

Passende Beoordeling windparken: Effecten van heien op vislarven, vogels en zeezoogdieren

O.G. Bos, M.F. Leopold, L.J. Bolle

Rapport C079/09



Opdrachtgever: Airtricity p/a Pondera Consult
Postbus 579
7550 AN Hengelo (Ov.)

Publicatiedatum: 17-08-2009

- **IMARES** levert kennis die nodig is voor het duurzaam beschermen, oogsten en ruimte gebruik van zee- en zilte kustgebieden (Marine Living Resource Management).
- **IMARES** is daarin de kennispartner voor overheden, bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties voor wie marine living resources van belang zijn.
- **IMARES** doet daarvoor strategisch en toegepast ecologisch onderzoek in perspectief van ecologische en economische ontwikkelingen.

© 2009 **IMARES, Wageningen UR**

IMARES is geregistreerd in het
Handelsregister Amsterdam nr. 34135929,
BTW nr. NL 811383696B04.

De Directie van IMARES, Wageningen UR is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing. Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A_4_3_1-V5

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Samenvatting	4
1 Inleiding.....	5
2 Achtergrond	6
3 Kennisvraag.....	6
4 Dieet van zeezoogdieren en vogels.....	7
5 Paaigebieden en paaiperioden.....	9
6 Effecten heien op vispopulaties: modelresultaten	39
7 Effecten op juveniele vis en kinderkamerfunctie	46
8 Effecten op vogels en zeezoogdieren	53
9 Discussie.....	60
10 Kwaliteitsborging.....	62
11 Referenties	63
Verantwoording	68

Samenvatting

Dit rapport vormt een aparte bijlage bij de Passende Beoordeling (PB) Windparken van Royal Haskoning (Boon & Arends 2009), waarin effecten van de bouw van een twintigtal offshore windparken op de kwaliteit van zoute Natura 2000-gebieden worden beschreven. In dit deelonderzoek is het effect van het heien op de kinderkamerfunctie en het voedselaanbod voor vogels en zeezoogdieren in Natura 2000-gebieden bestudeerd.

Eerst is vanuit dieetstudies bepaald welke vissoorten de prooien vormen van zeezoogdieren en vogels in bestaande Natura 2000-gebieden. De meest algemene prooivissoorten zijn zandspiering, haring, sprat en wijting, maar daarnaast zijn er nog vele andere soorten. Voor de 26 meest voorkomende prooivissoorten is door middel van een quick scan van de literatuur uitgezocht waar paaiplaatsen zijn, en hoe eieren en larven verspreid zijn. Het paaigedrag verschilt per soort, waarbij sommige soorten in de gehele Noordzee paaïen, andere soorten specifieke paaigronden kennen, bepaalde soorten dicht bij de kust paaïen, andere in de Atlantische Oceaan of in zoet water. Ook zijn er sterke verschillen in paaistrategie, met soorten die hun nest bewaken, soorten die in de waterkolom paaïen, soorten die kleverige eieren op de bodem leggen, etc.

Daarna is geschat in hoeverre het paaigedrag en de paailocaties van de prooivissoorten lijken op een van de drie vissoorten waarvan het larventransport al in een hydrodynamisch model van de Noordzee is gemodelleerd (haring, schol en tong). In dat model trekken schollarven actief naar de kust door middel van selectief getijdentransport, trekken haringlarven niet naar de kust, waardoor hun verspreiding samen hangt samen met stroming, en bevinden tonglarven zich vrij dicht onder de kust en waardoor ze geen last van het heien hebben. Door middel van expert-judgement is bepaald dat een aantal prooivissoorten waarschijnlijk lijkt op haring, zoals sprat, kabeljauw en wijting, omdat deze niet selectief van getijdentransport gebruik maken. Andere soorten zijn als 50% schol en 50% tong beoordeeld, of als beperkt relevant of niet relevant omdat ze eieren in een nestje leggen of in zoet water paaïen en dus niet door heiwerkzaamheden beïnvloed zullen worden. Deltares heeft in een parallelle studie voor de 3 modelsoorten voor elk van de 20 windparken uitgerekend welk deel van de larven door het heien mogelijk sterft. In dit rapport is alleen aangegeven in hoeverre de overige vissoorten op een van de 3 modelsoorten overeenkomen.

Vervolgens is geschat in hoeverre de effecten op larven doorwerken op de juvenielen en op de kinderkamerfunctie van de Waddenzee. Voor vissoorten waarvoor geldt dat de jaarklassterkte al bepaald wordt tijdens het larvale stadium is de doorvertaling van sterfte in het larvale stadium naar het juveniele stadium gezet op 1 : 1 (effect op larven : effect op juvenielen), er vanuit gaande dat andere factoren geen rol spelen. Voor andere soorten is een lagere doorvertaling geschat, bijvoorbeeld 1 : 2/3, wat betekent dat sterfte van larven bij de heilocatie zich niet direct doorvertaalt in een zelfde reductie van het aantal juvenielen in Natura 2000-gebieden. Een soort kan bijvoorbeeld gedurende een lange tijdsperiode paaïen (ook buiten het heiseizoen) of weinig gebruik maken van Natura 2000-gebieden als kinderkamer.

Ten slotte is beschreven wat de effecten zijn van de reductie van de aanvoer van prooivissoorten op een aantal vogel- en zeezoogdiersoorten. Ook is aangegeven welke beperkingen en onzekerheden een studie als deze heeft. Op een aantal vogelsoorten heeft een gereduceerde visaanvoer waarschijnlijk geen effect, omdat voedsel niet als beperkend wordt gezien, of omdat ze een breed spectrum dieet hebben. Op andere vogelsoorten heeft een reductie van prooivissoorten wel effect, omdat ze voedselspecialist zijn. Bij zeezoogdieren wordt geen effect verwacht door een breed spectrum dieet en de uitgestrektheid van foerageergebieden. In de Passende Beoordeling zelf (Boon & Arends 2009) zijn effecten op gebiedsniveau en per heilocatie aangegeven.

1 Inleiding

Het heien van monopiles ten behoeve van offshore windparken kan sterfte van vislarven veroorzaken die zich binnen een zekere afstand van de hei-activiteit in het water bevinden (Prins et al. 2008). Deze sterfte kan doorwerken op de kwaliteit van zoute Natura 2000-gebieden (Voordelta, Noordzeekustzone, Waddenzee), omdat de getroffen vislarven op deze manier niet de Natura 2000-gebieden in de kustzone zullen bereiken om daar op te groeien. Sterfte ter plaatse van een offshore windpark tijdens de bouwfase kan dus de kwaliteit van opgroei-gebieden elders beïnvloeden.

Om te onderzoeken in welke mate de sterfte van vislarven doorwerkt op de kwaliteit van zoute Natura 2000-gebieden is onderzocht wat de invloed is op populaties van zeezoogdieren en vogels - de uiteindelijke predatoren van de vissen - en op de functie van de Waddenzee als kinderkamer voor jonge vis.

Het dodelijke effect van het heien ontstaat doordat de palen met een diameter van circa 5 meter gedurende enkele uren 20 meter of meer in de bodem geheid worden. Het heien veroorzaakt waarschijnlijk verschillende indirecte effecten, zoals gehoorschade, weefselbeschadiging, etc. Het meest directe effect is sterfte.

In een model van Deltares en IMARES is gesimuleerd hoe viseieren en larven vanuit de paaigebieden door de Noordzee stromen en uiteindelijk in Natura 2000-gebieden zoals de Waddenzee belanden (Prins et al. 2008). In het model wordt aangenomen dat vislarven tot op 1000 meter afstand van de heilocatie sterven als gevolg van de drukgolven die bij het heien vrijkomen. Omdat van bv. haring de paailocaties en het tijdstip van paaien redelijk bekend zijn, kan met het model gesimuleerd worden hoe de "wolk" met larven door de Noordzee beweegt en hoeveel procent van de haringlarven door het heien sterft. Deze sterfte heeft invloed op de hoeveelheid vis en daarmee op het voedselaanbod aan prooidieren voor beschermde vogelsoorten en zeezoogdieren in Natura 2000-gebieden. Ook heeft de sterfte invloed op de functie van de Waddenzee als kinderkamer. Met heien kunnen dus de kwaliteiten van Natura 2000-gebieden aangetast worden en dan is er volgens de Habitatrichtlijn de verplichting om een Passende Beoordeling van de effecten te verrichten.

In dit onderzoek zijn de volgende stappen gezet:

- 1) Eerst is vanuit dieetstudies van IMARES bepaald welke vissoorten de prooien vormen van zeezoogdieren en vogels in zoute Natura 2000-gebieden (Hoofdstuk 4).
- 2) Voor de prooivissoorten is uitgezocht waar hun paaiplaatsen zijn, en welke verspreiding van eieren en larven bekend is door middel van een quickscan van de wetenschappelijke literatuur (Hoofdstuk 5).
- 3) Vervolgens is door Deltares en IMARES een uitspraak gedaan over de effecten van heien op de larven (Hoofdstuk 6). De modelresultaten voor schol, tong en haring zijn in detail beschreven in het rapport van Prins et al. (2009).
- 4) De volgende stap is de expert-judgement van de doorwerking van larvensterfte op de juvenielen en op de kinderkamerfunctie (Hoofdstuk 7).
- 5) Voor de vogels en zeezoogdieren uit zoute Natura 2000-gebieden is beschreven wat de effecten zouden kunnen zijn van een reductie van het voedselaanbod (Hoofdstuk 8).
- 6) Ten slotte is in een expert judgement workshop onderzocht wat het gevolg zou kunnen zijn voor zeezoogdieren en vogels in Natura 2000-gebieden, uitgaande van een reductie in het aanbod van bepaalde vissoorten als gevolg van het heien (uitkomsten staan in Passende Beoordeling, niet in dit rapport).

De resultaten die in dit rapport zijn beschreven zijn verwerkt in een Passende Beoordeling die door Royal Haskoning is opgesteld (Boon & Arends 2009). Dit rapport bevat de basisinformatie die aan Royal Haskoning is geleverd door IMARES. Uitspraken per windmolenpark over de effecten van heien op zoute Natura 2000-gebieden staan niet in dit rapport.

2 Achtergrond

De Nederlandse overheid heeft als streven om voor 2020 in de Noordzee 6000 MW aan offshore windparken te bouwen. Omdat bij de bouw van windparken significante effecten ten aanzien van Natura 2000-gebieden niet kunnen worden uitgesloten dient een Passende Beoordeling (PB) te worden uitgevoerd. Om mogelijke problemen grofweg in kaart te brengen is door Rijkswaterstaat, de beheerder van de Noordzee, halverwege 2008 een raamwerk voor Passende Beoordelingen opgesteld (Prins et al. 2008). Dit kader heeft het algemene beeld geschetst van te verwachten problemen voor Natura 2000-gebieden bij de bouw van windparken. In de tweede stap moet voor elk individueel windpark een PB worden opgesteld. Er is gekozen voor een gezamenlijke aanpak, waarbij de initiatiefnemers van windmolenparken hun aanvragen voor PBs hebben gebundeld en waarbij de ecologische adviesbureaus en onderzoeksinstituten het werk hebben verdeeld. Coördinator van het werk was Royal Haskoning, die de PBs heeft geschreven. De andere organisaties, waaronder IMARES, hebben de inhoud en modelberekeningen aangeleverd. De basisgegevens zijn per windpark binnen de PB hetzelfde. Voor zover mogelijk is voor ieder park specifieke aangegeven waar problemen liggen. De PB bestaat uit vier onderdelen: (1) vogels, (2) zeezoogdieren, (3) vislarven (dit rapport) en (4) onderwatergeluid.

3 Kennisvraag

De centrale vragen die in dit rapport beantwoord worden zijn:

1. Welke vissoorten worden door zeezoogdieren en vogels uit Nederlandse zoute Natura 2000-gebieden gegeten?
2. Welk percentage van larven van prooivissen wordt door heiwerkzaamheden gedood?
3. Hoe beïnvloedt een verminderd larvenaanbod door heien de visstand en de kinderkamerfunctie in Natura 2000-gebieden?
4. Heeft een verminderde larvenaanvoer uiteindelijk significante effecten op zeezoogdieren en vogels in mariene Natura 2000-gebieden door verminderd voedselaanbod?

4 Dieet van zeezoogdieren en vogels

Selectie van belangrijke soorten visetende zeevogels en zeezoogdieren

Alle vogel- en zoogdiersoorten die op de Noordzee (inclusief de Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en Voordelta), in de Waddenzee en op de Zeeuwse Stroom vis eten krijgen mogelijk te maken met een reductie in aanvoer van vislarven en opgroeiende juveniele vis, en dus met verslechterde foerageeromstandigheden als gevolg van het heien. Dit betreft duikers, futen, stormvogeltjes, stormvogels, pijlstormvogels, jan van gent, aalscholver, reigers, lepelaar, zaagbekken, ijseend, groenpootruiter, jagers, meeuwen, sterns en alkachtigen.

Alle zeezoogdieren in Nederlandse wateren eten vis. De lijst van zeezoogdieren die regulier voorkomen, c.q. wel eens waargenomen zijn in de zeegebieden die hier worden onderzocht is lang, maar de belangrijkste soorten zijn de gewone en de grijze zeehond, de bruinvis, de witsnuitdolfijn en de tuimelaar.

Als meest relevante soorten worden die predatoren gezien, die:

- een dieet hebben waarin vissoorten en -jaarklassen waarvan verwacht mag worden dat deze (als opgroeiende vis in de kraamkamers) te lijden hebben van het heien, een belangrijke rol spelen;
- niet zeldzaam of schaars zijn in Nederlandse wateren;
- kwalificerend zijn voor (een van) de mariene Natura 2000-gebieden.

Dieet van de verschillende soorten zeevogels en zeezoogdieren

Op grond van literatuurstudie (Tasker et al. 1999, Barrett et al. 2007) en eigen waarnemingen (Database M.F. Leopold, IMARES) is het dieet van genoemde viseters samengevat in Tabel 1. Hierbij vallen de volgende opmerkingen te maken:

- Veel vogelsoorten hebben een uitgesproken breed, generalistisch dieet. De lijst van prooivissen voor die soorten is lang, en hangt vermoedelijk mede af van de kwaliteit en kwantiteit van de verrichte dieetstudies aan de betreffende soort. In feite kan voor deze groep gesteld worden, dat ze het meest eten wat het meest voorradig is. Juveniele (kleine) vissen zijn veelal belangrijk.
- Een kleine groep vogels heeft een meer specialistisch dieet. Deze soorten leunen of zwaar op haring/sprot/zandspiering (pijlstormvogels, sterns, alk) of op grondels (groenpootruiter, en in mindere mate lepelaar en bruinvis).
- Een aantal soorten die doorgaans een breed dieet hebben, zijn voor het grootbrengen van hun jongen korte tijd afhankelijk van een goed aanbod van slechts enkele soorten. Voor de kleine mantelmeeuw is dit haring, voor de stormmeeuw is koornaarsvis in deze functie vastgesteld, voor sterns is dit een combinatie van haring/sprot en zandspiering.
- Enkele soorten prederen direct op vislarven en zeer jonge (kleine) visjes (Noordse stormvogel, stormvogeltjes, dwergmeeuw, kokmeeuw).
- De meeste zeezoogdieren leven vooral van oudere jaarklassen van diverse rondvissoorten. Alleen de bruinvis eet veel kleine vis (veel grondels). Zeehonden eten veel platvissen van één tot meerdere jaren oud en daarnaast veel zandspiering. De witsnuitdolfijn en de tuimelaar eten vooral veel meerjarige kabeljauwachtigen.

De dieetgegevens van zeezoogdieren en zeevogels laten zien dat een breed spectrum van vissoorten gegeten wordt. Een overzicht van de 26 meest voorkomende prooi-soorten staat in Tabel 1, waarbij de soorten die gegeten worden door de meeste predatoren bovenaan staan.

Tabel 1. Overzicht van prooidiersoorten van zeezoogdieren en zee/watervogels uit dieetstudies van IMARES. Volgorde prooi-soorten: de soorten die door de meeste groepen worden gegeten staan bovenaan. (database M.F. Leopold, IMARES, Tasker et al. 1999, Barrett et al. 2007) (samengesteld door: M.F. Leopold & O. Jansen, IMARES).

soort	zeehond	bruinvis	duikers/futen	noordse stormvogel	jan van gent	aalscholver	meeuwen	sterns	alken
kleine zandspiering (<i>A. tobianus</i>)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Noorse zandspiering (<i>A. marinus</i>)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
haring	X	X	X		X	X	X	X	X
sprot	X	X	X		X	X	X	X	X
wijting	X	X	X	X			X	X	X
kabeljauw	X	X	X	X			X		X
spiering		X	X			X	X	X	
pitvis	X	X				X	X		X
dikkopje		X	X			X		X	X
Lozano's grondel		X	X			X		X	X
driedoorn			X			X		X	X
brakwatergrondel		X	X			X		X	
dwergbolk	X	X					X		
steenbolk	X	X					X		
horsmakreel						X	X		X
makreel		X			X		X		
schol	X					X	X		
bot	X					X	X		
schar	X					X	X		
tong	X					X	X		
dwergtong	X					X	X		
zeedonderpad	X					X			
puttaal	X		X						
grauwe poon							X		
rode poon							X		
botervis			X						

5 Paaigebieden en paaiperioden

Voor de geselecteerde prooivissoorten (*Tabel 1*) is een quick scan van de literatuur gedaan om gerapporteerde locaties van paaiplaatsen te achterhalen, de verspreiding van eieren en larven te onderzoeken en de paaiperiode van de soort vast te stellen.

Generieke informatie over paaiperioden is niet beschikbaar in bijvoorbeeld een uitgebreid standaardwerk over de ecologie van Noordzeevissen. Wel is veel informatie bijeengebracht in de Atlas of North Sea Fishes van ICES, waarin verspreidingsgegevens worden gebruikt afkomstig van een beperkt aantal jaren (Knijn et al. 1993). Verder is er informatie voor een beperkt aantal soorten beschikbaar vanuit het project ICES-FishMap (Heessen et al. 2006a) en in de gids 'De vissen van Nederland' (Nijssen & De Groot 1987). Een overzicht over paaiseizoenen is gegeven in Daan (1990). Een speciale Noordzee brede survey naar viseieren en -larven vond plaats in 2003/2004, met de focus op kabeljauwachtigen, waarbij ook de andere soorten werden uitgezocht (ICES 2007b). In die survey zijn de eieren van kabeljauwachtigen op soort gebracht met soortspecifieke genetische probes, omdat determinatie op andere wijze niet mogelijk was. Reguliere eieren- en larvensurveys worden ook uitgevoerd, het gaat daarbij alleen om haring, makreel en horsmakreel. Verder is nog informatie beschikbaar uit eisenveys uit het eind van de jaren '80 (Van der Land 1991).

Naast de overkoepelende studies is er ook veel werk op soortniveau gedaan. Veel van de publicaties over individuele vissoorten zijn echter al weer decennia oud (bv Fonds 1973) en het is voorstelbaar dat klimaatveranderingen of andere invloeden verspreidingspatronen, maar wellicht ook het moment van paaien hebben veranderd.

Voor sommige vissoorten zijn al *particle tracking* studies gedaan (e.g. Protor et al. 1998) soortgelijk aan het larventransportmodel dat door Deltares en IMARES is ontwikkeld, waarbij vislarven in een virtuele Noordzee worden losgelaten en waarbij gekeken wordt hoe de zeestroming de larven verspreidt (Bolle et al. 2005). Andersom zijn er ook studies die vanuit de verspreiding van larven de oorsprong van de eieren bepalen (Christensen et al. 2007, Christensen et al. 2008).

Hieronder wordt voor de 26 belangrijkste vissoorten beschreven waar hun paaigebieden liggen en hoe hun larven zich verspreiden over de Noordzee.

5.1 Kleine zandspiering - *Ammodytes tobianus* - lesser sandeel



Voortplanting

De kleine zandspiering plant zich voort in het voorjaar (Wiecaszek et al. 2007), en wellicht ook in het najaar (ICES 2007b). De eieren worden op de bodem afgezet (Wiecaszek et al. 2007).

Verspreiding

De kleine zandspiering is een kustgebonden vis, die ook in het intergetijdengebied voorkomt. Hij zwemt in scholen of leeft begraven in het zand. In de winter zit de kleine zandspiering begraven op 20-50 cm diepte in het zand (zie referenties in Proctor et al. 1998). De vis komt offshore niet voor. Zandspiering kan alleen maar paaien in gebieden waar zowel het hydrodynamische regime als het substraat geschikt zijn (Daan 1990). De verspreiding van larven is samen met die van andere soorten zandspiering weergegeven in Figuur 4.

5.2 Noorse zandspiering - *Ammodytes marinus* - Raitt's sandeel

Voortplanting

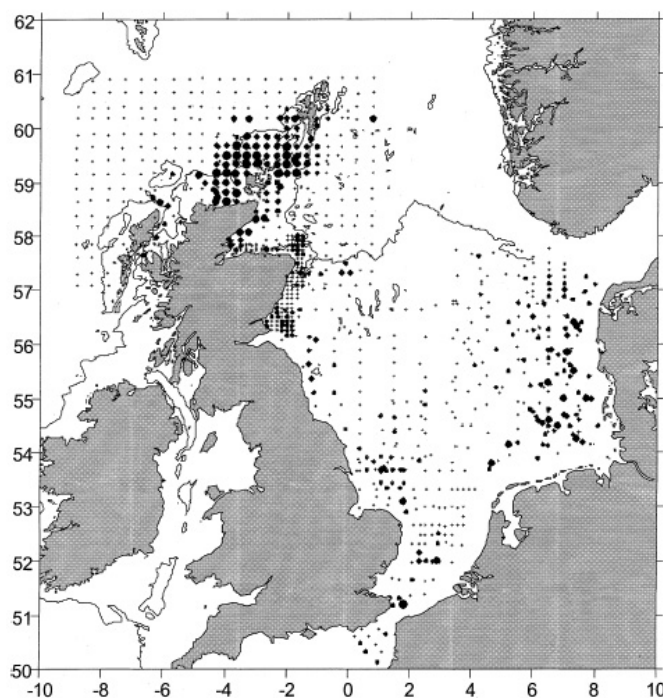
Noorse zandspiering (*Ammodytes marinus*) is een zeer veel voorkomende vissoort in de Noordzee. De populaties kunnen snel in omvang groeien of afnemen. Noorse zandspiering graaft zich in zand in en overwintert daar ook. De verspreiding van zandspiering hangt om die reden samen met de verspreiding van zand. Merkexperimenten wijzen uit dat zandspiering zeer plaatsgetrouw is (Proctor et al. 1998).

Zandspiering legt demersale eieren (op de bodem), die bedekt worden met een slijm laag, waardoor ze aan elkaar plakken en aan zand blijven kleven. De larven zijn planktonisch en ontwikkelen in latere fasen van hun larvale leven de mogelijkheid om vertikaal in de waterkolom te migreren (Proctor et al. 1998).

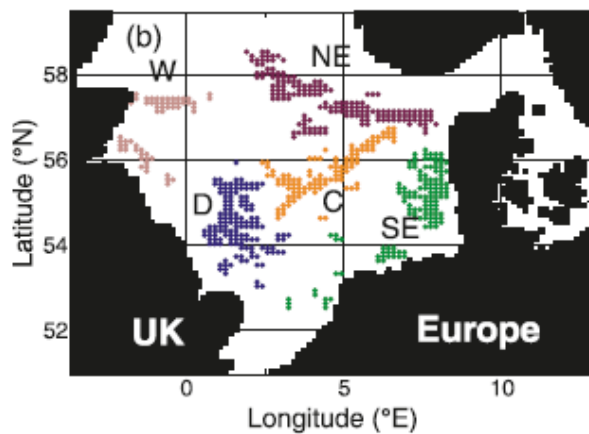
De larven komen relatief vroeg in het jaar tot ontwikkeling. Om de verspreiding van larven te onderzoeken zijn particle-tracking studies gedaan. Voor het model werd de larvale fase op 70 dagen gesteld. De larven werden verspreid losgelaten tussen januari en april in gebied J (zie Figuur 3) (10% van de larven op 15 januari, 40% 14 februari, 40% 15 maart, 10% 15 april) (Proctor et al. 1998).

Verspreiding

Figure 1. The distribution of *A. marinus* spawning grounds as inferred from the distribution and abundance of newly emerged larval sandeels in the North Sea and northern Scottish waters. Crosses represent sample locations with no larvae; progressively larger sizes of black dot represent abundances < 50, 100–200, 200–500 and > 500 m⁻², respectively. Data for the north-western North Sea are based on larvae < 5 mm TL (< 10 days old), for south of 54°N, on larvae < 6 mm TL, and for the central and eastern North Sea, on larvae < 7 mm TL.

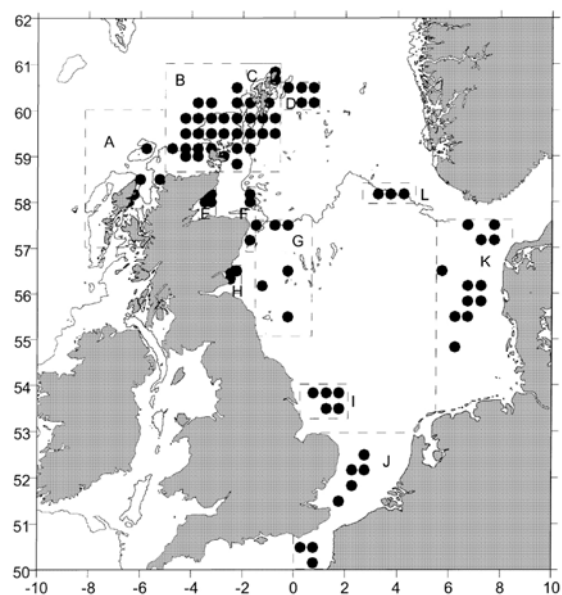


Figuur 1. Verspreiding van Noorse zandspiering paaigronden. Voor meer info: zie Engelse tekst boven de figuur (Proctor et al. 1998).



Figuur 2. Noorse zandspieroing. Geschikte zandbanken voor zandspieroing, zoals gebruikt in een particle tracking model (Christensen et al. 2008).

Figure 2. Areas (A–L) and positions (●) of spawning grounds input to the particle-tracking model.



Figuur 3. Noorse zandspieroing. Gebieden (A–L) en posities van paaigronden als input voor een particle-tracking model (Proctor et al. 1998).

