



zie Reg. nr. 9.3.29/98

Aan
geadresseerde

(Hfd afd. Water)

VERZONDEN 16 JUNI 1998

Contactpersoon
M. van Wieringen
Datum
15 juni 1998
Ons kenmerk
ANWW 98/4475
Onderwerp
De ecologie van het Noordzeekanaal.

Doorkiesnummer
(023) 530 14 65
Bijlage(n)
1
Uw kenmerk
-

Geachte heer/mevrouw,

Ter informatie ontvangt u een exemplaar van de nota 'De ecologie van het Noordzeekanaal'.

In de nota is een schat aan informatie bijeengebracht over de ecologie van het bijzondere brakke Noordzeekanaal. In de laatste twee hoofdstukken van de nota (het grijze deel) wordt een aanzet gegeven tot een streefbeeld voor het Noordzeekanaal en er worden aanbevelingen gedaan voor te nemen maatregelen en te verrichten nader onderzoek.

Op dit moment vindt een interne discussie plaats over een integraal streefbeeld voor het Noordzeekanaal. Het is de bedoeling om in het najaar ook met gebruikers van het Noordzeekanaal deze discussie aan te gaan.

Indien u meer rapporten wenst kunt u deze, zolang de voorraad strekt, bestellen bij de contactpersoon in het briefhoofd. Geïnteresseerden in de streefbeelddiscussie voor het Noordzeekanaal kunnen voor meer informatie contact opnemen met mevrouw M. van der Hark, tel. (023) 530 15 62.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Hoogachtend,
de plv. directeur van de hoofdafdeling
Water,


ir F. Dijkman

Postadres postbus 3119, 2001 DC Haarlem
Bezoekadres Toekanweg 7

Telefoon (023) 53 01 301
Telefax (023) 53 01 302

Rijkswaterstaat  200 jaar

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

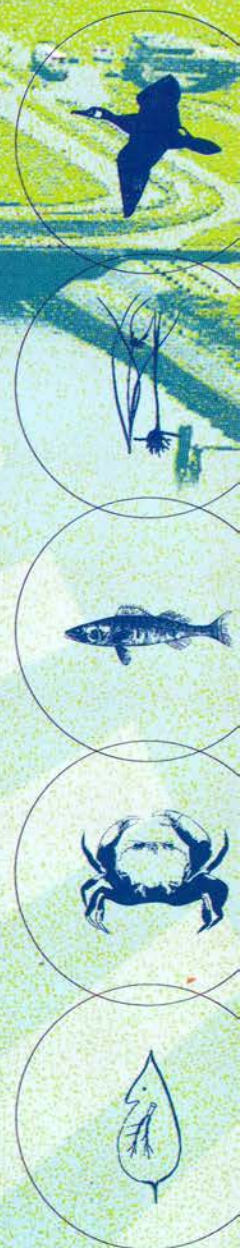
Directie Noord-Holland

De ecologie van het Noordzeekanaal

Evaluatie ecologisch onderzoek en aanzet
tot ecologische doelstelling

J.C.M. van Haren en M. van Wieringen

Nota ANW 97.01





Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Directie Noord-Holland

BIBLIOTHEEK
Bouwdienst Rijkswaterstaat
Postbus 20.000
3502 LA Utrecht



De ecologie van het Noordzeekanaal

Evaluatie ecologisch onderzoek en aanzet
tot ecologische doelstelling

J.C.M. van Haren en M. van Wieringen

Juni 1997

Nota ANW 97.01
ISBN 90.3694231.4

Colofon

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Directie Noord-Holland
Postbus 3119
2001 DC Haarlem
Telefoon (023) 530 14 01
Email info@dnh.rws.minvenw.nl

Ontwerp kافت

Taluut Ontwerpburo, Utrecht

Opmaak en drukwerk

MultiCopy Haarlem/Sassenheim

© Ministerie van Verkeer en Waterstaat 1997

Referaat

De ecologie van het Noordzeekanaalsysteem / door J.C.M. van Haren & M. van Wieringen. Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland, Haarlem, Nota ANW 97.01. ISBN 90.3694231.4.

Dit rapport bevat een overzicht van de bestaande kennis tot 1994 over het ecosysteem van het Noordzeekanaal. Historische gegevens worden vermeld en resultaten uit recent onderzoek, uitgevoerd in opdracht van afdeling Watersystemen van Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland. Voor het formuleren van een streefbeeld voor het ecosysteem van het Noordzeekanaal wordt bovendien een aanzet gegeven.

Verantwoording

In 1990 is door Paul Vertegaal, oud-medewerker van afdeling Watersystemen, de basis gelegd voor deze nota. Jeannette van Haren heeft de nota vervolgens verder uitgewerkt en voltooid. De laatste twee hoofdstukken (7 en 8) zijn in samenwerking met Marco van Wieringen geschreven. Foto's en illustraties zijn veelal belangeloos beschikbaar gesteld door diverse particulieren en organisaties, waarvoor onze hartelijke dank.

Reeds in de dertiger jaren werd aquatisch ecologisch onderzoek verricht in het Noordzeekanaal (Korringa, 1936; Wibaut-Isebree Moens, 1958). Sedertdien is er veel veranderd in het Noordzeekanaalgebied. Vooral de drastische sanering van zuurstofverbruikende emissies, de toename van lozingen van microverontreinigingen en grote veranderingen in de waterhuishouding hebben een grote invloed gehad op het watersysteem als leefmilieu voor organismen.

Op enkele verspreide waarnemingen na, onder meer ten behoeve van het waterbeheer in de voorgaande planperiode (Schaap, 1981; Van Urk, 1981) is het onderzoek naar de ecologische conditie van de Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaalboezem pas goed op gang gekomen na het verschijnen van de regeringsnota 'Omgaan met water' (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1985). Ter voorbereiding van het daarmee aangekondigde 'integrale waterbeheer' heeft Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland haar deskundigheid uitgebreid met biologische disciplines en is met name in het Noordzeekanaal een uitgebreid ecologisch onderzoekprogramma gestart. Er is onderzoek verricht aan fytoplankton, zoöplankton, macrofauna in de waterbodem en oevers, en de visstand. Getracht werd het aangetroffen beeld in verband te brengen met milieufactoren en (indien mogelijk) beheersmaatregelen, om enig inzicht te krijgen in de belangrijkste 'stuurvariabelen'. Ten behoeve van de derde Nota waterhuishouding (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989), waarin het streefbeeld voor de rijkskanalen in globale termen werd vastgelegd is door Vertegaal (1988) een eerste overzicht gegeven van de tot dan toe beschikbare resultaten van het ecologisch onderzoek in en aan het Noordzeekanaal.

Het aquatisch ecologisch onderzoek in het Noordzeekanaal had de afgelopen jaren hoofdzakelijk een gebiedsverkennend karakter. De inventarisaties waren sterk gericht op een beschrijvende analyse van de aanwezige levensgemeenschappen: hoe zien die gemeenschappen eruit, welke organismen komen voor, in hoeverre is er sprake van een 'gezond' watersysteem en wat zijn de meest sturende (milieu)factoren? Na zo'n vijf jaar onderzoek ontstond behoefte om al die 'losse' onderzoeken te bundelen en een overzicht te krijgen van de inmiddels vergaarde kennis. Het resultaat, waarvan de fundamenten reeds door oud-medewerker P. Vertegaal zijn gelegd, ligt voor u.

Dit rapport betreft primair een evaluatie van de tot 1994 uitgevoerde ecologische onderzoeken in het Noordzeekanaal. Het doel van de evaluatie is het geven van een geïntegreerd overzicht van het voorkomen van organismen en levensgemeenschappen en de belangrijkste sturende milieufactoren daarvoor te identificeren. Met nadruk moet echter worden gesteld dat het geen gedetailleerde watersysteembeschrijving betreft. Dat is door het beschrijvende karakter van de onderliggende inventarisaties niet mogelijk. De bruikbaarheid van het rapport heeft zich reeds bewezen: het is als concept een bouwsteen geweest voor de regionota Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal 1996-2001.

