te grote schommelingen onderhevig.

Bij vloed zijn de sluizen dicht en zout water kan het IJsselmeer niet binnendringen. Een verder aanpassing van het sluisbeheer, waarbij zoutwater ook het IJsselmeer instroomt, is in principe mogelijk. Voor de kust van Friesland of Noord Holland kan zich dan een brakwatergebied ontwikkelen.

8.3.10 Het zoetwatergetijdengebied

Het verst van de zee afgelegen deel van het estuarium was ook voor de afsluiting van de zeegaten al gevuld met zoetwater. Het getij had ook op deze wateren zijn invloed en het getijverschil liep op tot 3 meter in de Biesbosch.

Behalve in de Biesbosch lagen ook langs het Hollands Diep, de Oude Maas, de Nieuwe Maas en de Lek uitgestrekte intergetijdengebieden die dagelijks twee maal met zoet water overstroonden. Na de voltooiing van de Deltawerken kan alleen via de Nieuwe Waterweg nog een sterk verminderd resttij het gebied bereiken en het intergetijdengebied is daarom gedecimeerd (zie figuur 26 en 27). Grote delen van het voormalige, dagelijks overstroemde gebied zijn begroeid geraakt met wilgenbos, rietland of grasland. De kreken waar vroeger het water door in- en uitstroomde zijn drooggefallen of zijn gevuld met vrijwel stilstaand water. Tenslotte verlanden de meeste kreken omdat het slib uit het slibrijke rivierwater er bezinkt.

Ondanks de grote veranderingen die hebben plaatsgevonden in het zoetwatergetijdengebied is het systeem nog voor een deel intact:

- Er is nog een klein getijverschil van 40 tot 70 cm. Met name in de Biesbosch en langs de Oude Maas, maar ook langs de Nieuwe Maas en de Lek zijn er nog kleine bij eb droogvallende terreinen. In het Zuid Hollandse deel van de Biesbosch is een begin gemaakt met ontpolderen, zodat bij vloed het water deze polders kan overstromen. Het areaal aan intergetijdengebied zal hierdoor weer groter worden. Bij een ander beheer van de Haringvlietsluizen zal de getijslag opnieuw groter worden en daarmee het zoetwater-intergetijdengebied.
- Er is nog een groot areaal aan water, uiteenlopend van ondiep tot diep. De onderwaterbodems zijn deels zandig, deels kleiig en soms bestaan zij uit grind (met name in de Oude Maas).
- Een groot deel van de oevers, met name in de natuurgebieden, is niet met stortsteen versterkt en is begroeid met riet of wilgen en plaatselijk zijn er kleine zandstrandjes.

Wanneer het beheer van de Haringvlietsluizen verandert en zeewater weer ongehinderd naar binnen kan stromen zal de getijslag in het zoetwatergetijdengebied aanzienlijk worden vergroot. Afhankelijk van de gekozen variant bedraagt het ca 80 tot 120 cm. Het areaal aan droogvallende platen zal daardoor toenemen, maar ook zal zich in de geulen stroming herstellen, waardoor er weer zandige bodems zullen ontstaan. Voor de foeragerende Atlantische steur kan dit van groot belang zijn.

8.3.11 Mogelijke paaiplaatsen in het zoetwatergetijdengebied

Het is niet duidelijk in hoeverre de Atlantische steur in het verleden in de waterwegen in het westen van Nederland heeft gepaaid. In de diepe met zoetwater gevulde geulen van Biesbosch, Oude Maas, Hollands Diep, Amer en Nieuwe Merwede moet dit in principe mogelijk zijn geweest. De bodem bestond er uit zand of grind en er was voldoende stroming in het water. Na de afsluiting van de Haringvliet is veel slib bezonken in de geulen in de Biesbosch, Amer en Hollandsch diep zodat deze gebieden definitief lijken te zijn afgefallen als paaiplaats. In de Nieuwe Merwede en de Beneden Merwede is na de afsluiting veel zand bezonken, maar deze riviertrajecten lijken vooralsnog geschikt. De beddingen van de Oude Maas, de Dordtsche Kil en Noord hebben zich de laatste decennia verdiept en bestaan deels uit grind (Dreumel, 1995). Als paaiplaats komt deze riviertrajecten dan ook in aanmerking.

8.3.12 Mogelijke betekenis van zoet- en zoutwatermeren bij de kust

De in het Rijn- en Maasestuarium gelegen grote meren (Volkerakmeer, Grevelingenmeer, Zoommeer en IJsselmeer) kunnen een rol spelen in de levenscyclus van de Atlantische steur. Het zou dan vooral gaan om de jonge dieren, aangezien de volwassen dieren alleen het binnenland inzwemmen om er op de rivieren te paaien. Jonge Atlantische steur verblijft de eerste 2 jaar van zijn leven in het estuarium. Bekend is uit het Gironde-estuarium dat de dieren enkele malen vanuit het zoete deel van het estuarium naar het zoute deel zwemmen en soms ook op zee verblijven. Het is niet duidelijk of de jonge dieren in staat zijn hun eerste levensjaren geheel in het zoete water door te brengen. In dat geval zouden het IJsselmeer, het Volkerakmeer en het Zoommeer een geschikt opgroeigebied zijn. Van belang is dan wel dat de vissen ongehinderd in- en uit kunnen zwemmen.

Het Grevelingenmeer is minder geschikt voor de jonge Atlantische steur omdat het gevuld is met zoutwater (saliniteit ca 17‰). Het is momenteel niet bereikbaar voor vis omdat slechts sporadisch zoutwater wordt ingelaten en brakwater wordt gespuid. Wellicht zouden onvolwassen Atlantische steuren, die vanaf hun 4e levensjaar lange tijd op zee verblijven, er kunnen overleven. Zij kunnen dan in het Grevelingenmeer worden uitgezet en er opgroeien tot ze volwassen zijn, waarna ze de rivier op worden gelaten om er te paaien. Daarna kunnen ze wel naar zee vertrekken en aan de gewone cyclus meedoen. Voor in ieder geval een deel van de populatie zou hiermee het risicovolle verblijf op zee als onvolwassen, nog niet geslachtsrijpe Atlantische steur kunnen worden overgeslagen.

8.3.13 Visserij

In de Nieuwe Waterweg wordt niet gevisd. In de Westerschelde wordt vrij intensief gevisd tot ver achter in het estuarium. In de Gironde is er ook nog een levendige visserij. Ca 60 tot 70 vissers hebben er hun broodwinning uit de visserij. De Gironde is in Frankrijk bekend omdat het het enige estuarium is waarvan de specifieke visfauna nog vrijwel in tact is. Op het IJsselmeer bestaat nog een vrij levendige visserij. Vooral fuikvisserij (ca 25.000 stuks),

aalkisten (ca 22.000 stuks) en staande netten (ca 6000) zijn in gebruik. Daarnaast is er op kleine schaal nog zegenvisserij en aaskuilvisserij (Dekker, 1996).

8.3.14 Conclusie t.a.v. het estuarium

Het estuarium van de Rijn en Maas kenmerkt zich van nature door een volledige zoet-zout gradiënt en getijden-invloed. Sedimentatie leidde tot het ontstaan van ondiep water met deels droogvallende platen. Erosie sloeg delen van deze platen weg en plaatselijk ontstonden diepe geulen. Door stromingsverschillen werden klei, zand en grind gesorteerd. Door inpolderingen vanaf de 14^e eeuw is het areaal aan intergetijdengebied geleidelijk verminderd. De aanleg van dammen in de belangrijkste zeegaten heeft in de tweede helft van deze eeuw de dynamiek sterk verminderd. Het zoute water kan nog slechts door één zeegat, de Nieuwe Waterweg, instromen en hier bevindt zich een brakwatergetijdengebied van beperkte afmetingen. Verder landinwaarts ligt nog een uitgestrekt gebied waar zoetwater onder invloed van het getij staat, maar het getijverschil is gering en de daarmee samenhangende intergetijdengebieden zijn klein.

De waterkwaliteit en de voedselsituatie in het enige resterende zeegat en het er achterliggende met zoetwater gevulde deel van het estuarium zijn de laatste jaren sterk verbeterd. Het zuurstofgehalte en de nutriëntenrijkdom zijn hoog en er is veel diep en ondiep water ter beschikking met zowel zandige als slibbige bodems. Sinds enige jaren neemt door ontpolderingen het areaal aan zoetwater-intergetijdengebied weer toe. Omdat ook de visserij in dit deel van het leefgebied geen rol van betekenis meer speelt lijken er voor de Atlantische steur nog maar weinig belemmeringen over te zijn om hier te leven. Mogelijk is het aantal openingen naar zee en het areaal aan brakwatergebied te gering. De op handen zijnde plannen om de sluizen in de mond van het Haringvliet anders te gaan beheren zijn voor de Atlantische steur dan ook van groot belang en nemen ook deze hindernissen weg. Door het aangepaste sluisbeheer kan zich weer een brakwater-getijdengebied instellen en zal de getijslag in het zoetwater-getijdengebied groter worden. Hierdoor zullen ook veel geulen weer gaan stromen, waardoor de bodem weer zandig wordt. In de toekomst kan, door beperkte inlaat van Rijnwater via het Krammer-Volkerak, zich ook in een deel van de Oosterschelde een brakwatergetijdengebied herstellen.

Het spuibeheer van de sluizen in de Afsluitdijk is sinds 1991 zodanig aangepast dat vis daar vanaf de Waddenzee het IJsselmeer op kan zwemmen. Trekvisserij blijken hier ook weer gebruik van te maken. Voor de Atlantische steur kan dit een extra mogelijkheid betekenen om vanaf de Noordzee de Rijn op te zwemmen. Het ontbreken van brak- en zoetwater-getijdengebied is daar echter een belemmering voor het opgroeien van de jonge Atlantische steur.

8.4 De rivier de Rijn in Nederland als paaigebied en opgroeigebied voor jonge Atlantische steur

De Atlantische steur zwemt de rivier voornamelijk op om er te paaïen. De geschiktheid van de paaïplaatsen is dan ook van vitaal belang voor het voortbestaan van de populatie. De paaïtrek neemt ca twee maanden in beslag en viel voor de Rijn-populatie tussen 15 mei en eind juli. Na het paaïen verlaten de volwassen dieren de rivier weer snel. De pas geboren juveniele dieren verblijven enkele maanden op de rivier, alvorens ze zich af laten zakken naar het estuarium. De volwassen dieren eten vermoedelijk niet tijdens hun trek de rivier op, voor de jonge dieren is voedsel wel van groot belang.

8.4.1 Bodemsamenstelling van de Nederlandse Rijntakken

De bodem van de Rijn en Waal tussen de Nederlands-Duitse grens en Gorinchem (km 858 t/m 952) bestaat voor 20 tot 80% uit grind en voor 20 tot 60% uit grof zand (zie figuur 29). Stroomafwaarts neemt de grindfractie langzaam af en de fractie grof zand langzaam toe. Fijn zand komt slechts in geringe hoeveelheid voor en slib ontbreekt nagenoeg geheel. In de IJssel neemt de grindfractie stroomafwaarts veel sneller af en ligt er relatief veel fijn zand op de bodem. In de voormalige delta van de IJssel in het IJsselmeer is veel slib bezonken (zie figuur 30) (Brinke 1997).