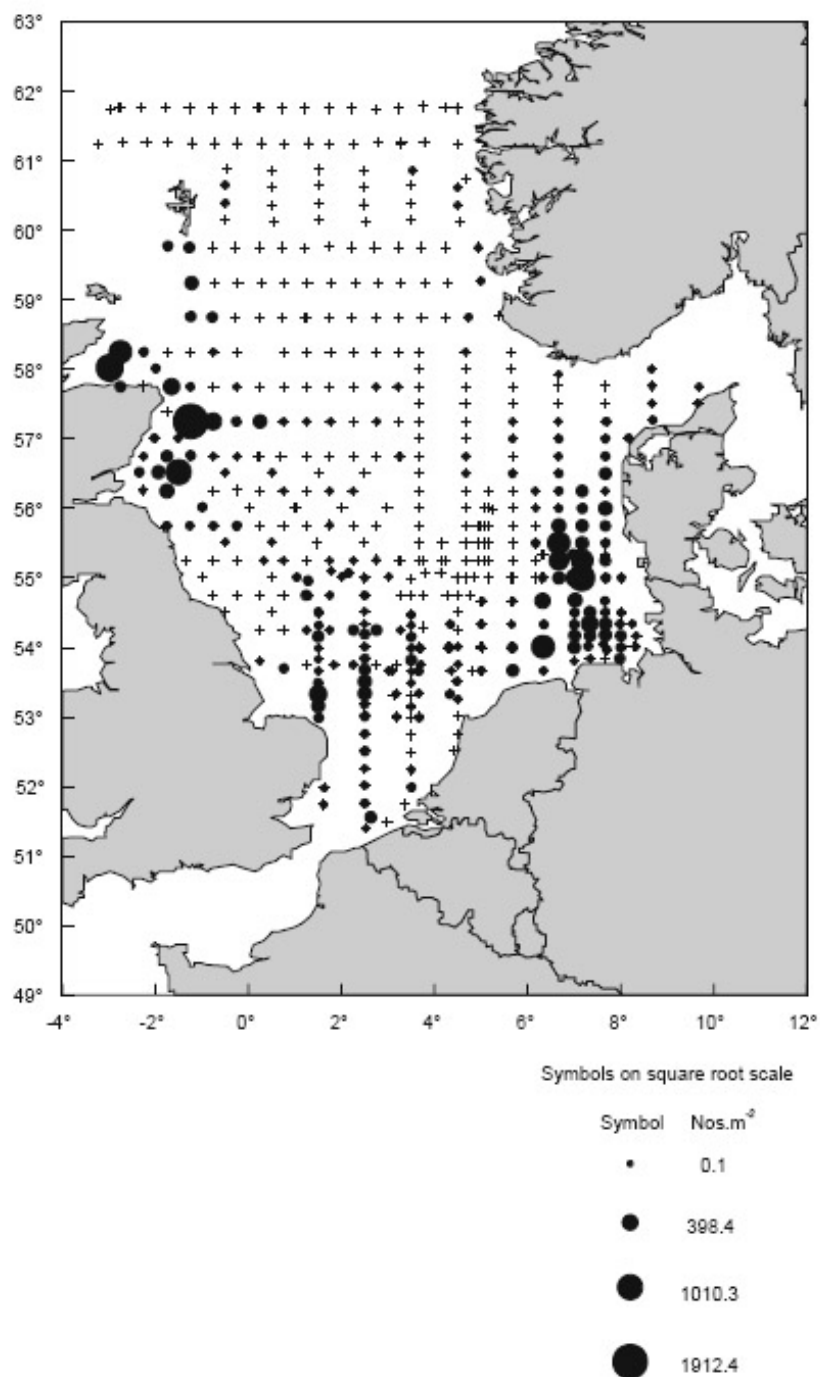


Figure 4.1.25. Composite map of sandeel (*Ammodytidae*) larval abundance (nos. m⁻²) in 2004.

Figuur 4. Verspreiding van larven van zandspiering in 2004. De eieren zijn bentisch en zijn dus niet bemonsterd. Bemonsteringen vonden plaats vanaf eind december 2003 tot begin april 2004 (ICES 2007b).

5.3 Haring – *Clupea harengus* – herring

Voortplanting (Ter Hofstede et al. 2008)

Haringen zijn demersale paaiers die grindachtig substraat nodig hebben om te paaieren. Eieren worden in dikke lagen op grof zand, grind, schelpen en kleine stenen gelegd. Dit maakt de haring gevoelig voor menselijke activiteiten die de zeebodem aantasten, zoals grindwinning, olieboringen, etc. (Heessen et al. 2005). Larven zijn pelagisch en metamorfose vindt plaats na 2-7 maanden, afhankelijk van het tijdstip van paaieren.

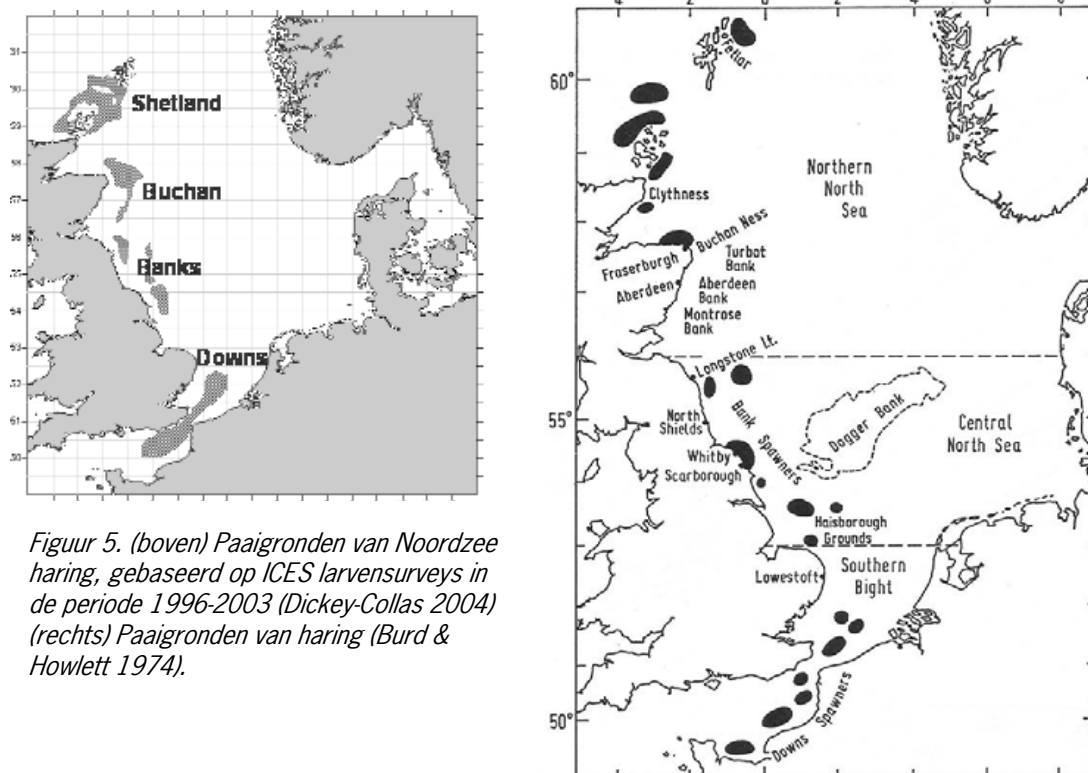
De vissen komen samen op traditionele paaigronden in relatief ondiep water van 15-40 m diepte. Noordzee haring kent verschillende populaties voor- en najaarspaaiers, elk met hun eigen paaigronden. Het paaien begint in september voor populaties uit het noordelijke deel van de Noordzee. Zuidelijkere populaties paaieren later en het paaizeizoen eindigt in januari in het oostelijke deel van het Kanaal (Boeke 1906, Cushing & Burd 1957, Zijlstra 1969, Burd & Howlett 1974). Kleinere kustpopulaties paaieren in de lente (Redeke & Van Breemen 1907, De Groot 1980, Fox 2001, Roel et al. 2004). Het aantal paailocaties varieert met de bestands grootte (Burd 1985, Corten 1999, 2001), waarbij er minder paaiplaatsen zijn bij een lagere biomassa van de haringstand. Verschillen in fenotype tussen haringlarven hebben niet te maken met de verschillende haringrassen, maar met het paaizeizoen en de locatie van het paaieren. Deze 'meristic characteristics' zijn indicatief voor de watertemperatuur ten tijde van het paaieren (Cushing 1958, Baxter 1959, Baxter 1963, Almatar & Bailey 1989, Hulme 1995) (Sinclair & Tremblay 1984, Heath et al. 1997) (Tekst uit Ter Hofstede et al. 2008).

Verspreiding (tekst uit Ter Hofstede et al. 2008)

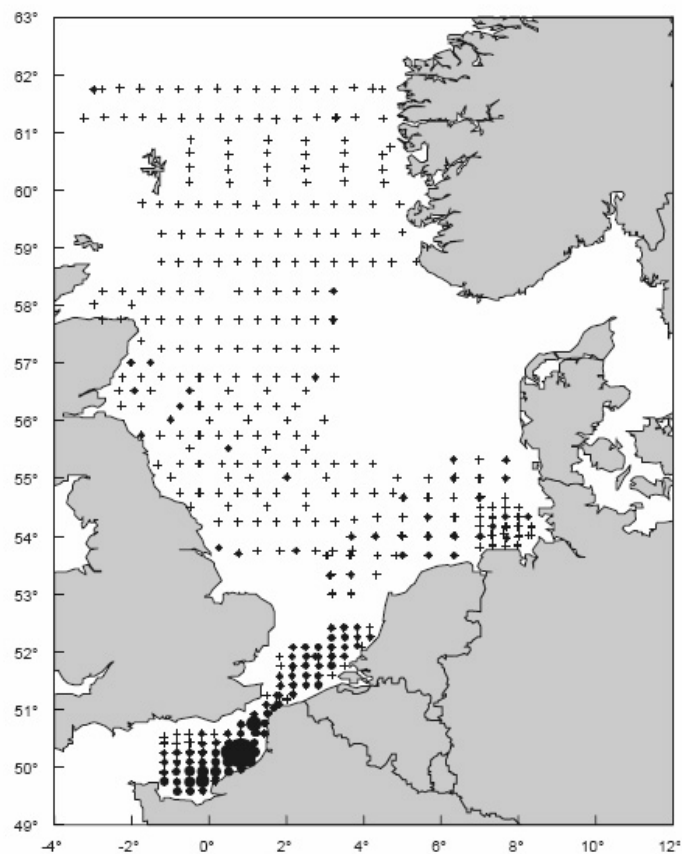
Er zijn drie belangrijke populaties van herfstspaaiers die gedurende het grootste deel van het jaar gemengd voorkomen en tijdens het paaizeizoen naar specifieke paaigronden migreren (Figuur 5) (Daan et al. 1990):

- a) Buchan/Shetland haringen paaieren van augustus tot september in het noordelijke deel.
- b) De Banks of Dogger haring paaient in de centrale Noordzee van augustus tot oktober.
- c) De Zuidelijke Bocht/Downs haring paaient in de zuidelijke bocht van de Noordzee en het Kanaal van november tot januari.

De bulk van de Noordzeeharing wordt door deze populaties gevormd. Daarnaast wordt er ook in het voorjaar gepaaid (bv. de Skagerrak voorjaarspaaiers).



Figuur 5. (boven) Paaigronden van Noordzee haring, gebaseerd op ICES larvensurveys in de periode 1996-2003 (Dickey-Collas 2004) (rechts) Paaigronden van haring (Burd & Howlett 1974).



Symbols on square root scale

Symbol	Nos.m ²
•	0.1
●	3563.6
●	9038.3
●	17108.7

Figuur 6. Verspreiding van larven van haring in 2004. Bemonsteringen vonden plaats vanaf eind december 2003 tot begin april 2004 (ICES 2007b).

5.4 Sprot - *Sprattus sprattus* – sprat



Voortplanting

Sprot in de Noordzee paait tussen maart en augustus met als hoogtepunt eind mei-juli (Re & Goncalves 1993). De vis is een multiple batch spawner, dat wil zeggen dat hij meerdere keren achtereenvolgens kan paaien (Munk 1993). De eieren en larven zijn pelagisch.

Verspreiding

De meeste larven worden in de kustgebieden gevonden (Munk 1993). Bekende paaigebieden zijn die uit de kust bij Engeland en Denemarken en de binnenzijde van de Duitse bocht en ook die uit de kust ten noorden en oosten van Schotland (Munk 1993). Concentraties van sprot eieren lijken samen te vallen met 'tidal fronts' (Munk 1993). Larven in de Deense Noordzee werden over een zeer groot verspreidingsgebied gevonden. De ruimtelijke verspreiding en de groei van sprot larven hangt nauw samen met de hydrografie (ICES 2007b).

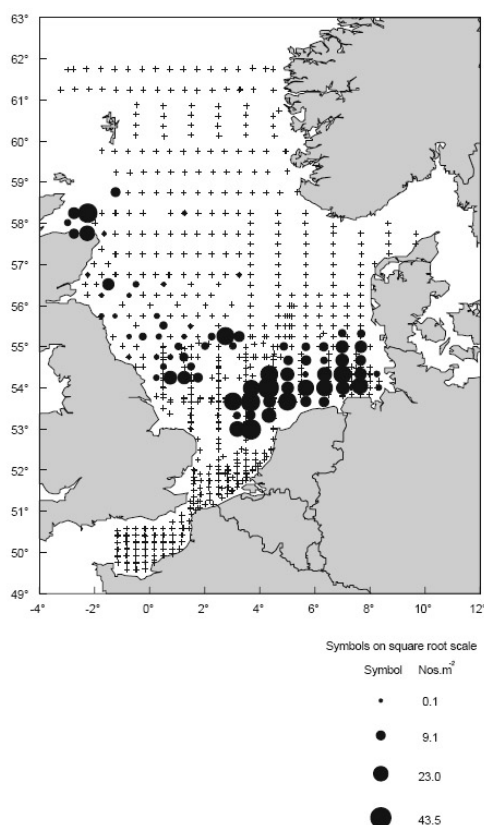


Figure 4.1.3. Composite map of sprat (*Sprattus sprattus*) egg abundance (nos. m⁻²) in 2004.

Figuur 8. Verspreiding van sprot eieren. Bemonsteringen vonden plaats van eind december 2003 tot begin april 2004 (ICES 2007b).

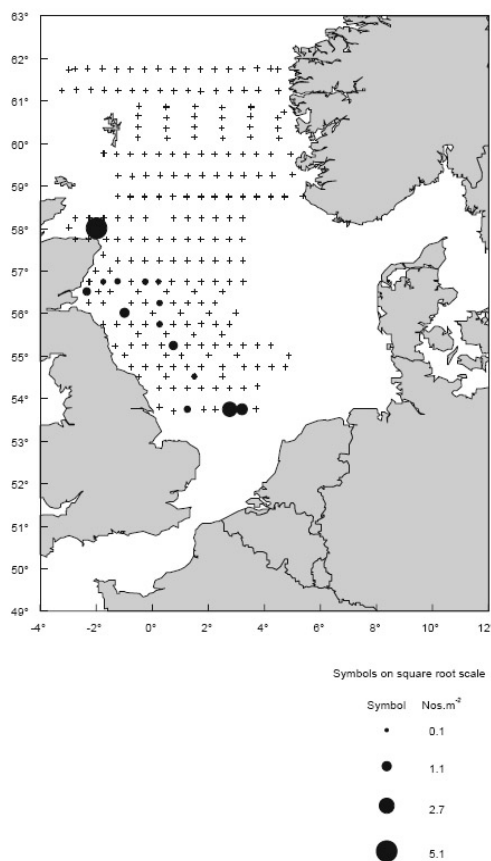


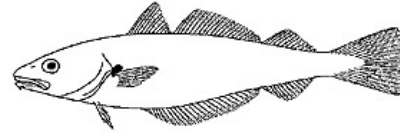
Figure 4.1.4. Composite map of sprat (*Sprattus sprattus*) larval abundance (nos. m⁻²) in 2004.

Figuur 7. Verspreiding van sprot larven. Bemonsteringen vonden plaats van eind december 2003 tot begin april 2004 (ICES 2007b).

5.5 Wijting - *Merlangius merlangus* – whiting

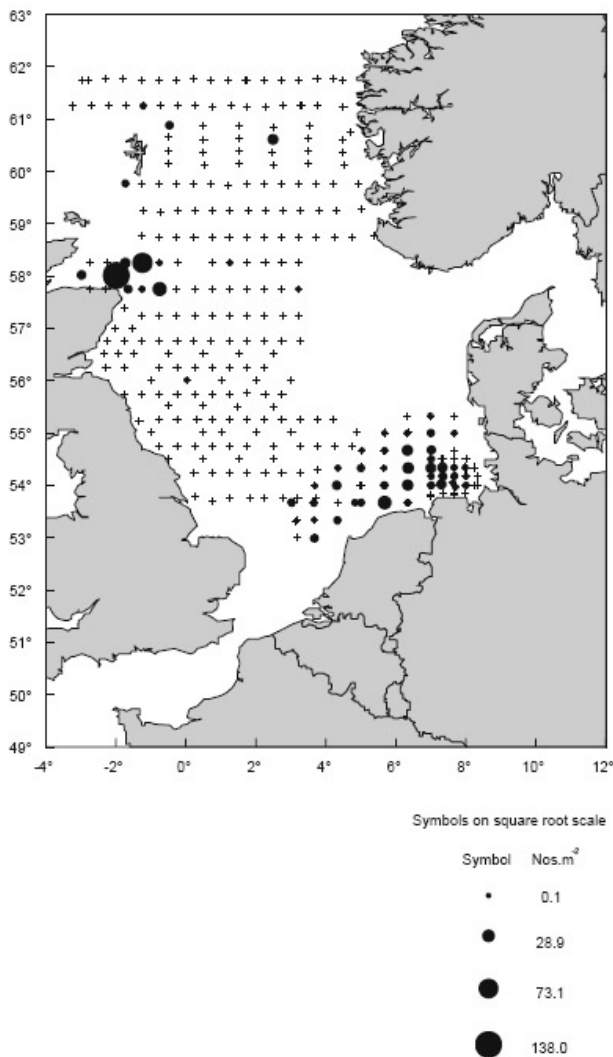
Voortplanting

Wijting is een zeer algemeen voorkomende kabeljauwachtige. De pelagische eieren doen er ongeveer 10 dagen over om uit te komen en worden in verschillende batches afgezet gedurende een periode die tot 14 weken kan duren (Knijn et al. 1993). Wijting paait in de Noordzee van januari (zuidelijke deel) tot juli (noordelijke deel) (ICES 2007b).



Verspreiding

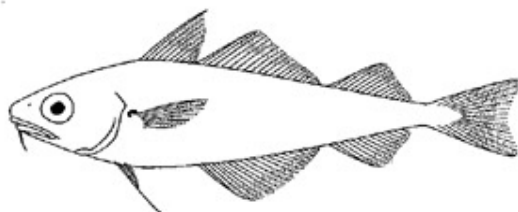
Paaien lijkt in de gehele Noordzee voor te komen, (Knijn et al. 1993), maar de verspreiding van larven lijkt beperkt tot bepaalde gebieden op de Noordzee, zoals te zien is in de ICES survey van 2003/2004 (Figuur 9).



Figuur 9. Verspreiding van wijtinglarven. Bemonsteringen vonden plaats van eind december 2003 tot begin april 2004 (ICES 2007b).

Figure 4.1.12. Composite map of whiting (*Merlangius merlangus*) larval abundance (nos. m⁻²) in 2004.

5.6 Kabeljauw - *Gadus morhua* – cod



Voortplanting

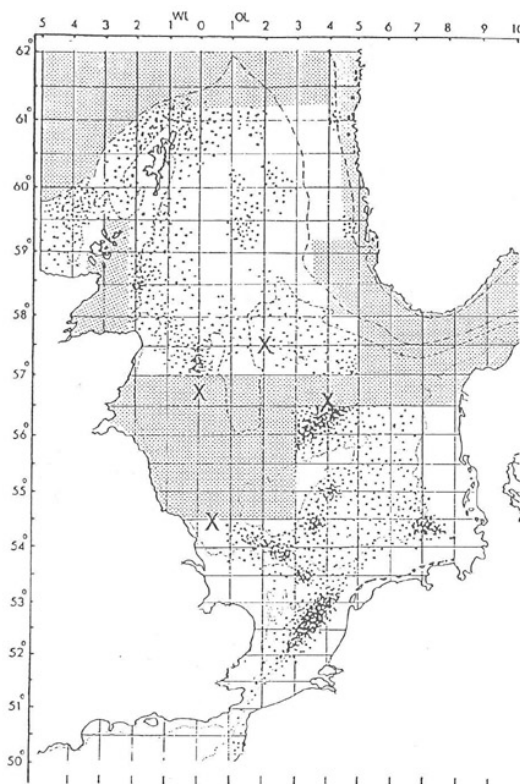
Het paaien vindt in de waterkolom plaats. Kabeljauw legt eitjes in batches, tot 19 stuks, met een interval van 1-10 dagen.

Afhankelijk van de temperatuur duurt het 10-30 d om uit te komen. De eieren zweven in de waterkolom en concentreren zich in de bovenste 20 meter (Heessen et al 2005)

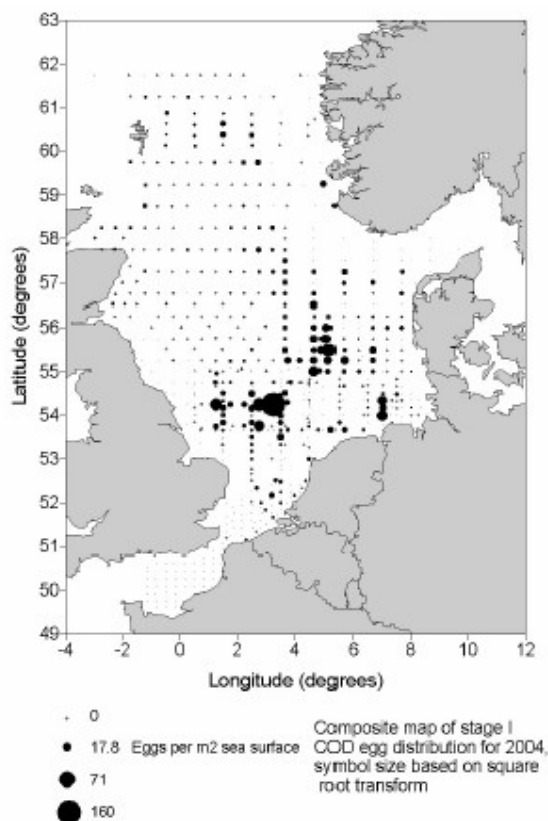
Paaien in het zuidelijke deel van de Noordzee kent een piek vanaf de laatste week van januari tot mid-februari, terwijl in het noordelijke deel de hoogste concentratie eieren in april wordt gevonden. De eieren en larven zijn pelagisch. Vanaf een lengte van 7 cm wordt kabeljauw demersaal (Heessen et al. 2005, ICES 2007b).

Verspreiding

De paaigronden lijken wijd verspreid en niet beperkt tot bepaalde locaties. Een duidelijk beeld van de verspreiding van kabeljauw eieren over de Noordzee is er niet, omdat de eieren verward worden met die van schelvis. Op basis van genetisch onderzoek, waarmee wel betrouwbaar kon worden vastgesteld dat het om kabeljauw eieren gaat, is een verspreidingskaart voor 2004 gemaakt (Figuur 11) (referenties in ICES 1994, 2007b).



Figuur 11. Paaigebieden van kabeljauw (Daan 1978).



Figuur 11. Verspreiding van stage I kabeljauw eieren in 2004 (ICES 2007b).

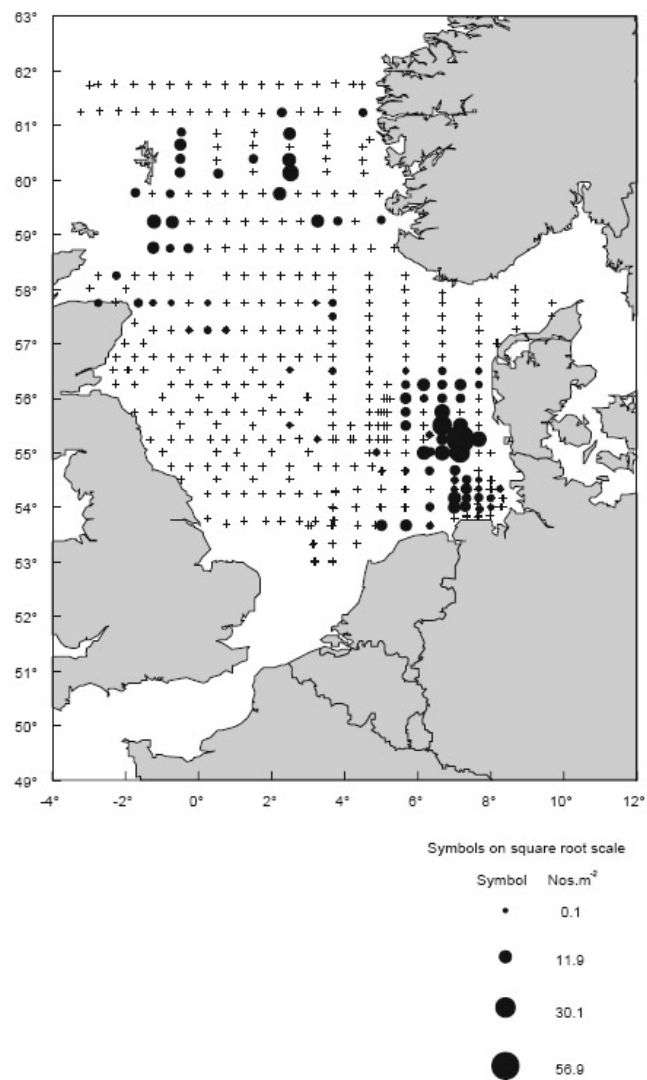


Figure 4.1.10. Composite map of cod (*Gadus morhua*) larval abundance (nos. m⁻²) in 2004.

Figuur 12. Kabeljauwlarven. Bemonsteringen vonden plaats van eind december 2003 tot begin april 2004 (ICES 2007b).

5.7 Spiering - *Osmerus eperlanus* – smelt



Voortplanting

Om te paaien trekt spiering de rivier op (anadroom) zoals de Elbe. Het paaien vindt tussen maart en april plaats. Larven worden door de stroming naar de benedenloop van de rivier gevoerd, waar ze opgroeien (ICES 2007b).

Verspreiding

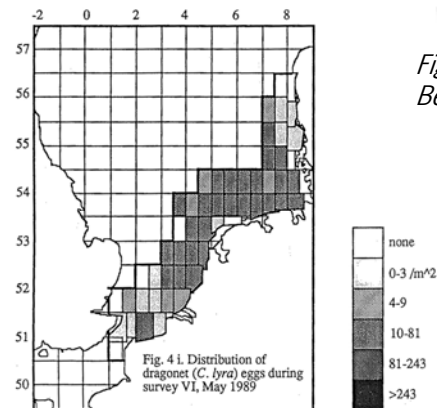
Niet van belang, want spiering paait niet in zout water.

5.8 Pitvis - *Callionymus lyra* – dragonet

Voortplanting

De pitvis paait in de winter, het voorjaar en de zomer (Van der Land 1990) en is de meest voorkomende pitvissoort in de Noordzee, naast de gevlekte en de gerasterde pitvis.

Verspreiding



Figuur 13. Verspreiding van pitviseieren (Van der Land 1990). Bemonsteringen vonden plaats in mei 1989.