Het rapport is in de huidige vorm meer geworden dan enkel een evaluatie. In de laatste twee hoofdstukken (7 en 8) wordt een aanzet gegeven tot

een ecologische doelstelling voor het Noordzeekanaal. Dit onderdeel van deze rapportage is te beschouwen als een werkdocument. Het zal de basis zijn van een discussie over een nadere invulling van het ecologisch streefbeeld voor het Noordzeekanaal en daaruit voortvloeiende maatregelen en onderzoeksprioriteiten. Een belangrijke discussie waar we ook betrokkenen uit de omgeving voor uitnodigen.

De directeur van de hoofdafdeling Water,

ir I.J. de Boer

Inhoudsopgave

Voorwoord 5

Samenvatting 9

Leeswijzer 13

1 Beschrijving van het Noordzeekanaal 17

1.1 Ontwikkeling van het Noordzeekanaal 17

1.2 Funkties 19

1.3 Kwaliteitsdoelstellingen 21

2 Het fysisch-chemisch milieu in het Noordzeekanaal 23

2.1 Voor 1975 23

2.1.1 Oppervlaktewater 23

2.1.2 Waterbodem 24

2.2 Na 1975 24

2.2.1 Oppervlaktewater 24

2.2.2 Waterbodem 27

3 Fytoplankton in het Noordzeekanaal 29

3.1 Voor 1975 29

3.2 Na 1975 29

3.2.1 Seizoensdynamiek en hoeveelheden 31

3.2.2 Soortensamenstelling en verspreiding 33

3.2.3 Algenbloei; optreden en vooral het uitblijven ervan 35

3.3 Fytoplankton-gemeenschappen 38

4 Zoöplankton in het Noordzeekanaal 39

4.1 Voor 1975 39

4.2 Na 1975 39

4.2.1 Algemene en bijzondere soorten 39

4.2.2 Ruimtelijke en temporele verdeling 40

4.2.3 Relatie met abiotische factoren 43

4.3 Zoöplankton-gemeenschappen en voedselrelaties 44

5 Macrofauna in het Noordzeekanaal 47

5.1 Voor 1975 47

5.2 Na 1975 48

5.2.1 Macrofaunasamenstelling en zoutgehalte 50

5.2.2 Biomassa 55

5.3 Macrofauna-gemeenschappen en voedselrelaties 56

6 Vissen in het Noordzeekanaal 59

6.1 Voor 1975 59

6.2 Na 1975 60

6.2.1 De soorten en hun verspreiding 61

6.2.2 Ontwikkeling van de vispopulaties 63

6.2.3 Gezondheidstoestand van de vis 65

6.2.4 Vismigratie 68

6.3 Vis-gemeenschappen en voedselrelaties 68

7	Ecologisch streefbeeld Noordzeekanaal	73
7.1	De ecologische doelstellingen in het landelijk beleid	73
7.2	Aanzet tot ecologisch streefbeeld Noordzeekanaal	75
8	Voorstellen voor beheer en onderzoek	81
8.1	"Handhaven van de zoutgradiënt"	81
8.2	"Goede kwaliteit van water en bodem"	82
8.3	"Goede inrichting van het watersysteem"	89
8.4	Niet-toepassingsgericht onderzoek	95
	Literatuur	97
	Bijlagen	103
	Bron vermelding foto's en illustraties	139

Het Noordzeekanaal is een gelaagd watersysteem. Als gevolg van het schutten van schepen komt zout water in het kanaal. Dit beweegt zich als een zouttong over de bodem in oostelijke richting. Boven de zouttong stroomt, door een geringere dichtheid, het zoetere water, dat richting zee wordt afgevoerd. In het overwegend brakke kanaal is zowel een horizontale als een verticale chloridegradiënt zichtbaar. De oevers van het Noordzeekanaal bestaan grotendeels uit Belgisch en Duits stortsteen, damwanden (havens) en onbeschoeide rietoevers (enkele zijkanalen).

De hoofdfuncties van het kanaal zijn afvoer van water, ijs en sediment, hoofdtransportas voor de scheepvaart en waterkering. De belangrijkste nevenfunctie is de koelwaterfunctie.

In het verleden kende het Noordzeekanaal een veel slechtere waterkwaliteit. De afgelopen tien jaar zijn de gehalten van zware metalen, zuurstofverbruikende stoffen en organische microverontreinigingen sterk afgenomen. Hoewel de jaargemiddelden van de meeste stoffen momenteel aan de normen voldoen worden deze gedurende korte perioden, op een aantal lokaties overschreden.

Fytoplankton

De fytoplanktongemeenschap in het Noordzeekanaal is als gevolg van de grote variatie in omgevingsfactoren zeer divers. Saliniteit en verblijftijd zijn waarschijnlijk de sterkst sturende milieufactoren.

De gemeenschap bestaat uit zowel zout-, brak- als zoetwatersoorten, die elkaar in ruimtelijk opzicht afwisselen. Het fytoplanktonbeeld wordt gedomineerd door algen uit de, op het Noordzeekanaal, afvoerende wateren. Voor een groot aantal soorten zijn de omstandigheden in het kanaal dermate ongunstig dat zij afsterven. Een aantal soorten komt in het gehele Noordzeekanaal voor en kan zich daar ook handhaven. Daarnaast zijn er verscheidene soorten die niet in de aanvoerwateren worden aangetroffen, maar wel in het Noordzeekanaal. Deze soorten zijn specifiek voor het Noordzeekanaal en worden als 'Noordzeekanaal-eigen' beschouwd. Het betreft karakteristieke brakwatersoorten en Zuiderzeerelicten.

De hoogste biovolumes worden aangetroffen in de aanvoerwateren. Bij een toenemend chloridegehalte neemt het biovolume af.

Hoewel de nutriëntenbelasting hoog is, is zowel het chlorofyl-a-gehalte als het doorzicht goed en treedt er in het Noordzeekanaal (m.u.v. enkele zijkanalen) geen algenbloei op.

Zoöplankton

De zoöplanktongemeenschap in het Noordzeekanaal wordt gedomineerd door Ciliata, Rotatoria (raderdierjes) en Copepoda (roepootkreeftjes).

Saliniteit lijkt de meest sturende milieufactor. Het zoöplankton vertoont zowel een horizontale (geografische) als een verticale verspreiding. In het oosten worden zoetwater-, in het westen brakwater- en mariene soorten aangetroffen. De verticale spreiding valt samen met de verticale verdeling van het fytoplankton.

De aanwezigheid van typische brakwatersoorten en eidragende vrouwtjes wijst op autochtoon Noordzeekanaalplankton. Enkele vertegenwoordigers van deze autochtone levensgemeenschap zijn de roepootkreeftjes

Eurytemora, *Acartia* en *Euterpina acutifrons*, de ciliaat *Tintinnopsis* en het in Noordwest-Europa zeer bijzondere kwalletje *Ostroumovia inkermanica*.

Macrofauna

De macrofauna in het Noordzeekanaal is als gevolg van de grote variatie in omgevingsfactoren zeer gevarieerd. Saliniteit en substraat zijn de sterkst sturende milieufactoren. Het Noordzeekanaal kent meerdere levensgemeenschappen, waarbij de verschillende diergroepen elkaar in ruimtelijk opzicht afwisselen.

Boven aan het talud wordt de grootste biomassa aangetroffen. De totale macrofauna-biomassa neemt op alle diepten in oostelijke richting af. De meeste diergroepen hebben hun maxima boven de 9 m diepte; alleen wormen kenmerken ook de dieper gelegen delen. Door gebrek aan zuurstof is er geen macrofaunaleven mogelijk beneden de 9 m diepte in Het IJ en het oostelijk havengebied. Waterinsekten (zoals muggelarven, kokerjuffers, kevers) zijn in het Noordzeekanaal ondervertegenwoordigd.

De brakwaterlevensgemeenschap in het Noordzeekanaal herbergt onder meer Zuiderzeerelict en andere voor Nederland bijzondere brakwaterbewoners. Het zuiderzeekrabje *Rhithropanopeus harrisi ssp. tridentatus*, de brakwatermossel *Congeria cochleata*, de brakwaterpissebed *Cyathura carinata* en de nematoden *Sabatieria pulchra* en *Terschellingia communis* zijn daarvan de belangrijkste vertegenwoordigers.