Voor de normalisatie van de Rijn en Waal in het begin van de 19e eeuw was de rivier nog 500 tot 800 m breed, nu is dat gemiddeld nog 300 m. Hierdoor en door de vele bochtafsnijdingen is de stroomsnelheid toegenomen (zie ook tabel 15). Fijn sediment kan nu in de stroomgeul niet meer bezinken en het bodemsubstraat is daardoor grover geworden. Voor de Atlantische steur is dit geen ongunstige situatie, aangezien de eieren worden afgezet in de hoofdgeul op grof sediment.

Het grootste deel van de door Jago (1997) geselecteerde mogelijke paaïplaatsen van de Atlantische steur langs de Dordogne en Garonne heeft een bodem die voor 50% of meer uit keien bestaat met een diameter van 2 tot 20 cm (zie tabel 7 in par. 4.6.1). Grind (diameter 0,2 tot 2 cm) komt vooral in de Dordogne op veel plaatsen voor met een frequentie van 20 tot 40%. Grind en keien bepalen in het gehele fluviatiele deel van de rivier vrijwel steeds meer dan 75% van het bodemsubstraat. In de Garonne komt op veel plaatsen de rotsige ondergrond aan de oppervlakte.

In het deel dat door zoetwatergetijden wordt gedomineerd neemt de bodemdekking met slib stroomafwaarts snel toe: van ca 30% op 70 km van de Gironde tot 85% op 35 km daar vandaan. Het is niet duidelijk of de slibgehalten vroeger ook al zo hoog waren. Jago (1997) acht de plaatsen met getij vanwege de hoge slibgehalten nu niet meer geschikt voor de Atlantische steur om er te paaïen. Tijdens perioden met veel afvoer wordt een deel van het slib opgenomen en afgevoerd naar het estuarium; de plaatsen die het meest stroomopwaarts liggen in het zoetwatergetijdengebied worden dan als het ware schoon geveegd.

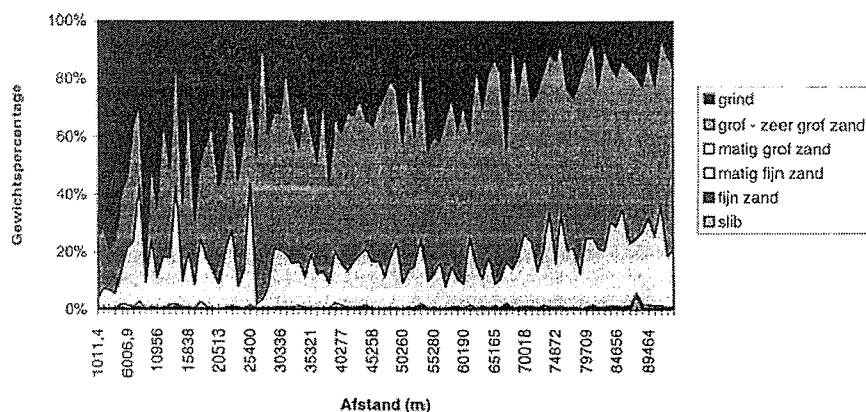
8.4.2 Mogelijke locaties voor paaiplaatsen in de Boven Rijn en Waal

In de Boven Rijn en de Waal blijkt er een significant verschil te zijn tussen de bodemsamenstelling van het linker- (=zuid) en het rechterdeel van de vaargeul. De noordoever (rechts) is grover, wat men niet zou verwachten omdat daar alleen de onbeladen stroomafwaartse vaart zich beweegt. Het vermoeden bestaat dat de invloed op de vaargeulbodem niet zo groot is. Het is juist de grotere hekgolf van de beladen schepen die het fijnere zand tussen de kribben opwervelt en naar de vaargeul zuigt, waar het vervolgens bezinkt (Brinke, 1997). Langs de rechteroever is dit proces niet aan de orde en houdt de vaargeul zijn oorspronkelijke grove samenstelling. Buiten de vaargeul in de kribvakken is de situatie omgekeerd. Hier is de zuidkant door het verdwijnen van het fijne sediment juist met grof zand en grind bedekt.

De in de figuren 29 en 30 vermelde grindfractie heeft een korrelgrootte van 2 tot 20 mm. Omdat nog nooit eieren van de Atlantische steur zijn gevonden, is niet duidelijk hoe grof het sediment moet zijn. Grof sediment op de bodem betekent dat er veel stroming is en er daarom veel zuurstof beschikbaar is voor de eieren. Daarnaast betekent het dat er weinig sedimentatie is van slib en fijn zand waar door de eieren bedolven kunnen raken. Uit interviews met vissers die in het verleden in de Dordogne en Garonne steur hebben gevangen komen paaiplaatsen naar voren die in het stroomafwaartse deel van de rivier nabij zandbanken liggen (korrelgrootte 0,5 tot 2 mm) en verder stroomopwaarts bij grindbanken (korrelgrootte 2 mm) (Elie, 1997). Wanneer er vanuit

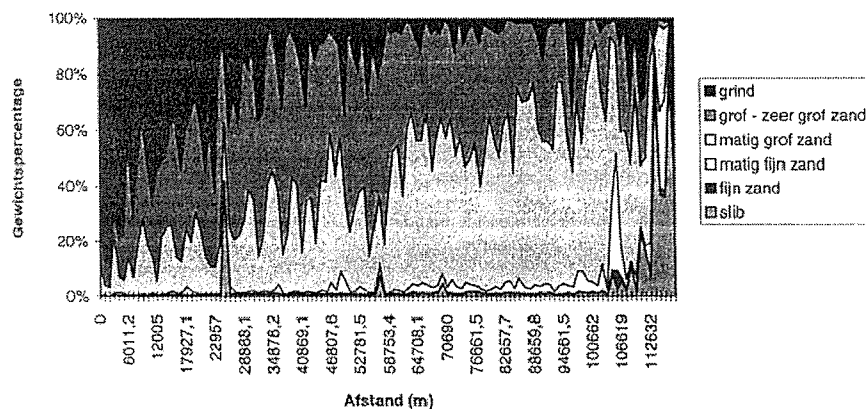
Figuur 29

Bodemsamenstelling Waal tussen km 858 en 952, uitgedrukt in gewichtspercentage. Op de horizontale as staat van links naar rechts de afstand tot de Nederlands-Duitse grens in meters (Brinke, 1997).



Figuur 30

Bodemsamenstelling IJssel van de aftakking vanaf de Rijn tot aan het IJsselmeer. Op de horizontale as staat van links naar rechts de afstand tot de aftakking van de Rijn (Brinke, 1997)



wordt gegaan dat in de Rijn en Waal het meest grove deel van het grind (grover dan 4 mm) het meest geschikt is om als paaiplaats te dienen, dan komen een tiental plaatsen in aanmerking (percentage 25%) (zie tabel 17). Van de eerste 50 km van de Rijn zijn de percentages van materiaal grover dan 4 mm niet onderscheiden. Voor dit traject zijn de riviervakken geselecteerd waar het grindgehalte met doorsnede 2 mm groter is dan 60%. Vanwege de hoge percentages mag worden aangenomen dat het percentage grover dan 8 mm hier zeker groter is dan 25% (Brinke, 1997).

Tabel 17. Riviervakken van de Boven Rijn en de Waal met een relatief hoog percentage grind als bodemsubstraat; meer dan 25% grover dan 8 mm of meer dan 60% grover dan 2 mm (gegevens uit Brinke, 1997).

Plaats	km	%grind 2 mm	%grind 8 mm
Spijk - Tolkamer	858 t/m 864	64 - 94	onbekend
Pannerden	866 t/m 868	69 - 94	onbekend
Doornenburg	870 t/m 872	82 - 92	onbekend
Haalderen	878	100	onbekend
Bemmel	881	86	onbekend
Dodewaard	901 t/m 903	61 - 78	onbekend
Ijzendoorn	908	73	34
Tiel	914 & 917	75 - 77	24 - 29
Ophemert	921	52	27

De meeste geschikte locaties liggen tussen de grens en Nijmegen; namelijk 15 kilometervakken. Tussen Nijmegen en Tiel liggen er 8 en daarna ligt nog slechts 1 vak.

De Atlantische steur zou in de nabijheid van de paaiplaatsen ook behoefte hebben aan diepe kuilen, vermoedelijk om zich te verzamelen. In de bovengenoemde kilometervakken zijn deze ook aanwezig, namelijk voor de kribkopen.

8.4.3 Mogelijke locaties voor paaiplaatsen in de IJssel

In de IJssel is er geen verschil tussen de linker- en de rechteroever. Alle voor de Atlantische steur mogelijk geschikte paaiplaatsen liggen in de eerste 10 kilometer ter.

Tabel 18. Riviervakken van de IJssel met een relatief hoog percentage grind als bodemsubstraat; meer dan 25% grover dan 8 mm of meer dan 60% grover dan 2 mm.

Plaats	km	% grind 2 mm	% grind 8 mm
Westervoort	879 - 884	69 - 96	21 - 69
Rheden	886 - 889	64 - 66	14 - 34

8.4.4 Foerageermogelijkheden voor jonge Atlantische steur

Het is niet bekend waar langs de Rijn in het verleden de larven van de Atlantische steur in het dooierzakstadium zich ophielden. Elie (1996) vermeldt dat het gunstig is voor de jonge Atlantische steur als zich nabij de paaiplaats rotsen bevinden waar ze kunnen schuilen. Langs de Waal is gebleken dat zeer jonge kopvoorn en barbeel zich gedurende de dag ophoudt in de spleten tussen de steenblokken van kribben (mond. med. R. Grift); waarschijnlijk zijn deze plekken ook geschikt voor jonge Atlantische steur.

De jonge Atlantische steuren laten zich volgens Magnin (1962) en Castelnaud et al. (1991) de rivier afzakken en komen na enkele maanden (minder dan 6) in het brakke water van het estuarium aan, ze zijn dan 20 tot 25 cm lang. Zeer waarschijnlijk zoeken de jonge Atlantische steurtjes dus al in de rivier naar voedsel en later, tijdens de trek naar het estuarium, ook in het zoetwatergetijdengebied. Van de sterk op de Atlantische steur lijkende Spitssnuitsteur (*A. stellatus*) uit de Wolga is bekend dat het voedsel na het dooierzakstadium vooral bestaat uit watervlooien (*Daphnia*) en later ook kleine Crustaceen en Chironomiden. In de Wolga bereiken de jonge dieren al na enkele weken het estuarium, waar ze overschakelen op het eten van Mysidacea en Gammaridae.