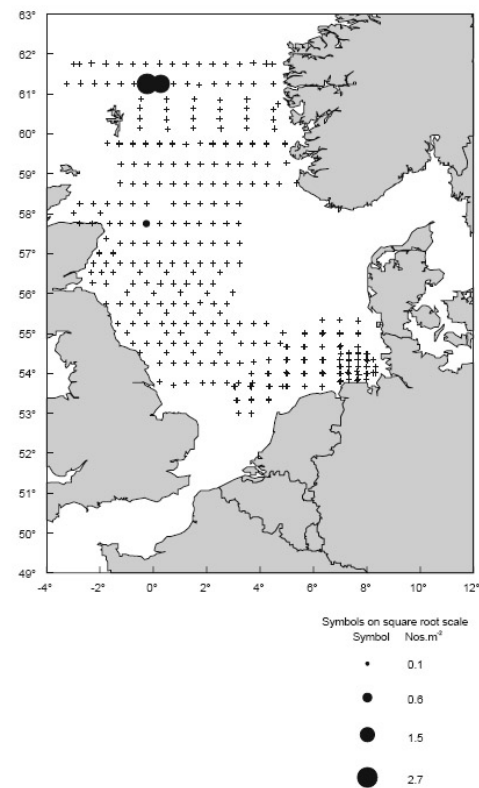


Figure 4.1.27. Composite map of dragonet (*Callionymidae*) larval abundance (nos. m⁻²) in 2004.

Figuur 14. Verspreiding van pitvislarven. Bemonsteringen vonden plaats van eind december 2003 tot begin april 2004. Waarschijnlijk vond de bemonstering te vroeg plaats, waardoor er weinig waarnemingen zijn (ICES 2007b).

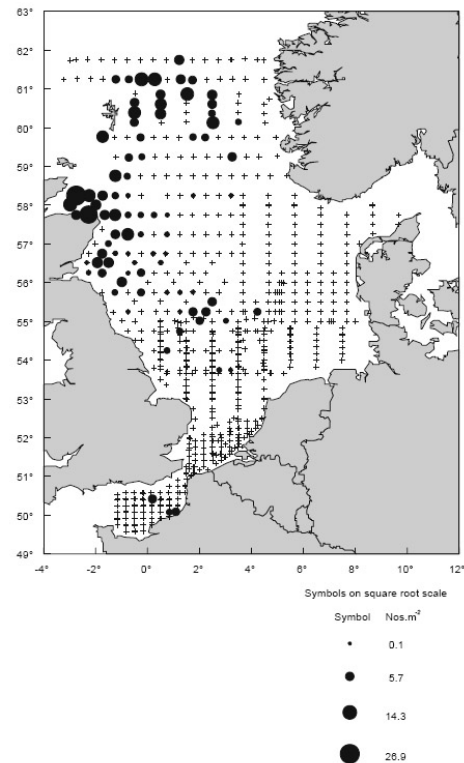
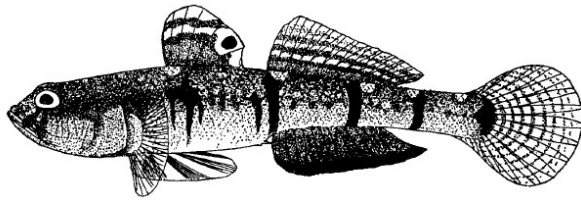


Figure 4.1.26. Composite map of dragonet (*Callionymidae*) egg abundance (nos. m⁻²) in 2004.

Figuur 15. Verspreiding van pitviseieren. De gewone pitvis is de meest voorkomende soort, naast de gevlekte en de gerasterde pitvis, die buiten de bemonsteringsperiode paaien. Bemonsteringen vonden plaats van eind december 2003 tot begin april 2004 (ICES 2007b).

5.9 Dikkopje - *Pomatoschistus minutus* - sand goby



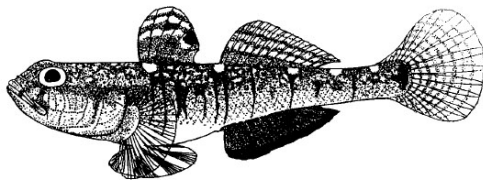
Voortplanting

Het dikkopje zoekt in de winter het diepere water op, maar trekt in het voorjaar naar ondieper water om te reproduceren. Het dikkopje paait in de zomer in ondiep water, waarbij de territoriale mannetjes de vrouwtjes naar lege schelpen of naar stenen lokken, waar eitjes worden afgezet. De schelpen of stenen worden daarna met zand bedekt (Muus & Nielsen 1999). Het mannetje bewaakt de eieren gedurende een dag of tien, wanneer de larven rond de 3 mm in lengte zijn. De larven zijn pelagisch. Juvenielen gaan pas bij de bodem leven wanneer ze 17-18 mm lang zijn (Fonds 1973, Hamerlynck & Cattrijsse 1994). In de zuidelijke bocht van de Noordzee zijn eieren gevonden van eind april tot begin juni (Fonds 1973). In Zweden is het paaiseizoen mei-juli (Fonds 1973).

Verspreiding

Het dikkopje is een dominante vissoort in ondiepe wateren, delta's, ondiepe kustzeeën zoals de Waddenzee (Fonds 1973), maar kan tot 40 meter diepte voorkomen (Fonds 1973).

5.10 Lozano's grondel - *Pomatoschistus lozanoi* - Lozano's goby



Voortplanting

Eieren zijn gevonden van eind mei tot midden augustus in de Zuidelijke bocht van de Noordzee (Knijn et al. 1993).

Verspreiding

Niet bekend of niet eenvoudig in de literatuur te achterhalen.

5.11 Driedoornige stekelbaars - *Gasterosteus aculeatus* – stickleback



Voortplanting

De driedoornige stekelbaars komt voornamelijk dicht bij de kust voor en wordt daar vooral in de wintermaanden gevonden. Er bestaan migrerende en niet-migrerende populaties (Knijn et al. 1993). De anadrome driedoornige stekelbaars migreert in het voorjaar naar zoet water om zich voort te planten.

Verspreiding

De soort komt in de winter bij de kust voor (Knijn et al. 1993).

5.12 Brakwatergrondel - *Pomatoschistus microps* - common goby

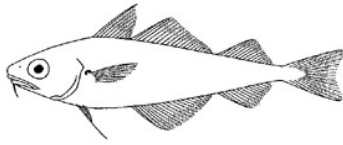
Voortplanting

De brakwatergrondel plant zich voort van mei tot augustus (Zweden). De mannetjes bouwen een nest van een schelp en laten daarbij een ingang open, waar ze vrouwtjes naar toe lokken. De vrouwtjes leggen vervolgens eitjes die door het mannetje bevrucht en daarna bewaakt worden en van verse zuurstof worden voorzien, totdat ze uitkomen. Gedurende een broedseizoen kan er meerdere keren gepaaid worden (Magnhagen 1992).

Verspreiding

De brakwatergrondel komt in ondiepe kust- en estuariene wateren voor.

5.13 Dwergbolk - *Trisopterus minutus* - poor cod

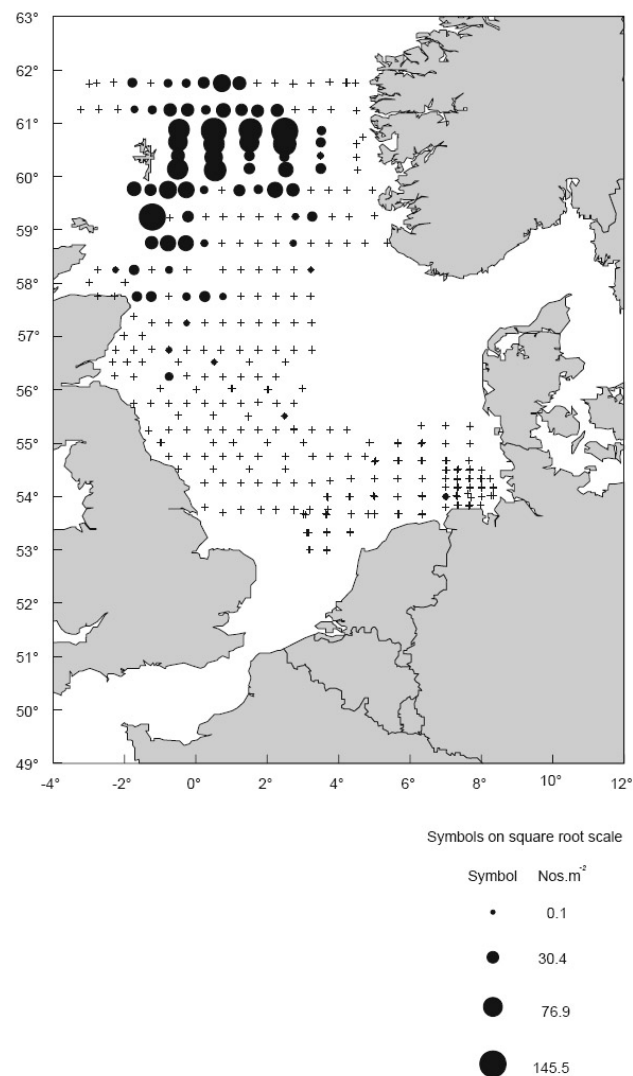


Voortplanting

De dwergbolk zet pelagische eieren af. De paaiperiode is in februari-maart in de zuidelijke Noordzee (Knijn et al. 1993, Heessen & Daan 1996) en waarschijnlijk later in de noordelijke Noordzee (ICES 2007b).

Verspreiding

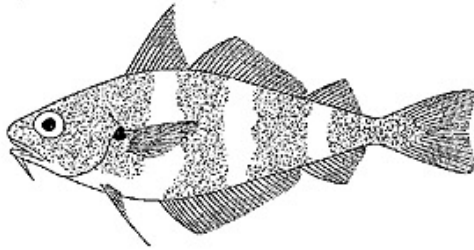
Dwergbolk komt vooral voor in de zuidelijke bocht van de Noordzee (Knijn et al. 1993).



Figuur 16. Gecombineerde kaart voor larven van kever en dwergbolk. Bemonsteringen vonden plaats van eind december 2003 tot begin april 2004 (ICES 2007b)

Figure 4.1.14. Composite map of Norway pout (*Trisopterus esmarkii*) and poor cod (*Trisopterus minutus*) larval abundance (nos. m⁻²) in 2004.

5.14 Steenbolke - *Trisopterus luscus* – bib



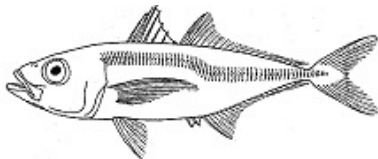
Voortplanting

De steenbolke heeft een relatief lang voortplantingsseizoen (jan-aug) (Knijn et al. 1993). De larven, die uit pelagische eieren voortkomen, worden in hoge dichtheden bij de kust waargenomen wat suggereert dat zij passief naar deze gebieden toe getransporteerd worden (Daan 1990).

Verspreiding

De soort komt in de Zuidelijke Noordzee voor.

5.15 Horsmakreel - *Trachurus trachurus* - horse mackerel

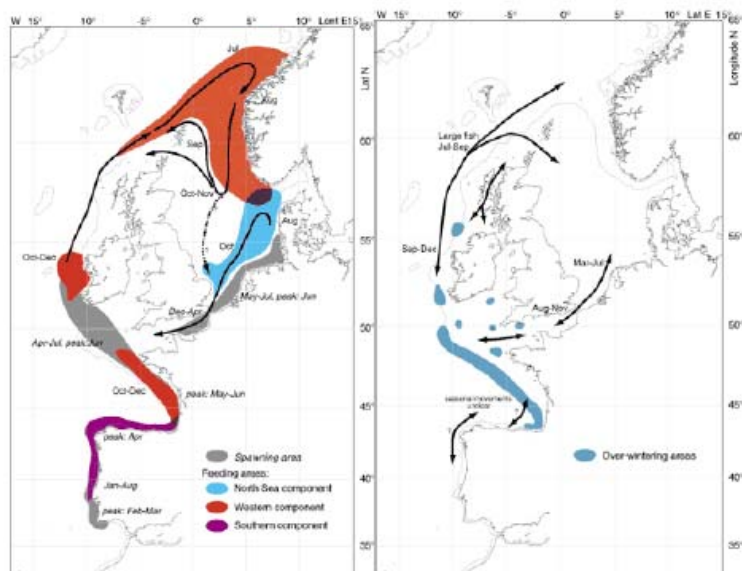


Voortplanting

Horsmakreel is een batch spawner. Vrouwjes leggen gedurende een periode van enkele maanden 5-16 batches. De piek van het paaiseizoen valt in mei-juni (referenties in Heessen et al. 2005).

Verspreiding

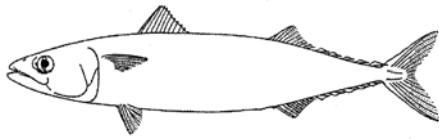
De paailocaties liggen uit de kust van België, Nederland, Duitsland en Denemarken (referenties in Heessen et al. 2005). De migratie van horsmakreel is weergegeven in Figuur 17.



9.1.4.4 Schematic outline of assumed migration routes, spawning, feeding and over-wintering areas for the three Horse Mackerel stocks. Depth line drawn is the 200 m contour. (from www.HOMSIK.org and based on ICES, 1998 and Eaton 1983).

Figuur 17. Schematische migratieroutes inclusief paaiplaatsen (grijs) van horsmakreel (ICES 1998).

5.16 Makreel - *Scomber scombrus* – mackerel



Voortplanting

Makreel paait in batches, waarbij de vrouwtjes tot 20 batches afzetten in het water gedurende het paaiseizoen. De eieren en larven zijn pelagisch. De paaitijd ligt tussen mei en juli.

Verspreiding

De paalocaties bevinden zich ver op de Noordzee (Figuur 18). De verspreiding van eieren (stage 1) bevestigt dit beeld (Figuur 19).

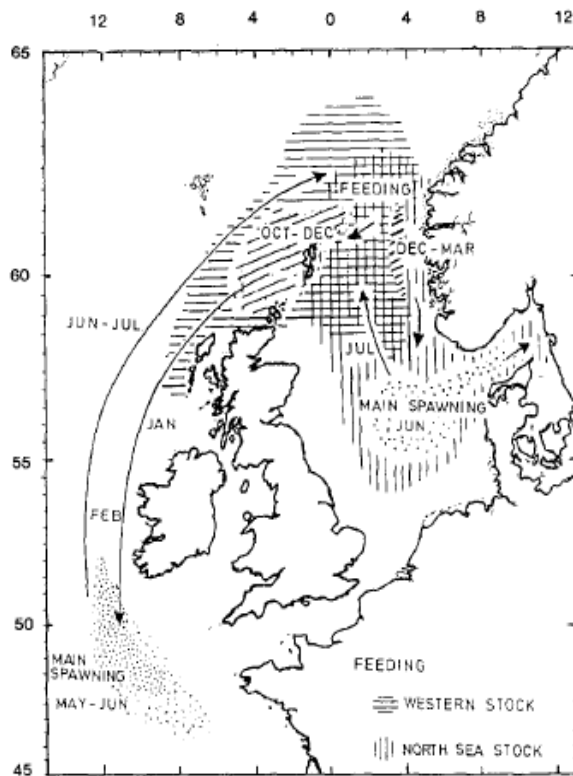
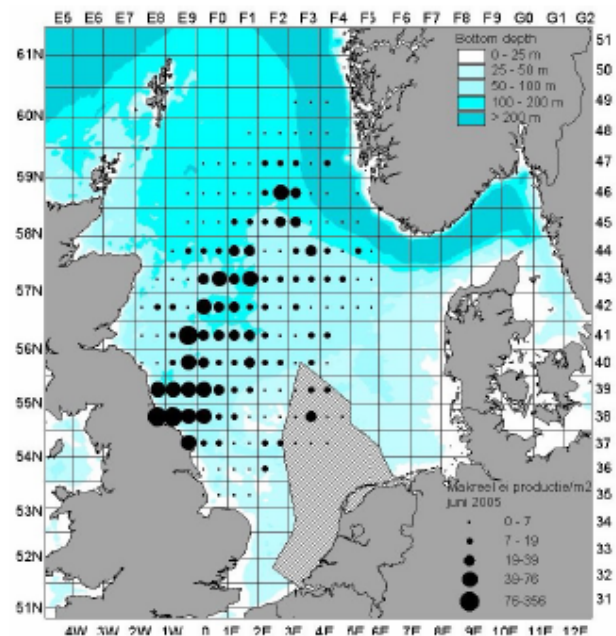


Fig. 6. Schematic outline of migrations and distributions of adult mackerel of the Western and North Sea stocks. (From ANONYMOUS, 1988b).

*Figuur 18. Schematische verspreiding
paaigronden makreel (Daan 1990).*

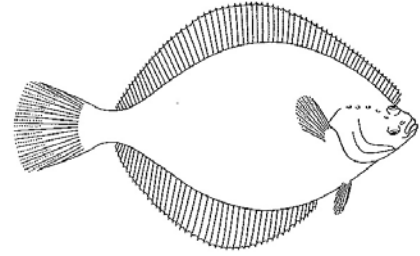


Figuur 19. Verspreiding van stage 1 makreel eieren in het voorjaar van 2005 (Heessen et al. 2005)

5.17 Schol - *Pleuronectes platessa* – plaice

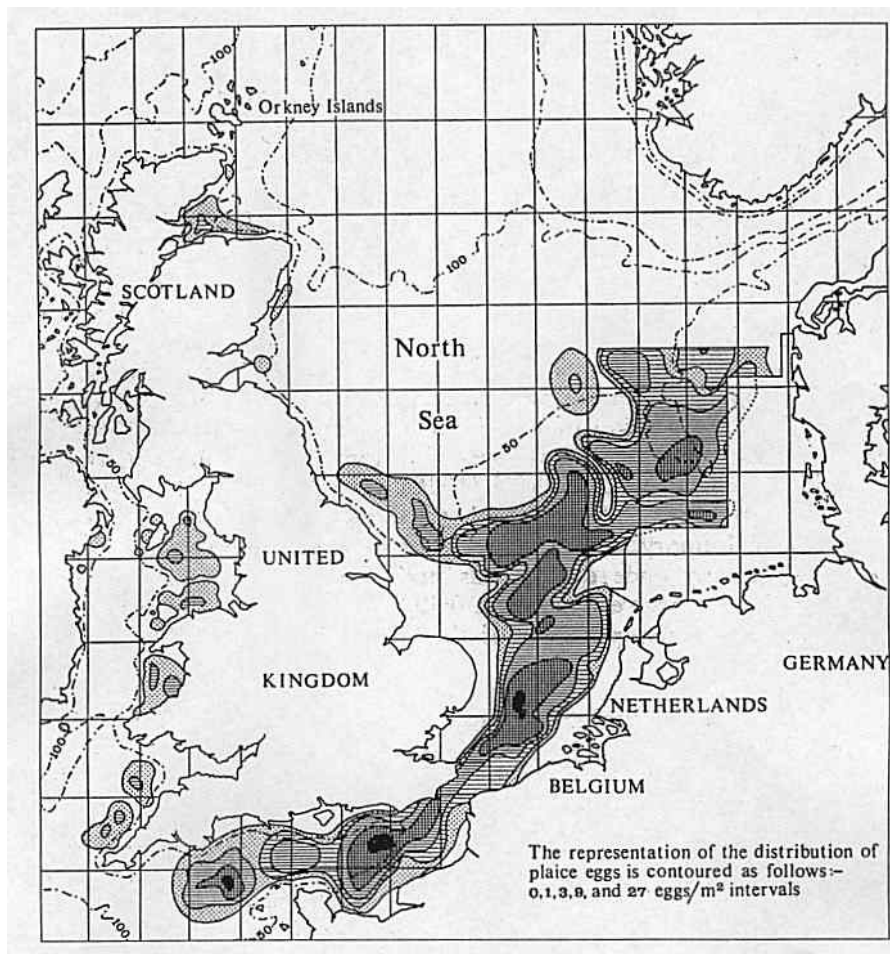
Voortplanting (tekst uit Ter Hofstede et al. 2008)

De piek in de paaitijd van schol verschuift van begin januari in het oostelijke Kanaal naar midden februari in de Duitse Bocht en uit de kust van Flamborough (Rijnsdorp 1989).

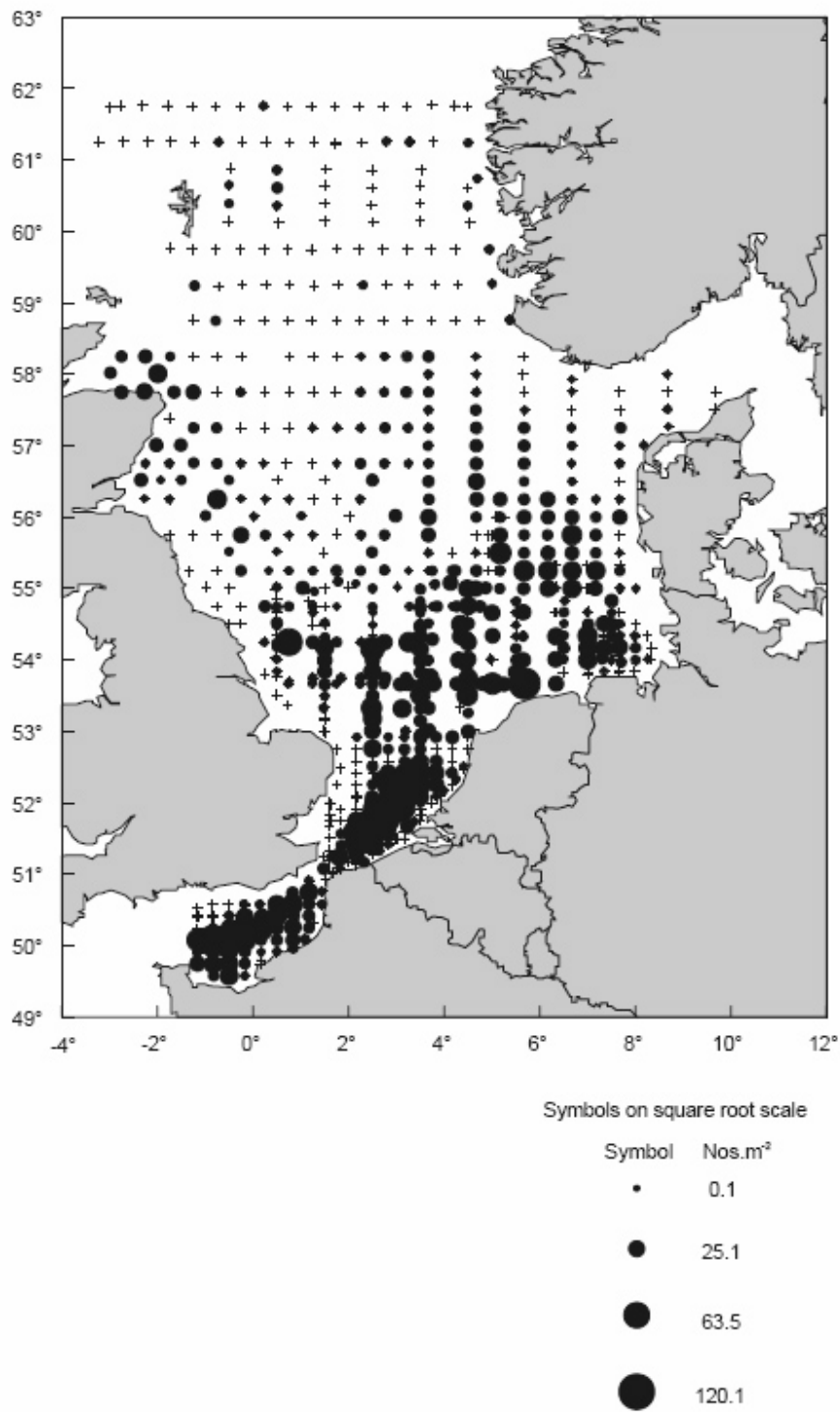


Verspreiding (tekst uit Ter Hofstede et al. 2008)

Schol paait offshore en in diepere delen van de zuidelijke Noordzee en aan de oostkust van Engeland, waarvandaan de eieren getransporteerd worden naar de kinderkamers aan de kust. Paaiactiviteit in het oostelijk deel van het Kanaal en in de Zuidelijke Bocht is sterk geconcentreerd, terwijl de eiproductie rond de Doggersbank en in de Duitse Bocht meer verspreid is (Figuur 21) (Harding et al. 1978, Heessen & Rijnsdorp 1989, Taylor et al. 2007). Merkexperimenteren hebben laten zien dat schol sterk plaatsgetrouw is: individuele vissen keren steeds terug naar dezelfde foerageergebieden en paaiplaatsen (Hunter et al. 2003).



Figuur 20. Schematische verspreiding paaiplaatsen schol (Harding et al. 1978).



Figuur 21. Verspreiding van scholeieren in 2004 (aantal per m²) (ICES 2007b).

5.18 Bot - *Platichthys flesus* – flounder

Voortplanting

De bot plant zich offshore voort (ICES 2007b). De paaiperiode loopt minimaal van februari tot april (ICES 2007b).

Verspreiding

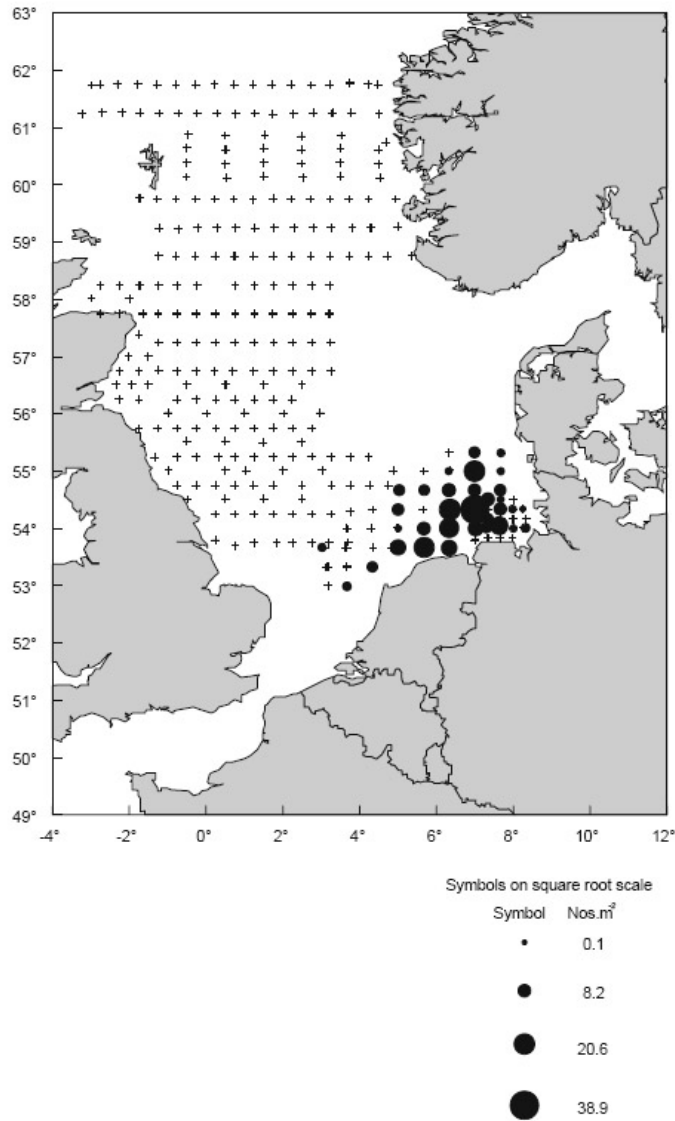
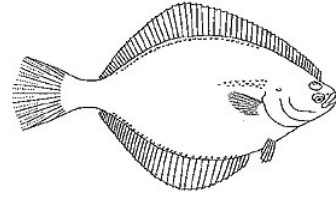


Figure 4.1.32. Composite map of flounder (*Platichthys flesus*) larval abundance (nos. m⁻²) in 2004.