Vissen

In het Noordzeekanaal zijn twee belangrijke gradiënten aanwezig die de visstand bepalen: de zout- en de zuurstofgradiënt. In het westelijk deel komen met name zoutwatervissen voor als dikkopje, tong, bot, haring en spiering. Richting het oosten neemt het aandeel van zoetwatervissen toe. Snoekbaars is het meest dominant aanwezig, gevolgd door brasem, blankvoorn en baars. Als gevolg van de slechte zuurstofhuishouding worden ten oosten van KM10 beneden de 10 m geen vissen meer aangetroffen.

Van de zoetwatervissen worden alle leeftijdsgroepen aangetroffen.

Waarschijnlijk vinden deze soorten in de oevervegetatie van de zijkanalen geschikte paai- en opgroeiplaatsen. Ook bot en dikkopje kunnen waarschijnlijk hun gehele levenscyclus in het Noordzeekanaal volbrengen. In het Noordzeekanaal zijn enkele zeer zeldzame, in de Natuurbeschermingswet opgenomen, soorten aangetroffen (zoals rivierprik, bittervoorn, rivierdonderpad).

Relatie ecologie en beheer

De ecologische toestand van het Noordzeekanaal is voor een groot deel direct gerelateerd aan de aan het kanaal toegekende functies. De meest bepalende is de functie afvoer van water en de koelwaterfunctie.

De water aan- en afvoer bepaalt de ligging van de zoutgradiënt en daarmee het voorkomen van organismen in het Noordzeekanaal. Vergroten van het debiet veroorzaakt een verschuiving van de brakwatergradiënt in westelijke richting, hetgeen een aantasting van het brakwaterkarakter van het Noordzeekanaal betekent. Daarnaast worden de risico's op algenbloei groter door het hoge nutriëntengehalte en de langere verblijftijd van algen in een geschikt milieu.

De water- en waterbodempkwaliteit vormen randvoorwaarden voor een gezond ecosysteem. De water(bodem)kwaliteit in het Noordzeekanaal voldoet niet aan de grenswaarden. Dit betekent dat de water(bodem)kwaliteit niet voldoende is om sterfte, belemmering van voortplanting en groei van organismen uit te sluiten. In tegendeel, op basis van beschikbare literatuur kan geconcludeerd worden dat de gehalten van een aantal stoffen dermate hoog is dat er zowel van acute als chronische toxische effecten sprake is.

Het voorgaande betekent dat de ecologische mogelijkheden van het kanaal onvoldoende tot ontwikkeling komen.

Direct in relatie met de 'algemeen ecologische functie' staat de koelwaterfunctie. Hoewel de koelwaterfunctie in technisch opzicht waarschijnlijk optimaal genoemd kan worden, is de functie in hoge mate mede belemmerend voor de ontwikkeling van het ecosysteem. De effecten van koelwaterinname worden veroorzaakt door een viertal factoren: opwarming, aangroei, bestrijding, inzuiging en lokstroomwerking (vissen). Gezien het feit dat het totale koelwaterdebiet het totale afvoerdebiet bij IJmuiden overschrijdt, moet rekening worden gehouden met een significante invloed van de elektriciteitscentrales op sterfte van organismen.

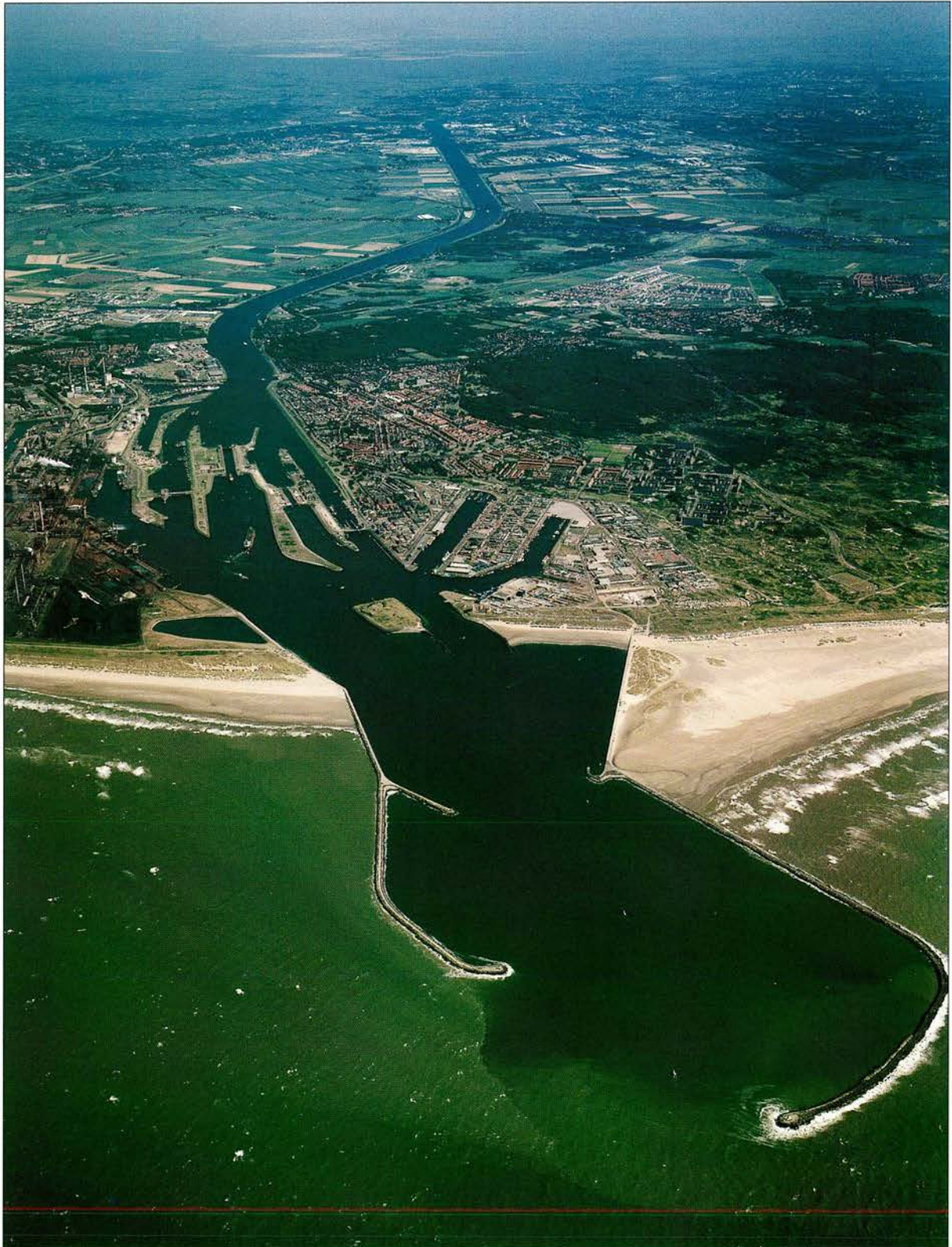
Op basis van de beschikbare kennis wordt een aanzet tot een ecologisch streefbeeld van het Noordzeekanaal gegeven. Ook is aansluitend een opsomming gemaakt van mogelijke beheersmaatregelen en nog openstaande onderzoeksvragen. In dit rapport worden hierin nog geen prioriteiten gesteld. Daarvoor moet eerst met meer detail de ecologische doelstelling van het Noordzeekanaal worden beschreven.

Het rapport is als volgt ingedeeld:

Hoofdstuk 1 geeft een algemene beschrijving van het watersysteem. In hoofdstuk 2 wordt het fysisch-chemische milieu gedetailleerd besproken. Een beschrijving van het fytoplankton, zoöplankton, macrofauna en vissen met hun relaties wordt resp. gegeven in hoofdstuk 3, 4, 5 en 6. In hoofdstuk 7 wordt een aanzet gegeven voor een streefbeeld van het Noordzeekanaal. Tenslotte wordt in hoofdstuk 8 het streefbeeld vergeleken met de huidige situatie. Deze discrepantie leidt enerzijds tot een pakket van maatregelen om de knelpunten te reduceren danwel op te heffen, anderzijds geeft het inzicht in de hiaten in kennis op de diverse vlakken.