De dooierzakperiode stelt de Atlantische steur in staat biotopen op te zoeken waar veel voedsel voorkomt. Vanwege de onderstandige bek is het waarschijnlijk dat jonge Atlantische steur na het dooierzakstadium (ze zijn dan 15 mm lang) het moet hebben van de bentische macrofauna, zoals watervlooien, insectenlarven en vlokreeften. Van de Rijn is niet bekend waar de jonge Atlantische steur in het verleden foerageerde en het is daarom niet te zeggen of zij in de huidige rivier nog kan overleven. Wel is het mogelijk om biotopen te zoeken waar het voorkeursvoedsel van de jonge Atlantische steur voorkomt. Wat het voorkomen van voedsel betreft is de waterkwaliteit in de Rijn de laatste 2 decennia snel verbeterd en momenteel niet meer beperkend voor het voorkomen van veel soorten macrofauna die als voedsel dienen voor jonge vis. De variatie aan biotopen in de huidige hoofdgeul van de rivieren is erg gering en op de stenen kribben na zijn er vrijwel geen geschikte biotopen waar de macrofauna zich kan vasthechten. Op de bodem van de rivier dringt geen licht door en vanwege de scheepvaart zijn de ondiepe delen van de rivier, tussen de kribben, te dynamisch. Het zand is hier vrijwel steeds in beweging en organismen die zich vast willen hechten, spoelen te snel van hun plaats. Vanwege de herstelde waterkwaliteit is een groot aantal soorten macrofauna wel teruggekeerd, maar de aantallen blijven gering. Momenteel bedraagt hun biomassa dan ook slechts ca 5% van de oorspronkelijke hoeveelheid.

Op plaatsen buiten de hoofdgeul van de rivier zijn de omstandigheden gunstiger, zoals in oude rivierarmen en plassen die met de rivier in verbinding staan. De permanent stromende nevengeulen die in het kader van het plan "Levende rivieren" in het stroomgebied van de Rijn en Waal worden aangelegd zijn voor de macrofauna dan ook van groot belang. Op de langzaam oplopende oevers van deze geulen kunnen zich deze organismen zich vestigen. Ook dood hout dat in de geul valt is voor de macrofauna van groot belang om

zich aan vast te hechten. Schattingen geven aan dat in een levend riviersysteem tot 75% van de macrofauna afhankelijk is van dood hout als vestigingsplaats.

In een stromende nevengeul langs de Waal bij Opijnen bleek, bij een onderzoek aan de voedselkeus van jonge vis, dat veel soorten (Pos, Alver, Baars, Blank voorn, Brasem en Riviergrondel) een vergelijkbaar menu hebben als de Atlantische steur (AquaSense, 1998). Stromende nevengeulen blijken ook zeer belang rijk als foerageergebied voor jonge trekvis. Verrassenderwijs bleken barbeel en kopvoorn niet in de stromende nevengeulen te paaien, maar zeer jonge vis kwam al snel (als 3 cm lange larve) de geul in om er te foerageren en op te groeien (Grift, in prep.). Strangen die slechts aan een zijde aan de rivier zijn aangetakt en met de rivier in verbinding staande diepe zand- en grindgaten werden door de jonge vis niet of nauwelijks gebruikt. De paaiplaatsen van de in de nevengeul gevangen trekvis zijn niet bekend, maar liggen vermoedelijk in de rivier zelf. Na de uitkomst uit het ei laten de larven zich met de stroom meevoeren tot in de nevengeulen. Jonge Atlantische steur zou op vergelijkbare wijze gebruik kunnen maken van de Rijn. De komende tijd worden in zeker tien andere uiterwaarden langs de Waal, de IJssel en de Neder-Rijn stromende nevengeulen aangelegd.

Het is ook mogelijk dat de jonge Atlantische steur zich in het dooierzakstadium laat afzakken tot daar waar het getij op de rivier merkbaar is. Het karakter van de rivier is daar geheel anders en langs de oevers bevinden zich uitgestrekte rietmoerassen. Tussen het riet is er voor de jonge Atlantische steur voldoende voedsel te vinden en tevens is hij er veilig voor predators.

In deze situatie zal de Biesbosch in het verleden voor de jonge Atlantische steur dan ook een belangrijke rol hebben gespeeld. Na de normalisatie van de Rijntakken in het begin van de 19e eeuw was dit het gebied in het Rijnestuarium waar een overvloed was aan biotopen. Er bestaan inmiddels vergevorderde plannen om het rivierwater weer via kreken door de Biesbosch te laten stromen. Door het openen van de Engelse dam in het Zuid-Hollandse deel van de Biesbosch komt een gebied van ca 300 ha weer in open verbinding met de rivier. Ook langs de Oude Maas bestaan dergelijke plannen o.a voor de grienden van Klein Profijt. Voor de jonge Atlantische steur die zich de rivier heeft laten afzakken kunnen dit belangrijke opgroeigebieden worden.

Over de voedselsituatie in de Garonne en Dordogne schrijft Trouvery et al. (1984) dat zich, als gevolg van het hoge zuurstofgehalte, een overvloedig rijke fauna in de grindbeddingen van de beide rivieren bevindt, waarin ongewervelden, insectenlarven en schaaldiertjes overheersen. Deze fauna zou voor de vissen voortdurend ter beschikking staan, ondermeer omdat tijdens hoogwater de bodem wordt omgewoeld. Volgens Trouvery zijn de slikkige bodems in de rivier veel minder rijk aan voedsel omdat zuurstof er minder ver in doordringt, in de zomer leven er volgens hem veel oligocheten.

8.5 Het belang van de Rijn in Duitsland en Frankrijk voor de paaiende Atlantische steur

De Atlantische steur kan de Rijn tot de stuw van het Franse Iffezheim opzwemmen, 700 km van de monding. De Rijn is daarmee een van de weinige grote Europese rivieren die over een dergelijke afstand niet gestuwd is. De zijrivieren, waar de Atlantische steur vroeger ook gebruik van maakte, zoals Moezel, Main en Neckar zijn voor het grootste deel wel gestuwd. In het kader van het project "Zalm 2000" zijn in een aantal van deze rivieren vistrappen aangelegd. Vanwege zijn grote formaat is het onwaarschijnlijk dat de Atlantische steur hier gebruik van zal maken. Van de Atlantische steur in de Dordogne is bekend dat ze geen gebruik maakt van de vistrappen in de stuw bij Bergerac. Ook vistrappen die in Spaanse en Portugese rivieren zijn aangelegd, voordat de Atlantische steur daar uitstierf, werden niet door de dieren gebruikt.

In het Franse en Duitse deel van het Rijnsysteem zal de Atlantische steur echter voornamelijk in de Rijn zelf hebben gepaaid, aangezien daar de meeste plaatsen dieper dan 5m zijn te vinden. Kinzelbach (1987) maakt onderscheid in de benedenstrooms van Bonn gelegen Niederrhein (benedenstrooms van km 655) waar de Atlantische steur algemeen was en de bovenstrooms gelegen Mittlere- en Obere-Rhein waar incidenteel Atlantische steuren werden gevangen.

In Duitsland houdt een werkgroep zich bezig met de herintroductie van de Atlantische steur; 'Gesellschaft zur Rettung des Störes' geheten. Op termijn wil zij eieren, jonge Atlantische steur of geslachtsrijpe dieren bemachtigen om daarmee de soort te herintroduceren in de Rijn. Het Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten (1996) heeft een studie laten verrichten naar de mogelijkheden die de Niederrhein biedt als paaigebied en opgroeigebied voor jonge Atlantische steur.

8.5.1 De Niederrhein tussen Bonn en de Nederlandse grens

Beschrijving van het riviertraject

In de Duitse Niederrhein gold de steur als bijvangst van de zalmvisserij en werd er niet bewust op deze soort gevangen. De vangmethoden waren dan ook veel eenvoudiger dan in de estuaria van Rijn en Elbe. Het was meer geluk dan wijsheid als men een steur ving en de vangstaantallen kunnen dan ook niet gebruikt worden voor betrouwbare aantalsschattingen. Het feit dat regelmatig paairijpe vrouwtjes werden gevangen doet vermoeden dat een aanzienlijk aantal dieren in de Niederrhein paaide. (Landesanstalt für Ökologie, 1996).

Evenals de Nederlandse Rijntakken is het stroombed van de Niederrhein in de afgelopen eeuwen sterk veranderd. Door normalisatie en bochtafsnijdingen is een rivier ontstaan met een stroomgeul, zonder eilanden en met stabiele zandige of grindige oevers. De uiterwaarden zijn grotendeels in gebruik als landbouw grond en hier bevinden zich oude, verlandende rivierarmen die deels in open verbinding staan met de hoofdstroom. Bij hoogwater stromen deze armen mee, voordat de uiterwaarden overstromen. Door de vermindering van sedimentaanvoer uit de rivier zelf en de zijrivieren (a.g.v. de aanleg van stu-

wen) en bodemdalingen tussen Duisburg en Wesel (waardoor veel sediment daar neerzakt) is de bodem van de Niederrhein aan vrij sterke erosie (jaarlijks 10 tot 20 mm) onder hevig.

Grote delen van het stroombed van de Niederrhein zijn ingrijpend verbouwd, met name in de stedelijke gebieden. Stroomafwaarts van Wesel liggen echter ook oevers met een natuurlijker karakter. Dit traject strekt zich tot over de Nederlands-Duitse grens uit, tot iets voorbij Nijmegen. Er zijn uitgestrekte zand-en grindoevers met een steil of vlak reliëf; deze laagwaterzones liggen vooral in de binnenbochten. De buitenbochten zijn steeds van kribben of oeververdediging voorzien. De bodem is niet homogeen in diepte, maar met name in buiten bochten en bij de kribkoppen komen kuilen van 7 tot 10 m diepte voor (gemeten bij gemiddeld laagwater in het najaar).

Het bodemsubstraat bestaat uit grind en grof zand en de gemiddelde korrelgrootte neemt van Bonn tot Rees af van 13 mm tot 5 mm. De rivierbodem is echter niet eenvormig, naast elkaar komen beweeglijke fijn zandafzettingen, grofkorrelige substraten en met grof materiaal afgepleisterde bodems voor. In de oeverzone is het substraat vaak met een enkele mm's dikke laag organismen bedekt (Corophium, Bryozoën en Cordylophora).

Grindwinning

Tot halverwege de 20e eeuw werd in het Rijntraject tussen Andernach en de Nederlandse grens veel grind en zand gewonnen. Uit de tijd dat de Atlantische stuur nog in de Rijn paaide zijn geen hoeveelheden bekend, maar in de periode 1922 - 1950 werd op het gehele traject in totaal 10 tot 15 miljoen m³ opgebagerd. Dit komt ongeveer overeenkomt met de totale jaarlijkse aanvoer (ca 500.000 m³) van zand en grind door de rivier. Deze winning zal grote invloed hebben gehad op de ligging en de stabiliteit van de grindvoorkomens in de rivier. Grindbanken die het ene jaar geschikt waren als paaiplaats, waren het volgende jaar verdwenen. De invloed op het voorkomen van de Atlantische stuur zijn echter nooit onderzocht.

De winning had ook gevolgen voor de bodem van de rivier, die als geheel steeds lager kwam te liggen. Vanaf 1950 is de winning in de rivier gestopt en verplaatst naar de uiterwaarden. Door verminderde aanvoer vanuit de Middelgebergten gaat de beddingdaling van de Rijn nog steeds door. De grindvoorkomens op de huidige bodem worden echter niet meer afgegraven en zijn stabiel, op verplaatsing door stroming bij hoogwater na.