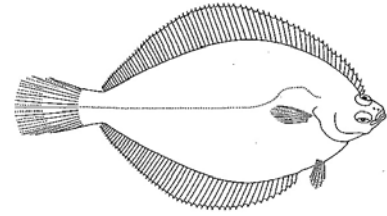
Figuur 22. Verspreiding van bot larven in 2004 (ICES 2007b).

5.19 Schar - *Limanda limanda* – dab

Voortplanting

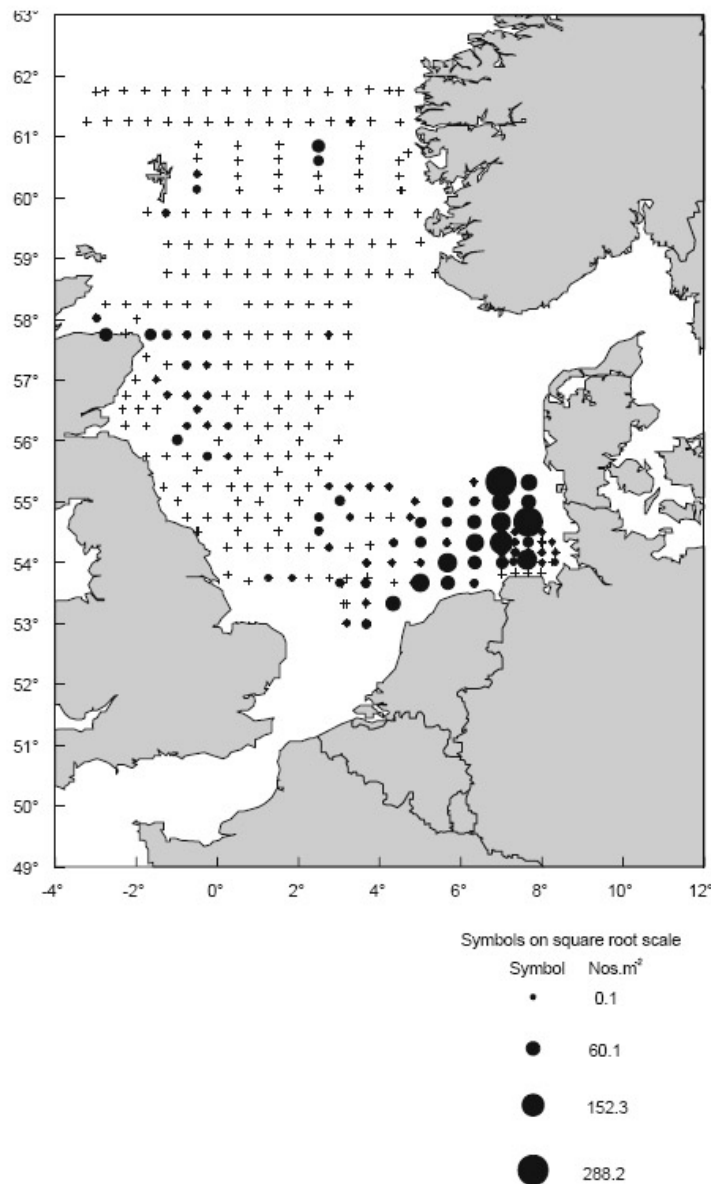
Aangezien er gedurende vele maanden eieren worden gevonden (ICES 2007b) gaat men er van uit dat het paaiseizoen lang duurt. Van der Land (1991) vindt eieren van januari-mei met als hoogtepunt de periode februari-april.

De larven werden in 2004 vanaf februari waargenomen (ICES 2007b).



Verspreiding

De hoogste dichtheden verschenen in de zuidoostelijke bocht en werden gevonden in april (ICES 2007b) (Figuur 23).



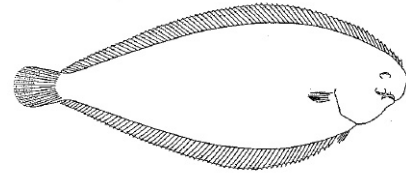
Figuur 23. *Limanda limanda*.
Larvenverspreiding van schar.
Bemonsteringen vonden plaats van
eind december 2003 tot begin april
2004 (ICES 2007b).

Figure 4.1.33. Composite map of dab (*Limanda limanda*) larval abundance (nos. m⁻²) in 2004.

5.20 Tong – *Solea solea* – sole

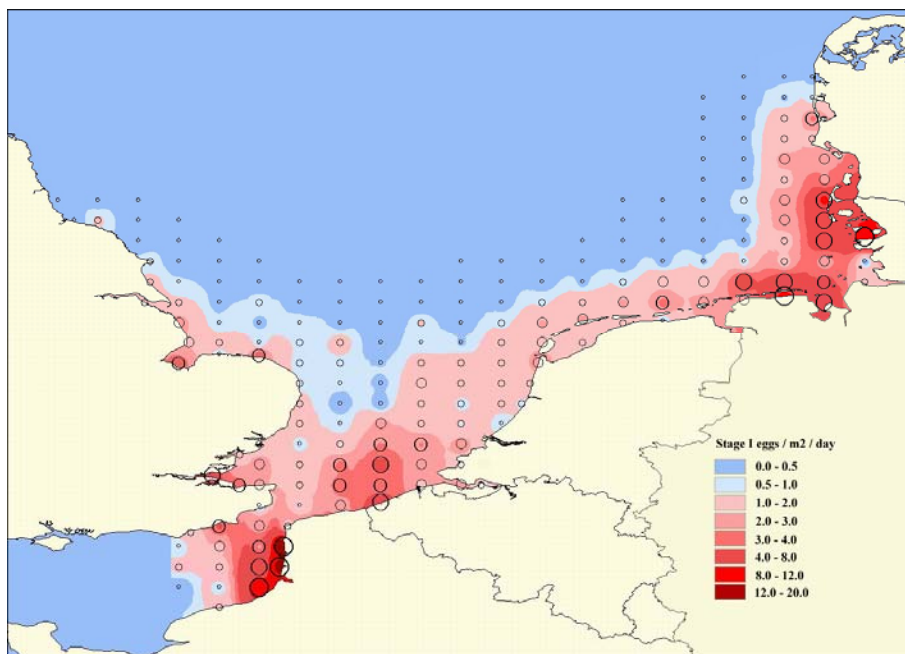
Voortplanting

Tong is een zuidelijke soort. Paaien vindt plaats in kustwateren binnen de 30 m dieptelijn. De piek van het paaien is april-mei. Belangrijke paaiplaatsen zijn de Belgische kust, de Thames estuarium, de Norfolk Banks, het gebied buiten Texel en de Duitse bocht. Larven ontwikkelen zich in relatief korte tijd, ongeveer 1 maand, tot bodemvissen. Passief transport van larven vindt daarom over relatief korte afstanden plaats (Knijn et al. 1993).



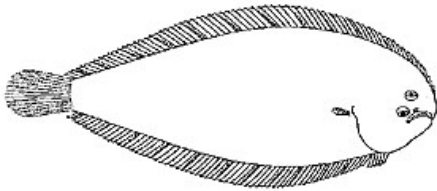
Verspreiding

Tijdens de ICES survey in 2004 die was gericht op kabeljauwachtigen, zijn ook tongeieren bemonsterd, maar de bemonsteringsperiode was voor deze soort niet adequaat. Een speciaal op jonge tong gerichte survey is de Sole Egg Survey die is uitgevoerd in 1985 en van 1988-1991 met 4-6 surveys per jaar in de maanden maart/april tot juni/juli. De resultaten laten een verspreiding dicht bij de kust zien (Bolle et al. in prep.).



Figuur 24. Verspreiding eieren van tong uit de Sole Egg Survey (1985, 1988-1991) (Bolle et al. in prep.). Periode maart/april - juni/juli, 4-6 surveys per jaar.

5.21 Dwergtong - *Buglossidium luteum* – solenette

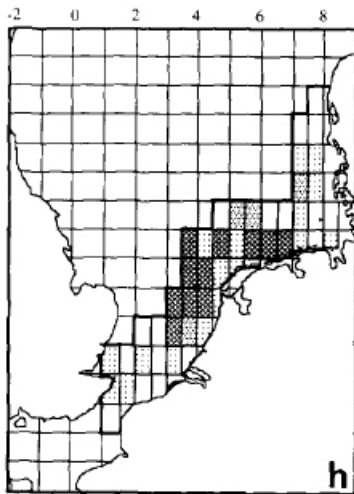


Voortplanting

Dwergtongeieren worden van maart-juli gevonden in zowel in de Noordzee (Van der Land 1991) als bij Bretagne (Dénier 1984).

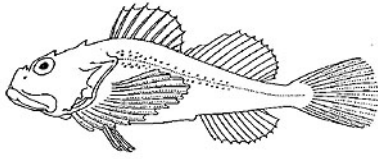
Verspreiding

De dwergtong komt in de gehele zuidelijke Noordzee voor en wordt niet veel groter dan 13 cm, hoewel ook exemplaren van 16-18 cm zijn gevonden (Knijn et al. 1993). Eieren van dwergtong zijn gevonden uit de Nederlandse kust (Figuur 25).



Figuur 25. Verspreiding eieren van dwergtong (Van der Land 1991).

5.22 Zeedonderpad - *Myoxocephalus scorpius* – bullrout



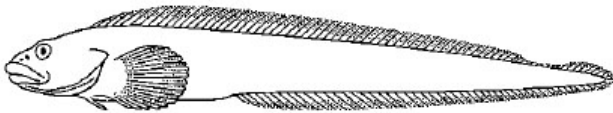
Voortplanting

Vrouwtjes zetten eieren af tussen zeewier of rotsen en mannetjes bewaken de eieren van een of meer vrouwtjes (referenties in Luksenburg et al. 2004). De zeedonderpad paait eind november/begin december tot februari in de Oostzee en in Newfoundland (refs in Luksenburg et al. 2004) en van half januari tot half maart in noord Noorwegen (Gercken et al. 2006).

Verspreiding

Juvenielen worden voornamelijk in de kustwateren gevonden.

5.23 Puitaal - *Zoarces viviparus* - viviparous blenny



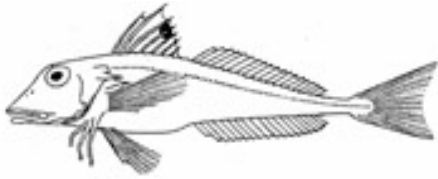
Voortplanting

De puitaal is een levendbarende vis van de kustwateren. Na bevruchting ontwikkelen de larven zich in het vrouwtje. De zwangerschap duurt ca. 5 maanden, waarna goed ontwikkelde jongen verschijnen (Strand et al. 2005). De larven worden in januari of februari losgelaten, wanneer ze een lengte van 40-55 mm hebben bereikt.

Verspreiding

De verspreiding van de larven is gelijk aan die van de volwassen vissen, aangezien de soort levendbarend is.

5.24 Grauwe poon - *Eutrigla gurnardus* - grey gurnard



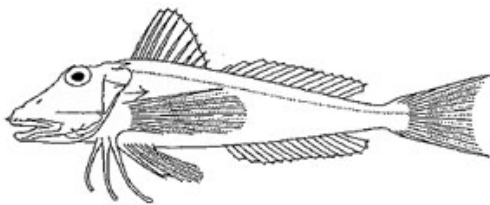
Voortplanting

De voortplantingsperiode is van april tot augustus. De eieren zijn pelagisch (referenties in Heessen et al. 2005). Er wordt gedacht dat de larven van ponen zich snel op de bodem vestigen en daarom in planktonsurveys niet zoveel gevonden worden.

Verspreiding

De grauwe poon is wijdverspreid in de Noordzee. De grauwe poon verblijft in de centrale westelijke Noordzee gedurende de winter en trekt in het voorjaar naar het zuidoostelijke deel om te paaieren (referenties in Heessen et al. 2005).

5.25 Rode poon - *Trigla lucerna* - tub gurnard



Voortplanting

De voortplantingsperiode van de rode poon is in de zomer. De eieren zijn pelagisch. Er wordt gedacht dat de larven van ponen snel op de bodem settelen en daarom in planktonsurveys niet zoveel gevonden worden (Knijn et al. 1993).

Verspreiding

Zie Figuur 26.

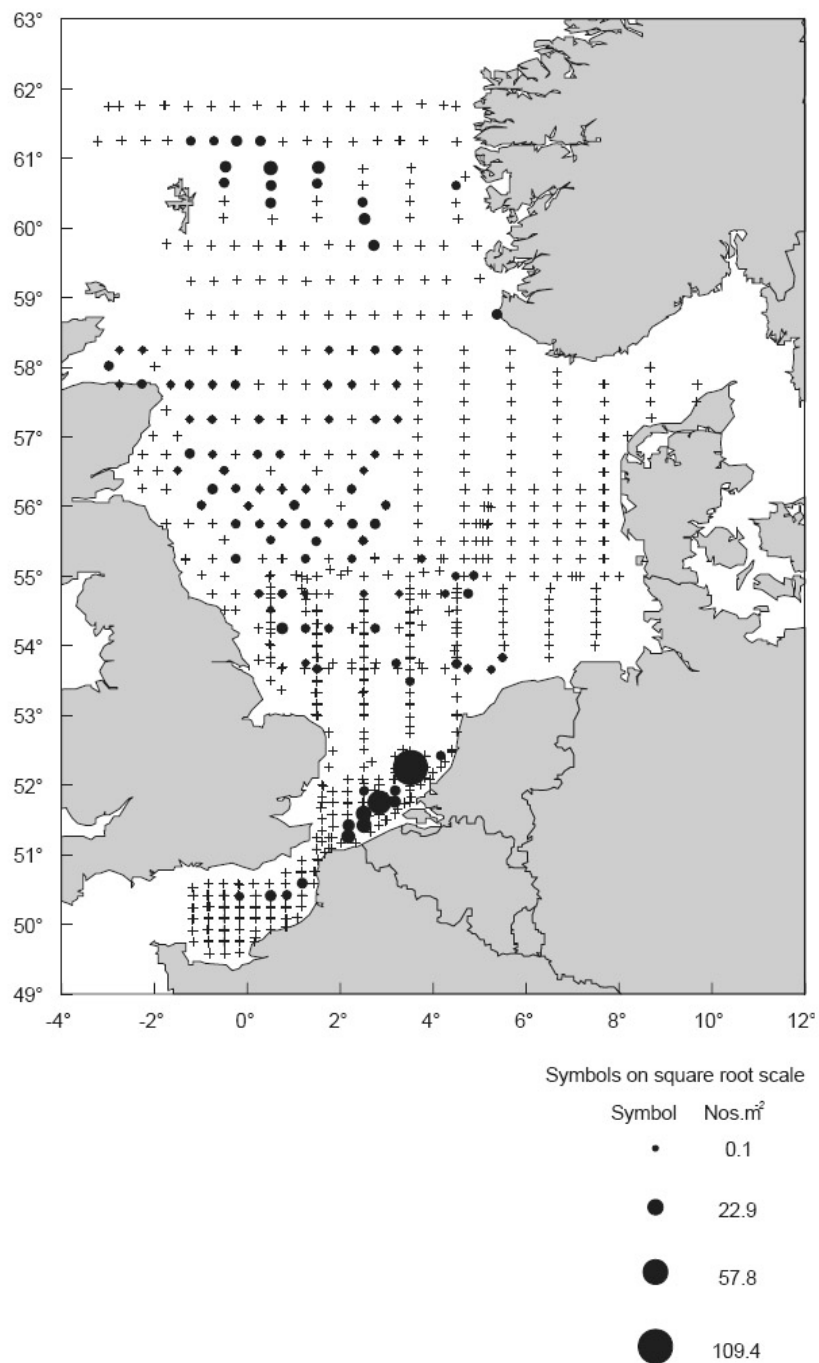


Figure 4.1.21. Composite map of gurnard (*Triglidae*) egg abundance (nos. m⁻²) in 2004.

Figuur 26. Poon eieren (grouwe poon, rode poon en andere poon soarten). De grouwe poon komt echter het meeste voor. Bemonsteringen vonden plaats van eind december 2003 tot begin april 2004 (ICES 2007b).

5.26 Botervis - *Pholis gunnellus* – butterfly

Voortplanting

De botervis is heel erg algemeen in kustgebieden, waar hij onder stenen en algen in het intertidal voorkomt en wordt soms gevonden in dieper water tot 100 m diepte. Het paaiseizoen van de botervis is in de winter of het vroege voorjaar. Eieren worden in holtes of lege schelpen gelegd en bewaakt door een of beide ouders. De larven zijn pelagisch en settelen zich bij een lengte van 33-35 mm (Knijn et al. 1993).

Verspreiding

De botervis komt in de kustgebieden voor.

5.27 Overzicht paaiseizoenen

Een overzicht van de paaiseizoenen is weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2. Overzicht paaiseizoenen.

Soort	Wetensch. naam	Engelse naam	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec	Referenties
Haring	<i>Clupea harengus</i>	herring	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	++	++	+	+	++	Daan (1990)
Sprot	<i>Sprattus sprattus</i>	sprat			+	+	++	++	+	+					Daan (1990); Munk (1993)
Spiering	<i>Osmerus eperlanus</i>	smelt			+	+									ICES (2007b); paait in zoet water
Kabeljauw	<i>Gadus morhua</i>	cod	+	++	(+)	(+)									zie Daan (1990), ICES / IMARES
Wijting	<i>Merlangius merlangus</i>	whiting	+	++	++	++	++	+	+	+	+	+			ICES (2007b)
Dwergbolk	<i>Trisopterus minutus</i>	poor cod		+	+										Knijjn et al. (1993)
Steenbolk	<i>Trisopterus luscus</i>	bib	+	+	+	+	+	+	+	+					Knijjn et al. (1993)
driedoornige stekelbaars	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	stickleback		+	+										Kemper & Wintermans (1996); paait in zoet water
grouwe poon	<i>Eutrigla gurnardus</i>	grey gurnard			+	++	++	++	+						zie Daan (1990)
rode poon	<i>Trigla lucerna</i>	tub gurnard			+	++	++	++	+						zie Daan (1990)
Zeedonderpad	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	bull-rout	+	+	+									+	Nijssen & De Groot (1987)
Horsmakreel	<i>Trachurus trachurus</i>	horse mackerel					++	++							Heessen et al. (2006a) (ICES Fishbase)
Puitaal	<i>Zoarces viviparus</i>	eelpout, vivip. blenny	(+)	(+)	(+)										Nijssen & De Groot (1987) levendbarend
Botervis	<i>Pholis gunellus</i>	butterfish	+	+											Nijssen & De Groot (1987)
kleine zandspiering	<i>Ammodytes tobianus</i>	lesser sandeel	+	++	++	+									zie Daan (1990); Proctor (1998)
Noorse zandspiering	<i>Ammodytes marinus</i>	greater sandeel	++										++	++	zie Daan (1990)
Pitvis	<i>Callionymus lyra</i>	dragonet		+	+	+									Nijssen & De Groot (1987)
Dikkopje	<i>Pomatoschistus minutus</i>	sand goby				+	++	+							Fonds (1973)
Lozano's grondel	<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	Lozano's goby					+	+	+	+					Fonds (1973)
Brakwatergrondel	<i>Pomatoschistus microps</i>	common goby					+	++	++	+					Fonds (1973)
Makreel	<i>Schomber scombrus</i>	mackerel					+	++	+	+					zie Daan (1990); ICES / IMARES
Schol	<i>Pleuronectes platessa</i>	plaice	++	++	+	+	+							+	zie Daan (1990)
Bot	<i>Platichthys flesus</i>	flounder	+	++	++	++	+								ICES (2007b)
Schar	<i>Limanda limanda</i>	dab	+	+	++	++	++	+	+	+					zie Daan (1990)
Tong	<i>Solea solea</i>	sole				++	++	+	(+)						zie Daan (1990)
Dwergtong	<i>Buglossidium luteum</i>	solenette			+	+	+	+	+						Nijssen & De Groot (1987)

6 Effecten heien op vispopulaties: modelresultaten

6.1 Samenvatting modelresultaten schol, tong, haring

Door Deltares is een eerder ontwikkeld larventransportmodel voor haring, schol en tong gebruikt om de mogelijke effecten van mortaliteit door heien te berekenen. Simulaties zijn uitgevoerd voor elk van de 20 mogelijke windparklocaties op de Noordzee en voor 3 jaren: 1996 (langzame stroming), 2000 (gemiddelde stroming) en 2002 (snelle stroming). De resultaten zijn beschreven in het rapport van Prins et al. (2009) en worden hier verder niet behandeld. Wel staat in *Tabel 3* een samenvatting van de uitkomsten. In het model wordt uitgegaan van mortaliteit tot op 1 km afstand van het heien en het standaard hei-scenario, met een repeterende cyclus van 2 dagen heien gedurende 3 uur, gevolgd door 1 dag rust. Figuur 27 illustreert hoe een wolk haringlarven in het model door de Noordzee zweeft. In het model worden per gridcel (gekleurde blokjes in Figuur 27) berekeningen uitgevoerd.

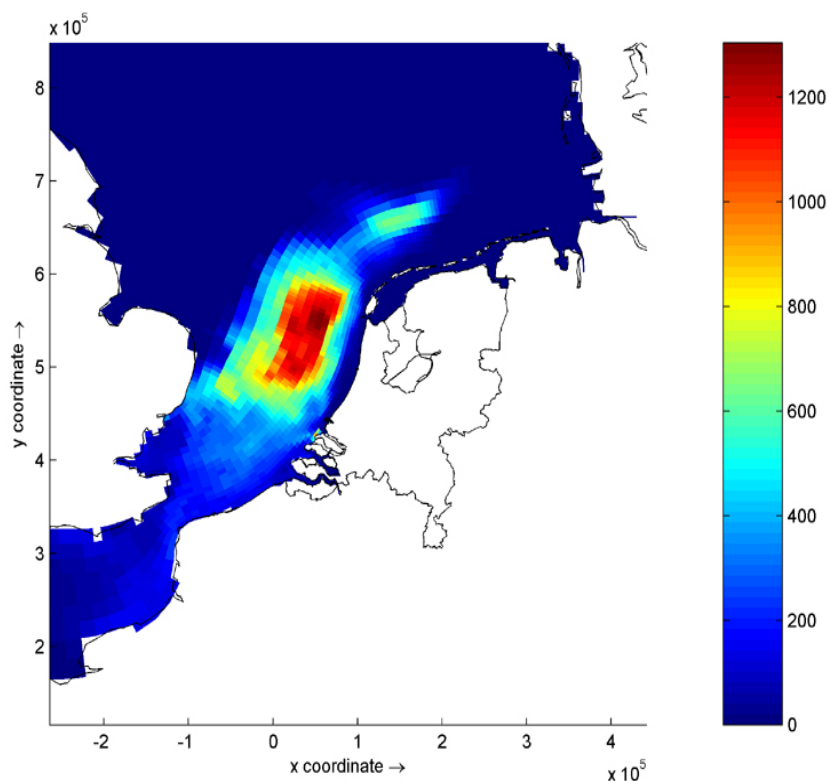
In het model hebben de larven de volgende eigenschappen:

Haringlarven: verticale migraties maar geen synchronisatie met het tij

Schollarven: selectief getijdentransport

Tonglarven: geen verticale migraties

Het model laat zien dat de invloed op haringlarven het grootst is, gevolgd door die op schol en tong (*Tabel 3*). Deze verschillen worden veroorzaakt door verschillen in blootstelling aan mortaliteit door heien gerelateerd aan larvaal gedrag en de positie van de paaigronden t.o.v. de windmolenparken.



Figuur 27. Momentopname van verspreiding van haringlarven in het hydrodynamische model van Deltares/IMARES. De larvenwolk verplaatst zich vanaf de paaigronden in het kanaal met de stroming door de Noordzee. Een deel van de larven komt in het Natura 2000-gebied Waddenzee en in andere Natura 2000-gebieden terecht en een ander deel blijft in de Noordzee. Deltares heeft uitgerekend hoe groot de reductie in aanvoer is door heien per Natura 2000-gebied ten opzichte van de normale aanvoer (zie Tabel 3). De berekeningen zijn uitgevoerd voor 20 heilocaties en 3 vissoorten. De kleur geeft het totaal aantal larven per m² weer (J. van Beek, Deltares). Details over de modelberekeningen staan in Prins et al (2009).

Tabel 3. Samenvatting van de modelresultaten van Deltares (Prins et al. 2009) voor schol, tong en haring. In de linkerkolommen staat de range van effecten voor alle 20 windparken, dat wil zeggen de minimale en maximale reductie in aanvoer van larven veroorzaakt door het heien van de windparken. De referentiesituatie geeft de larvenaanvoer aan als fractie van het totale larvenaanbod (rechter kolommen). De coefficient of variation (CV) is een maat voor de jaarlijkse variabiliteit in de referentiesituatie. De modelresultaten voor het Duitse en Deense gebied zijn minder betrouwbaar, vooral indien de larvenaanvoer in de referentie situatie is zeer gering is (grijze velden). De gele velden geven de jaren met de hoogste aanvoer van larven aan.

Gebied	Effect op aanvoer schol-larven				Larvenaanvoer in referentie			
	1996	2000	2002	overall	1996	2000	2002	CV
Voordelta	0-4%	0-1%	0%	0-9%	0.009	0.004	0.003	55%
Noordzeekustzone	1-9%	0-3%	1-3%		0.021	0.024	0.002	74%
Waddenzee	1-9%	1-4%	1-3%		0.027	0.130	0.031	93%
Duitse & Deense Waddenkust	0-7%	0-4%	0-3%	0-7%	0.005	0.046	0.146	110%
Deense kust	0-8%	0-5%	0-3%		<0.00001	<0.00001	0.005	172%

Gebied	Effect op aanvoer tong-larven				Larvenaanvoer in referentie			
	1996	2000	2002	overall	1996	2000	2002	CV
Voordelta	0-2%	0-1%	0%	0-4%	0.015	0.016	0.027	33%
Noordzeekustzone	0-3%	0-4%	0-4%		0.012	0.013	0.017	20%
Waddenzee	0-1%	0-2%	0-3%		0.007	0.008	0.009	15%
Duitse & Deense Waddenkust	0%	0%	0%	0%	0.131	0.133	0.174	17%
Deense kust	0%	0%	0%		0.007	0.017	0.030	63%

Gebied	Effect op aanvoer haring-larven				Larvenaanvoer in referentie			
	1996	2000	2002	overall	1996	2000	2002	CV
Voordelta	0-7%	0-10%	0-7%	0-17%	0.003	0.019	0.015	65%
Noordzeekustzone	0-17%	1-15%	0-9%		0.0003	0.009	0.014	90%
Waddenzee	0-12%	2-12%	0-7%		0.0001	0.003	0.013	124%
Duitse & Deense Waddenkust	0-18%	0-4%	1-5%	0-5%	<0.00001	0.0001	0.004	167%
Deense kust	0-10%	0-3%	0-3%		<0.00001	<0.00001	0.005	173%

jaar met hoogste aanvoer
aanvoer zeer gering

6.2 Evaluatie modelresultaten

Larventransport model

Het larventransport model is ooit ontwikkeld voor de Maasvlakte 2 MER & PB studies (Bolle et al. 2005), waarbij uitgebreid aandacht is besteed aan de onzekerheden van het model. Het model is aangepast voor de huidige studie (toevoeging mortaliteit door heien) maar niet verder ontwikkeld, wat betekent dat alle onzekerheden zoals die golden voor de Maasvlakte 2 studie nu ook van toepassing zijn. Het is belangrijk dat deze onzekerheden niet uit het oog verloren worden bij de interpretatie van de resultaten van de huidige studie.