De informatie per hoofdstuk is, in meerdere opzichten, niet evenwichtig. Dit komt simpelweg door het feit dat niet aan alle groepen evenveel onderzoek is verricht. Ook de doelen van de onderzoeken verschilden nogal eens, wat terug te vinden is in de hoeveelheid en de diepgang van de gegevens. Voor het aanbrengen van een lijn in deze evaluatie zijn de hoofdstukken 2 t/m 6 overeenkomstig ingedeeld. De beschikbare gegevens worden chronologisch gerangschikt: in § 1 de historische gegevens, in § 2 de huidige situatie, waarbij 1975 als scheiding fungeert. De keuze voor 1975 is arbitrair. Tussen 1954 en begin jaren '80 heeft geen ecologisch onderzoek plaatsgevonden. Wel is de ontwikkeling van het Noordzeekanaal voortgeschreden. De laatste belangrijke ingreep, die dateert uit 1975, is de ingebruikname van het gemaal in IJmuiden waarmee de afvoerdebieten aanzienlijk zijn vergroot. In § 3 is een beschrijving van de onderscheiden levensgemeenschappen inclusief kennis over voedselrelaties opgenomen.

.....
Het Noordzeekanaal vanuit zee
(foto: Photo Bob Fleumer).



1 Beschrijving van het Noordzeekanaal

Het Noordzeekanaal bestaat uit een aantal samenhangende wateren: het Noordzeekanaal in engere zin (oostwaarts tot KM20,6), Het IJ in Amsterdam en tal van zijkanalen en havens. Deze staan allemaal in open verbinding met elkaar. In dit rapport wordt met het Noordzeekanaal dit samenstel van wateren bedoeld. De hoofvaarweg tussen de sluizen van IJmuiden en Amsterdam wordt aangeduid als het (Noordzee)kanaalpand.

1.1 Ontwikkeling van het Noordzeekanaal

Toen het Noordzeekanaal in 1876 gereed kwam had het kanaal een diepte van 7 meter en was het circa 70 meter breed. De aanleg van het kanaal leidde tot vestiging van nieuwe industrieën: de Zaanstreek met de hout-, zaden- en graanhandel; de IJmond met o.a. Van Gelder Papier en Hoogovens. Met de toename van de bedrijvigheid nam ook het aantal en de omvang van de schepen toe. Om in die behoefte te kunnen voorzien is het Noordzeekanaal verscheidene malen vergroot, evenals de sluizen aan weerszijden.

Het kanaal is thans zo'n 16 meter diep en heeft een breedte van 270 meter op de waterlijn en een bodembreedte van 170 meter. Het IJ bij Amsterdam is een stuk breder en reikt in de vaargeul tot een diepte van 12 meter (zie bijlage 2).

Vanuit het achterland (2300 km²) wordt overtollig water naar zee afgevoerd. De belangrijkste afwaterstromen zijn: het Amsterdam-Rijnkanaal, het Markermeer, de Rijnlandse en de Schermerboezem (fig. 1-1). De gemiddelde afvoer bij IJmuiden bedroeg in de periode 1983-1992 86 m³/s.

In perioden met veel wateroverlast wordt water afgevoerd van een veel groter gebied. Het afwateringsgebied is in deze situatie groter dan 4000 km² en omvat de Noord-Veluwe, het Eemgebied en de Flevopolders.

Peil

Bij de aanleg van het Noordzeekanaal is het peil vastgesteld op NAP-0,50 m. In 1992 is, bij het genomen peilbesluit, aangesloten op het reeds gehanteerde streefpeil van NAP -0,40 m. De waterstand varieert tussen NAP -0,55 en -0,30 m.

Kwel en infiltratie

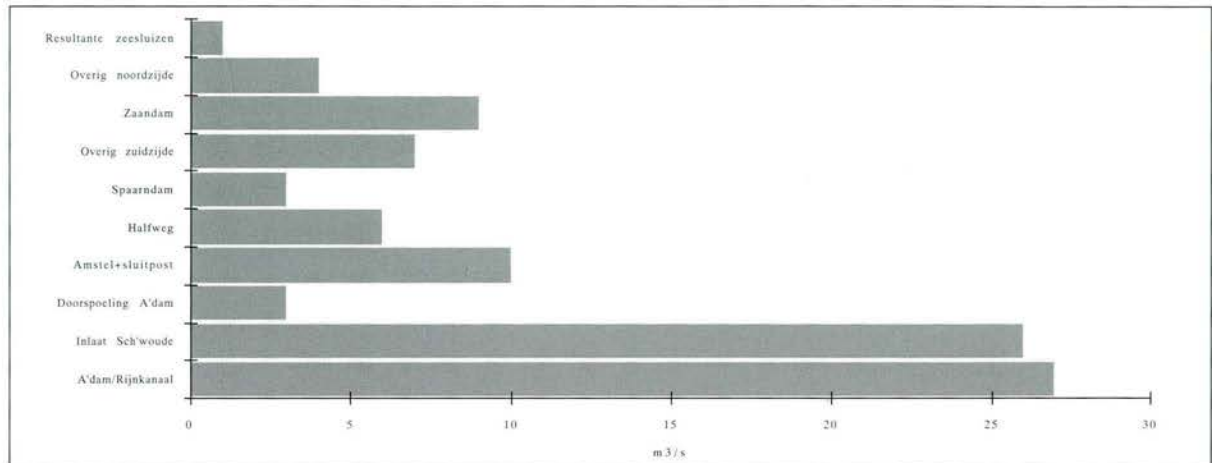
In het gebied vanaf de Buitenhaven tot KM4 treedt geringe kwel op in het kanaal (<0,25 mm/dag). Van KM4 tot KM13 infiltreert water in de bodem van het kanaal, terwijl er aan weerszijden van het kanaal (de IJ-polders) kwel optreedt. In het oostelijk deel van het Noordzeekanaal vindt ook infiltratie plaats: ca. 0,25-1,0 mm/dag (DHV, 1992).

Zouthuishouding

Om verzilting van het Markermeer en het oprukken van de zouttong op het Noordzeekanaal tegen te gaan wordt bij Schellingwoude water uit het Markermeer ingelaten. Daarnaast worden ter bestrijding van verzilting, zuurstofloosheid en/of eutrofiëring de Amsterdamse grachten, Rijnland, de Schermerboezem en de Vecht doorgespoeld. Dit water wordt eveneens door het Noordzeekanaal afgevoerd via het sluisencomplex in IJmuiden.

Fig. 1-1

Gemiddelde aanvoer naar IJmuiden, gebaseerd op een gemiddelde afvoer naar zee van 96 m³/s in 1993 (bron: Rijkswaterstaat, 1994a).



Via de schutkolken worden het relatief zoete Noordzeekanaalwater en het zoute water van de Noordzee uitgewisseld. Het resultaat is een netto zoutindringing. Het zoute water zakt door zijn grotere dichtheid onder het zoetere water in het Noordzeekanaal. Deze zouttong reikt onder normale omstandigheden tot aan het Amsterdam-Rijnkanaal. Door het handhaven van een minimaal debiet van 10 m³/s op het Amsterdam-Rijnkanaal wordt de zouttong van het Amsterdam-Rijnkanaal geweerd.

Het gevolg van de combinatie van de naar het oosten stromende zouttong en de westwaarts stromende zoetere bovenlaag is het optreden van een zoutgradiënt in zowel een horizontale als een verticale richting.

Oevers

De oevers van het Noordzeekanaal bestaan grotendeels uit een harde verdediging van Belgisch en Duits stortsteen. Het oorspronkelijke talud was 1:3, maar door herstelwerkzaamheden is dit op sommige plaatsen steiler geworden. De havens zijn beschoeid met damwanden. De oevers in de zijkanalen variëren van damwand tot onbeschoeide met riet begroeide oevers.

De oever van het Noordzeekanaalpand. (foto: RWS dir. NH)



1.2 Funkties

Onder funkties wordt verstaan "de bestemming in waterhuishoudkundige zin van het op en in de bodem vrij aanwezige water, met het oog op de daarbij betrokken belangen" (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989). De funkties zijn vastgesteld op basis van bestaande en gewenste economische, ecologische danwel algemeen maatschappelijke belangen.