Geschiktheid voor de Atlantische stuur

Het Landesanstalt für Ökologie (1996) komt op grond van een studie naar de geschiktheid van de Niederrhein voor de Atlantische stuur tot de conclusie dat zich geen duidelijk aanwijsbare beperkingen meer voordoen. De gemiddelde korrelgrootte van het substraat is geringer dan de 17 mm die Elie (1996) aangeeft, maar er zijn ook zones aanwezig met grofkorrelig bodemsubstraat en deze bieden voldoende mogelijkheden voor de Atlantische stuur om eieren af te zetten. Daarbij is de korrelgrootte in vergelijking met vroeger, toen de Atlantische stuur ook in de Niederrhein paaide, niet afgenomen, maar eerder toegenomen.

De korrelgrootte is niet groot genoeg voor de jonge dieren om zich schuil te kunnen houden in spleten, maar die mogelijkheid wordt wel geboden tussen de blokken aan de voet van kribben en in de oeversverdediging. Deze rotsblokken zijn bedekt met een laag organismen en kunnen voor de jonge Atlantische steur als foerageergebied dienen. De op de bodem levende fauna in de rivier is dan wel veranderd in de laatste eeuw, maar het aantal taxa is niet veel geringer dan vroeger en vanwege de grote voedselrijkdom in het water zijn de aantallen van veel soorten plaatselijk erg hoog. Diepe kuilen, die in veel literatuur worden genoemd als plaats waar de volwassen Atlantische steur verzameld op weg naar de paaiplaatsen, komen veelvuldig voor, evenals de oevers die uit kiezelstenen of zand bestaan. Veelal liggen de meest geschikte paaiplaatsen en opgroeigebieden voor de jongen niet dicht bij elkaar. Dit hoeft echter geen probleem te zijn omdat de Atlantische steur in het dooi-erzakstadium van de ene naar de andere plaats kan drijven. Het is zelfs mogelijk dat de Atlantische steur verder stroom opwaarts in de Rijn paait en dat dan in de Niederrhein de jongen opgroeien.

De waterkwaliteit is in de laatste 20 jaar sterk verbeterd. Toxische effecten op vissen kunnen in de Niederrhein nu niet meer worden vastgesteld en het reproductiesucces van in de Rijn levende vissoorten wordt niet nadelig meer beïnvloed. Ook de zuurstofgraad in dit deel van de Rijn is geen limiterende factor meer, zelfs niet voor het uitkomen van de eieren.

Het voedselspectrum is in vergelijking met het begin van deze eeuw sterk veranderd, maar de nieuwe soorten horen tot het potentiële voedsel van de jonge Atlantische steur. Zo is een deel van de oorspronkelijke insectensoorten sterk afgenomen en zijn soorten van de taxa Hirudinea, Ectoprocta en Crustacea daarvoor in de plaats gekomen.

De waterstand in juni ligt rond het gemiddelde en is vaak iets hoger dan in de maand ervoor. Voor de Atlantische steur zou dit goed uitkomen omdat ze ook in het verleden tijdens deze piek de rivier opzwom. Hoogwater in juni is ook gunstig voor de jonge Atlantische steur omdat daarbij delen van de oever over stromen waar dan veel voedsel te vinden is. De riviervisserij is ook in Duitsland vrijwel geheel verdwenen en de sportvissers lijken geen grote bedreiging te zijn voor de Atlantische steur.

Samengevat is de Niederrhein van Duisburg tot Wesel nauwelijks geschikt vanwege de grootschalige rivierwerkzaamheden die hebben plaatsgevonden en de opvulling van de bedding met kolenafval. In theorie is de kolensteen in de bedding van de rivier wel geschikt als afzetplaats voor de eieren, omdat het vergelijkbaar is met rotsig substraat. Stroomafwaarts van Wesel vanaf km 820 en met name vanaf km 828 t/m km 838 is de morfologie van de rivier zeer geschikt voor de Atlantische steur om er te paaien en op te groeien. Verder stroomafwaarts is de bodem zandiger en minder geschikt als paaiplaats, maar nog wel als foerageergebied voor de jongen.

8.5.2 Mittlere- en Obere Rhein tussen Iffzheim en Bonn

Tot aan de stuw van Iffzheim kunnen vissen de Rhein opzwemmen. Het traject van Bonn tot aan deze stuw bestaat uit twee verschillende gebieden: het

Lei steengebergte tussen Bonn en Bingen en stroomopwaarts daarvan de Bovenrijnse Laagvlakte.

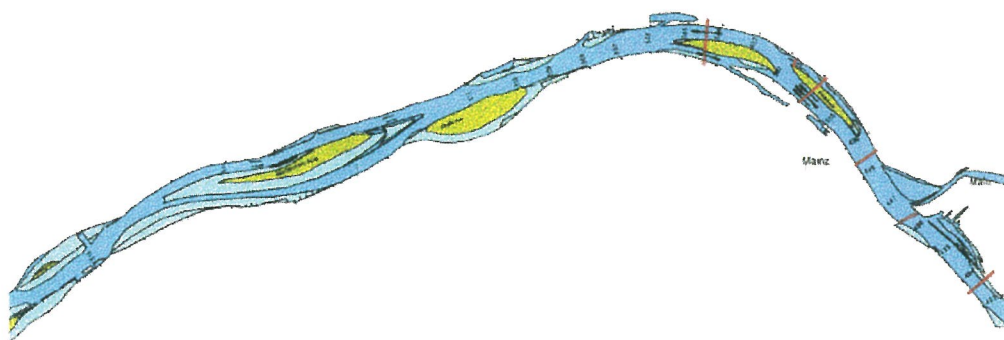
In beide delen zijn in vroeger tijd steuren gevangen, maar de aantallen waren niet groot. Vermoedelijk paaide de Atlantische steur er wel (Kinzelbach, 1987). In de laagvlakte had de Rijn van oorsprong een sterk meanderende loop en lagen er veel eilanden in de rivier. Door riviercorrecties is de loop veranderd in een vrijwel recht ca 250 m breed kanaal. Het verhang van de rivier bedraagt nabij Iffezheim 0,5 m/km en de bodem bestaat grotendeels uit grind en zand. Stroom afwaarts neemt het verhang af tot 0,28 tussen Maxau en Speyer, 0,16 bij Mannheim en 0,08 m/km bij Worms. Tussen Mainz en Bingen is het verhang nog geringer en is de rivier 400 m breed. Er zijn hier talrijke zand en grindeilanden en de bodem in de vaargeul ligt bij gemiddeld waterpeil ca 5 m diep.

Vanaf Bingen doorsnijdt de Rijn het Leisteengebergte in een smal, diep dal. De rivierbodem bestaat grotendeels uit massief gesteente en het verhang bedraagt ongeveer 0,4 m/km. De waterdiepte neemt toe tot ca 8 meter. In de rivier liggen plaatselijk grindbanken en eilanden en de oevers bestaan grotendeels uit grind-en zandstranden of massieve rots. Stroomafwaarts van Koblenz, waar de Moezel in de Rijn uitstroomt neemt het verhang nog iets toe, tot 0,5 m/km om na Bonn weer af te nemen tot 0,14 m/km.

Twee deeltrajecten zijn geschikt voor de Atlantische steur om er eieren af te zetten: het meest bovenstroomse deel tussen Iffezheim en Speyer en het door braakdal door het Leisteengebergte tussen Bingen en Bonn. In het eerste traject stroomt het water vanwege het verhang snel en bestaat de bodem uit grind. De Atlantische steuren kunnen hierop hun eieren afzetten en de larven vinden voldoende mogelijkheden om zich overdag schuil te houden. De foerageer- en opgroeimogelijkheden voor de jonge vis zijn gering, maar daarvoor biedt het stroomafwaarts gelegen deel tussen Mainz en Bingen met zijn vele eilanden (zie figuur 31) en ondiepe stromende watergedeelten voldoende mogelijkheden. De gezamenlijke lengte van deze nevengeulen bedraagt 42 km, waarvan 25 km zonder binnenvaart en 5 km ook zonder recreatievaart. Ook het traject tussen Bingen en Bonn wordt gekenmerkt door een vrij hoge stroomsnelheid. Er zijn voldoende afzetplaatsen voor de eieren in de diepe geulen en op de massieve rotsbodem. Larven kunnen zich schuilhouden tussen de rotsblokken en er zijn voldoende foerageermogelijkheden in de stromende ondiepe geulen langs de eilanden en grindbanken.

Figuur 31.

Kaart van de Rijn ter hoogte van Mainz.
In de vele geulen met ondiep stromend water langs de eilanden vindt de jonge Atlantische steur voldoende mogelijkheden om te foerageren



8.6 Chemisch herstel Rijn

8.6.1 Belasting van steuren door chemische stoffen

Gegevens over waterkwaliteit en de eventuele belasting daardoor van steuren door chemische stoffen zijn alleen bekend van de Wolga (Overmars & Bosman 1995) (tabel 9). In deze paragraaf worden die gegevens vergeleken met Pos die in de Rijn voorkomt. De Pos is een vis met een overeenkomstig voedselpatroon als de steur. De Pos eet in zoet water hoofdzakelijk vlokreeften en muggelarven (Nijssen & de Groot 1987, Bergers 1991), voedsel dat ook de steur in het zoetere water opneemt (paragraaf 6.2).

Tabel 19. Gehaltes zware metalen (mgr/kg) in spierweefsel van aantal vissoorten en Mossel uit de Wolga en een aantal Nederlandse wateren.

			Cd	Zn	Cu
Haring	Wolga	min	1,11	144,6	9,34
		max	3,55	1517	116,4
A. guldenst.	Wolga	min	3,52	37,6	7,29
		max	6,05	184,6	20,7
A. stell.	Wolga	min	0,76	111,2	8,82
		max	2,41	205,5	16,8
Pos	Rijn	gem	0,04	55,0	2,00
		min	0,01	46,0	1,30
		max	0,11	59,0	1,80
	IJsselmeer	min	0,02	37,0	1,20
		max	0,12	54,0	5,10
	Haringvliet	min	0,02	47,0	1,60
		ax	0,09	115,0	3,40
	Maas	min	0,02	50,0	1,60
		max	0,18	84,0	8,00
Brasem	Waal	min	0,00	0,00	
		max	3,78	171,9	
Snoekbaars	Waal	min	0,00	6,10	
		max	3,67	535,1	
Snoekbaars	IJsselmeer	min	,005	20,0	1,18
		max	0,12	70,6	10,58
Mossel	Ooster-schelde	min	0,47	47,6	
		max	2,70	194,0	

Tabel 19 geeft van een aantal zware metalen de drooggewicht gehalten in spierweefsel bij Russische steur (*Acipenser guldenstaedti*) en spitssnuitsteur (*Acipenser stellatus*) en haring (Clupidae) uit de Wolga en van pos, brasem en snoekbaars uit de Nederlandse rivieren, randmeren en IJsselmeer (Hoogerwerf 1986).

De gehalten voor cadmium in spierweefsel van pos zijn op alle locaties lager dan die van voor de beide steuren uit de Wolga. Geconcludeerd moet worden dat het uiterst giftige cadmium in Wolga steuren alarmerend hoog is. De gehalten voor koper en zink bij pos en de beide steuren liggen in dezelfde range. Dus ook de concentraties koper en zink in spierweefsel van de beide steuren zijn veel hoger dan die in os.