- 1) De paaigronden van haring, schol en tong zijn zo goed mogelijk ruimtelijk weergegeven in het model maar het blijft een simplificatie van de werkelijkheid. Een kleine verschuiving in de dichtheden van eieren per gridcel, zeker voor de paaigronden in het Engelse Kanaal waar het grid erg grof is, kan leiden tot een verandering in de verspreiding van de larven voor de Nederlandse kust. De precisie van de effectberekeningen voor individuele windmolenparken moet dan ook gezien worden tegen de achtergrond van de precisie van de formuleringen van de paaigronden.
- 2) Niet alle paaigronden van haring, schol en tong zijn opgenomen in het model. De belangrijkste paaigronden uit oogpunt van larvenaandoer naar de Nederlandse Natura 2000-gebieden zijn opgenomen (haring: Kanaal, schol: Kanaal + Zuidelijke Bocht, tong: hele continentale kust), maar het is zeker niet onmogelijk dat larvenaandoer vanaf andere paaigronden een bijdrage levert aan de Nederlandse Natura 2000-gebieden.
- 3) Er is geen paaiperiode (temporele variatie) opgenomen in het model. Aangezien er wel temporele variatie in de hydrodynamica zit, zal in werkelijkheid de ruimtelijke en temporele verspreiding van larven waarschijnlijk meer op een normale (Gaussian) verdeling lijken dan dat nu het geval is. Dit is wederom belangrijk bij de interpretatie van de effecten van individuele windmolenparken.
- 4) Er is geen natuurlijke mortaliteit in relatie tot omgevingsvariabelen opgenomen in het model. Indien natuurlijke mortaliteit ruimtelijke en temporele variabiliteit vertoont, wat niet onwaarschijnlijk is, dan kan dit de uitkomsten van de effectstudies beïnvloeden. Indien mortaliteit constant is dan zal dit geen effect hebben op de uitkomsten van de effectstudies (relatief t.o.v. de referentie situatie)
- 5) Voor schol en tong is het onzeker hoe lang ze kunnen overleven als ze nog niet de kinderkamers bereikt hebben. Hier zijn aannames voor gedaan die van invloed zijn op de schatting van larvenaandoer, maar aangezien dit speelt in zowel de referentiesituatie als in de effect studies zal deze onzekerheid geen invloed hebben op de uitkomsten van de effectstudies (relatief t.o.v. de referentie situatie)
- 6) De hydrodynamica is gevalideerd voor de zuidelijke Noordzee. Gegevens voor de Duitse Bocht en de centrale Noordzee zijn minder betrouwbaar (dit heeft ook een rol gespeeld bij de selectie van de paaigronden, zie 2)

De verschillen tussen windmolenparken, zeker als die nabij elkaar gelegen zijn, moeten met grote voorzichtigheid geïnterpreteerd worden gezien de "precisie" van het model. Hierbij is de "precisie" niet alleen gerelateerd aan het modelgrid maar ook aan de onzekerheden in de aannames. Een generieke interpretatie van de modeluitkomsten is veel beter verdedigbaar. In dit rapport wordt de range van uitkomsten voor alle parken en jaren gebruikt als inschatting van het worst case scenario (zie *Tabel 3*). Een generieke aanpak zou ook kunnen zijn het bekijken van trends in effecten in relatie tot breedtegraad of afstand tot de kust (Prins et al. 2009).

Mortaliteit door heien

Voor de Passende Beoordeling windmolenparken is mortaliteit ten gevolge van heien toegevoegd aan het oorspronkelijke model. Hierbij is, op grond van literatuurstudies, uitgegaan van 100% larvenmortaliteit in een straal van 1 km rond de heilocatie. Twee belangrijke punten waar in dit opzicht rekening mee gehouden dient te worden bij de interpretatie van de resultaten zijn:

- 1) De gepubliceerde gegevens over effecten van heien op vislarven zijn summier, de meeste publicaties richten zich op volwassen vis of zeezoogdieren (referenties in Prins et al. 2009). De aanname van mortaliteit in een straal van 1 km om de heilocatie is gebaseerd op een geluidsdrempel waar beneden geen (directe of indirecte) mortaliteit verwacht wordt en op geluidsmetingen bij de aanleg van het Q7 park.

- 2) De uitkomsten van de modelstudie zijn zeer gevoelig voor de aanname over de afstand waarbinnen de mortaliteit optreedt (1 km in het model van Prins et al. (2009)). De gemodelleerde reducties in larvenaandoer, nemen bijna lineair af met een afname van de straal (Prins et al. 2009).

Dit laatste is een cruciaal punt want alle verdere doorvertalingen (naar overige soorten, juveniele vispopulaties, vogels en zeezoogdieren) gaan uit van de kwantitatieve resultaten van deze modelsimulaties. Als de straal van mortaliteit 500 m is i.p.v. 1000 m dan kunnen waarschijnlijk alle effecten in de vervolg (expert judgement) stappen gehalveerd worden. Alles lijkt erop te wijzen dat de aanname van 1 km voor de afstand waarbinnen mortaliteit optreedt als een worst case scenario beschouwd kan worden (Prins et al. 2009) maar zelfs dat is niet helemaal zeker.

De aanname van 100% mortaliteit op een afstand van 1000 m kan, in tegenstelling tot de meeste andere aannames in het model waar onzekerheid over bestaat, relatief eenvoudig getoetst worden d.m.v. experimenteel onderzoek. Aanbeveling is om dit onderzoek zo spoedig mogelijk uit te voeren. Dergelijk onderzoek zou kunnen bestaan uit het meten van de mortaliteit van (gekweekte) vislarven door voorafgaand aan het heien containers of zakken van fijn gaas met daarin larven op verschillende afstanden van de heilocatie te plaatsen. Na een heisessie kan dan onderzocht worden hoeveel vislarven het heien niet hebben overleefd.

Periode van heien

De modelstudies zijn zodanig geformuleerd dat gedurende de gehele larventransportperiode heien plaats vindt. Dit is een bewuste keuze om een worst case scenario te simuleren. Logischerwijs zal het effect van heien minder worden naar mate de hei periode minder overlapt met de larventransport periode. De oplossing in het geval van een modelstudie met 3 vissoorten lijkt simpel: heien als er geen larven voorkomen. Maar de werkelijkheid is veel minder simpel omdat er altijd wel larven van de een of andere vissoort in de buurt van de windmolenparken voorkomen.

Er zijn gevoeligheidsanalyses uitgevoerd om het effect van de heiperiode te onderzoeken en het blijkt, zoals verwacht, dat laat heien beter is voor vroege paaiers en vroeg heien beter is voor late paaiers. De kwantitatieve uitkomsten van deze vergelijkingen moeten echter met voorzichtigheid gebruikt worden, omdat deze niet alleen afhankelijk zijn van de heiperiode maar ook van hoe de paaiperiode is gedefinieerd in het model. Paaieren in de huidige modelsimulaties is beperkt tot een eenmalige gebeurtenis op een vaste datum (per paaigrond), er zijn geen paaiperiodes gedefinieerd. Dit is een zwak punt van het model (zie ook p. 41), temeer omdat de paaiperiode kan variëren tussen jaren. Dit punt is van minder belang als mortaliteit gedurende de hele transportperiode wordt gesimuleerd, maar het heeft een veel groter gewicht als mortaliteit slechts in een deel van de transportperiode wordt gesimuleerd.

Een bewuste keuze over wanneer wel en niet geheid mag worden kan bijdragen tot het minimaliseren van effecten voor geselecteerde vissoorten (niet alle soorten). Deze afweging kan simpelweg gedaan worden op grond van de informatie over de paaiperiodes die gepresenteerd is in Tabel 2.

Methode van heien

De effecten van 2 verschillende heiscenario's, die variëren in frequentie en duur van heien zijn behandeld in Prins et al. (2008). Het "standaard scenario" is een repeterende cyclus van 2x3 uur heien in 2 dagen en 1 dag rust, het "high scenario" bestaat uit 3x6 uur heien in 2 dagen en 1 dag rust. Voor de berekeningen van de effecten per windmolenpark is het standaardscenario gebruikt (Prins et al. 2009).

6.3 Vergelijking van overige prooivissoorten met modelsoorten haring, schol en tong (expert judgement)

Voor de verschillende soorten is in het vorige hoofdstuk zo goed mogelijk nagegaan waar en wanneer ze paaïen, of hun larven langs de heillocatie driften en in welke mate ze daarbij lijken op de gemodelleerde soorten haring, schol of tong. Op grond van deze analyse vallen effecten van heien voor een aantal soorten uit te sluiten: vissen die resident zijn in de Waddenzee, (Voor)Delta of ondiepe kustzone komen nooit dicht genoeg bij het heien om te worden beïnvloed. Larven van soorten die in het zoete water paaïen, zullen ook niet worden beïnvloed en dit geldt ook voor soorten die ver weg op de Noordzee paaïen en als larve nooit in de Zuidelijke Bocht komen. Toekomstige variaties in de bestandsgroottes van deze soorten kunnen dus niet worden veroorzaakt door larvensterfte als gevolg van offshore heien.

Voor de belangrijkste prooivissoorten uit het dieet van zeezoogdieren en –vogels (Hoofdstuk 4) is nagegaan in hoeverre hun voortplantingsbiologie en het gedrag van de larven lijkt op dat van de gemodelleerde vissoorten haring, schol of tong. Hierbij is gekeken naar de plaats van paaïen en naar larventransport, tijdens een expert-judgement sessie op 28 oktober 2008 met Royal Haskoning, Deltares, ZiltWater Advies en IMARES te Amsterdam. Een overzicht van de resultaten staat in *Tabel 4*.

In het model hebben de larven van de 3 soorten het volgende gedrag:

- Haringlarven: trekken niet naar de kust, dus verspreiding hangt samen met stroming.
- Schollarven: trekken actief naar de kust door middel van selectief getidentransport.
- Tonglarven: zitten zo dicht bij de kust dat er geen effect te verwachten valt.

Tabel 4. Verwacht effect van heien op vislarven. De modelresultaten voor schol, tong en haring zijn, op grond van expert judgement, doorvertaald naar de overige prooiissoorten, door te schatten in hoeverre deze soorten op de modelsoorten lijken. In het model worden haringlarven passief getransporteerd, die gaan waar de stroming hun brengt. Schollarven maken gebruik van de stroming van het getij om richting kust getransporteerd te worden en tonglarven bevinden zich vanaf het paaimoment zo dicht bij de kust dat ze weinig effect van het heien ondervinden.

Soort		Effect op vislarven	Reductie larven
schol (modelsoort)	<i>Pleuronectes platessa</i>	ja, zie Prins et al. 2009	0-9%
tong (modelsoort)	<i>Solea solea</i>	ja, zie Prins et al. 2009	0-4%
bot	<i>Platichthys flesus</i>	ja, 50% als schol, 50% als tong	0-7%
schar	<i>Limanda limanda</i>	ja, 50% als schol, 50% als haring	0-13%
haring (modelsoort)	<i>Clupea harengus</i>	ja, zie Prins et al. 2009	0-17%
sprot	<i>Sprattus sprattus</i>	ja, zoals haring	0-17%
kabeljauw	<i>Gadus morhua</i>	ja, zoals haring	0-17%
wijting	<i>Merlangius merlangus</i>	ja, zoals haring	0-17%
steenbolk	<i>Trisopterus luscus</i>	? (paaigronden onbekend)	?
dwergbolk	<i>Trisopterus minutus</i>	? (paaigronden onbekend)	?
kleine zandspiering	<i>Ammodytes tobianus</i>	ja, zoals tong	0-4%
Noorse zandspiering	<i>Ammodytes marinus</i>	ja, zoals haring	0-17%
rode poon	<i>Trigla lucerna</i>	beperkt effect want larven settelen zich snel	0-4%
grauwe poon	<i>Eutrigla gurnardus</i>	beperkt effect want larven settelen zich snel en verspreidingsgebied is Noordzeebreed	0-4%
dwergtong	<i>Buglossidium luteum</i>	beperkt effect want verspreidingsgebied is Noordzeebreed	0-4%
pitvis	<i>Callionymus lyra</i>	beperkt effect want larven settelen zich snel en verspreidingsgebied is Noordzeebreed	0-4%
horsmakreel	<i>Trachurus trachurus</i>	beperkt effect want verspreidingsgebied is Noordzeebreed	0-4%
makreel	<i>Scomber scombrus</i>	niet van belang, paaigronden ver op Noordzee	-
spiering	<i>Osmerus eperlanus</i>	niet van belang, paait in zoet water	-
driedoornige stekelbaars	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	niet van belang, paait in zoet water	-
dikkopje	<i>Pomatoschistus minutus</i>	niet van belang, residente soort, eieren in nestje	-
brakwatergrondel	<i>Pomatoschistus microps</i>	niet van belang, residente soort, eieren in nestje	-
Lozano's grondel	<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	niet van belang, residente soort, eieren in nestje	-
zeedonderpad	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	niet van belang, residente soort	-
puitaal	<i>Zoarces viviparus</i>	niet van belang, residente soort, levend barend	-
botervis	<i>Pholis gunnellus</i>	niet van belang, residente soort	-

Toelichting bij Tabel 4:

Bot

De paaigronden van bot zijn verder uit de kust dan die van tong maar de bot trekt sneller naar het zoete water. Hij lijkt ook op schol vanwege de locatie van de paaigronden. Daarom wordt voor de afname van larven gekeken naar zowel tong (50%) als schol (50%).

Noorse en kleine zandspiering

Noorse zandspiering heeft net als kleine zandspiering demersale eieren en pelagische larven. Omdat ze relatief snel alweer de bodem opzoeken, zal de transportafstand klein zijn. Het gedrag zou vergeleken kunnen worden met dat van haring.

Voor kleine zandspiering zijn de effecten van heien waarschijnlijk beperkt, omdat de soort vooral langs de kust voorkomt. Daarom kunnen de larven met die van tong worden vergeleken.

Sprot

De sprot lijkt met pelagische larven op haring. De verspreiding van de eieren is noordelijk van de lijn Den Helder-Norwich zoals blijkt uit Figuur 8.

Wijting, dwergbolk, steenbolk

De eieren en larven zijn pelagisch en lijken in die zin op haring. De gecombineerde kaart van de larvenverspreiding van dwergbolk en kever (Figuur 16) lijkt te suggereren dat paaien beperkt is tot de noordelijke Noordzee. Dit is echter waarschijnlijk een verkeerd beeld (veroorzaakt door de combinatie soorten en/of de timing van de eisurvey) omdat volwassen dwergbolk vooral in de Zuidelijke Bocht voorkomt. Over steenbolk is weinig informatie beschikbaar. De eieren van kabeljauwachtigen (Gadidae) zijn namelijk moeilijk tot onmogelijk van elkaar te onderscheiden op grond van visuele kenmerken. Er is een genetische probe ontwikkeld om kabeljauweieren te kunnen identificeren (ICES 2007), maar niet voor de commercieel onbelangrijke soorten zoals dwergbolk en steenbolk.

Kabeljauw

Larven zijn pelagisch en worden daarom als haring behandeld. De paaipopulatie in de Zuidelijke Bocht, die het meest bloot zou kunnen staan aan mortaliteit door heien in Nederlandse wateren, is nagenoeg verdwenen sinds de sterke afname van kabeljauw (Spawning Stock Biomass, SSB) in de Noordzee.

Pitvis

Op basis van de verspreiding van eieren (Figuur 15) is er geen effect te verwachten, maar de paaigronden van de pitvis zijn waarschijnlijk niet goed gedekt door timing van die survey (ICES 2007). De survey uit eind jaren '80 (Van der Land 1990) laat zien dat in mei relatief hoge dichtheden eieren op het NCP worden aangetroffen (Figuur 13).

Horsmakreel

De larven/eieren van horsmakreel worden passief getransporteerd en zijn in dit opzicht dus vergelijkbaar met haringlarven. Verschil is dat een minder groot deel van de populatie blootgesteld wordt aan heien omdat paaien verspreid is over een groter gebied.

Schar

De schar paait over een brede zone langs de kust. De juvenielen concentreren zich in ondiepe kustwateren maar zijn hier niet toe beperkt. Het is onbekend of schar selectief getijdentransport vertoont. Daarom worden de larven voor 50% als schol en 50% als haring behandeld.

7 Effecten op juveniele vis en kinderkamerfunctie

De modelstudies voorspellen reducties in de larvenaivoer naar kustwateren die variëren van 0-17% voor haring, 0-9% voor schol en 0-4% voor tong (*Tabel 3*). Dit zijn uitkomsten voor het modelscenario met sterfte tot op 1 km van het heien, en een repeterende cyclus van 2 dagen 3 uur heien en 1 dag rust (Prins et al. 2009). Op grond van “expert judgement” is voor de overige vissoorten die prooi zijn voor vogels en zeezoogdieren in Natura 2000-gebieden een inschatting gemaakt in hoeverre deze beïnvloed zouden kunnen worden door heien (*Tabel 4*). Deze inschatting is voornamelijk gebaseerd op de locatie van de paaigronden t.o.v. de windmolenparken en de kustgebieden, en daarnaast ook op grond van het gedrag van de larven voor zover bekend.

De vraag is nu wat een eventuele reductie in de hoeveelheid larven betekent voor de abundantie van juvenielen. Dit is van belang met het oog op verandering in voedselbeschikbaarheid voor vogels en zoogdieren, maar ook met het oog op de kinderkamerfunctie van kustwateren. De kenmerkende kinderkamersoorten van de Nederlandse Natura 2000-gebieden vormen onderdeel van de soortenlijst in *Tabel 1*.

Voor veel mariene vissoorten geldt dat de relatieve jaarclassterkte bepaald wordt gedurende de ei- en larvale stadia (Cushing 1990, Legget & Deblois 1994). Gedurende deze periode vindt de meeste mortaliteit plaats, en ontstaat de meeste variabiliteit tussen jaren. Als een jaarlasse relatief sterk is aan het begin van de juveniele levensfase, dan blijft deze jaarlasse meestal ook relatief sterk in de opeenvolgende jaren. Dichtheidsafhankelijke processen gedurende de juveniele en adulte levensstadia temperen mogelijk de variabiliteit enigszins, maar veranderen niet het relatieve patroon in jaarclassterkte (Van der Veer et al. 2000).

Op grond van het voorgaande kan gespeculeerd worden dat voor soorten waarbij de relatieve jaarclassterkte bepaald wordt gedurende de ei- en larvale stadia een daling van de abundantie aan het einde van de larvale fase 1 op 1 vertaald kan worden in een daling van het aantal juvenielen. Een 1 op 1 doorvertaling betekent dat wanneer bijvoorbeeld 10% van de eieren of larven sterft door het heien, dit zich vertaalt in 10% sterfte van de juvenielen, bovenop de gewoonlijke bronnen van sterfte zoals predatie, voedseltekort, etc.. Indien er enige compensatie optreedt voor deze additionele bron van larvensterfte, bijvoorbeeld door minder sterfte door predatie of een minder groot voedseltekort juist doordat er minder larven zijn, dan zal het effect van heien op de populatie juvenielen kleiner zijn dan op de larvenpopulatie. Daarom is de 1 op 1 doorvertaling een “worst case scenario”.

Voor alle soorten die mogelijk bloot gesteld worden aan larvenmortaliteit t.g.v. heien wordt hier bediscussieerd in hoeverre dat door zou kunnen werken in de juveniele levensfase. Alle soorten hebben soortspecifieke eigenschappen die niet alleen van invloed zijn op het potentiële effect van heien op larven, maar ook op hoe dat zich doorvertaalt naar juvenielen. We hebben op grond van expert judgement gepoogd een kwantitatief onderscheid tussen de verschillende vissoorten te maken, maar deze inschatting is in hoge mate arbitrair. We kunnen weliswaar onderbouwen waarom bij de ene soort een effect op larven waarschijnlijk veel meer doorwerkt op de juveniele populatie dan bij een andere soort, maar we hebben geen harde gegevens om dit onderscheid goed te kwantificeren. De resultaten van deze expert judgement exercitie worden samengevat in Tabel 5 en per soort in detail besproken in de volgende paragrafen.

7.1 Schol (*Pleuronectes platessa*) & tong (*Solea solea*)

Schol en tong zijn beide typische kinderkamersoorten. De 0-groep juvenielen settelen zich uitsluitend in ondiepe kust- en estuariene wateren, waar ze ruimtelijk gescheiden zijn van de adulten (Riley et al. 1981, Van Beek et al. 1989). De Waddenzee is de belangrijkste kinderkamer voor Noordzee schol en de kinderkamers langs de continentale kust zijn de belangrijkste kinderkamers voor Noordzee tong (Zijlstra 1972, Van Beek et al. 1989). Er is in de laatste jaren een offshore shift waargenomen in de verspreiding van met name 1-groep schol (Van Keeken et al. 2004, ICES 2006), maar er zijn geen aanwijzingen dat de verspreiding van schol en tong ten tijden van settlement is veranderd.

Voor zowel schol als tong geldt dat de relatieve jaarclassterkte grotendeels al bepaald is op het moment dat de gemetamorfoseerde larven zich settelen in de kinderkamers (Bannister et al. 1974, Van der Veer et al. 2000). Het is nog niet duidelijk welke causale factoren hier aan ten grondslag liggen. Temperatuur lijkt een belangrijke rol

te spelen maar het mechanisme is onduidelijk (Van der Veer & Witte 1999, Fox et al. 2000, Dickey-Collas et al. 2003). Mogelijk is temperatuur van invloed op de overleving van eieren en larven door synchronisaties met voedsel en predatoren (Legget & Deblois 1994). Maar het is ook mogelijk dat variabiliteit in hydrodynamische transportpatronen van invloed is op het transportsucces naar de kinderkamers in ondiepe kustwateren (Van der Veer et al. 1998, Bolle et al. submitted).

Op grond van de beperking van het gebied dat kan dienen als kinderkamer (alleen ondiepe wateren, grotendeels binnen de Natura 2000-gebieden) en op grond van het feit dat jaarklassterkte bepaald wordt voor settlement, wordt bij schol en tong verwacht dat een reductie in larven mogelijk 1 op 1 doorwerkt naar de juveniele populatie.

7.2 Bot (*Platichthys flesus*)

Evenals bij schol en tong komt juveniele bot uitsluitend voor in ondiepe wateren. Botlarven gebruiken, waarschijnlijk in nog sterkere mate dan schollarven, selectief getijdentransport om de kinderkamers te bereiken (Jager 1999). Bot verschilt echter in twee opzichten van schol en tong. Ten eerste trekt bot verder de estuaria in tot brak en zelfs zoet water. Ten tweede is er nauwelijks verschil in het verspreidingsgebied van de adulten en de juvenielen: Adulten zijn algemeen in de gebieden waar juvenielen ook voorkomen en de verspreiding op de Noordzee is beperkt, vooral in de zomer (Knijn et al. 1993). Bot wordt daarom door sommige auteurs getypeerd als een residente soort i.p.v. een "marine juvenile" (d.w.z. een soort die de kust- en estuariene wateren alleen gebruikt als kinderkamer) (Elliot & Hemingway 2002).

Er is weinig bekend over relatieve jaarklassterkte in de volwassen populatie bot in de Noordzee, omdat dit visbestand van geringe commerciële waarde is en daarom niet opgenomen is in de toestandsbeoordeling zoals jaarlijkse door ICES uitgevoerd wordt voor demersale visbestanden in de Noordzee (ICES 2007a). Omdat de life history van bot in veel opzichten lijkt op die van schol en tong veronderstellen we dat bij bot de jaarklassterkte ook bepaald is voordat de larven settelen in de kinderkamers.

Voor bot gelden dus dezelfde argumenten als voor schol en tong om te kiezen voor een 1 op 1 doorvertaling van larvenmortaliteit naar de juveniele fase als worst case scenario.

7.3 Schar (*Limanda limanda*)

Schar lijkt op schol in zoverre dat de paaigebieden offshore zijn en dat er een aggregatie van juvenielen plaats vindt in de ondiepe kustwateren, maar er zijn ook duidelijke verschillen. Het belangrijkste verschil is dat settlement van schar niet gelimiteerd is tot de ondiepe kustwateren. Recentelijk gemetamorfoseerde 0-groep schar wordt ook ver uit de kust tot op de Doggersbank aangetroffen. Daarnaast vindt de immigratie naar kustwateren niet alleen gedurende de larvale stadia plaats maar ook gedurende het juveniele 0-groep stadium (Bolle et al. 1994).

Schar is dus niet uitsluitend afhankelijk van de ondiepe kustwateren als kinderkamer. Daar komt bij dat het gebruik van de ondiepe kustwateren als kinderkamer sterk afgenomen is in de laatste decennia, sinds eind jaren 80 van de vorige eeuw is er een exponentiële daling in vangstaantallen van schar in de ondiepe kustwateren waargenomen (Bolle et al. 2001, Tulp et al. 2008).

Bij schar, in tegenstelling tot schol en tong, lijkt de relatieve jaarklassterkte pas bepaald te worden in het eerste of tweede levensjaar (Bolle et al. 2001). Dit betekent dat in een jaar met weinig larvenaanvoer dit noodzakelijkerwijs leidt tot een zwakke jaarklasse op 1- of 2-jarige leeftijd.

De effecten van heien op juveniele schar zijn waarschijnlijk zeer beperkt. Indien de larvenaanvoer naar de Natura 2000-gebieden gereduceerd wordt ten gevolge van heien dan kan immigratie van juvenielen uit andere gebieden dit waarschijnlijk compenseren. Bovendien lijkt de abundantie van 1- en 2-jarige schar slechts ten dele afhankelijk te zijn van de abundantie van 0-groep schar. Tot slot is de 'autonome' (door andere factoren veroorzaakte) afname van schar in de kustwateren zo sterk dat een eventueel effect van heien hierbij in het niet valt. De doorvertaling van larvenmortaliteit naar juvenielen zal dus ongetwijfeld minder zijn dan 1 op 1. We hebben (arbitrair) het worst case scenario voor schar geschat op 1:1/5.

7.4 Haring (*Clupea harengus*) en sprot (*Sprattus sprattus*)

De kinderkamers van haring en sprot zijn niet beperkt tot ondiepe wateren, maar bestrijken een relatief groot gebied in de zuidoostelijke Noordzee (Burd 1978, Heessen et al. 2006a). Haring en sprot zijn belangrijke (abundante) soorten in de Natura 2000-gebieden, maar andersom zijn de Natura 2000-gebieden van relatief beperkt belang voor de instandhouding van de Noordzee visbestanden vanwege het grote areaal aan kinderkamers. De belangrijkste bron van haring in de Nederlandse Natura 2000-gebieden zijn de paaigronden in het Kanaal en de zuidelijke Noordzee, de zgn. Downs haring. De paaiperiode van Downs haring is van december tot januari. De paaiperiode van andere haringpopulaties in de Noordzee verschilt maar deze populaties zijn van geringe betekenis voor de Nederlandse Natura 2000-gebieden. Sprot kent een ruim paaiseizoen (Daan 1990) en de eieren van sprot kunnen gedurende een groot deel van het jaar in planktonmonsters aangetroffen worden. Hierdoor is de periode van larvenaanvoer en aanwezigheid van recentelijk gemetamorfoseerde juvenielen ook erg ruim.