Essentiële funkties van het waterhuishoudkundig hoofdsysteem (waar het Noordzeekanaal deel van uitmaakt) zijn afvoer van water, ijs en sediment, hoofdtransportas voor de scheepvaart en waterkeren (Rijkswaterstaat, 1993). Daarnaast vervult het Noordzeekanaal (of delen ervan) nog een aantal andere funkties (Rijkswaterstaat, 1995). Het totale lijstje is als volgt:

Hoofdfuncties:

- afvoer van water, ijs en sediment
- hoofdtransportas
- waterkeren

Nevenfuncties:

- nevenvaarweg
- regionale watervoorziening
- natuur en landschap
- beroepsvisserij
- koelwatervoorziening
- industriewater
- havens
- berging baggerspecie
- recreatievaart
- oeverrecreatie
- zwemwater
- (• bewoning)

Afvoer van water, ijs en sediment

Voor het voorkomen van overstromingen en het waarborgen van een geschikte leefomgeving dient een optimale aan- en afvoer van water gewaarborgd te zijn. Deze functie is dan ook één van de hoofdfuncties van het Noordzeekanaal, waarbij de nadruk (kwantitatief) op waterafvoer ligt.

Hoofdtransportas/nevenvaarweg

Het Noordzeekanaal vormt voor de scheepvaart een belangrijke verbindingroute tussen de Noordzee, Amsterdam en het achterland. Het Noordzeekanaal is in het Struktuurschema Verkeer en Vervoer aangewezen als hoofdtransportas. Op het Noordzeekanaal komt zowel zee- als binnenscheepvaart voor. De zeescheepvaart beperkt zich voornamelijk tot het westelijk havengebied van Amsterdam. Binnenvaart vindt op het gehele Noordzeekanaal en de meeste zijkanalen plaats. Aan enkele zijkanalen is de nevenfunctie nevenvaarweg toegekend.

Regionale wateraanvoer

De behoefte aan water uit het Noordzeekanaalsysteem voor de landbouw is op het kanaal afwezig vanwege het hoge zoutgehalte. Voor de handhaving van polderpeilen wordt water ingenomen bij enkele zijkanalen. Ten behoeve van natuurontwikkeling in de Houtrakpolder wordt water ingelaten vanuit Zijkanaal C. Op termijn is te voorzien dat ook vanuit Zijkanaal D water zal worden ingenomen ten behoeve van het herstel van brakke vegetaties in het ecologisch kerngebied Polder Westzaan.

Natuur en landschap

De functie natuur en landschap is toegekend aan het midden- en oostelijke deel van het Noordzeekanaal en aan de zijkanalen B, C, D en E. Door het brakwaterkarakter vervult het Noordzeekanaal een belangrijke functie voor internationaal sterk bedreigde brakwaterlevensgemeenschappen en als bron voor het herstel in aangrenzende watersystemen. Daarnaast is het Noordzeekanaal van belang als onderdeel van de migratieroute voor vissen.

Beroepsvisserij

Er zijn vijf beroepsvisserij actief op het Noordzeekanaal, zij hebben allen het aalvisrecht. In de Buitenhaven van IJmuiden en enkele zijkanalen bezitten zij ook het schubvisrecht.

Koelwater

Aan het Noordzeekanaal (de zijkanalen uitgezonderd) is de koelwaterfunctie toegekend. De aanwezigheid van twee elektriciteitscentrales (UNA-Hemweg en UNA-Velsen), een vuilverbrandingsinstallatie (AVI-West bij de Amerikahaven) en enkele grotere industrieën leiden tot koelwaterlozingen van substantiële omvang.

Door middel van de koelwaterrichtlijn voor het Amsterdam-Rijnkanaal/ Noordzeekanaal wordt getracht de watertemperatuur in het grootste gebied binnen de grenswaarde van max. 25 °C te houden. Binnen de mengzones van de warmtelozingen (totaal ca. 20% van het Noordzeekanaal-oppervlak) mag dat 's zomers tot maximaal 30 °C stijgen. In totaal mag niet meer dan 20% van het kanaaloppervlak met ten hoogste 3 °C worden opgewarmd.

.....
Een zeeschip passeert het groene landelijke gebied tussen Velsen en Amsterdam. (foto: Amsterdam Ports Association)



Havens

Aan het Noordzeekanaal zijn twee havengebieden gelegen: Amsterdam (inclusief Zaanstad) en IJmuiden (met inbegrip van Velsen en Beverwijk). Beiden vervullen de functie van industrie- en overslaghaven.

Berging van baggerspecie

Momenteel wordt verontreinigde baggerspecie uit het gebied, geborgen in diepe putten in het Noordzeekanaal. Hiervoor worden een deel van de Amerikahaven en andere diepe havens in Amsterdam gebruikt. De Averijhaven in de Buitenhaven van IJmuiden wordt thans als (tijdelijk) depot ingericht.

Recreatievaart

Recreatievaart vindt, in het vakantie seizoen, overal plaats op het Noordzeekanaal. In verschillende zijkanalen zijn jachthavens ingericht. In de Beleidsvisie Recreatietoervaart Nederland wordt het Noordzeekanaal aangegeven als verbindingswater tussen grootvaarwatergebieden onderling en met het buitenland (cat. A). De recreatievaart van en naar de Noordzee zal door de aanleg van de 'Sea-Port Marina' in het buitenhavengebied te Velsen toenemen. In verband met een toenemende beroepsscheepvaart wordt meer recreatievaart op het kanaal echter niet wenselijk geacht.

Oeverrecreatie

Op een aantal plaatsen langs het Noordzeekanaal en vooral langs de zijkanalen vindt oeverrecreatie plaats. Behalve zonnebaden wordt er vanaf de oever gevist. De schubvisrechten zijn verpacht aan sportvisorganisaties.

Zwemwater

Deze functie omvat naast zwemmen ook surfen en kanoën. Deze functie is toegekend aan de Buitenhaven van IJmuiden (strand ten noorden van zuidpier) en Zijkanaal B (noord).

Bewoning

Langs enkele zijkanalen en bij het sluiscomplex te IJmuiden liggen ca. 200 woonboten. In verband met de intensieve scheepvaart zijn deze echter ongewenst. Het streven is om de functie bewoning te verminderen.

De zeesluizen bij IJmuiden; goed voor 50.000 scheepspassages per jaar (incl. recreatievaart) en een jaarlijkse waterafvoer van meer dan 3 miljard m³ via het spui-/maalcomplex. (foto: Meetkundige Dienst, Grafische Techn.)



1.3 Kwaliteitsdoelstellingen

Net als voor alle andere wateren in Nederland geldt voor het Noordzeekanaal als doelstelling voor de kwaliteit voor water en waterbodembodem de grenswaarden uit de Evaluatienota Water (Min. V&W, 1994). Deze kwaliteitsdoelstelling is er in eerste instantie op gericht goede levenskansen te bieden aan de natuurlijke levensgemeenschappen in het water. Daarnaast zijn bijv. eigenschappen, die van belang kunnen zijn voor de opbouw van ecosystemen in aangrenzende gebieden belangrijk (Rijkswaterstaat, 1987).

Basiskwaliteit voor water en waterbodembodem

Reeds in het Indicatief meerjarenprogramma water 1985-1989

(Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1986a) is een basiskwaliteit voor water en waterbodems vastgesteld. Met de basiskwaliteit werd beoogd een zodanige kwaliteit van water, waterbodems en oevers te definiëren dat deze ter plaatse of elders:

- geen overlast (met name stank) voor de omgeving veroorzaken en er niet vervuild uitzien
- levenskansen bieden voor aquatische levensgemeenschappen waarvan ook hogere organismen, zoals diverse vissoorten, deel uit kunnen maken en tevens ecologische belangen buiten het water beschermen (dieren die waterorganismen consumeren)
- mogelijkheden bieden voor bepaalde vormen van menselijk gebruik waarvoor geen specifieke waterkwaliteitsdoelstellingen gelden.