De concentraties zware metalen in spierweefsel van haring zijn nog hoger dan bij de steuren. De haring is een pelagische vis die leeft van planktonisch materiaal, dit in tegenstelling tot de steuren die op de bodem foerageren. In het Nederlandse rivierengebied is een dergelijk verschil te zien tussen Mossel (filterfeeder) en pos (tabel 9). Het cadmiumgehalte in de mossel ligt ook veel hoger dan van de pos. Marquenie & de Kock (1984) vonden dat Pos 5 - 20 maal lagere gehalten had dan filteraars.

Oesters uit de Gironde bevatten 80 mgr/kg (drooggewicht) cadmium (Boutier 1981 in: Latouche, 1988). Een concentratie 10 keer hoger dan in oestergebieden in Bretagne, Marennes-Oléron, Arcachon en Pays Basque maar ook veel hoger dan in mosselen uit de Oosterschelde (tabel 9). Het cadmium komt niet zozeer uit de industrie rond Bordeaux, maar via de Garonne en de Lot uit een klein zijriviertje van de Lot bij Decazeville, de Riou Mort. De cadmiumconcentratie in zwevende stof bedroeg in 1988 in de Garonne nog 18 tot 5 mg/kg afhankelijk van de waterafvoer. In het Gironde-estuarium is de concentratie lager (ca 2 tot 4 mg/kg), dit is ca 5 keer hoger dan normaal (0,6 mg/kg). In zee voor het estuarium is het gehalte kleiner dan 2 mg/kg. Cadmiumgehalten van steur uit de Gironde zijn niet bekend, maar aangezien met name de jonge steur bodemorganismen eet zal het cadmiumgehalte in deze dieren ook hoog moeten zijn.

8.6.2 Chemisch herstel Rijn

Begin jaren zeventig was de Rijn nog een zwaar vervuilde rivier. Daarna is daar langzamerhand verbetering in gekomen. Nu is duidelijk dat het chemisch herstel vordert en dat de Rijn hard op weg is een van de minst verontreinigde rivieren van Europa te worden (Bijlage 'Levende Rivieren')

Zuurstofgehalte

Het zuurstofgehalte is weer op peil en bedraagt gemiddeld bij Lobith in het 1993: 10,3 mg/l (range 8,2 - 11,4). In 1971 bedroeg het gehalte nog 4,4 en in 1975 gemiddeld 7,5 mg/l. Holcyk (1989) vermoedt trouwens dat de Atlantische steur over het algemeen weinig problemen zal hebben gehad met lage zuurstof gehalten. Als bewoner van estuaria met eutroof water moet hij tijdelijke lage gehalten gewend zijn geweest. Ook uit het feit dat levende Atlantische steuren soms in aquaria op kermissen werden getoond, blijkt dit (Kinzelbach, 1987). Beide auteurs houden er geen rekening mee dat lage zuurstofgehalten eerder een probleem zijn voor het uitkomen van de eieren, dan voor de oudere steuren. In de omgeving van paaiplaatsen is het zuurstofgehalte in de Rijn echter geenszins meer een probleem. De mediane hoeveelheid opgelost O₂ in de Rijn bij Lobith was in 1993 10,3 (8,2 - 11,4) mg.l⁻¹ (Rijkswaterstaat 1994). De laagste waarde (8,2 mg.l⁻¹) wordt daarbij bereikt bij lage waterstanden aan het einde van de zomer. In de periode mei tot en met juli, wanneer de eieren worden afgezet is er dus voldoende zuurstof in de Rijn aanwezig.

Zware metalen

Alle zware metalen zijn spectaculair gereduceerd. Met name het zeer giftige cadmium, zink en kwik zijn met meer dan 80 % gereduceerd (tabel 10). De huidige reductie van zware metalen in de Rijn leidt ook tot een verbetering van de kwaliteit van de bodem. Voor een aantal parameters is het al zover dat de gehalten in sedimentatiebodems gelijk of lager zijn dan in 1920 toen de Atlantische steur nog in de Nederlandse rivieren paaide (Bruggen, 1995).

Tabel 20. Gehaltes (mediane waarden) zware metalen (mugr/l), zuurstof en chlo-ride (beide in mg/l) in de Rijn in 1978 en 1993.

jaar	Lobith		reductie %	Haringvliet		reductie %	Maassluis		reductie %
	1978	1993		1978	1993		1978	1993	
Cu	15,0	7,5	-50,00	8,2	3,0	-63,41	8,2	4,3	-47,56
Zn	113	22	-80,53	60	11	-81,66	60	19	-68,33
Ni	12,0	4,8	-60,00	7,5	3,2	-57,33	7,5	3,6	-52,0
Cd	2,31	0,06	-97,40	0,70	0,05	-92,85	0,70	0,05	-92,85
Cr	31,1	6,9	-77,81	18,6	—	?	18,6	3,8	-79,56
Pb	17,9	4,4	-75,42	8,2	—	?	8,2	3,7	-54,87
Hg	0,22	0,04	-81,81	0,13	—	?	0,13	0,04	-69,23
zuurstof	7,5	10,3		7,7	9,2		10,3	9,2	
Cl	162	155	-4,3						

Het zwaar vervuilde slib dat tussen 1970 en 1980 met name in het Hollands Diep en de geulen in de Biesbosch is bezonken is inmiddels bedekt met een laag(je) schoner slib (Klink, 1994). De macrofauna reageert hier inmiddels op met een langzaam herstel. In de Rijn en de Waal is vanwege de stroomsterkte geen slib bezonken. Met het verbeteren van de waterkwaliteit is het herstel van macrofauna vrijwel gelijk opgegaan. Inmiddels is ca de helft van de water- en bodemorganismen die in het verleden de rivieren bevolkten teruggekeerd (Klink, 1994).

Eutrofiëring

Het nutriëntengehalte in de Rijn is nog steeds hoog in vergelijking met de oorspronkelijke situatie van een niet verstoorde natuurlijke rivier. De maatregelen van het Rijn Actie Programma waren vooral gericht op het reduceren van het fosfaatgehalte en bij Lobith is de totaal-fosfaatconcentratie dan ook tussen 1975 en 1990 gedaald van ca 1 mg/l naar 0,30 mg/l. Deze afname is vooral het gevolg van de zuivering van afvalwater door rioolzuiveringsinstallaties en in mindere mate door fosfaatvrije wasmiddelen (Dijk, 1993). In de Nieuwe waterweg ter hoogte van Maassluis is de reductie minder duidelijk: van ca 0,60 mg/l naar 0,40 mg/l. Deze hoge waarden worden toegeschreven aan de fosfaatlozingen van de Rotterdamse kunstmestindustrie.

Het totaal-stikstofgehalte is nauwelijks afgenomen sinds de zeventiger jaren en ligt nog steeds op het extreem hoge gehalte van ca 5,5 mg/l. De ammoniumconcentratie is wel afgenomen (van 2,5 naar 0,3 mg/l) en benadert de kritieke waarden van 0,2 mg/l zoals geformuleerd in het Rijn Actie Programma (Dijk, 1993). De toxiciteit van ammonium wordt veroorzaakt door ammoniak, dat zeer giftig is voor vissen. De ammoniakwaarde waarbij geen effect wordt verwacht is 2,4 mug/l. De ammonium- en daarmee de ammoniakconcentratie kent een sterke seizoensfluctuatie. In de winter lopen de gehalten nog steeds

op tot 1,00 mg/l voor ammonium en 0,20 mug/l voor ammoniak; een concentratie die gevaar oplevert voor gevoelige levensvormen. In de zomer liggen de gehalten veel lager.

Als gevolg van de hoge nutriëntenconcentraties vindt er een sterke fytoplankton ontwikkeling plaats. Het chlorophyll-a gehalte schommelt dan ook rond 50 - 80 mug/l met uitschieters tot 170 mug/l (stand 1990). De streefwaarde ligt bij 25 tot 40 mug/l

Zoutgehalte

Het zoutgehalte is nog op het nivo van eind jaren zeventig. In de periode 1980 -1990 bedroeg de gemiddelde chlorideconcentratie 168 mg/l (range 45 - 420 mg/l) terwijl de natuurlijke chlorideconcentratie slechts 13 mg/l bedraagt (Dijk, 1993).

Thermische verontreiniging

Als gevolg van het gebruik van Rijnwater voor koelwater is de gemiddelde temperatuur van het water in vergelijking met de natuurlijke situatie ca 2 graden gestegen (Dijk, 1993).

8.7 Conclusies ten aanzien van de geschiktheid van de Rijn in Frankrijk, Duitsland en Nederland

De rivier heeft twee belangrijke functies voor de Atlantische stuur: zij dient als paaiplaats voor de volwassen dieren en als foerageergebied voor de zeer jonge Atlantische stuur. Voorzover bekend is waar de paaiplaatsen lagen, waren zij gesitueerd in de diepere delen van de rivier op grindbanken en eventueel op verzonken boomstammen. De hoofdgeul van de Rijn heeft voldoende diepe plekken, met name in de buitenbochten en voor de kribkoppen. Ook wat het substraat betreft zijn er genoeg plaatsen waar de bodem uit fijn tot grof grind bestaat.

De waterkwaliteit van het Rijnwater is de laatste twee decennia sterk verbeterd en is zeer waarschijnlijk niet meer beperkend voor de Atlantische stuur. Ook organismen die als voedsel dienen voor de Atlantische stuur ondervinden geen hinder meer van de waterkwaliteit en zijn dan ook weer teruggekeerd in de Rijn. Voor hen is vooral het ontbreken van geschikte biotopen de beperkende factor.

Ook andere negatieve factoren, zoals de intensieve riviervisserij en grindwinning in de hoofdgeul, komen in de Rijn niet meer voor.

In het bovenstroomse deel van de Rijn zijn twee deeltrajecten geschikt voor de Atlantische stuur om er eieren af te zetten: het meest bovenstroomse deel tussen Iffezheim en Speyer en het doorbraakdal door het Leisteengebergte tussen Bingen en Bonn. In het eerste traject stroomt het water vanwege het verhang snel en bestaat de bodem uit grind. Ook het traject tussen Bingen en Bonn wordt gekenmerkt door een vrij hoge stroomsnelheid en er zijn voldoende afzetplaatsen voor de eieren in de diepe geulen en op de massieve rotsbodem. In de Niederrhein liggen de meest geschikte locaties stroomafwaarts van Wesel. Vanaf km 820 en met name vanaf km 828 t/m km 838 is

de morfologie van de rivier zeer geschikt voor de Atlantische steur om er te paaïen en op te groeien.

In Nederland liggen, afgaande op de grofheid van het bodemsubstraat, de meest geschikte locaties liggen tussen de grens en Nijmegen; namelijk 15 kilometer vakken. Tussen Nijmegen en Tiel liggen er nog 8 en daarna ligt nog slechts 1 vak, waar de bodem uit grindig materiaal bestaat.

Wat de foerageerplaatsen voor de jongen betreft zijn de situaties in de Bovenrijn met name geschikt tussen Mainz en Bingen. De larven kunnen zich daar goed schuilhouden tussen de rotsblokken en er zijn voldoende foerageermogelijkheden in de stromende ondiepe geulen langs de eilanden en grindbanken.