De jaarklassterkte van haring wordt bepaald gedurende de eerste 5 levensmaanden, dus voordat de kinderkamers bereikt worden (Nash & Dickey-Collas 2005). Ook bij sprot wordt de jaarklassterkte bepaald voor aanvang van de juveniele levensfase. Haring en sprot zijn kortlevende soorten met een levensverwachting van 5 (sprot) tot 10 (haring) jaar en de populatie wordt gedomineerd door de jongere (1-2 jaar oude) dieren. Recruteringsvariabiliteit (i.e. variabiliteit in jaarklassterkte op leeftijd 1) is hoger voor haring en sprot dan voor de meeste demersale vissoorten (Heessen et al. 2006a).

Omdat de kinderkamers van haring en sprot niet beperkt zijn tot een smalle zone langs de kust, verwachten we dat een reductie van larvenaanvoer naar ondiepe wateren gecompenseerd kan worden door immigratie van juvenielen uit nabij gelegen gebieden. Voor pelagische soorten zoals haring en sprot is een dergelijke herverdeling van juvenielen erg waarschijnlijk. Voor sprot geldt bovendien dat de ruime temporele verspreiding van de larvenaanvoer een nog grotere flexibiliteit geeft in het opvangen van (tijdelijke) reducties in larvenaanvoer. Op grond van het voorgaande, in combinatie met het feit dat de jaarklassterkte vroeg bepaald wordt, wordt de doorvertaling (worst case scenario) voor haring ingeschat op 1:2/3 en voor sprot op 1:1/3.

7.5 Kabeljauw (*Gadus morhua*) en wijting (*Merlangius merlangus*)

De kinderkamers van kabeljauw en wijting zijn niet beperkt tot ondiepe wateren. Voor beide soorten geldt dat juvenielen in hele Noordzee gevangen worden, maar dat hogere dichtheden van juvenielen in de kustwateren aangetroffen worden (Knijn et al. 1993). De paaiperiode van kabeljauw is beperkt tot een paar maanden, maar verschuift in het seizoen van de zuidelijke naar de noordelijke paaigronden. De paaiperiode van wijting is een lange periode en wijtingeieren, -larven en recentelijk gemetamorfoseerde juvenielen kunnen dus gedurende een groot deel van het jaar aangetroffen worden (Daan 1990).

De jaarklassterkte wordt op jonge leeftijd bepaald bij kabeljauw en wijting, vermoedelijk ook gedurende de planktonische ei- en larvenstadia. Bij kabeljauw is de visstand dermate overbevist dat de recrutering teruggelopen is door een te lage paaibiomassa. Bij mariene visbestanden is doorgaans de stock-recruit-relatie (SRR) min of meer vlak bij hoge paaibiomassa en pas beneden een bepaalde kritische paaibiomassa neemt de recrutering evenredig af met paaibiomassa (Ricker, Beverton-Holt, "hockey-stick" SRR's). De overige visbestanden die hier besproken worden bevinden zich (voor zover bekend) op dit moment in het vlakke deel van de SSR (i.e. recrutering is onafhankelijk van paaibiomassa), alleen in het geval van kabeljauw is de recrutering gerelateerd aan paaibiomassa (ICES 2007a).

De doorvertaling van reductie in de larvenaanvoer naar de juveniele populatie in de Natura 2000-gebieden wordt voor kabeljauw en wijting gelijk gesteld aan resp. haring en sprot. Ook kabeljauw en wijting zijn niet beperkt tot een smalle zone langs de kusten voor hun kinderkamers. Het zijn weliswaar geen pelagische soorten maar wel actieve zwemmers waardoor immigratie vanuit diepere wateren waarschijnlijk is. Wijting kent, net als sprot, een ruime temporele verspreiding in de larvenaanvoer, waardoor een grotere flexibiliteit in de compensatie voor een temporele larvenreductie verwacht mag worden. Op grond hiervan wordt de doorvertaling (worst case scenario) voor kabeljauw ingeschat op 1:2/3 en voor wijting op 1:1/3.

7.6 Dwergbolk (*Trisopterus minutus*) en steenbolk (*Trisopterus luscus*)

Er is geen expert judgement voor de reductie in larvenaanvoer van dwergbolk en steenbolk, een extrapolatie van de modelsimulaties was niet mogelijk omdat de paaigronden van deze soorten onbekend zijn (zie p. 24-25). Eveneens is de variabiliteit in jaarklassterkte en wanneer deze bepaald wordt onbekend voor deze commercieel onbelangrijke soorten. De verspreiding van juvenielen is wel gedocumenteerd en het lijkt erop dat deze niet uitsluitend beperkt is tot ondiepe kustwateren (Knijn et al. 1993), waardoor enige compensatie door migratie voor een eventuele reductie in larvenaanvoer verwacht mag worden.

7.7 Noorse zandspiering (*Ammodytes marinus*) en kleine zandspiering (*A. tobianus*)

Noorse zandspiering komt in de hele Noordzee voor, terwijl kleine zandspiering kustgebonden is. De Noordzee populatie zandspiering bestaat voornamelijk uit Noorse zandspiering, zelfs in kustwateren is de abundantie van noorse zandspiering meestal vele malen hoger dan die van kleine zandspiering (pers. com. B. Couperus, IMARES).

Het voorkomen van zandspierungen (juveniele en volwassen stadia) is sterk afhankelijk van het type sediment, ze komen uitsluitend voor op zandige bodems waar ze zich kunnen ingraven (Wright et al. 2000). Dit verklaart de patchy verspreiding van de paaigronden van zandspiering (Christensen et al. 2008). De planktonische larven worden vanaf de paaigronden door passieve drift getransporteerd. Het is van cruciaal belang voor de overleving van de larven/juvenielen dat ze geschikt sediment treffen ten tijde van settlement. Noorse zandspiering settelt in de gehele Noordzee, terwijl kleine zandspiering ook wat betreft de juveniele verspreiding een kustgebonden soort is. Jaarklassterkte wordt waarschijnlijk bepaald op het moment van settlement (voor aanvang van de juveniele fase) afhankelijk van het treffen van geschikt substraat. Zandspiering is na settelen vrij plaatsgebonden, merkexperimenten laten zien dat migratie beperkt is in vergelijking met andere soorten (< 60 km) (Gauld 1990).

Het effect van heien op de reductie in larvenaanvoer wordt verschillend ingeschat voor de 2 zandspieringsoorten (zie *Tabel 4*), maar de doorvertaling naar juvenielen wordt in beide gevallen ingeschat op 1:2/3. Een eventuele reductie in de larvenaanvoer naar geschikt habitat binnen de Natura 2000-gebieden kan waarschijnlijk gecompenseerd worden door juveniele migratie, omdat de afstanden tussen geschikte habitat patches binnen de range vallen waarover zandspiering migreert. Daarnaast is het denkbaar dat niet zo zeer de larvenaanvoer als wel de beschikbaarheid van geschikt habitat bepalend is voor de abundantie van juveniele zandspiering in de Natura 2000-gebieden. De verwachting is dat een reductie in de larvenaanvoer niet 1 op 1 doorvertaalt naar een reductie in het aantal juvenielen. De doorvertaling is (arbitrair) op 1:2/3 ingeschat.

7.8 Rode poon (*Trigla lucerna*) en grauwe poon (*Eutrigla gurnardus*)

De eieren van ponen (zonder onderscheid tussen soorten) worden in bijna de gehele Noordzee gevonden en omdat er weinig larven in de planktonsurveys gevangen worden denkt men dat poon snel settelt (ICES 2007b). Het verspreidingsgebied van juveniele poon lijkt dan ook sterk op dat van volwassen poon (Knijn et al. 1993, Heessen et al. 2006a). Grauwe poon is abundant in de Noordzee en de verspreiding (juvenielen en adulten) verschuift van het westelijk deel van de centrale Noordzee in de winter naar de zuidoostelijke Noordzee in de zomer. Rode poon wordt op grond van zijn temperatuurstolerantie geclassificeerd als een zuidelijk soort, in de surveys wordt rode poon dan ook voornamelijk gevangen in de zuidelijke Noordzee (Knijn et al. 1993). Juveniele grauwe poon wordt aangetroffen in de Noordzeekustzone maar zelden in de Waddenzee en Schelde estuarium, juveniele rode poon daarentegen maakt wel gebruik van de Waddenzee en Schelde estuarium als kinderkamer (niet gepubliceerde IMARES data).

Er is weinig bekend over de populatie dynamiek van rode poon en grauwe poon. De lengte-frequentie verdelingen van grauwe poon verschillen weinig tussen jaren op grond waarvan men concludeert dat er waarschijnlijk weinig variabiliteit in jaarklassterkte optreedt, maar dit is mogelijk ook een bias van de survey data (Heessen et al. 2006a). Voor rode poon is niets bekend over variabiliteit in jaarklassterkte.

Voor beide ponen geldt dat de kinderkamers niet beperkt zijn tot de smalle zone langs de kusten en dat immigratie van juvenielen vanuit diepere wateren naar de Natura 2000-gebieden mogelijk geacht wordt. Voor

grauwe poon geldt bovendien dat de Natura 2000-gebieden slechts beperkt gebruikt worden als kinderkamer. Op grond hiervan veronderstellen we een doorvertaling van 1: 2/3 voor rode poon en 1: 1/5 voor grauwe poon.

7.9 Dwergtong (*Buglossidium luteum*) en pitvis (*Callionymus lyra*)

Dwergtong en pitvis zijn beiden kleine soorten die abundant zijn in de Noordzee en geen commerciële waarde hebben. De gewone pitvis (*C. lyra*) is verreweg de meest abundante pitvis soort in Nederlandse kustwateren maar rasterpitvis (*C. reticulatus*), die (m.u.v. mannetjes in paaikleed) moeilijk te onderscheiden is van de gewone pitvis, komt hier ook voor (niet gepubliceerde IMARES data). Voor zowel pitvis als dwergtong geldt dat de paaigronden niet goed gedocumenteerd zijn, maar dat men vermoedt dat ze in het hele verspreidingsgebied paaien. ICES 2007 presenteert weliswaar een kaart van de paaigronden van *Callionymus spp* maar deze is vertekend door de timing van de ichthyoplanktonsurvey t.o.v. de paaiperiode. Van der Land (1990) laat wel aanwezigheid van eieren zien op het NCP in het voorjaar. Boomkorsurveys met fijnmazige netten hebben aangetoond dat recentelijk gemetamorfoseerde dwergtongen tot ver uit de kust voorkomen (Balthus & Van der Veer 1995). Voor beide soorten geldt dat het verspreidingsgebied van de juvenielen overeen komt met die van de volwassenen en dat beide soorten voornamelijk in de zuidelijke Noordzee voorkomen (Knijn et al. 1993). Pitvis is vooral abundant in de Noordzee kustzone en wordt relatief weinig gevangen in de Waddenzee en Schelde estuarium. Dwergtong komt bijna uitsluitend in de Noordzee voor en wordt zeer zelden in de Waddenzee of Schelde estuarium gevangen (niet gepubliceerde IMARES data).

Tot op heden is er weinig onderzoek gedaan naar de populatiedynamiek van deze twee niet-commerciële vissoorten. Voor pitvis is dan ook niets bekend over variabiliteit in jaarklassterkte. Recentelijk wordt, in het kader van klimaatonderzoek, meer aandacht besteedt aan dwergtong. De abundantie van dwergtong, die als een zuidelijke soort gekenmerkt wordt, is in de laatste decennia flink toegenomen in de Noordzee, waarschijnlijk ten gevolge van klimaatsveranderingen (Van Hal et al. in prep). Deze tijdsreeksen laten tevens zien dat recrutering mogelijk ook gerelateerd is aan klimaatveranderingen. Het is echter niet bekend of de jaarklassterkte bepaald wordt gedurende de ei- en larvale stadia of in de juveniele levensfase.

Omdat beide soorten niet gelimiteerd zijn tot de ondiepe kustwateren voor hun kinderkamers en omdat beide soorten slechts beperkt gebruik maken van de Natura 2000-gebieden als opgroeigebied, wordt verondersteld dat een eventuele reductie in de larvenaanvoer weinig effect zal hebben op de juveniele populaties in de Natura 2000-gebieden (1:1/5).

7.10 Horsmakreel (*Trachurus trachurus*)

Horsmakreel komt alleen voor in de Noordzee gedurende de periode april – november. Het verspreidingsgebied is beperkt tot de noordelijke Noordzee (immigratie vanuit de 'Western Atlantic Stock') en de zuidelijke Noordzee (immigratie via het Kanaal vanuit de 'Southern Atlantic Stock'). De zuidelijke component paait in de Noordzee, de noordelijke component komt alleen de Noordzee in om te foerageren (Heessen et al. 2006a). Het verspreidingsgebied van juveniele horsmakreel komt overeen met dat van de volwassenen van de zuidelijke component (Knijn et al. 1993). Juveniele horsmakreel komt voor in de Noordzeekustzone maar wordt sporadisch aangetroffen in de Waddenzee en het Schelde estuarium (niet gepubliceerde IMARES data).

Horsmakreel vertoont grote variatie in jaarklassterkte. Sommige jaarklassen zijn extreem sterk en deze jaarklassen domineren jarenlang de vangsten. De laatste extreem sterke jaarklasse was 1982, daarna is er wel variabiliteit in jaarklassterkte waargenomen maar zijn er geen extreem sterke jaarklassen meer geweest (ICES 2005).

Op grond van het verspreidingsgebied van juveniele horsmakreel wordt, evenals bij de voorgaande 2 soorten, verondersteld dat een eventuele reductie in de larvenaanvoer weinig effect zal hebben op de juveniele populaties in de Natura 2000-gebieden (1:1/5). Daar komt bij dat de significantie van een reductie in het geval van horsmakreel lager ligt dan bij de overige soorten, gezien de extreme variabiliteit in jaarklassterkte.

7.11 Conclusies

Op grond van expert judgement is er een vertaalslag gemaakt van het effect van heien op larvenaanvoer, naar het effect op de juveniele populatie in de Natura 2000-gebieden. We hebben getracht om de doorvertaling te kwantificeren maar, zoals eerder al opgemerkt, de gekozen waarden zijn in hoge mate arbitrair. De gekozen waarden representeren onze inschatting van het worst case scenario, met andere woorden we verwachten dat het effect kleiner of gelijk zal zijn aan de waarde die toegekend is. De resultaten van onze expert judgement van effecten op larvenaanvoer en juveniele populaties in de Natura 2000-gebieden zijn samengevat in Tabel 5.

De jaarlijkse variabiliteit in larvenaanvoer is groot (Bolle et al. 2005) en ook de abundantie van juvenielen kan sterk verschillen tussen jaren (Van Beek et al. 1989, Heessen et al. 2006b). De drie jaren die geselecteerd zijn voor de modelsimulaties van deze studie reflecteren de range in hydrodynamische variabiliteit die waargenomen is in 9 jaar, namelijk een jaar met extreem lage, extreem hoge, en gemiddelde transportsnelheden door de Noordzee (Bolle et al. 2005). De CV (coefficient of variation, Tabel 3) is een maat voor de jaarlijkse variabiliteit en die is hoog voor schol (55-93%) en haring (65-124%) en iets lager voor tong (15-33%).

Gegeven deze grote 'natuurlijke' variabiliteit veronderstellen we dat indien het effect van heien kleiner of gelijk is aan 5% dat het effect dan waarschijnlijk verwaarloosbaar is t.o.v. de natuurlijke variabiliteit. Deze 5% grens is, net als alle andere parameters in deze expert judgement studie, wederom arbitrair.

Prooidieren

Er zijn 7 vissoorten waarbij het effect van heien mogelijk groter is dan 5%: schol, bot, haring, sprong, kabeljauw en wijting, en Noorse zandspiering (Tabel 5). Hoe deze potentiële reductie in prooidieren zich doorvertaalt naar vogels en zeezoogdieren wordt in het volgende hoofdstuk besproken.

Kinderkamerfunctie

De vraag of de kinderkamerfunctie van de Natura 2000-gebieden aangetast wordt door heien kan op verschillende wijzen geïnterpreteerd worden:

- (1) wordt de geschiktheid van het gebied als kinderkamer aangetast
- (2) verandert het gebruik van het gebied als kinderkamer
- (3) verandert de rekrutering naar de volwassen populatie

ad 1) De geschiktheid van een gebied als kinderkamer hangt af van het voedselaanbod en de predatiedruk. Ondiepe kustwateren zoals de Waddenzee bieden gunstige omstandigheden als opgroeigebied: er is voldoende voedsel aanwezig en er is bescherming tegen predatie omdat grotere roofvissen minder talrijk zijn in ondiepe wateren (o.a. Zijlstra et al. 1982). Er is geen enkele reden om te veronderstellen dat de aanleg van windmolenparken deze karakteristieken van de Natura 2000-gebieden zal doen veranderen.

ad 2) De kinderkamerfunctie van een gebied kan echter ook afgemeten worden aan het feit of juveniele vissen deze gebieden daadwerkelijk gebruiken als opgroeigebied. In dit opzicht is een reductie van de larvenaanvoer, die doorvertaalt naar een significante (>5%) reductie in het aantal juveniele vis in de Natura 2000-gebieden, van groot belang. Er zijn 7 soorten waarbij het effect mogelijk groter is dan 5% (Tabel 5). Zes hiervan zijn (in meer of mindere mate) typische kinderkamersoorten: schol, bot, haring, sprong, kabeljauw en wijting. In de worst case scenario's kan heien leiden tot een reductie van 6-11% in de aantallen juveniele vis in de Natura 2000-gebieden. Als een dergelijke daling in de abundantie van juveniele vis gedurende een aantal jaren optreedt, dan moet er geconcludeerd worden dat de kinderkamerfunctie van een gebied is verminderd.

ad 3) Verandering in de kinderkamerfunctie van een gebied zou ook geëvalueerd kunnen worden door het effect op de totale rekrutering aan de Noordzee visbestanden te schatten. Deze benadering valt echter buiten de reikwijdte van dit onderzoek omdat hiervoor de bijdragen van alle kinderkamers, dus niet alleen de (Nederlandse) Natura 2000-gebieden, gekwantificeerd zouden moeten worden. Bovendien is deze benadering niet geschikt als het gaat om de instandhoudingdoelen van Natura 2000-gebieden. Het relatieve belang van een bepaald gebied kan mogelijk klein zijn voor de totale Noordzee populatie, maar dit neemt niet weg dat als er geen juvenielen meer voorkomen in het betreffende gebied dat de kinderkamerfunctie dan is komen te vervallen.

Tabel 5. Verwacht effect van heien op juveniele vis. De verwachte effecten op vislarven (zie Tabel 4) zijn op grond van expert judgement doorvertaald naar de juveniele populatie in Natura 2000-gebieden. Groen: 0-5%; blauw: 0-10%, rood: 0-17%.

Soort		type ⁽¹⁾	kk ⁽²⁾	Doorvertaling van effect op vislarven naar juvenielen	Reductie larven	Reductie juvenielen
schol	<i>Pleuronectes platessa</i>	MJ	J	kinderkamers beperkt, jaarklassterkte bepaald voor juveniele fase (1:1)	0-9%	0-9%
tong	<i>Solea solea</i>	MJ	J	kinderkamers beperkt, jaarklassterkte bepaald voor juveniele fase (1:1)	0-4%	0-4%
bot	<i>Platichthys flesus</i>	ER	J	kinderkamers beperkt, jaarklassterkte bepaald voor juveniele fase (1:1)	0-7%	0-7%
schar	<i>Limanda limanda</i>	MJ	J	kinderkamers niet beperkt, jaarklassterkte bepaald in 1e-2e levensjaar, sterke trends (1:1/5)	0-13%	0-3%
haring	<i>Clupea harengus</i>	MJ	J	kinderkamers niet beperkt, jaarklassterkte bepaald voor juveniele fase (1:2/3)	0-17%	0-11%
sprot	<i>Sprattus sprattus</i>	MS	J	kinderkamers niet beperkt, jaarklassterkte bepaald voor juveniele fase, temporele verspreiding (1:1/3)	0-17%	0-6%
kabeljauw	<i>Gadus morhua</i>	MJ	J	kinderkamers niet beperkt, jaarklassterkte bepaald voor juveniele fase (1:2/3)	0-17%	0-11%
wijting	<i>Merlangius merlangus</i>	MJ	J	kinderkamers niet beperkt, jaarklassterkte bepaald voor juveniele fase, temporele verspreiding (1:1/3)	0-17%	0-6%
steenbolk	<i>Trisopterus luscus</i>	MJ	J	kinderkamers niet beperkt, variabiliteit jaarklassterkte onbekend	?	?
dwergbolk	<i>Trisopterus minutus</i>	MA	J	kinderkamers niet beperkt, variabiliteit jaarklassterkte onbekend	?	?
kleine zandspiering	<i>Ammodytes tobianus</i>	ER/MA	N	kinderkamers patchy, jaarklassterkte bepaald voor juveniele fase (1:2/3)	0-4%	0-3%
Noorse zandspiering	<i>Ammodytes marinus</i>	MA	N	kinderkamers patchy, jaarklassterkte bepaald voor juveniele fase (1:2/3)	0-17%	0-11%
rode poon	<i>Trigla lucerna</i>	MJ	J	kinderkamers niet beperkt, variabiliteit jaarklassterkte onbekend (1:2/3)	0-4%	0-3%
grauwe poon	<i>Eutrigla gurnardus</i>	MS	N	kinderkamers niet beperkt, buiten Waddenzee, variabiliteit jaarklassterkte onbekend (1:1/5)	0-4%	0-1%
dwergtong	<i>Buglossidium luteum</i>	MA	N	kinderkamers niet beperkt, buiten Waddenzee, variabiliteit jaarklassterkte onbekend (1:1/5)	0-4%	0-1%
pitvis	<i>Callionymus lyra</i>	MA	N	kinderkamers niet beperkt, buiten Waddenzee, variabiliteit jaarklassterkte onbekend (1:1/5)	0-4%	0-1%
horsmakreel	<i>Trachurus trachurus</i>	MA	N	kinderkamers niet beperkt, buiten Waddenzee, extreme variabiliteit jaarklassterkte (1:1/5)	0-4%	0-1%

(1) typering volgens Elliot & Hemingway (2002) : ER=estuarine resident; MJ=marine juvenile; MS=marine seasonal; MA=marine advantageous

(2) bijdrage aan kinderkamerfunctie Natura 2000-gebieden, waarbij de kinderkamerfunctie is omschreven als het daadwerkelijk gebruik van het gebied door juveniele vissen (zie p 51 punt 2)

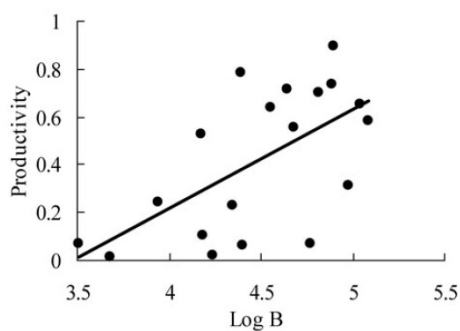
8 Effecten op vogels en zeezoogdieren

8.1 Zeevogels

De relatie tussen de populatieomvang van visetende zee- en kustvogels en die van hun voedsel is zeer complex. Voor visetende vogels zijn zowel de grootte van de visstand als de beschikbaarheid van vis van belang. De grootte van de visstand wordt bepaald door vele factoren, zoals de (abiotische) omstandigheden op de paaiplaatsen en in de opgroeigebieden, de zeestromingen, de aanwezigheid van predatoren en het voedselaanbod voor de vissen. De beschikbaarheid van vis voor de vogels is ook afhankelijk van veel factoren. Vis kan alleen gevangen worden als deze voorkomt in de voor de vogels bevangbare waterlaag (voor meeuwen en sterns de bovenste 1-2 m voor diep duikende soorten de hele waterkolom in de Zuidelijke Noordzee). Soorten als sterns hebben als oppervlaktefoerageerders ook last van harde wind, die het voedsel minder goed zichtbaar maakt (Brenninkmeijer & Stienen 1994, Stienen 2006), maar winterse massasterftes tijdens aanhoudend slecht weer komen juist ook veelvuldig voor bij diep duikende soorten als de zeekoet. De visbeschikbaarheid is daarom vaak iets anders dan de hoeveelheid vis die aanwezig is en de beschikbaarheid is behalve van de weersomstandigheden ook afhankelijk van de verticale migratiebewegingen van de vissoort, die beïnvloed kan worden door de aanwezigheid van voedsel, roofvissen, dag-nacht-ritmiek en abiotische factoren als zuurstofgehalte, watertemperatuur, doorzicht, stroomsnelheid e.d. (zie o.a. Veen 1977, Stienen 2006).

Bij een aantal visetende soorten is een direct verband vastgesteld tussen de vogelstand en de voor de vogels relevante visstand. Furness & Monaghan (1987) beschrijven de positieve correlatie tussen de geschatte sardienstand en het aantal Kaapse jan van genten (op basis van hun guano productie). In de jaren '80 van de vorige eeuw is met het instorten van de zandspieringstand rond de Shetland Eilanden tegelijkertijd het aantal broedparen van Noordse stern, Visdief en veel andere zeevogels ingestort (Ewins 1985, Furness 1989, Martin 1989, Bailey 1991, Hamer et al. 1991, Hamer et al. 1993). Ook van andere zeevogelpopulaties zijn sterke afnamen bekend nadat de voor deze soorten relevante visstand was ingestort (Furness 1982, Jakobsson 1985, Springer et al. 1986, Hamre 1988, Harris & Ruddiford 1989, Klaassen 1989, Monaghan et al. 1989, Harris & Wanless 1990, Vader et al. 1990, Danchin 1992, Monaghan et al. 1992, Frederiksen et al. 2006).

Een verband tussen “de visstand” en het broedsucces of de populatiegrootte van een vispredator is doorgaans sterker naarmate het dieet van de betreffende predator eenzijdiger is. In simpele voedselwebben, waar één prooi soort het stapelvoedsel vormt voor een of zelfs meerdere predatoren, is de kans dat een dergelijk verband gevonden wordt, relatief groot. In voedselwebben waarin de predatoren veel keus hebben en makkelijk kunnen switchen van de ene prooi naar de andere, zullen effecten van variaties in de populatiegrootte van een van de prooi soorten niet snel een weerslag hebben op de predator, die immers makkelijk kan overstappen naar andere prooien. Een recent voorbeeld van een dergelijke koppeling in een eenvoudig voedselweb wordt gegeven door Parsons et al. (2008) die het broedsucces van drieteenmeeuwen op Shetland beschrijven en de hoeveelheid zandspiering, het stapelvoedsel van deze soort. Er werd een statistisch significant positief verband gevonden tussen het aantal jongen per paar per jaar en de logaritme van de zandspieringstand (Figuur 28). De figuur laat zelfs voor dit simpele voedselweb nog veel spreiding zien en ook is duidelijk, dat boven een productiviteit van circa 0,4 jong per paar zelfs een zeer sterke toename van de visstand geen winst meer oplevert; eigenlijk is het zo dat de kans op een goed broedsucces toeneemt met de visstand maar dat er daarnaast nog andere factoren in het spel zijn.