Water dat precies aan de basiskwaliteit voldeed, bleek echter nog steeds toxisch voor veel waterorganismen. Middels de derde Nota waterhuishouding (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989) zijn de basiskwaliteitsdoelstellingen aangescherpt:

- de verschillende ecosysteemcomponenten (producenten, consumenten, afbrekers) dienen aanwezig te zijn met een zekere soortendiversiteit
- systeemvreemde invloeden dienen geen sterfte te veroorzaken en de voortplanting en groei van organismen van verschillende trofische niveaus niet te hinderen
- waar dit voor het handhaven van de populatie van een organisme noodzakelijk is, dienen migratiemogelijkheden aanwezig te zijn
- stagnante wateren dienen doorgaans helder te zijn, teneinde hogere waterplanten een kans te geven.

In de derde Nota Waterhuishouding is eveneens getracht (de inmiddels vergrootte) kennis over dosis-effekt-relaties te implementeren, hetgeen uitmondde in de algemene milieukwaliteit (AMK 2000).

Het aantal stoffen waarvoor een ecotoxicologische risico-evaluatie is uitgevoerd, is sterk uitgebreid (met name voor organische microverontreinigingen). Dit heeft tot aanscherping van een aantal normen geleid, neergelegd in "Milieukwaliteitsdoelstellingen Bodem en Water" (Milbowa) (Ministerie van VROM, 1991). Inmiddels heeft er een evaluatie van de normen plaatsgevonden, wat voor een aantal parameters tot een aanpassing heeft geleid. Sinds 1994 zijn de normen volgens de Evaluatienota Water van kracht (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1994).

Ecologische doelstelling

Bovengenoemde waterkwaliteitsdoelstellingen komen allen overeen met de ecologische doelstelling van het laagste niveau (CUWVO, 1988; Rijkswaterstaat, 1993). Dit niveau geldt voor alle kanalen. In hoofdstuk 7 wordt verder ingegaan op de ecologische doelstelling.

Water voor karperachtigen

Aan alle zoete Rijkswateren is voorts de kwaliteitsdoelstelling 'water voor karperachtigen' toegekend. Hiermee wordt ingespeeld op het ecologisch herstel van watersystemen. In de normstelling voor deze kwaliteitsdoelstelling zijn bijvoorbeeld olie, fosfaat en parameters als zuurstof, pH en temperatuur opgenomen.

Zwemwaterkwaliteit

Voor die plaatsen waar de zwemwaterfunctie is toegekend geldt ook de kwaliteitsdoelstelling voor zwemwater. Dit is Zijkanaal B-noord en de Buitenhaven, ten noorden van de zuidpier.

2 Het fysisch-chemisch milieu in het Noordzeekanaal

2.1 Voor 1975

2.1.1 Oppervlaktewater

Chloride

In 1921 was het Noordzeekanaal volgens Korringa (1936) een zoetwatergebied te noemen. De auteur baseerde dit op het voorkomen van typische zoetwatervissen (§ 6.1). Uit die tijd zijn geen fysisch-chemische gegevens bekend die dit bevestigen. Ook destijds moet er sprake zijn geweest van zout schutverlies van zowel de Noordzee- als de Oranjesluizen. Uit andere bronnen is bekend dat men toen de Vechtboezem hermetisch gescheiden hield van het Merwedekanaal, uit angst voor zoutindringing vanuit de Zuiderzee via het afgesloten IJ (Van Rooy et al. 1989).

In het voorjaar van 1921 werd, teneinde het Noordzeekanaal ijsvrij te maken, Zuiderzeewater gespuid. In de warme zomer van hetzelfde jaar trad, door het inlaten van zout water, een (definitieve) sterke verzilting op. De ingebruikname van de Noordersluis te IJmuiden in 1930 heeft de terugkeer naar de zoete situatie definitief geblokkeerd. Vanaf 1934 begon men bij Schellingwoude IJsselmeerwater in het Noordzeekanaal te laten (toen ca. 5 m³/s) (Korringa, 1936).

In 1936 was het Noordzeekanaal een brak tot zout watersysteem (Wibaut-Isebree Moens, 1958). Deze situatie wordt sinds die tijd in stand gehouden door de zoute schutverliezen bij IJmuiden. De zouttong (zie § 1.1) reikt ongeveer tot aan de drempel van de noodkering die het Amsterdam-Rijnkanaal van Het IJ/Noordzeekanaal scheidt. Door de geringe menging tussen de twee lagen (zoutstratificatie) treedt er op een bepaalde diepte een zoutsprong op. In 1936 lag deze op 6 meter onder de waterlijn (Wibaut-Isebree Moens, 1958).

De zouthuishouding in die jaren week enigzins af van de huidige situatie, waarschijnlijk tengevolge van een andere verhouding tussen schut- en afvoerdebieten. De bovenste waterlaag was licht brak tot brak, gemiddeld 1 1/2 à 2 maal zouter dan nu. Oligohaliene situaties ([Cl⁻] 100-1000 mg/l) waren toen nergens aanwezig. Aan de bodem verschilden de zoutgehalten niet veel van de huidige: in het westen iets hoger, in het oosten iets lager. De spuurrichting was in principe op de Noordzee gericht, maar bij te hoge laagwaterstanden werd uitgemalen op het IJsselmeer (op jaarbasis bedroeg de afvoer naar het IJsselmeer in die jaren ca. 5% van de afvoer bij IJmuiden) (Wibaut-Isebree Moens, 1958). Tegenover de geringere jaarlijkse afvoeren stond ook een geringer schutdebiet bij IJmuiden (aantal schuttelingen via de Noordersluis in 1936/37 ca. 2600/jaar; in 1988 ca. 5400/jaar (Vertegaal, 1988).

Zuurstof

De met de zoutstratificatie samenhangende zuurstofcondities waren in die jaren veel ongunstiger dan momenteel. Wibaut-Isebree Moens (1958) geeft in een overzicht uit 1936-1937 verzadigingswaarden, die op alle diepten ca. 10% lager waren dan rond 1985. In het westelijk deel van het Noordzeekanaal is dit verschil nog sterker: verzadigingspercentages van ca. 65% aan de oppervlakte (in 1985 was dit ca. 85% (Vertegaal, 1988)) en zelfs, net als

nu in het Amsterdamse havengebied, anoxie aan de bodem (in 1985 ca. 70%)! De aanwezigheid van nog niet gezuiverde lozingen van de suiker-, staal- en vooral de papierindustrie moeten als hoofdoorzaken worden aangewezen (Korringa, 1936; Wibaut-Isebree Moens, 1958).

Verontreinigingen

De grootste verschillen tussen de dertiger jaren en nu zijn vooral toe te schrijven aan de toen veel slechtere waterkwaliteit. Deze werd in het bijzonder veroorzaakt door grote, ongezuiverde lozingen van zuurstofverbruikende stoffen. Omstreeks 1930 was hierdoor het gehele Noordzeekanaal zodanig vervuild, dat deze voor alle vissoorten, zelfs aal, onbewoonbaar was. "Vooral tijdens de warmere maanden was het water zwart, de afvalstoffen werden steeds minder verwerkt en hoopten zich op." (Korringa, 1936). Door verplaatsing van de afvalwaterlozing van Van Gelder via een pijpleiding naar de Buitenhaven, trad vanaf 1931 weer langzaam herstel van de situatie in het Noordzeekanaal op. Dit herstel was rond 1935 nog in volle gang (Korringa, 1936).

2.1.2 Waterbodem

In het westen zorgden lozingen van Hoogovens, de papierfabrieken van Van Gelder, de aanwezige visindustrie en de huishoudens van IJmuiden en Velsen voor sterk verontreinigde, stinkende waterbodems. De bodem van het Noordzeekanaal zelf rook soms licht naar H₂S en bestond uit klei met daarop een dun laagje slib. Wibaut-Isebree Moens (1958) veronderstelde dat dit slib gesedimenteerd dood plankton en ander detritus was. Ook de zijkanalen A, I en K waren verontreinigd als gevolg van lozingen. In Zijkanaal F was de suikerindustrie verantwoordelijk voor de verontreiniging (Wibaut-Isebree Moens, 1958).