De foerageermogelijkheden in de Niederrhein zijn minder gunstig, vanwege het ontbreken van ondiep stromend water. Mogelijk dat de zandige bodem van de rivier zelf als foerageergebied kan fungeren.

Dit geldt ook voor de Rijnarmen in Nederland, hier worden echter in de nabije toekomst een groot aantal stromende nevengeulen aangelegd die als foerageergebied kunnen dienen. Eén zo'n geul bij Leeuwen langs de Waal bleek al in het eerste jaar veel jonge trekvis aan te trekken. Het is in Nederland ook mogelijk dat de jonge Atlantische steur zich in het dooierzakstadium laat afzakken tot daar waar het getij op de rivier merkbaar is. Het karakter van de rivier is daar geheel anders en langs de oevers bevinden zich uitgestrekte rietmoerassen. Tussen het riet is er voor de jonge Atlantische steur voldoende voedsel te vinden en tevens is hij er veilig voor predators.



Potentiële paaigebieden
in de Duitse Rijn
bij Kaab.

Op de voorgrond een
kunstmatige nevengeul,
achter een stortstenen dam.

Daarachter een centrale
vaargeul voor de
scheepvaart

Rechtsachter een natuur-
lijke nevengeul zonder
scheepvaart.

9. Het herpopulatieprogramma

9.1 Ondersteuning bestaande projecten in Frankrijk en Georgië

Om in de Westeuropese rivieren een nieuwe stabiele populatie steuren op te bouwen, is het op de eerste plaats nodig om de soort voor uitsterven te behoeden. Een krachtige ondersteuning van de activiteiten tot behoud van deze vissoort in Frankrijk is daarom noodzakelijk voordat met herintroductie in de Rijn kan worden aangevangen. Langs de Gironde doen medewerkers van het instituut Cemagref al meer dan 20 jaar actief onderzoek naar de mogelijkheden tot herstel van de populatie steuren. Deze populatie is er nu stabiel, maar herstel treedt nog niet op. In Georgië is de situatie minder duidelijk. Langs de Rioni zijn de inspanningen tot behoud van de steur nog zeer beperkt. Een oriënterend onderzoek naar de stand van zaken daar is nodig.

Het WNF-Internationaal zal in het kader van het programma 'living rivers' een project starten ter ondersteuning van bestaande herstelprogramma's in beide landen. Overleg met betrokkenen in Frankrijk en Georgië zal in de loop van 2000 uitwijzen op welke wijze steun kan worden verleend. Wanneer (een van) beide populaties weer gaat groeien en zonder schade aan deze populatie jonge dieren of eieren kunnen worden betrokken, wordt het tijd voor de tweede stap: het herbevolken van andere Europese rivieren, waaronder de Rijn.

9.2 Internationale samenwerking

In zowel Frankrijk als Duitsland als Nederland zetten organisaties zich nu al in om de Atlantische steur voor uitsterven te behoeden, respectievelijk zijn dat het onderzoeksinstituut CEMAGREF (F), die Gesellschaft zur Rettung des Störes (D) en de Nederlandse afdeling van het Wereld Natuur Fonds. Vooruitlopend op een herpopulatieproject van de Rijn is het gewenst al op korte termijn een internationaal samenwerkingsverband op te stellen tussen de drie landen. Hierin kunnen de bovengenoemde 3 organisaties of andere organisaties uit een land zitting nemen. De taak van dit gezelschap is de herintroductie in de verschillende landen verder voor te bereiden. Zodat spoedig tot actie over kan worden gegaan wanneer uit de andere populaties eieren of jonge visjes kunnen worden betrokken, zonder dat deze populaties er onder leiden. Het gaat daarbij om de volgende werkzaamheden:

- het bepalen van de exacte locaties van de meest geschikte uitzetplaatsen van larven en jonge vis
- het opstellen van het uitzetprogramma
- het geven van publiciteit aan het uitzettingsproject
- het informeren van de sport-, rivier- en zeevissers over het project
- het opzetten van een monitoringsprogramma
- het verzorgen van de financiën voor het project, bv via een EG-life project
- het eventueel opzetten van een eigen kweekprogramma

9.3 Uitvoering

9.3.1 Wijze van uitzetten

Wat het uitzetten van de vis betreft zijn er 3 mogelijkheden.

- 1) Volwassen, geslachtsrijpe vis kan nabij potentiële paaipplaatsen worden uitgezet. Deze dieren zullen op zoek gaan naar een geschikte paaipplaats om daar eieren af te zetten. De dieren zwemmen daarna stroomafwaarts naar zee om in een volgend jaar weer terug te keren naar deze paaipplaatsen. De kans van slagen is bij deze methode echter gering. De populatie in de Gironde laat zien dat zelfs bij een aantal van enkele honderden volwassen dieren niet jaarlijks een geslaagde voortplanting plaatsvindt. Het lijkt er op dat de dieren elkaar niet meer kunnen vinden of dat ze niet tegelijk paairijp zijn. De nog bestaande populaties zijn inmiddels zo klein dat het vrijwel onmogelijk is om genoeg volwassen Atlantische steuren te bemachtigen om rivieren zoals de Rijn van voldoende dieren te voorzien.
- 2) Larven die uit in kweekvijvers bevruchte eieren zijn gekomen kunnen in de buurt van geschikte paaipplaatsen worden uitgezet. Hiervoor is men afhankelijk van het vrijwel tegelijkertijd bemachtigen van een geslachtsrijp mannelijk en vrouwelijk dier. In de Gironde is dit in de afgelopen 18 jaar, sinds het begin van het onderzoek van CEMAGREF, slechts eenmaal gelukt, namelijk in 1995. Een deel van de larven is indertijd in de Garonne en Dordogne uitgezet.
In kweekvijvers heeft men een aantal onvolwassen Atlantische steuren; onder andere van de jaarklasse 1987. Wanneer het in de toekomst lukt om deze dieren te laten paaien kunnen regelmatig grote aantallen larven beschikbaar komen om in de Gironde en de Rijn uit te zetten. Het is helaas niet mogelijk eieren of sperma van de steur in vloeibare stikstof in te vriezen en te bewaren en zo de kans op succesvolle voortplanting te vergroten.
- 3) Evenals larven kan ook in kweekvijvers opgegroeide jonge vis van enkele weken oud worden uitgezet. Dit heeft de meeste kans van slagen als ze in de buurt van geschikte foerageerbiotopen worden uitgezet. Van viskwekerijen uit de Wolgadelta is bekend dat met name de eerste weken veel sterfte optreedt onder de jonge vis. Dit kan worden voorkomen door ze enige tijd op te kweken.

Voor het welslagen van het herpopulatieproject is het van belang een zo groot mogelijk aantal larven of jonge vissen uit te zetten, bv tienduizend larven per uitzetlocatie per jaar. Het aantal dat kan worden uitgezet is echter vooral afhankelijk van het aanbod.

9.3.2 Periode van uitzetten

De Atlantische steur is een vissoort met een trage reproductie. Pas na 10 jaar zijn de eerste mannelijke dieren geslachtsrijp en voor de vrouwtjes duurt het zelfs nog langer. Het duurt dus minimaal deze periode voordat de in de Rijn uitgezette vis zich zal gaan voortplanten. Om een evenwichtig mogelijke leeftijdsopbouw van de nieuwe populatie te realiseren is het nodig gedurende vele jaren larven of jonge vis uit te zetten. Een periode van bijvoorbeeld 10 tot 12 jaar is voldoende om het stadium dat de dieren onvolwassen zijn te overbruggen. Daarna zijn de eerste dieren geslachtsrijp en is natuurlijke voortplanting in het Rijnsysteem te verwachten. In de jaren daarna komen er steeds meer geslachtsrijpe dieren en moet de populatie in staat worden geacht meer en meer voor eigen aanwas te zorgen.

Hierbij is er vanuit gegaan dat er voldoende larven en/of jonge vis voorhanden zijn om jaarlijks uit te zetten. De praktijk wijst tot op heden uit dat dat niet het geval is. Ook wanneer met onregelmatige tussenpozen van 1 of enkele jaren larven of jonge vis beschikbaar is moet over een lange periode worden uitgezet om zoveel mogelijk verschillende leeftijdscohorten te krijgen.

9.3.3 Geschikte plaatsen om de larven of jonge vis uit te zetten.

De meest geschikte locaties om de larven uit te zetten zijn die plaatsen waar in elkaars nabijheid zowel paaiplaatsen aanwezig zijn als foerageergebieden voor de jonge dieren. In aanmerking komen:

- in Frankrijk juist beneden de stuw van Iffezheim
- in Duitsland tussen Karlsruhe en Mannheim
- in Duitsland tussen Bingen en Koblenz
- in Duitsland tussen Kalkar en Rees
- in Nederland tussen Millingen en Nijmegen
- in Nederland in de Boven Merwede tussen Werkendam en Gorinchem

De meest geschikte locaties om jonge vis uit te zetten zijn die plaatsen waar voldoende foerageergebieden voor de jonge dieren zijn, of juist stroomopwaarts daarvan.

- in Duitsland tussen Mainz en Bingen
- in Nederland in de stromende nevengeul van Beneden Leeuwen
- in Nederland in de Zuid Hollandse Biesbosch

Om het risico van mislukkingen zo klein mogelijk te maken is het raadzaam (bij voldoende larven en/of jonge vis) op 3 of 4 plaatsen tegelijk dieren uit te zetten.

9.4 De rol van het Wereld Natuur Fonds

Na de presentatie van het voorliggende rapport zal in eerste instantie het internationale WNF het herstelprogramma van de steur verder op zich nemen. Tijdens een bezoek aan de verschillende buitenlandse organisaties zullen zowel de bevindingen over de situatie Rijn als de ondersteuning van de lokale projecten worden gepresenteerd. Voor de beide partners zal een Engelse en een Franse vertaling van het rapport worden gemaakt. en de taken van een internationaal samenwerkingsverband worden besproken. Afhankelijk van de uitkomsten van deze bezoeken zal besloten worden tot het opzetten van een internationaal samenwerkingsverband.

Voor de Nederlandse afdeling van het WNF is een belangrijke taak weggelegd bij het onder de aandacht houden van de Atlantische steur en een eventueel herkolonisatieprogramma van de Rijn. Ondanks dat de Atlantische steur al bijna 50 jaar is uitgestorven geniet zij nog steeds een grote belangstelling. Voor een geslaagde uitzetting is het van groot belang dat alle gebruikers van de rivier op de hoogte zijn van de herpopulatie. Daarnaast zal het WNF-Nederland zich in blijven zetten om de situatie in het Rijnstroomgebied verder te verbeteren door realisatie van onderdelen van de projecten 'levende rivieren' en 'nieuw Rotterdams peil'.