Figuur 28: Het verband tussen het aantal uitgevlogen drieteenmeeuwen per nest per jaar en de log-zandspieringstand in tonnen (Log B) bij Shetland tussen 1986 en 2004 (Parsons et al. 2008).

Veel van de hier besproken zeevogels hebben een breed-spectrum dieet, met vele soorten vis, vaak nog aangevuld met andere organismen. Om deze reden valt niet te verwachten dat soorten als noordse stormvogel, middelste zaagbek, blauwe reiger, kleine zilverreiger, storm-, zilver, grote mantel- en drieteenmeeuw merkbaar zullen leiden onder de te verwachten reducties van vislarven.

Ook soorten die vooral prederen op vissoorten die de Waddenzee nauwelijks verlaten (grondels) zullen niets merken van een reductie van vislarven door offshore hei-activiteiten. Onder deze categorie vallen ijseend, groenpoot- en zwarte ruit, en wellicht ook de kuifduiker en geoorde fuut.

De zaak ligt minder duidelijk voor soorten die weliswaar een breed dieet hebben, maar die toch veel vissoorten eten waarbij een mogelijk belangrijke larvenreductie verwacht wordt: roodkeelduiker, parelduiker, aalscholver, fuut, jan van gent en lepelaar.

De meest kwetsbare soorten zijn de vogels die in hun dieet een groot aandeel hebben van vissen die gevoelig lijken voor offshore heien: pijlstormvogels, kokmeeuw, grote stern, visdief, noordse stern, dwergstern en alk. Mogelijk horen de fuut en de jan van gent ook tot deze categorie. Kleine mantelmeeuwen, die voor het grootbrengen van hun jongen aangewezen lijken op een goed aanbod van juveniele haring, vallen hier ook onder.

Soorten die plankton eten, inclusief viseieren, vislarven en hele jonge vis kunnen ook worden beïnvloed, maar op voorhand is niet duidelijk of deze beïnvloeding voor hen positief of negatief zal uitpakken. Vislarven die door heien worden gedood en aan het oppervlak komen te drijven, vormen wellicht een makkelijke prooi voor stormvogeltjes en dwergmeeuw. Kokmeeuwen eten ook vislarven, maar pas als deze in de kustzone en estuaria zijn aangekomen; zij worden dus geconfronteerd met een reductie van een deel van hun voedselbronnen. Kokmeeuwen hebben echter een breed dieet en lijken niet afhankelijk van deze specifieke bron.

Beschouwen we de vogelsoorten, die mogelijk kwetsbaar zijn doordat ze veel 'gevoelige' vissoorten eten (haring, sprot, kabeljauw, wijting, Noordse zandspiering, schol en bot) dan vallen de fuut, de verschillende pijlstormvogels en stormvogeltjes, de jan van gent, de kokmeeuw, en de alk feitelijk buiten de orde van deze Passende Beoordeling, omdat het geen kwalificerende soorten zijn voor een van de Nederlandse mariene Natura 2000-gebieden. Dat neemt overigens niet weg dat met name de fuut en de alk kwetsbaar lijken voor een reductie van haring, sprot en zandspiering. De soorten die mogelijk kwetsbaar zijn, én die kwalificerende soorten zijn voor Voordelta, Kustzee en/of Waddenzee worden hieronder apart besproken.

Roodkeelduiker (*Gavia stellata*) en parelduiker (*Gavia arctica*)

Deze twee duikers eten in de Nederlandse Kustzee en Voordelta een tamelijk breed scala van vooral kleine vissen. Haring, sprot, zandspiering (spec.) nemen hier een belangrijke, maar op grond van de bestaande data, geen goed kwantificeerbare plaats in. Sterfte door voedselgebrek komt bij deze soorten niet in merkbare hoeveelheden voor, vermoedelijk zijn ze dus niet voedselgelimiteerd en kunnen ze een beperkt verlies van jonge vissen van enkele soorten binnen hun brede voedselspectrum, goed opvangen. Meetbare effecten van offshore heien worden daarom niet verwacht.

Kuifduiker (*Podiceps auritus*) en geoorde fuut (*Podiceps nigricollis*)

Het dieet van kleine futen in Voordelta en Waddenzee is zeer slecht bekend. Gegeven de plaatsen waar ze vooral foerageren (op mosselbanken, langs dijkvoeten), ligt een dieet met een groot aandeel van grondels en zeenaalden voor de hand. Dit zijn geen soorten die in significante mate zullen worden beïnvloed door offshore hei-activiteiten. Het is zeker niet uitgesloten dat deze fuutjes ook relatief veel juveniele haring eten, maar goede informatie ontbreekt. Deze fuutjes eten zeker ook andere vis dan haring en er zijn geen tekenen van periodiek optredende voedselschaarste (geen massasterftes bekend).

Aalscholver (*Phalacrocorax carbo*)

Van alle zeevogels heeft de aalscholver wellicht het meest brede dieet. Deze soort eet zowel grote als kleine vissen, rond- en platvissen, zout- en zoetwatervis, vis die aan de bodem wordt gevangen of hoog in het water of die als bijvangst achter viskotters beschikbaar komt. Daarbij worden ook nog zwemmende wormen gegeten. Sommige individuen lijken (tijdelijk) voedselspecialist en kunnen een maag vol hebben met juveniele haring of juveniele platvis (soorten waarbij een reductie van het aanbod juvenielen wordt verwacht), maar andere vogels

hebben de maag vol met vis waarbij geen effect wordt verwacht, zoals kleine zeenaald of stekelbaars. Specialisten vormen zeker geen meerderheid, de meeste aalscholvers hebben meer dan een vissoort in de maag of krop (IMARES data). Gezien het zeer brede dieet, en de sterke groei van de aantallen aalscholvers die broeden langs de Nederlandse kust en die foerageren op de zoute wateren, wordt geen meetbaar effect verwacht van larvenreductie door offshore heien.

Lepelaar (*Platalea leucorodia*)

Lepelaars eten na het voorjaar op het wad veel kleine visjes, waaronder vermoedelijk veel grondels en garnalen (niet beïnvloed door offshore heien) en veel juveniele platvisjes. Het aandeel platvisjes in het dieet is niet goed bekend omdat geen dieetstudies in deze fase van het jaar zijn gedaan aan de lepelaar. Daardoor is de mate van afhankelijkheid van juveniele platvis niet vast te stellen. Daar komt bij, dat de lepelaars zelfs in de meest kritische periode van het jaar (de zomer, als de grootste aantallen in de intergetijdegebieden foerageren), niet alleen platvissen eten op het wad, en dat ook grote aantallen lepelaars niet op het wad maar in zoete wateren foerageren.

Dwergmeeuw (*Larus minutus*)

Het voedsel van de dwergmeeuw is op zee nauwelijks onderzocht. Eigen waarnemingen (Leopold, IMARES) suggereren een dieet van allerlei kleine partikels, inclusief vislarven (ondermeer van platvissen en zandspieringen). Uit (schaarse) buitenlandse studies blijkt dat dwergmeeuwen veel meer prooiën vangen; een reductie van vislarven van een of enkele soorten vis zal dus niet lineair doorwerken op het foerageersucces van dwergmeeuwen. Dwergmeeuwen foerageren vooral massaal in Nederlandse wateren, inclusief de Kustzee en Voordelta, in april, tijdens de voorjaars trek. In goede jaren blijven ze een paar weken hangen, wellicht om op te vetten voor de volgende etappe van de voorjaars trek. Dit wordt niet in alle jaren gezien, mogelijk zoeken ze ergens langs de kust van West-Europa naar een geschikt foerageergebied. Effecten van voedselgebrek, in de vorm van massasterftes worden niet waargenomen. Een reductie van vislarven van één vissoort (haring) ten gevolge van het heien zal hier niets aan veranderen.

Kleine mantelmeeuw (*Larus fuscus*)

De kleine mantelmeeuw wordt in Duitsland –terecht- Heringsmöwe genoemd. Bij tijd en wijle zijn het echte (juveniele) haringsspecialisten, vooral tijdens de opgroei van hun kuikens. Er zijn aanwijzingen dat, ondanks hun brede dieet in de rest van het jaar, deze periode kritisch is en dat goede broedresultaten vooral gehaald worden in jaren met een goed aanbod van juveniele haring (Van Klinken 1992, Spaans et al. 1994, Bukacinski et al. 1998). Echter, ook individuen die niet veel haring aanvoeren, hebben soms een goed broedresultaat, maar de laatste jaren was het broedsucces –bij een dalende haringstand- slecht (Kees Camphuysen in: De Heer 2008). Hoewel het werkelijke belang van juveniele haring nog ter discussie staat zijn er in bovengenoemde studies steeds aanwijzingen gevonden dat de beschikbaarheid van dit voedsel in de kuikentijd kritisch is voor het broedsucces van de kleine mantelmeeuw. De kleine mantelmeeuw heeft een gunstige staat van instandhouding en een reductie van maximaal 9-17 procent (*Tabel 3*) van juveniele haring in de Noordzeekustzone ten gevolge van een of twee zomers lang heien ten behoeve van de bouw van een windpark zal hier niets aan veranderen. In cumulatie met het heien ten behoeve van andere parken echter, kan vele jaren achtereen de aanvoer van haring worden beperkt en dient het broedsucces van de kleine mantelmeeuw met zorg te worden gevolgd.

Grote stern (*Sterna sandvicensis*)

De grote stern is wellicht de meest (voedsel-)specialistische zeevogel in Nederland. Toch hebben ze zeker drie belangrijke prooi-soorten in het broedseizoen: haring, sprot en zandspiering. Van deze drie lijkt de haringstand van het grootste belang, maar de achterliggende mechanismen worden nog nauwelijks begrepen. De haringstand is variabel, zeker ook door natuurlijke oorzaken. Waarschijnlijk hebben de luchtdrukverschillen tussen de zuidelijke en noordelijke Atlantische Oceaan (de NAO-index) een sterke invloed op de ecologische processen in de Noordzee. De NAO is van invloed op wind, temperatuur en zoutgehalte van de Noordzee, en bijgevolg op allerlei organismen die op deze abiotische parameters reageren. Zo beïnvloedt de NAO o.a. het transport van vislarven over de Noordzee. Bij een positieve NAO worden de haringlarven ongehinderd van de Engelse kustwateren naar de Waddenzee getransporteerd; is de NAO in een negatieve fase, dan wordt het haringtransport naar de Waddenzee gehinderd. Er is een positief verband tussen de NAO en het aantal broedparen van de grote stern in de Nederlandse en Duitse Waddenzee; dit verband bestaat niet voor de overige Europese populaties (Stienen

2006). Bij de grote stern is ook een direct positief verband gevonden tussen het aantal jonge haringen¹ in de totale en zuidelijke Noordzee en het aantal broedparen van de grote stern in Nederland en op Griend tussen 1916 en 1992 (Brenninkmeijer & Stienen 1994, Stienen 2006). Het broedsucces van de grote stern vertoont echter geen verband met de jonge haringstand, dus het aantal uitgevlogen jongen per paar blijft ongeveer gelijk in zowel goede als slechte haringjaren. Maar vanwege de correlatie met het aantal broedparen varieert het aantal uitgevlogen jongen per kolonie wel met goede en slechte haringjaren. Men dient deze gegevens voorzichtig te interpreteren. Ten eerste beslaat het foerageergebied van de broedende grote sterns, vanwege hun beperkte actieradius, slechts een deel van de zuidelijke Noordzee. Derhalve wordt aangenomen dat de lokale voedselsituatie voor broedende sterns langs de Nederlandse kust evenredig stijgt en daalt met die van de gehele (zuidelijke) Noordzee. Ten tweede bestaat het voedselpakket van de grote stern gemiddeld maar voor de ene helft uit haring en sprout en voor de andere helft uit zandspiering en smelt. Maar de haring lijkt in deze sturend voor het aantal broedparen en de overige soorten niet. Om hardere uitspraken te kunnen doen over dit positieve verband is nader onderzoek nodig naar de lokale voedselsituatie (dus het voorkomen van zandspiering, smelt, haring en sprout).

Voor zover bekend wordt zandspiering (en smelt) door sterns vooral gevangen op plaatsen met een sterke stroming. Op deze plaatsen komen ze door turbulentie van het water geregeld naar het oppervlak (Veen 1977). Haring en sprout bewegen zich meer onder invloed van het getij en kunnen soms in ondiep water in grote scholen binnen het bereik van sterns komen. Jonge haringen trekken in scholen in de bovenste waterlaag en zijn daardoor gemakkelijk te vangen (Boecker 1967, Veen 1977). Het broedsucces van de grote stern is dus zeker niet alleen afhankelijk van de visstand, maar ook van slechte weersomstandigheden (Brenninkmeijer & Stienen 1994, Stienen 2006).

Globaal houdt het onderzochte verband tussen 1-ringers (1 jaar oud) en het aantal broedparen van de grote stern in Nederland in, dat een afname van de 1-ringerstand van 10% gepaard gaat met een afname van het aantal broedparen van ca. 4% (Brenninkmeijer & Stienen 1994). Hier zit echter een aanzienlijke spreiding omheen (tot 50%) waardoor een daling van 10% van het aantal jonge haringen in enig jaar niet altijd een op een vertaald kan worden in 4% minder broedende sterns op Griend. Op langere termijn kan een structurele daling van het bestand van jonge haring echter wel een effect hebben op de aantallen grote sterns en daarmee op de kwaliteit van de Waddenzee. In deze zin lijkt de grote stern op de kleine mantelmeeuw, die weliswaar een veel breder dieet heeft, maar in de kuikentijd ook behoefte heeft aan een goede aanvoer van jonge haring.

Als gevolg van offshore heien kan een reductie van de opgroeiende haring in de kustzone optreden. Of dit al dan niet een meetbaar effect zal hebben hangt vermoedelijk vooral af van de stand van de jonge haring in het betreffende jaar: is er een overmaat aan goed voedsel aanwezig dan zijn de effecten wellicht verwaarloosbaar klein maar in een jaar dat al een slechte aanvoer van haring heeft naar Waddenzee, Noordzeekustzone en Voordelta zullen de effecten vermoedelijk wel doorwerken. In slechte jaren kunnen additionele effecten van larvensterfte op de aantallen broedparen niet worden uitgesloten. Wellicht komt dan een deel van deze vogels elders tot broeden en is het effect op de metapopulatie kleiner dan ter plaatse het geval lijkt te zijn.

Visdief (*Sterna hirundo*)

Voor de visdief zijn meer factoren dan de beschikbaarheid van jonge haring van invloed op het broedsucces. In Stienen et al. (in prep.) worden de broedsuccessen van de kolonie op Griend tussen 1991 en 2007 geanalyseerd (Tabel 6). Van de 17 seizoenen zijn er vijf (29%) geheel mislukt (broedsucces nihil) vanwege overstromingen (eieren weggespoeld en/of kuikens verdrongen), één (6%) is geheel mislukt door massale kuikensterfte (mogelijk door voedseltekort) en twee zijn gedeeltelijk mislukt vanwege predatie door een velduil (12%). Een periodiek voedseltekort in twee andere seizoenen resulteerde niet in een laag broedsucces of in weinig rekruten. Het broedsucces in de overige seizoenen varieerde van 0,20 tot 1,00 en het aantal rekruten van 112 tot 2673. Deze resultaten wijzen dus op een percentage van minder dan 10% van de seizoenen, die door een laag voedselaanbod mislukken. Haring is wellicht ook iets minder belangrijk dan bij de grote stern. Een negatief effect van een verlaagd aanbod van juveniele haring met bijvoorbeeld 7% in de Waddenzee (Tabel 3) waar de meeste

¹ het aantal 0-ringers is niet geschat en omdat er geen duidelijke relatie is tussen het aantal 0-ringers en het aantal 1-ringers (1 jaar oud, lengte tot 9 cm) of 2-ringers (2 jaar oud, lengte tot 18 cm) in de daaropvolgende jaren, kan het aantal 0-ringers ook niet achteraf berekend of geschat worden

visdieven foerageren, zal dus in 9 van de 10 jaren geen meetbaar effect hebben door aanwezigheid van andere voedselbronnen.

*Tabel 6. Broedbiologische parameters * van de visdief op Griend in de periode 1991-2007 (Stienen et al. in prep.).*

Jaar	Aantal broedparen (bp)	Broedsucces (n vlvl kuk/bp)	n rekruten (n bp * broedsucces)	Oorzaak
1991	1.900	nihil	nihil	overstroming en dagenlange storm
1992	2.200	0,60	1.320	-
1993	2.500	0,52	1.320	-
1994	3.300	0,82	2.673	-
1995	2.600	0,67	1.586	-
1996	1.700	0,53	901	voedseltekort in eifase
1997	1.500	0,33	495	predatie Velduil
1998	1.750	0,18	315	predatie Velduil
1999	2.100	0,90	1.890	-
2000	1.671	0,00	nihil	overstroming
2001	2.300	0,06	138	overstroming
2002	1.239	0,00	nihil	massale (jonge) kuikensterfte, mogelijk door voedseltekort in jonge kuikenfase
2003	1.362	1,00	1.362	voedseltekort in kuikenfase
2004	1.507	nihil	nihil	overstroming (secundair: voedseltekort in jonge kuikenfase)
2005	1.086	0,70	326	-
2006	915	0,20	112	-
2007	1.018	nihil	nihil	overstroming; goed haringjaar

* de gepresenteerde gegevens zijn herberekend en kunnen licht afwijken van de parameters die in de Griend-rapporten worden gepresenteerd.

Noordse stern (*Sterna paradisaea*)

Voor deze schaarse soort is een analyse zoals gedaan voor de visdief niet beschikbaar. De aantallen zijn in de Delta verwaarloosbaar klein; de meeste noordse sterns broeden in Nederland in de Waddenzee, waar ze een verwaarloosbaar aandeel vormen van de grote Europese populatie. Aan de zuidrand van hun verspreidingsgebied heeft de soort meestal een laag broedsucces en een dieet dat sterk afwijkt van dat in de kern-gebieden verder noordelijk in Europa. De soort kent doorgaans een laag broedsucces en lijdt onder een hoge predatiedruk en andere gevaren, zoals overstromingen. Een verder opwarmend klimaat zal deze noordelijke soort ook niet helpen. De soort staat dus onder druk en zal gevoelig zijn voor iedere reductie van goede voedselsoorten in de broedtijd. De mogelijke reductie van opgroeiende haring in de Waddenzee kan daarom negatieve gevolgen hebben voor deze soort, maar gezien het doorgaans al lage broedsucces, de lage aantallen broedvogels en de zeer grote aantallen elders, heeft dit wellicht op populatieschaal geen enkel effect.

Dwergstern (*Sterna albifrons*)

Over de voedsel生态学 van de dwergstern in Nederland is weinig bekend. Het dieet lijkt voor een stern tamelijk breed, het aandeel haring relatief gering. Effecten van offshore heien kunnen daarom niet goed worden ingeschat, maar zullen vermoedelijk minder groot zijn dan bij andere stern-soorten in Nederland. De soort maakt nooit lange voedselvluchten; voedsellimitatie ligt daarmee niet voor de hand in de Natura 2000-gebieden waarvoor deze soort kwalificerend is (Delta en Waddenzee).

8.2 Zeezoogdieren

Bruinvis (*Phocoena phocoena*)

Bruinvissen hebben in Nederlandse wateren een zeer breed dieet; het aandeel van haring is zeer gering en relatief veel van de gegeten haringen zijn meerdere jaren oud. Een reductie van de hoeveelheid juveniele haringen ten gevolge van offshore hei-activiteiten is derhalve verwaarloosbaar klein. Platvissen worden in Nederland nauwelijks in bruinvismagen aangetroffen (Leopold & Camphuysen 2006). In een Duitse studie (Lick 1993) werden meer platvissen gevonden, maar dit betrof vooral tong, waarvan de reductie van aantallen juvenielen en zeker van oudere jaarklassen ten gevolge van offshore heien verwaarloosbaar klein zal zijn. Zandspiering (spec) vormt een belangrijker aandeel van het dieet van Nederlandse bruinvissen (Leopold & Camphuysen 2006) maar is van veel minder groot belang dan de stapelvoedselsoorten grondels en wijting. Gezien het zeer brede dieet van de bruinvis wordt een geringe reductie van de aantallen juveniele zandspieringen en wijtingen, in slechts een deel van het foerageergebied, als niet significant beoordeeld.

Witsnuitdolfijn (*Lagenorhynchus albirostris*)

Witsnuitdolfijnen zijn de laatste decennia de meest talrijke dolfinen in Nederlandse wateren (Camphuysen & Peet 2006). Zowel in Nederland als elders in de Noordzee zijn kleine aantallen magen onderzocht van dood aangespoelde dieren. De meest talrijke prooien waren steeds meerjarige kabeljauwachtigen. Van deze oudere jaarklassen wordt geen effect meer verwacht van een eventuele reductie van larven door offshore hei-activiteiten. Daarbij is het foerageergebied van de witsnuitdolfijn zeer groot (vrijwel de hele Noordzee) en is de soort schaars in de Nederlandse kustwateren. De witsnuitdolfijn is geen kwalificerende soort voor de Nederlandse Natura 2000-gebieden.

Tuimelaar (*Tursiops truncatus*)

Tuimelaars zijn uitermate schaars in Nederlandse wateren (Camphuysen & Peet 2006). In de eerste helft van de vorige eeuw was er mogelijk een residente populatie in het Marsdiep, een aanwezigheid die mogelijk verband hield met de eveneens lokale populatie Zuiderzeeharing (Verwey 1975). In 2007 werd de maag onderzocht van een enkel exemplaar dat in Zeeland was gestrand; dit dier had geleefd van forse kabeljauwen. In het algemeen zal de soort hier vooral prederen op relatief grote vissen, waarvan de talrijkheid geen relatie heeft met een eventuele reductie van larven door offshore hei-activiteiten. De tuimelaar is geen kwalificerende soort voor de Nederlandse Natura 2000-gebieden.

Gewone zeehond (*Phoca vitulina*)

Het voedsel van gewone zeehonden in Nederland omvat veel soorten vis, waaronder een groot aandeel, meest meerjarige, platvissen (Havinga 1933, Brasseur et al. in prep.). Voor een aantal relatief belangrijke prooi-soorten, met name schol en bot, worden reducties van de aantallen intrekkende larven en juvenielen voorspeld in de kinderkamers.

De daadwerkelijke impact op het foerageersucces van de gewone zeehond ligt door de tamelijk brede dieetkeuze en door het grote foerageergebied van deze soort, lager dan deze percentages. Gewone zeehonden vertonen geen enkel teken van voedselbeperking: de populatie groeit snel en significante effecten door het heien, via larvensterfte, worden niet verwacht.

Grijze zeehond (*Halichoerus grypus*)

Grijze zeehonden hebben eveneens een breed spectrum aan prooien, en in vergelijking met gewone zeehonden minder schol en bot in hun dieet, en meer tong (Leopold et al. in prep, Brasseur et al. in prep.). Daarbij hebben ze vermoedelijk een nog grotere offshore foerageerrange dan de gewone zeehond. De effecten van het offshore heien op tong zijn zeer gering, dus doorwerkende effecten op grijze zeehonden zullen kleiner zijn dan op gewone zeehonden.

Tabel 7. Samenvatting Hoofdstuk 8: mogelijke effecten van reductie van aanvoer van larven en daarmee van volwassen vis in Natura 2000-gebieden op zich daar bevindende vogels en zeezoogdieren. Vogelsoorten betreft die soorten die kwalificeren voor bestaande Natura 2000-gebieden (Voordelta, Kustzee, Waddenzee). NB Deze tabel geeft slecht zeer summier weer wat in het rapport beschreven staat en dient niet zonder kennisneming van de achterliggende informatie gebruikt te worden.

	<i>Mogelijk wel effect</i>	<i>Waarschijnlijk geen effect</i>	<i>Onbekend</i>
<i>Vogels</i>			
Roodkeel/parelduiker		X	
Kuifduiker/geoorde Fuut		X	
Aalscholver		X	
Lepelaar			X
Dwergmeeuw		X	
Kleine mantelmeeuw	X		
Grote stern	X		
Visdief	X		
Noordse stern	X		
Dwergstern			X
<i>Zeezoogdieren</i>			
Bruinvis		X	
Witsnuitdolfijn		X	
Tuimelaar		X	
Gewone zeehond		X	
Grijze zeehond		X	

9 Discussie

In dit rapport zijn een aantal stappen beschreven die bijdragen aan het uiteindelijke doel: het maken van de Passende Beoordeling van de effecten van windparken op zee op de kwaliteit van zoute Natura 2000-gebieden in Nederland. Een inschatting van de onzekerheden in dit proces wordt gegeven in Tabel 7. De onzekerheden rondom de modelstudie zijn ook al uitgebreid besproken in paragraaf 6.2.

Tabel 8. Overzicht van onzekerheden per genomen stap in dit rapport.

Stap	Onderwerp	Onzekerheid	Reden
1	Dieet bruinvis/zeehond/vogels	klein	Duidelijke dieetgegevens beschikbaar.
2	Paaigronden vis	groot	Op basis van literatuurgegevens, informatie vaak summier.
3	Hydrodynamisch model	klein	Model voorspelt/reconstrueert goed de stroming van het water.
4	Larventransport model	redelijk klein	Zie paragraaf 6.3
5	Straal van mortaliteit rond heilocatie	groot	Afstand van 1000 m is niet zeker. Het kan ook 500 m zijn (de helft minder sterfte) of 2 km (dubbele sterfte). Zie ook paragraaf 6.3
6	Gelijkenis juvenielen met modelsoorten haring, schol of tong	redelijk groot	Op basis van de biologie en verspreiding van soorten voorspeld. Het zal niet helemaal fout zijn, maar ook niet volledig correct.
7	Doorwerking naar juvenielen	groot	Weinig literatuurgegevens bekend, dus op basis van expert judgement.
8	Impact op vogels, zeezoogdieren	redelijk groot	Weinig gegevens beschikbaar, dus op basis van expert judgement.

Een manier om om te gaan met onzekerheden in de resultaten is het uitvoeren van een risicoanalyse² door uitkomsten van verschillende scenario's te vergelijken (Walker et al. 2003). Bijvoorbeeld:

- Stel dat de 'dodelijke hei-diameter' 500 m is in plaats van 1 km. Dit scenario is voor 1 heilocatie doorberekend in de modelstudies en het blijkt dat dit leidt tot een halvering van de mortaliteit van de larven (Prins et al. 2009). Aannemende dat alle verdere stappen in de berekening wel voldoende betrouwbaar zijn, dan wordt het uiteindelijke effect op voedselbeschikbaarheid en kinderkamerfunctie ook ongeveer de helft zo klein.

Een vaak gebruikte indeling in verschillende niveaus van onzekerheden is als volgt:

- 1) Determinism (perfect prediction),
- 2) Statistical uncertainty (known probability distributions)
- 3) Scenario uncertainty (range of possible outcomes known, but no credible basis for the assignment of probability distributions)
- 4) Identified ignorance (unknown bounds of the set of potential outcomes and unknown probabilities).
- 5) Total ignorance (do not know what we do not know).