2.2 Na 1975

2.2.1 Oppervlaktewater

Chloride

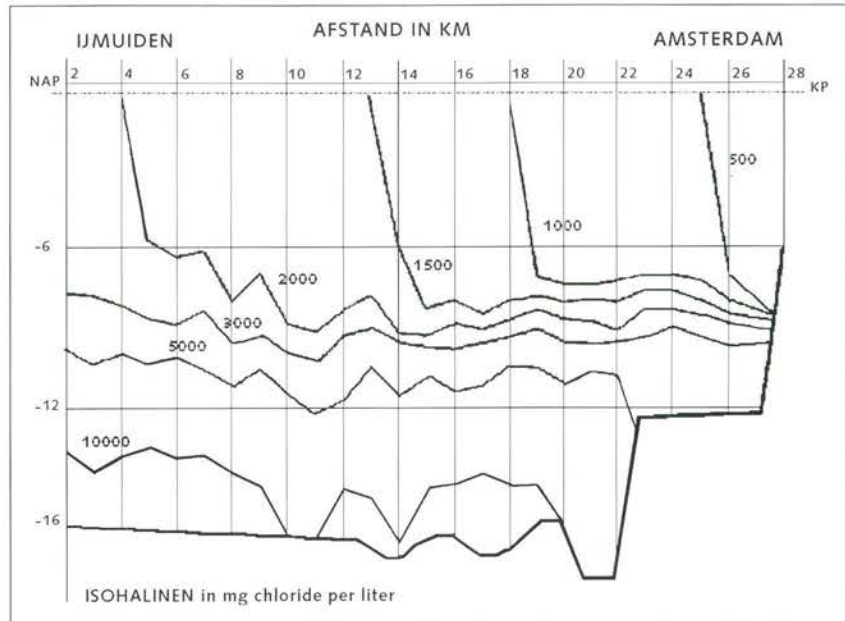
Het Noordzeekanaal is in de huidige situatie nog steeds een brak tot zout watersysteem (fig. 2-1). Water uit het Amsterdam-Rijnkanaal, het Markermeer en de polderwateren worden richting Noordzee afgevoerd. Als gevolg van deze afvoerdebieten is er sprake van een relatief zoete, goed gemengde bovenlaag (epilimnion) met een dikte van 5 à 6 m, die van west naar oost in zoutgehalte en dikte afneemt, een zoutere overgangslaag van ca. 8 m dikte, met een nagenoeg lineair toenemend zoutgehalte (metalimnion) en een onderlaag van 1 à 2 m met een constant zoutgehalte, waarvan de dikte toeneemt en het zoutgehalte afneemt van west naar oost (hypolimnion) (Karelse en Van Gils, 1991). Door het regelmatig schutten (tien maal per dag voor de Noordersluis) wordt de zouttong aangevuld en reikt zij af en toe tot aan het Amsterdam-Rijnkanaal.

Onder invloed van de debieten en de wind kan het chloride-gehalte in de bovenste waterlaag variëren van ca. 200 mg/l bij Schellingwoude tot zo'n 3000 à 6000 mg/l in IJmuiden (bijlage 3). In het hypolimnion varieëren de zoutgehalten van ca. 12000 mg/l op 1 meter boven de bodem van de Velserkom tot ca. 2500 mg/l op 1 meter boven de bodem van Het IJ (Beuse, 1992; de Boer, 1993).

Het bovenstaande beeld geldt zowel voor het kanaalpand als voor de

Amsterdamse havens, echter niet voor de meeste zijkanalen. Vanwege de geringere diepte en de aanvoer van zoet boezemwater zijn de zijkanalen, met uitzondering van Zijkanaal A en G, slechts licht brak (oligohalien).

Figuur 2-1
De zoutgegaardheid van het Noordzeekanaal (Rijkswaterstaat, 1994a).



Zuurstof

Het zuurstofgehalte in de bovenlaag voldoet in het gehele kanaal aan de norm (grenswaarde 4 mg/l ENW, 1994): 's zomers varieert het zuurstofgehalte in de bovenlaag tussen 6 en 11 mg/l en 's winters tussen 7 en 12 mg/l (Van Beersum, 1993).

Ten gevolge van de geringe uitwisseling tussen de verschillende waterlagen, door consumptie en afbraak van organisch materiaal en door het ontbreken van zuurstofproductie (onvoldoende licht voor algengroei) is het zuurstofgehalte nabij de bodem veel lager en neemt in oostelijke richting geleidelijk af. Vanaf KM18 is sprake van zuurstofgehalten die vlak boven de waterbodem vrijwel permanent beneden de 5 mg/l liggen. Vooral rond KM22 is frequent volledige zuurstofloosheid geconstateerd (halfjaargemiddelden ca. 0,5 mg/l). Ook in het Amsterdamse havengebied zijn de zuurstofgehalten permanent laag (halfjaargemiddelden 0,4 tot 3,5 mg/l, Vertegaal, 1988). In Het IJ en het oostelijk havengebied is daardoor beneden 9 meter diepte geen macroscopisch leven mogelijk (Peeters, 1988).

In Zijkanaal H werden tot 1983 structureel te lage zuurstofgehalten gemeten. Na het verleggen van het lozingspunt van de rioolwaterzuiveringsinstallatie Zaandam-Oost direct op het Noordzeekanaal zijn de zuurstofgehalten van ca. 3 à 4 mg/l gestegen tot ca. 10 mg/l (Van Beersum, 1993).

Nutriënten

Als gevolg van het reduceren van enkele grote fosfaatbronnen langs het Noordzeekanaal en de vervanging van fosfaat in wasmiddelen, is vanaf ongeveer 1987 een geleidelijke afname van zowel het totaal- als ortho-fosfaatgehalte waarneembaar in het gehele Noordzeekanaal. Hoewel de jaargemiddelden zijn gedaald van 0,7 tot 0,9 mg P-tot/l naar 0,4 mg P-tot/l. (fig. 2-2) (Beuse, 1992; Van Beersum, 1993) voldoet het fosfaatgehalte nergens aan de grenswaarde van 0,15 mg P-tot/l (ENW, 1992) (bijlage 4). Ook wordt op enkele plaatsen de daar geldende norm voor karperwater (0,2 mg P-tot/l) overschreden (Van Beersum, 1993). In enkele zijkanalen is

door de aanvoer van eutroof water uit regionale watersystemen en als gevolg van rwzi-lozingen (Zijkkanalen A en C) het fosfaatgehalte ongeveer twee maal zo hoog. In Zijkkanalen B en C leidt de eutrofe situatie regelmatig tot overmatige algenbloei en overschrijding van de normen voor doorzicht en chlorofyl-a.

De lage zuurstofconcentraties in de zouttong bevorderen de nalevering van fosfaat. Hierdoor zijn de fosfaatgehalten nabij de bodem hoger dan in de bovenliggende waterlagen. In oostelijke richting nemen de fosfaatgehalten geleidelijk toe van ca. 0,4 mg P-tot/l tot gehalten die rond de 1,0 mg P-tot/l liggen (Vertegaal, 1988; Beuse, 1992).

Ook de stikstofgehalten in het Noordzeekanaal voldoen niet aan de geldende normen (bijlage 4). Het totaal-stikstof in het Noordzeekanaal varieert van 3 tot 6 mg N-tot/l met een jaargemiddelde van ca. 4 mg N-tot/l, met uitzondering van Zijkanaal A waar de jaargemiddelden met 9 mg N-tot/l ruim de norm (grenswaarde) van 2,2 mg N-tot/l overstijgen (fig. 2-3) (Van Beersum, 1993).

Fig. 2-2
Fosfaatgehalte op KM2 (jaargemiddelde op 1m diepte).