9.5 Planning

- periode: januari 2000 - juli 2001
Het commentaar van een groep Nederlandse deskundigen, aan wie het rapport is voorgelegd, wordt verwerkt en zal in het voorjaar van 2000 worden besproken. Belangrijkste wijziging die naar aanleiding van dit commentaar wordt doorgevoerd, is een sterke nadruk op het herstel van de bestaande populaties, voor er aan herintroductie wordt gedacht.
- vertaling van het rapport in het Frans en Engels
- onderbrengen van het herstelproject van de Steur in het "Living Rivers" programma van WWF-Internationaal
- vernieuwing van het contact met de onderzoekers van de Cemagref in Frankrijk, met het doel een samenwerking tot stand te brengen, en zonodig hun programma financieel te ondersteunen
- hervatten van het contact met prof Kinzelbach en zijn medewerkers van de universiteit van Rostock. Deze onderzoekers hebben de meeste kennis in huis, en de meeste kontakten om de situatie in Georgië te bekijken.
- stimuleren van nader onderzoek naar de geschiktheid van de Rijn voor de steur van de Nederlandse onderzoekers, conform hun opmerkingen op het rapport.
- formuleren van een programma ter ondersteuning van een herstelactie voor de steur.

10. Literatuur

- Almaça, C. (1988). On the sturgeon, *Acipenser sturio* Linnaeus, 1758, in the Portuguese rivers and sea. *Folia Zoologica* 37, 183-191.
- AquaSense, 1998. Het voedsel en foerageerbiotoop van vissen in de stromende geul bij Opijnen - In opdracht van Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA. Rapportnummer: 98.0972.
- Bacalbasa Dobrovici (1991).
- Banarescu, P. (1964). Pisces-Osteichthyes. Fauna Republicii Populare Romine. 13 Editura Academiei Rep. Pop. Romina Bucuresti.
- Bauch, G. (1966). Die einheimischen Süßwasserfische. 5. ed. Neumann-Verlag, Radebeul.
- Belyaeva, V.N. & R.P. Matreva, 1965. The food of sturgeon finger lings in the Volga delta and in the North Caspian Sea. Russische vertaling in Ref. Z.H. Biol. 1966, no 2192.
- Belogurov, A.I., 1939. The nutrition of Acipenseridae in het Caspi an sea. Zool. J. Moscou 18, 247-273.
- Berg, L.S. 1948. R_b_presn_kh vod SSSR i sopredel'n_kh stran. 4 de. 1. IZd Akad. nauk SSSR, Moskva-Leningrad.
- Bergers, P.J.M., 1991. Voedseloecologie van vissen in de Neder landse Rijn-takken. Rapportnr. 28-1991, Ecologisch herstel Rijn. RIZA Lelystad. 199p.
- Brinke, W.B.M. ten, 1997. De bodemsamenstelling van Waal en IJssel in de jaren 1966, 1976, 1984 en 1995. RIZA-rapport 97.009, RIZA, postbus 17, Lelystad.
- Castaign, G., 1963. Peche à l'esturgeon - Mesures de protection dans le département de la Gironde - Rapport DDA, 8p.
- Castelnaud, G., 1988. The sturgeon tagging programme in the Gi ronde estuary (France): a European dimension. ICES. C.M. 1988/M: 28:1.
- Castelnaud, G., E. Rochard, P. Jatteau & M. Lepage, 1991. Donnees actuelle sur la biologie d' *Acipenser sturio* dans l'estuaire de la Gi ronde. In: Wil-

- liot, P. (ed). *Acipenser*. Actes du premier colloque international sur l'esturgeon. Bordeaux 3-6 octobre 1989. 251-275.
- Cemagref (1995). Restauration de l'esturgeon européen *Acipenser sturio* - Programme d'exécution des opérations.
- Cemagref, 1996. Rapport d'étape *Life Sturio*, Etude *Cemagref* n.9, Janvier 1996.
- Cemagref, 1997. Rapport final *Life Sturio*, Etude *Cemagref* Bordeaux (Coord) P. Elie, n.24, avril 1997.
- Chalikov, B.G., 1949. Atlanticheski osëtr - *Acipenser sturio* Linné. In: L.S. Berg, A.S. Bogdanov, N.I. Kozhin and T.S. Rass (eds.) Promyslovye ryby SSSR. Opisaniya ryb. Pishcepromizdat, Moskva, pp.69-71.
- Classen, T.E.A., 1944. Estudio bio-estadístico del sturion o sollo del Guadalquivir (*Acipenser sturio* L.). Ministerio de Marina, Instituto Español de Oceanografía, Trabajos 19, Madrid.
- C.T.G.R.E.F., 1980. Recueil de données sur l'état des zones de pêche et des frayères potentielles de l'esturgeon (*Acipenser sturio*) en Dordogne (Rapport préliminaire, 19 p.) et en Garonne (Rapport préliminaire, 16 p.).
- Deelder, C.L. & A.H. Huussen jr., 1973. Opmerkingen betreffende de kuilvsserij op de voormalige Zuiderzee, voornamelijk in de zestiende eeuw. Holland 5 (5), 221-242.
- Dekker, W. & J. Van Willigen, 1996. Zeldzame vissen in het IJssel meer. RIVO-rapport C006/96. DLO-RIVO Postbus 68, IJmuiden.
- Dettlaff, T.A., A.S. Ginsburg & O.I. Schmalhausen, 1993. Sturgeon fishes: Developmental biology and aquaculture. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. Pag. 197 -208.
- Doorn Th. H. van, 1977. Mensen vissen vogels Riviervisserij verga ne glorie. Uitgave van Van Gorcum Assen/Amsterdam.
- Dreumel, P.F. van, 1995. Slib- en zandbeweging in het noordelijk Delta-bekken. Publikatie Rijkswaterstaat, Directie Zuid Holland, Rotterdam.
- Dijk. G.M. van & E.C.L. Marteijs (red), 1993. Ecologisch Herstel van de Rijn, van onderzoek naar beleid (1988 - 1992). Rapport no. 50.
- Duncker, G., 1935: Die Fische der Nordmark. Lipsius and Tischer, Kiel und Hamburg.
- Eertman, R. & A. Smaal, 1996. Rotterdam Ecopoort, conceptuele benadering en een praktische toepassing van ecologisch herstel. Rapport RIKZ 96.040.
- Ehrenbaum, E., 1894. Beiträge zur naturgeschichte einiger Elbfische. Wiss. Meeresunter., N.F. 1, 37-71.
- Ehrenbaum, E., 1923. Die Eider als Störfluss und die Schonung des Störs. Fischerboten Norddeutsche Fisch, 5, 77-83
- Elie, P., E. Rochard & C. Taverny, 1996. Détermination de l'état actuel des zones de frayères - Synthèse des connaissances et perspectives. In: Cema-

- gref, 1996. Rapport d'étape *Life Sturio*, Etude *Cemagref* n.9, Janvier 1996, p76-117.
- Elvira, B., A. Almodovar & J. Lobon-Cervia, 1991. Sturgeon (*Acipenser sturio* L., 1758). in Spain. The population of the river Gua dalquivir: A case history and a claim for a restoration programme. In: Williot, P. (ed). *Acipenser*. Actes du premier colloque international sur l'esturgeon. Bordeaux 3-6 octobre 1989. 337-347.
- Flasarová, M. & I. Flasar, 1976. Úlovsky jesetera veľkého *Acipenser sturio* v severných Cechách. ZIVA 24, 225.
- Fric, A., 1872. Die Wirbeltiere Böhmens. Ein Verzeichniss aller bis her in Böhmen beobachteten Säugetiere, Vögel, Reptilien Amphibien und Fische. Archiv f. naturwiss. Landesdurchorsch. Böhmen 2 (2), 1-152.
- Fric, A., 1908. Ceské ryby a jich cizopasníci. 2. ed. Praha.
- Groot, S.J. de, 1992. Herstel van riviertrekvisen in de Rijn een realiteit? 6. De stuur. De Levende Natuur 93 (1), 14-18.
- Groot, S.J. de, & H.J. Lindeboom (eds), 1994. Environmental impact of bottom gears on benthic fauna in relation to natural resources management and protection of the North Sea. Nioz-rapport 1994-11, NIOZ, P.O.Box 59, Den Burg.
- Groot, S.J. de, 1989. Literature survey into the possibility of restocking the River Rhine and its tributaries with Atlantic salmon (*Salmo salar*). Publications and reports vol. 1989-11 of the project "Ecological Rehabilitation of the river Rhine". RIVO-report: M) 88-205/89.2
- Grubisic, F., 1967: Ribe, rakovi i školjke Jadrana. Jugoriba, Zagreb.
- Guerri & Pustelnik in CEMAGREF, 1996. Premier Rapport d'étape *Life Sturio*, etude *Cemagref* no. 9, pag. 118 - 123.
- Haas, A.W. de, 1991. Inventarisatie van en verbeteringsplanning voor de fysieke belemmeringen van de migratie van vis op de grote Nederlandse rivieren. Publicatie 31-1991 van project 'Ecologisch Herstel Rijn'. RIZA, postbus 17, Lelystad.
- Harmans, G., 1988. Vis, schelp- en schaaldieren. Uitgeverij Het Spectrum, Utrecht.
- Hoek, P.P. C., 1910. De achteruitgang van de stuurvisserij onze Benedenrivieren. Med. Viss. 17, 103-118.
- Holcyk, J. (ed.), 1989. The freshwater fishes of Europe. Vol 1, part II. General introduction to fishes. *Acipenseriformes*. Aula Verlag Wiesbaden. 471p.
- Holcyk, J., R. Kinzelbach, L. Sokolov & V.P. Vasilev, 1989. *Acipenser sturio*. In: Holcyk J. (ed). The freshwater fishes of Europe. Vol 1, part II. General introduction to fishes. *Acipenseriformes*. Aula Verlag Wiesbaden. 367-394.

- Hoogerwerf, G., 1986. Cadmium en zink in brasem (*Abramis brama*) en snoekbaars (*Stizostedion lucioperca*) afkomstig uit de Waal bij Nijmegen. Rapportnr. 265, Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen. 38 pp.
- Jaskowski, J., 1962. Materiały do znajomości ichtiofauny Warty i jej dopływów. Fragmenta Faunistica 9: 449-499.
- Jääskeläinen, V., 1917. Om fiskarna och fisket i Ladoga. Finlands Fiskerier 4: 249-332.
- Jego S., 1997. Etat actuel des zones de Frayères - Propositions d'actions de protection et de réhabilitation. In 'Restauration de l'Esturgeon Européen' Rapport final du programme d'exécution, Etude Cemagref no. 24. P 175-270.
- Jenkins, J.T., 1925. The fishes of the British Isles, London.
- Jouanneau, J. M., 1983. Les oligo-éléments métalliques en zone estuarienne: exemple de la Gironde.
- Kinzelbach, R., 1987. Das ehemalige vorkommen des Störs, *Acipenser sturio* (Linnaeus, 1758), im Einzugsgebiet des Rheins (Chondrostei: Acipenseridae). Zeitschrift f. Angewandte Zoologie 74. 167-200.
- Klausewitz, W., 1974. Die frühere Fischfauna des Untermain. Natur und Museum 104, 1-7.
- Klink, A. 1994. Macro-evertibraten in de grote Nederlandse rivier. Hydrobiologisch adviesbureau Klink, Wageningen, Rapporten en mededelingen 51.
- Kuderskii, L. A., 1983. Osetrovye ryby v basseynakh Onezhskogo i Ladozhskogo ozer. In: V.V. Pokrovskii (Ed.) Ryby Onezhskogo ozera i ikh khozyaistvennoe ispol'zovanie. Sbornik nauchnykh trudov GosNIORKH (205). Promrybvod, Leningrad. p. 128-149.
- Kulmatycki, W., 1932. W sprawie zachowania jesiotra w rzekach Polskich. Ochrona Przyrody 12, 8-28.
- Ladiges, W. & D. Vogt, 1979. Die Süßwasserfische Europas bis zum Ural und Kaspischen Meer. Paul Parey, Hamburg und Berlin. 300 p.
- Lagunov, I.I., and K.G. Konstantinov, 1954. Baltiiskii osetr v Belom more. Priroda (3): 113-114.
- Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten/Landesamt für Agrarordnung. Nordrhein - Westfalen -Dezernat für Fischerei-, 1996. Das Potential des Unteren Niederrheins als Laich- und Brut habitat des euro-päischen Störs *Acipenser sturio*. Köln.
- Latouche, C., 1988. La problématique de la contamination en Cadmium des Huîtres de l'estuaire de la Gironde.
- Lebedev, V.D., 1960. Presnovodnaya chetvertichnaya ikhtiofauna evropeiskoichasti SSSR. Izd. Moskovskogo universiteta, Moskva.