In dit onderzoek wordt grotendeels op het 4^e niveau gewerkt, omdat de kennis zo goed mogelijk in kaart is gebracht, maar er nog wel veel onzekerheden zijn. Het bereiken van het 3^e niveau was niet mogelijk omdat de "range of possible outcomes" in de meeste stappen onbekend is.

² Met dank aan S. Bierman (IMARES) voor de bijdrage aan de tekst over risicoanalyses.

9.1 Aanbevelingen

Een manier om onzekerheden rondom effecten van heien te verkleinen is om veld/experimenteel onderzoek te doen. Zo zou de dodelijkheid van heien voor vislarven getest kunnen worden. Dergelijk onderzoek zou kunnen bestaan uit het meten van de mortaliteit van (gekweekte) vislarven door voorafgaand aan het heien containers of zakken van fijn gaas met daarin larven op verschillende afstanden van de heilocatie te plaatsen. Na een heisessie kan dan onderzocht worden hoeveel vislarven het niet hebben overleefd.

Zoals uit hoofdstuk 8 blijkt is het aan te bevelen het dieet van vogels in Natura 2000 gebieden beter te bestuderen, evenals de verspreiding van de prooidieren in de waterkolom.

Verder is het aan te bevelen om een standaardwerk samen te stellen over Noordzeevissen en hun ecologie, bijvoorbeeld in ICES verband, zodat gefragmenteerd aanwezige kennis op een degelijke manier gebundeld wordt.

10 Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2000 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 08602-2004-AQ-ROT-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2009. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Het laatste controlebezoek vond plaats op 23-25 april 2008. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Milieu over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2000 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2009 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie. Het laatste controlebezoek heeft plaatsgevonden op 12 juni 2007.

11 Referenties

- Almatar SM, Bailey RS (1989) Variation in the fecundity and egg weight of herring (*Clupea harengus* L.). Part I. Studies in the firth of Clyde and northern North Sea. J Cons Perm Int Explor Mer 45:113-124
- Bailey RS (1991) The interaction between sandeel and seabirds – a case history at Shetland, ICES (International Council for the Exploration of the Sea) CM 1991/L:41
- Balthus CAM, Van der Veer HW (1995) Nursery areas of solenette *Buglossidium luteum* (Risso, 1810) and scaldfish *Arnoglossus laterna* (Walbaum, 1792) in the southern North Sea. Neth J Sea Res 34:81-88
- Bannister RCA, Harding D, Lockwood SJ (1974) Larval mortality and subsequent year-class strength in plaice (*Pleuronectes platessa* L.). In: Blaxter JHS (ed) The early life history of fish. Springer-Verlag, Berlin, p 21-37
- Barrett RT, Camphuysen CJ, Anker-Nilssen T, Chardine JW, Furness RW, Garthe S, Hüppop O, Leopold MF, Montevecchi WA, Veit RR (2007) Diet studies of seabirds: a review and recommendations. ICES J Mar Sci 64:1675-1691
- Baxter AC (1963) A comparison of fecundities of early and late maturity stages of herring in the Northwestern North Sea. Rapp P-v Réun Cons Int Explor Mer 154:170-174
- Baxter IG (1959) Fecundities of winter-spring and summer autumn herring spawners. J Cons Perm Int Explor Mer 25:73-80
- Boecker M (1967) Vergleichende Untersuchungen zur Nahrungs- und Nistökologie der Flusszeeschwalbe (*Sterna hirundo* L.) und der Küstenseeschwalbe (*S. paradisaea* Pont.). Bonner zoologische Beiträge 18:15-126
- Boeke J (1906) Eier und Jugendformen von Fischen der südlichen Nordsee. Verhandelingen uh Rijksinstituut vh Onderzoek der Zee Deel 1 4:3-35
- Bolle LJ, Dapper R, Witte JI, Van der Veer HW (1994) Nursery Grounds of Dab (*Limanda limanda* L.) in the Southern North Sea. Neth J Sea Res 32:299-307
- Bolle LJ, Dickey-Collas M, Erftemeijer PLA, Van Beek JKL, Jansen HM, Asjes J, Rijnsdorp AD, Los HJ (2005) Transport of Fish Larvae in the Southern North Sea. Impacts of Maasvlakte 2 on the Wadden Sea and North Sea coastal zone. Track 1: Detailed modelling research. Part IV: Fish Larvae. Baseline study MEP Maasvlakte 2. Lot 3b: Fish Larvae. Report No. C072/05, RIVO, IJmuiden
- Bolle LJ, Dickey-Collas M, Van Beek JKL, Erftemeijer PLA, Witte JI, Van der Veer HW, Rijnsdorp AD (submitted) Inter-annual variability in transport from spawning grounds to nurseries: does it contribute to recruitment variations in plaice? .
- Bolle LJ, Eltink ATGW, Rijnsdorp AD (in prep.) Spawning grounds of sole and in the North Sea and Eastern English Channel. . J Sea Res
- Bolle LJ, Rijnsdorp AD, Van der Veer HW (2001) Recruitment variability in dab (*Limanda limanda*) in the southeastern North Sea. J Sea Res 45:255-270
- Boon AR, Arends E (2009) Passende Beoordeling Windparken (serie van 19 Passende Beoordelingen, een per windpark), Royal Haskoning
- Brasseur S, Gerondeau M, Meesters E, Jansen O, Leopold M, Reijnders P (in prep.) Preliminary results on the diet of harbor (*Phoca vitulina*) and grey (*Halichoerus grypus*) seals in the Netherlands during their molting period.
- Breninkmeijer A, Stienen EWM (1994) Pilot study on the influence of feeding conditions at the North Sea on the breeding results of the Sandwich Tern *Sterna sandvicensis*. IBN-research report 94/10, IBN-DLO Arnhem
- Bukacinski D, Bukacinska M, Spaans AL (1998) Experimental evidence for the relationship between food supply, parental effort and chick survival in the Lesser Black-backed Gull *Larus fuscus*. Ibis 140:422-430
- Burd AC (1978) Long term changes in North Sea herring stocks. Rapp P -v Réun Cons int Explor Mer 172:137-153
- Burd AC (1985) Recent changes in the central and southern North Sea herring stocks. Can J Fish Aquatic Sci 42 (Suppl 1):192-206
- Burd AC, Howlett GJ (1974) Fecundity studies on North Sea herring. J Cons Perm Int Explor Mer 35:107-120
- Camphuysen K, Peet G (2006) Walvissen en dolfijnen in de Noordzee / Whales and dolphins in the North Sea, Fontaine Uitgevers BV, 's Graveland / Stichting De Noordzee, Utrecht
- Christensen A, Daewel U, Jensen H, Mosegaard H, St. John M, Schrum C (2007) Hydrodynamic backtracking of fish larvae by individual-based modelling. Mar Ecol-Prog Ser 347:221-232
- Christensen A, Jensen H, Mosegaard H, St. John M, Schrum C (2008) Sandeel (*Ammodytes marinus*) larval transport patterns in the North Sea from an individual-based hydrodynamic egg and larval model. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 65:1498-1511
- Corten A (1999) The reappearance of spawning herring on Aberdeen Bank in 1983 and its relationship to environmental conditions. Can J Fish Aquat Sci 56:2051-2061
- Corten A (2001) Herring and Climate. PhD Thesis, Rijksuniversiteit Groningen
- Cushing DH (1958) Some changes in vertebral counts of herrings. Rapp P-v Réun Cons Int Explor Mer 143 part 1:126-129

- Cushing DH (1990) Plankton production and year-class strength in fish populations: an update of the match/mismatch hypothesis. *Advances in Marine Biology* 26:249-293
- Cushing DH, Burd AC (1957) On the herring of the southern North Sea. *Fishery Investigations*, London, Ser II 20:1-31
- Daan N (1978) Changes in cod stocks and cod fisheries in the North Sea. *Rapp P -v Réunion Cons int Explor Mer* 172:39-57
- Daan N (1990) Ecology of North Sea fish. *Neth J Sea Res* 26:343-386
- Daan N, Bromley PJ, Hislop JRG, Nielsen NA (1990) Ecology of North Sea fish. *Neth J Sea Res* 26:343-386
- Danchin É (1992) Food shortage as a factor in the 1988 Kittiwake *Rissa tridactyla* breeding failure in Shetland. *Ardea* 80:93-98
- De Groot SJ (1980) The consequences of marine gravel extraction on the spawning of herring, *Clupea harengus* Linné. *J Fish Biol* 16:605-611
- De Heer K (2008) Interview met zeevoegeexpert Kees Camphuijsen. De vrije val van kleine mantelmeeuwen. *Natura* 105:177-179
- Dénier C (1984) Flatfish reproduction in Douarnenez Bay (S. Brittany). 2. Sexual cycles and fecundity in the Soleidae: *Solea vulgaris vulgaris*, *Solea lascaris*, *Buglossidium luteum* and *Microchirus variegatus* [La reproduction des poissons plats (téléostéens-pleuronectiformes) en baie de Douarnenez. 2. Cycles sexuels et fécondité des Soleidae: *Solea vulgaris vulgaris*, *Solea lascaris*, *Buglossidium luteum* et *Microchirus variegatus*]. *Cah Biol Mar* 25:257-285
- Dickey-Collas M (2004) The current state of knowledge on the ecology and interactions of North Sea herring within the North Sea ecosystem. Report No. CVO 04.028, RIVO, IJmuiden
- Dickey-Collas M, Fox CJ, Nash RDM, O'Brien CM (2003) Plaice egg mortality: can we determine survivorship? *J Sea Res* 50:211-225
- Elliot M, Hemingway KL (eds) (2002) *Fishes in Estuaries*. Blackwell Science Ltd., London
- Ewins PJ (1985) Growth, diet and mortality of Arctic Tern *Sterna paradisaea* chicks in Shetland. *Seabirds* 8:59-68
- Fonds M (1973) Sand gobies in the Dutch Wadden Sea (*Pomatoschistus*, *Gobiidae*, *Pisces*). *Neth J Sea Res* 6:417-478
- Fox CJ (2001) Recent trends in stock-recruitment of Blackwater herring (*Clupea harengus* L.) in relation to larval production. *ICES J Mar Sci* 58:750-762
- Fox CJ, Planque B, Darby CD (2000) Synchrony in the recruitment time-series of plaice (*Pleuronectes platessa* L.) around the United Kingdom and the influence of sea temperature. *J Sea Res* 44:159-168
- Frederiksen M, Edwards M, Richardson AJ, Halliday NC, Wanless S (2006) From plankton to top predators: bottom-up control of a marine food web across four trophic levels. *Journal of Animal Ecology* 75:1259-1268
- Furness RW (1982) Competition between fisheries and seabird communities. *Advanced Marine Biology* 20:225-307
- Furness RW (1989) Declining seabird populations. *Journal of Zoology* 219:177-180
- Furness RW, Monaghan P (1987) *Seabird Ecology*. Blacky, Glasgow and London
- Gauld JA (1990) Movements of lesser sandeels (*Ammodytes marinus* Riatt) tagged in the northwestern North Sea. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 46
- Gercken J, Förlin L, Andersson J (2006) Developmental disorders in larvae of eelpout (*Zoarces viviparus*) from German and Swedish Baltic coastal waters. *Marine Pollution Bulletin* 53:497-507
- Hamer KC, Furness RW, Caldow RWG (1991) The effects of changes in food availability on the breeding ecology of Great Skuas *Catharacta skua* in Shetland. *Journal of Zoology* 223:175-188
- Hamer KC, Monaghan P, Uttley JD, Walton P, Burns MD (1993) The influence of food supply on the breeding ecology of Kittiwakes *Rissa tridactyla* in Shetland. *Ibis* 135:255-263
- Hamerlynck O, Cattrijsse A (1994) The food of *Pomatoschistus minutus* (Pisces, Gobiidae) in Belgian coastal waters, and a comparison with the food of its potential competitor *P. lozanoi*. *Journal of Fish Biology* 44:753-771
- Hamre J (1988) Some aspects of the interrelation between the herring in the Norwegian Sea and the stocks of capelin and cod in the Barents Sea. *ICES C.M. 1988/H-42*: 1-15 (Mimeo), ICES
- Harding D, Nichols JH, Tungate DS (1978) The spawning of plaice (*Pleuronectes platessa* L.) in the Southern North Sea and English Channel. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 172:102-113
- Harris MP, Ruddiford NJ (1989) The food of some young seabirds on Fair Isle in 1986-88. *Scottish Birds* 15:119-125
- Harris MP, Wanless S (1990) Breeding success of British Kittiwakes *Rissa tridactyla* in 1986-1988: evidence for changing conditions in the northern North Sea. *Journal of Applied Ecology* 27:172-187
- Havinga B (1933) Der Seehund in den Holländischen Gewässern. *Tijdschr Ned Dierk Ver* 3:79-111
- Heath M, Scott B, Bryant AD (1997) Modelling the growth of herring from four different stocks in the North Sea. *J Sea Research* 38:413-436
- Heessen H, Daan N (1996) Long-term trends in ten non-target North Sea fish species. *ICES J Mar Sci* 53:1063-1078
- Heessen H, Ter Hofstede R, Daan N (2006a) ICES FishMap. Report No. 06.002, RIVO, IJmuiden
- Heessen H, Ter Hofstede R, De Boois I (2006b) Tijdsreeksen voor enkele Noordzee vissoorten afkomstig van de IBTS, BTS en SNS surveys. Report No. 06.018, Wageningen IMARES

- Heessen HJL, Eastwood PD, Fletcher N, Larsen LI, Ellis JR, Daan N, Ter Hofstede R (2005) ICES Atlas of North Sea Fishes (ICES-FishMap). Electronic publication, www.ices.dk/marineworld/ices-fishmap.asp, Version 01/2005.
- Heessen HJL, Rijnsdorp AD (1989) Investigations on egg production and mortality of cod (*Gadus morhua* L.) and plaice (*Pleuronectes platessa* L.) in the southern and eastern North Sea in 1987 and 1988. Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer 191:15-20
- Hulme TJ (1995) The use of vertebral counts to discriminate between North Sea herring stocks. ICES J mar Sci 52:775-779
- Hunter E, Metcalfe JD, Reynolds JD (2003) Migration route and spawning area fidelity by North Sea plaice. Proc R Soc Lond B 270:2097-2103
- ICES (1994) Spawning and life history information for North Atlantic cod stocks, ICES
- ICES (1998) Working Group on the Assessment of Mackerel, Horse Mackerel, Sardine and Anchovy. ICES C.M.1998/ACFM:6.
- ICES (2005) Report of the Working Group on the Assessment of Mackerel, Horse Mackerel, Sardine and Anchovy (WGMHSA), 6 - 15 September 2005, Vigo, Spain. ICES CM 2006/ACFM:08
- ICES (2006) Report of the Working Group on Beam Trawl Surveys (WGBEAM), 16-19 May 2006, Hamburg, Germany. ICES CM 2006/LRC:11.
- ICES (2007a) Report of the Working Group on the Assessment of Demersal Stocks in the North Sea and Skagerrak - Combined Spring and Autumn (WGNSSK), 1-8 May 2007 - ICES Copenhagen, by correspondence - September 2007. ICES CM 2007/ACFM:18 & 30
- ICES (2007b) Results of the spring 2004 North Sea ichthyoplankton surveys, ICES
- Jager Z (1999) Selective tidal stream transport of flounder larvae (*Platichthys flesus* L.) in the Dollard (Ems estuary). Estuarine, Coastal and Shelf Science 49:347-362
- Jakobsson J (1985) Monitoring and management of the Northeast Atlantic herring stocks. Canadian Journal of Fishery and Aquatic Science 42:207-221
- Kemper J, Wintemans G (1996) Vispassage moet voedsel Lepelaars verbeteren. Graspieper 16:66-69
- Klaassen M (1989) Voedselbehoefte van sterns in het Waddengebied. Limosa 62:97-99
- Knijf RJ, Boon TW, Heessen HJL, Hislop JRG (1993) Atlas of North Sea Fishes. ICES Cooperative Research Report No. 194.
- Leggett WC, Deblois E (1994) Recruitment in marine fishes: is it regulated by starvation and predation in the egg and larval stages. Neth J Sea Res 32:119-134
- Leopold MF, Camphuysen CJ (2006) Bruinvisstrandingen in Nederland in 2006: Achtergronden, leeftijdsverdeling, sexratio, voedselkeuze en mogelijke oorzaken. Report No. C083/06, IMARES/NIOZ
- Leopold MF, Krauthoff A, Roos MMH (in prep) Still a sea of plenty? Seals and soles in the southeastern North Sea.
- Lick R (1993) Nahrungsanalysen von Kleinwalen deutscher Küstengewässer. In: Bohlken H, Benke H, Wulf J (eds) Untersuchungen über Bestand, Gesundheitszustand und Wanderungen der Kleinwalpopulationen (Cetacea) in deutschen Gewässern Endbericht zum FE-Vorhaben des BMU. Institut für Haustierkunde und und FTZ Westküste, Univ. Kiel, Nr 10805017/11
- Luksenburg JA, Pedersen T, Falk-Petersen IB (2004) Reproduction of the shorthorn sculpin *Myoxocephalus scorpius* in northern Norway. J Sea Res 51:157-166
- Magnhagen C (1992) Alternative reproductive behaviour in the common goby, *Pomatoschistus microps*: an ontogenetic gradient? Anim Behav 44:182-184
- Martin AR (1989) The diet of Atlantic Puffin *Fratercula arctica* and Northern Gannet *Sula bassana* chicks at Shetland colony during a period of changing prey availability. Bird Study 36:170-180
- Monaghan P, Uttley JD, Burns MD (1992) Effect of changes in food availability on reproductive effort in Arctic Terns *Sterna paradisaea*. Ardea 80:71-81
- Monaghan P, Uttley JD, Burns MD, Thaine C, Blackwood J (1989) The relationship between food supply, reproductive effort and breeding success in Arctic Terns *Sterna paradisaea*. Journal of Animal Ecology 58:261-274
- Munk P (1993) Differential growth of larval sprat *Sprattus sprattus* across a tidal front in the eastern North Sea. Mar Ecol-Prog Ser 99:17-27
- Muus BJ, Nielsen JG (1999) Sea fish. Scandinavian Fishing Year Book, Hedeusene, Denmark
- Nash RDM, Dickey-Collas M (2005) The influence of life history dynamics and environment on the determination of year class strength in North Sea herring (*Clupea harengus* L.). Fish Oceanogr 14:279-291
- Nijssen H, De Groot SJ (1987) De vissen van Nederland. Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging (in Dutch)
- Parsons M, Mitchell I, Butler A, Ratcliffe N, Frederiksen M, Foster S, Reid JB (2008) Seabird as indicators of the marine environment. ICES J Mar Sci 65:1520-1526
- Prins TC, al (2008) Resultaten modelruns Passende Beoordeling Offshore Windparken (in prep), Deltares
- Prins TC, Twisk F, Van den Heuvel-Greve MJ, Troost T, Van Beek JKL (2008) Development of a framework for Appropriate Assessments of Dutch offshore windfarms. Report No. Z4513, Deltares, Delft

- Prins TC, Van Beek JKL, Bolle L (2009) Modelschatting van de effecten van heien voor offshore windmolenparken op de aanvoer van vislarven naar Natura 2000 gebieden. Report No. Z4832, Deltares
- Proctor R, Wright PJ, Evernitt A (1998) Modelling the transport of larval sandeels on the north-west European shelf. *Fish Oceanogr* 7:347-354
- Re P, Goncalves E (1993) Growth of sprat *Sprattus sprattus* larvae in the German Bight (North Sea) as inferred by otolith microstructure. *Mar Ecol Prog Ser* 96:139-145
- Redeke HC, Van Breemen PJ (1907) Die Verbreitung der planktonischen Eier und Larven einiger Nützfische in der südlichen Nordsee. *Verhandelingen van Rijksinstituut van Onderzoek der Zee Deel II* 2:3-37
- Rijnsdorp AD (1989) Maturation of male and female North Sea plaice (*Pleuronectes platessa* L.). *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 46:35-51
- Riley JD, Symonds DJ, Woolner L (1981) On the factors influencing the distribution of 0-group demersal fish in coastal waters. *Rapp P -v Réun Cons int Explor Mer* 178:223-228
- Roel BA, O'Brien CM, Basson M (2004) Management options for the Blackwater herring, a local spring-spawning stock in the Thames Estuary. *ICES J mar Sci* 61:297-307
- Sinclair M, Tremblay MJ (1984) Timing of spawning of Atlantic herring (*Clupea harengus harengus*) populations and the match-mismatch theory. *Can J Fish Aquatic Sci* 41:1055-1065
- Spaans AL, Bukacinski C, Van Swelm ND (1994) The relationship between food supply, reproductive parameters and population dynamics in Dutch Lesser Black-backed Gulls *Larus fuscus*: a pilot study. Report No. 94(9), IBN-DLO, Wageningen
- Springer AM, Roseneau DG, Lloyd DS, McRoy CP, Murphy EC (1986) Seabird responses to fluctuating prey availability in the eastern Bering Sea. *Mar Ecol Prog Ser* 32:1-12
- Stienen EWM (2006) Living with gulls. Trading off food and predation in the Sandwich Tern *Sterna sandvicensis*. Alterra Scientific Contributions 15, Wageningen / Thesis Rijksuniversiteit Groningen, Groningen
- Stienen EWM, Brenninkmeijer A, Van de Winden J (in prep.) De achteruitgang van de Visdief *Sterna hirundo* in de Nederlandse Waddenzee: exodus of langzame teloorgang? Limosa
- Strand J, Andersen L, Dahllöf I, Korsgaard B (2005) Impaired larval development in broods of eelpout (*Zoarces viviparus*) in Danish coastal waters *Fish Physiol Biochem* 30:37-46
- Tasker ML, Camphuysen CJ, Fossum P (1999) Variation in prey taken by seabirds. In: Furness RW, Tasker ML (eds) *Diets of seabirds and consequences of changes in food supply*: 18-28 ICES Coop Res Report No 232, International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen
- Taylor N, Fox CJ, Bolle L, Dickey-Collas M, Fossum P, Kraus G, Munk P, Rolf N, Van Damme C, Vorbach M (2007) Results of the spring 2004 North Sea ichthyoplankton surveys. ICES Cooperative Research Report No. 285. 59 pp.
- Ter Hofstede R, Winter HV, Bos OG (2008) Distribution of fish species for the generic Appropriate Assessment for the construction of offshore wind farms. Report No. C050/08, Wageningen IMARES, IJmuiden
- Tulp I, Bolle LJ, Rijnsdorp A (2008) Signals from the shallows: In search of common patterns in long-term trends in Dutch estuarine and coastal fish. *J Sea Res* 60:54-73
- Vader W, Anker-Nilssen T, Bakken V, Barrett RT, Strann K-B (1990) Regional and temporal differences in breeding success and population development of fish-eating seabirds in Norway after collapses of herring and capelin stocks. *Transactions 19th IUGB Congress (Trondheim 1989)*:143-150
- Van Beek FA, Rijnsdorp AD, De Clerk R (1989) Monitoring juvenile stocks of flatfish in the Wadden Sea and coastal areas of the southeastern North Sea. *Helgolander Meeresuntersuchungen* 43:461-477
- Van der Land MA (1991) Distribution of flatfish eggs in the 1989 egg surveys in the south-eastern North Sea, and mortality of plaice and sole eggs *Neth J Sea Res* 27:277-286
- Van der Veer HW, Geffen AJ, Witte JI (2000) Exceptionally strong year classes in plaice *Pleuronectes platessa*: are they generated during the pelagic stage only, or also in the juvenile stage? *Mar Ecol Prog Ser* 199:255-262
- Van der Veer HW, Ruwaard P, Van der Berg AJ (1998) Impact of interannual variability in hydrodynamics circulation on egg and larval transport of plaice *Pleuronectes platessa* L. in the southern North Sea. *J Sea Res* 39:29-40
- Van der Veer HW, Witte JI (1999) Year-class strength of plaice *Pleuronectes platessa* in the Southern Bight of the North Sea: a validation and analysis of the inverse relationship with winter seawater temperature. *Mar Ecol Prog Ser* 184
- Van Hal R, Smits K, Rijnsdorp AD (in prep) How climate warming impacts the distribution and abundance of two small flatfish species in the North Sea.
- Van Keeken OA, Van Hoppe M, Griff RE, Rijnsdorp AD (2004) The effect of changes in the spatial distribution of juvenile plaice in the North Sea (*Pleuronectes platessa*) on the management of its stocks. *ICES CM* 2004/K:25.
- Van Klinken A (1992) The impact of additional food provisioning on chick growth and breeding output in the Herring Gull *Larus argentatus*: a pilot experiment. In: Spaans A.L. (ed.). *Population dynamics of Lari in relation to food resources*. *Ardea* 80:151-155

- Veen J (1977) Functional and causal aspects of nest distribution in colonies of the Sandwich Tern (*Sterna s. sandvicensis*). Behaviour Suppl XX 193pp.
- Verwey J (1975) The cetaceans *Phocoena phocoena* and *Tursiops truncatus* in the Marsdiep area (Dutch Wadden Sea) in the years 1931-1973. Report No. 1975-17, Netherlands Institute for Sea Research (NIOZ)
- Walker W, Harremoës P, Rotmans J, Van der Sluijs J, Van Asselt M, Jansen P, Kreyer von Krauss MP (2003) Defining uncertainty: A conceptual basis for uncertainty management in model-based decision support. Journal of Integrated Assessment 4:5-17
- Wiecaszek B, Krzykowski S, Antoszek A (2007) Meristic and morphometric characters of small sandeel, *Ammodytes tobianus* L. (Actinopterygii: Ammodytidae), from the gulf of Gdansk, Baltic Sea. Acta Ichthyologica et Piscatoria 37:37-45
- Wright PJ, Jensen H, Tuck I (2000) The influence of sediment type on the distribution of the lesser sandeel, *Ammodytes tobianus*. J Sea Res 44:243-256
- Zijlstra JJ (1969) On the racial structure of North Sea Autumn spawning herring. J Cons Perm Int Explor Mer 33:67-80
- Zijlstra JJ (1972) On the importance of the Wadden Sea as a nursery area in relation to the conservation of the southern North Sea fishery resources. Symposium of the Zoological Society of London 29:233-258
- Zijlstra JJ, Dapper R, Witte JI (1982) Settlement, growth and mortality of post larval plaice, *Pleuronectes platessa*, in the western Wadden Sea. Neth J Sea Res 15:250-272
- Tekeningen afkomstig uit de ICES Atlas of North Sea Fishes (Knijn et al. 1993) (het merendeel van de tekeningen) en van (Fonds 1973) (grondels). Foto van Henk Heessen (IMARES).

Verantwoording

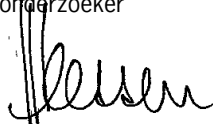
Rapport C079/09
Projectnummer: 4396111801

Verantwoording

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES, Wageningen UR.

Akkoord: Dr. H.J.L. Heessen
onderzoeker

Handtekening:



Datum: 17-08-2009

Akkoord: Drs. J. Asjes
afdelingshoofd Ecologie

Handtekening:



Datum: 17-08-2009