- Lelek A., 1987. The freshwater fishes of Europe. Vol. 9. Threatened fishes of Europe. Aula Verlag Wiesbaden. 343 p.
- Lepage, M. & G. Castelnau, 1989. Etude de l'esturgeon *Acipenser sturio* dans le milieu naturel. Rapport d'activité 1989, CEMAGREF.
- Lepage, M. & E. Rochard, 1997. Estimation des captures accidentelles de *Acipenser sturio* réalisées en mer. In 'Restauration de l'Esturgeon Européen' Rapport final du programme d'exécution, Etude Cemagref no. 24. P 377-381.
- Letaconnoux, R., 1961. Note sur la fréquence de la distribution des captures d'esturgeons (*Acipenser sturio* L.) dans le Golfe de Gascogne. Rev. Trav. Inst. Pêches Marit., 25, 253-261.
- Lobregt, P. & J. van Os, 1977. De laatste riviervissers. Stichting riviervisserij Nederland. Walburg pers. Heerwaarden. 131 p.
- Magnin, E., 1962. Recherches sur la systématique et la biologie des Acipensérinés (*Acipenser sturio* L., *Acipenser oxyrinchus* Mitchill et *Acipenser fulvescens* RAF.) Annales de la station centrale d'hydrobiologie appliquée - 9.
- Maitland 1980
- Marquenie, J.M. & W.C. de Kock. 1984. Zware metalen in aquatische systemen. Biologisch en geochemisch onderzoek naar het voorkomen en het gedrag van zware metalen in Nederlandse zoetwatergebieden. Rapport TNO 61p. + bijlagen.
- Martens, P.J.M., 1992. De Zalmvissers van de Biesbosch. Een onderzoek naar de visserij op het Bergsche Veld 1421-1869. Bijdragen tot de geschiedenis van het zuiden van Nederland 93, 513 pag.
- Marti, W.T., 1939. Biologie de l'esturgeon *Acipenser sturio* de la Mer Noire. J. Zool., 3.
- Matveeda, R.P., 1967. Feeding characteristics of young sturgeons and some other fishes in the western regions of the northern Caspian sea. In: The sturgeons of the USSR and their reproduction. Transactions of the Central research Institute of Sturgeon economy (CNIOA) Moscow. Vol 1, 332-139.
- Meulenaer T. de & C. Raymakers, 1996. Sturgeons of the Caspian Sea and the international trade in caviar. Published by: Traffic International, Cambridge, UK.
- Mohr, E., 1952. Der Stör. Die neue Brehm-bücherei. 67 p.
- Mohr, E., 1962. Ganoidei. Störe. In: Demoll, R., Maier H.N. & H.H. Wundsch. Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas. Band IIIb, 233-261.
- Muus, B.J. & P. Dahlstrøm, 1966. Zeevissengids. Elsevier. 144 p.
- Ninua, N. Sh., 1976. L'esturgeon atlantique de la rivière Rioni. Editions Metsierba. Tibillisi.

- Ninua, N. Sh., & E.A. Tsepkin 1984. Atlanticheskii osetr reki Rioni. Izd. Metsniereba, Tbilisi.
- Nijssen, H. & S.J. de Groot, 1987. De vissen van Nederland. KNNV 224 p.
- Overmars, W. & W. Bosman, 1995. Steur in de Wolga; Verslag van een bezoek aan de Alexandrovsky steurkwekerij in Trudfront, pro vincie Astrachan, juni 1993. Laag Keppel, Stroming B.V.
- Parsley, J.M. & G.L. Beckman, 1994. White sturgeon Spawning and rearing habitat in the lower Colombia river. North American Journal of Fisheries Management. 14 p812-827.
- Prioux, M.G., 1957. L'esturgeon en France. Rivierès et Forêts 6, 39-44.
- Redeke, H.C., 1941. De visschen van Nederland. Sijthof, Leiden.
- RIZA, 1996 t/m 1998. Nieuwsbrief 1, 2 en 3 van het Project migratie Zee-forel (Sea trout migration). RIZA, postbus 17, Lelystad.
- Rochard, E., G. Castelnau & M. Lepage, 1990. Sturgeons (Pishes: Acipenseridae); threats and prospects. Cemagref. Journal of Fish Biology 37, 123-132.
- Rochard E., P. Williot, G. Castelnau & M. Lepage, 1991. Elements de systematique et de biologie des populations sauvages d'esturge ons. In: Williot, P. (ed). Acipenser. Actes du premier colloque inter na-tional sur l'esturgeon. Bordeaux 3-6 octobre 1989. 475-507.
- Rochard E., M. Lepage, G. Castelnau, L. Meauze, 1996. Identifica tion et caracterisation de l'aire de répartition marine de l'esturgeons européen *Acipenser sturio*. In: Rapport d'étape *Life Sturio*, Etude *Cemagref* n.9, Janvier 1996 p. 124-138.
- Rochard E., M. Lepage, G. Castelnau, L. Meauze, 1997. Identifica tion et caracterisation de l'aire de répartition marine de l'esturgeons européen *Acipenser sturio* à partir des déclarations de captures. In: Rapport final *Life Sturio*, Etude *Cemagref* Bordeaux (Coord) P. Elie, n.24, avril 1997 p273-294.
- Rodriguez, F.G., 1962. El esturión del rio Guadalquivir. Folleto In formativo (Temas Piscicolas). Servicio Nacional de Pesca Fluvial y Caza.
- Roule, L., 1922. Etude de l'esturgeon du Golfe de Gascogne et du bassin girondin. Off. Scient. et Techn. des Pêches Maritimes, Notes et Mémoires 20, 12 p.
- Roule, L., 1925. Les poisons des eaux douces de la France. Les Pres ses Universitaires de France, Paris.
- Rijkswaterstaat, 1988. Ecologisch profiel vissen. Referentie toe stand, hui-dige toestand, ecologie, ingreep-effectkennis. Dienst getijden wateren. 8 p.
- Rijkswaterstaat, 1989. Rekolonisatiemogelijkheden van het stroomgebied van de Rijn voor riviertrekvisen en echte riviervissen: samenvatting van een

- literatuurstudie verricht door het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek.
DBW/RIZA nota 89.048.
- Rijkswaterstaat, 1990. Jaarboek van afvoeren, waterstanden, golven en waterkwaliteit 1987. Dienst getijdenwateren/Dienst binnenwateren.
- Rijkswaterstaat, 1994. Jaarboek Monitoring Rijkswateren. Presentatie van Fysische, Chemische en Biologische kenmerken 1993. 163 p.
- Saemundson, B., 1949. Marine Pisces. In: A. Fridriksson et al. (eds.). The zoology of Iceland 4 (72). E. Munksgaard, Copenhagen and Reykjavik 150 p.
- Sokolov, L.I. & V.S. Malyutin, 1977. Features of the population structure and characteristics of the spawners of the Siberian sturge on *Acipenser baeri* in the spawning grounds of the Lena river, Journal of Ichthyology. 17(2): 210-218.
- Sonneveldt H.L.A. & A.C. Baart, 1997. Berekening van chemische en thermische barrières voor zalmachtigen in het Rotterdams havengebied. Publikatie no. 69-1997 van het project 'Ecologisch Her stel Rijn en Maas.
- Spillman, Ch.J., 1961. Poisons d'eau douce. Faune de France 65, Librairie de la Faculté des Sciences, Paris.
- Svetovidov, A.N., 1964. R b Chernogo morya. Izd. nauka, Moskva-Leningrad.
- Tesch J.J & J. de Veen, 1933. Die Niederländische Seefischerei. In: Lubbert & Ehrenbaum (ed.). Handbuch der Seefischerei. Band VII, heft 2, 1-103.
- Timmermans, G. & M. Melchers, 1994. De steur in Nederland. Natura 7. 155 - 158.
- Trouvery, M., 1984. Etude de la pêche. Serie esturgeon no. 1. Cemagref.
- Trouvery, M., P. Williot & G. Castelnaud, 1984. Biologie et ecologie d'*Acipenser sturio* etude de la pecherie. Etude nr. 17. Serie es turgeon nr. 1. Ministere de l'agriculture Cemagref. 42 p.
- Vaate, A. bij de, 1989. Rekolonisatiemogelijkheden van het stroom gebied van de Rijn voor riviertrekvisen en echte riviervissen: samenvatting van een literatuurstudie. DWB/RIZA nota 89.048, post bus 17, Lelystad.
- Verhey, C.J., 1949. Het voorkomen van steur (*Acipenser sturio*) in de Nieuwe Merwede tussen 1900-1931. De Levende Natuur 52, 152-159.
- Verhey, C.J. (red.), 1961. De Biesbosch, land van het levende water. Hoofdstuk 8. De vissen en de visvangst. Zutphen, W.J. Thieme en Cie: 142 - 146; 249-250.
- Verhey, C.J., 1963. Het voorkomen van de steur (*Acipenser sturio* L.) in Nederland na 1931. De Levende Natuur 66: 15-16.
- Vibert, L., 1945. Les poissons migrateurs dans l'économie piscicole du Sud-Ouest. Bull. franc. Piscicult 136, 121-135.
- Vigaud E., 1979. Liste des frayères - Captures d'esturgeons en Gironde - rapports à la DDA 33.

- Vos, G. & J.P.C. Hovens, 1986. Chromium, nickel, copper, zinc, arsenic selenium, cadmium, mercury and lead in dutch fishery products 1977-1984. *Sci. Total Environ.* 52, 25-40.
- Wheeler, A., 1969. The fishes of the British Isles and North-West Europe. Michigan State Univ. Press, East Lansing.
- Wheeler, A., 1978. Key tot the fishes of Northern Europe. Publ. F. Warne Ltd. London, 308 p.
- Willot, P. (ed), 1989. Acipenser, Actes du premier cooloque international sur l'esturgeon. CEMAGREF, B.P 3, 33610 Cestas Principal.