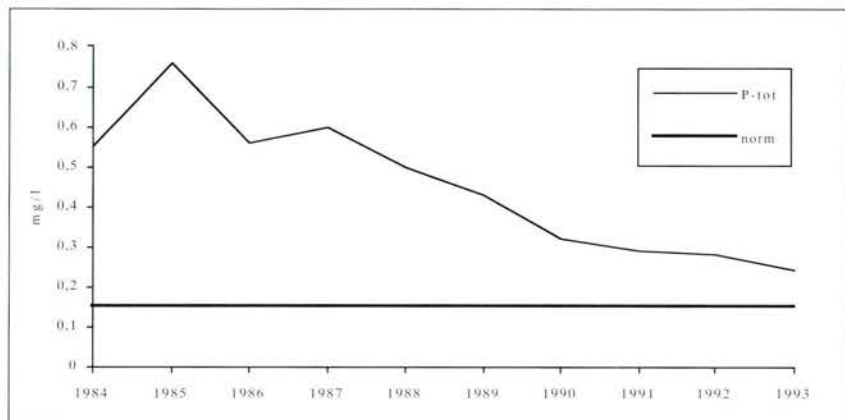
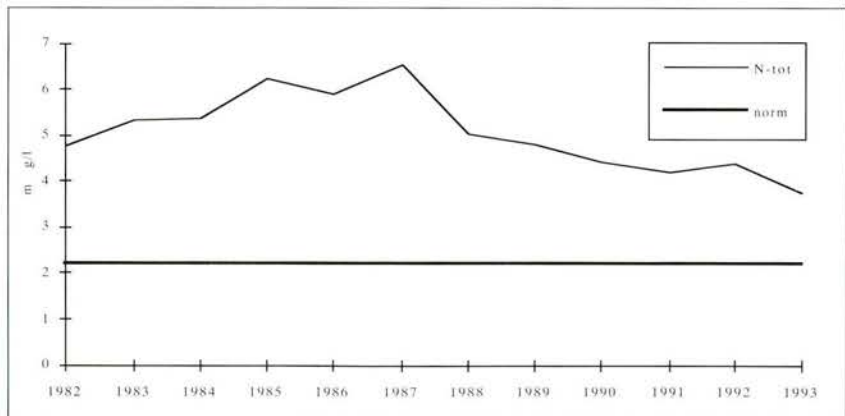


Fig. 2-3
Stikstofgehalte op KM2 (jaargemiddelde op 1m diepte).



Als gevolg van de verminderde lozingen van onder meer rioolwaterzuiveringsinstallaties en enkele industrieën zijn de ammoniumgehalten in vrijwel het gehele gebied afgenomen. De jaargemiddelden op KM2 zijn sinds 1988 significant gedaald en bedragen thans 0,2 - 0,5 mg NH₄-N/l (Van Beersum, 1993). Hoewel de jaargemiddelden aan de norm voor karperwater (0,8 mg NH₄-N/l) voldoen, is dit niet het gehele jaar op alle plaatsen het geval. In 1991 werd in Zijkkanalen A en C, de Hoogovenbuitenhaven en KM2 de norm overschreden door lozingen van al dan niet gezuiverd huishoudelijk

afvalwater (Zijkanaal A >5 mg NH₄-N/l) (Van Beersum, 1993). Zowel het ammoniak- als nitrietgehalte (beiden giftig) voldoen op een aantal plaatsen (met name zijkanalen A en C) niet aan de normen (karperwaternorm resp. 0,02 mg NH₃-N/l en 0,30 mg NO₂-N/l). Voor wat totaalstikstof en ammonium betreft, is een dalende tendens waarneembaar. Een dalende tendens doet zich eveneens voor bij nitraat, waarbij de jaargemiddelden tussen ca. 2 en 3,5 mg NO₃-N/l liggen (Van Beersum, 1993).

Hoewel er sprake is van een overmaat aan voedingsstoffen leidt dit in het Noordzeekanaal zelf niet tot (overmatige) algenbloei of overschrijding van de normen voor doorzicht of chlorofyl-a. In enkele zijkanalen (met name B en C) is dit echter wel het geval (hierop wordt in hoofdstuk 3 ingegaan).

Microverontreinigingen

De gehalten van de zware metalen (cadmium, kwik, koper, nikkel, lood, zink, chroom en arseen) zijn vanaf begin jaren tachtig sterk afgenomen. De jaargemiddelden van de in het water opgeloste metalen liggen momenteel bij KM2 onder de grenswaarden. Cadmium, nikkel, lood, chroom en arseen voldoen daar het gehele jaar aan de normen. Hoewel de jaargemiddelden er aan de normen voldoen, worden deze voor kwik en koper gedurende korte perioden overschreden (Rijkswaterstaat, 1994a). Een ander beeld ontstaat wanneer de gehalten aan metalen in het zwevende stof worden gezien. In dit geval voldoen nikkel en zink op KM2 niet aan de normen (grenswaarden). Over de gehalten aan organische microverontreinigingen in het Noordzeekanaal is weinig bekend. Alleen op KM2 en sinds 1992 KM25 worden deze routinematig (maandelijks) gemeten. Bij KM2 overschrijden PAK's en enkele PCB's de grenswaarden.

Bij KM25 is de situatie slechter dan bij KM2: de grenswaarden worden overschreden voor cadmium, kwik, nikkel, zink, PAK's en PCB's. Vanaf begin jaren tachtig is er voor alle stoffen een geleidelijke afname van de jaargemiddelden waarneembaar. Uit incidentele (projektmatige) metingen blijkt dat er voor een aantal stoffen op verschillende plaatsen sprake is van probleemsituaties. In de volgende hoofdstukken komen enkele hiervan aan de orde.

Een uitgebreide beschrijving van de huidige situatie en ontwikkelingen met betrekking tot de microverontreinigingen in het Noordzeekanaal wordt gegeven door Van Beersum (1993).

Warmte

Op het Noordzeekanaal wordt door twee electriciteitscentrales (UNA-Velsen, UNA-Hemweg), een vuilverbrandingsinstallatie (AVI-West), Hoogovens en enkele andere industrieën koelwater geloosd. Daarnaast is sprake van koelwaterlozing door twee electriciteitscentrales op het Amsterdam-Rijnkanaal en daarmee indirect op het Noordzeekanaal. (Opm. 1996: sinds enige tijd loost de UNA te Diemen geheel op het IJmeer.) De gemiddelde zomertemperatuur is ca. 17,5 °C en in het winterhalfjaar rond de 7,5 °C (Van Beersum, 1993). In warme zomers vinden incidenteel gedurende een korte periode (lokale) overschrijdingen plaats van de karperwaternorm (grenswaarde: 25 °C buiten de mengzone van de warmtelozing).

2.2.2 Waterbodem

Nutriënten

Er zijn aanwijzingen dat de bodem van het Noordzeekanaal een belangrijke fosfaatbron vormt (Beuse, 1992). De fosfaatgehalten in de zouttong in het

oostelijk deel van het Noordzeekanaal zijn namelijk hoger dan in de bovenste waterlaag. Een verklaring daarvoor is te vinden in het optreden van fosfaataflevering uit de waterbodem van het oostelijk deel van het Noordzeekanaal, onder invloed van de lage zuurstofgehalten in dat deel van de zouttong. Ondanks het sterk afnemen van de fosfaatvrucht de afgelopen jaren kunnen de concentraties in de zouttong daarom nog lange tijd hoog zijn.

Microverontreinigingen

Vanaf medio 1986 wordt in het kader van het "Monitoringsprogramma waterbodempkwaliteit in de Rijkswateren van Noord-Holland" onderzoek verricht naar de kwaliteit van de waterbodem in het Noordzeekanaal. In principe wordt per kilometervak één mengmonster geanalyseerd op zware metalen, minerale olie, PAK's, PCB's en pesticiden (Van Klaveren, 1989; Witteveen+Bos, 1994).

De waterbodem in het Noordzeekanaal is met name in de havens matig (klasse 2) tot ernstig (klasse 4) verontreinigd (bijlage 5). Op een aantal lokaties wordt de signaleringswaarde overschreden. In nagenoeg alle gevallen zijn hoge PAK-gehalten debet aan de klasse-indeling. Daarnaast worden op enkele havenlokaties ernstige verontreinigingen van zink en lood aangetroffen en incidenteel koper, kwik, cadmium, chroom, nikkel minerale olie en PCB's (Witteveen+Bos, 1994).

Een uitgebreide beschrijving van de huidige situatie en ontwikkelingen met betrekking tot de waterbodem in het Noordzeekanaal wordt gegeven door Van Klaveren (1989) en Witteveen + Bos (1994).

Op basis van het "Saneringsprogramma Waterbodem Rijkswateren 1995-2010" (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1994b) komen in ieder geval zeven lokaties in het Noordzeekanaal in aanmerking voor saneringsonderzoek (nader onderzoek en saneringsonderzoek). Het betreft de Petroleumhaven, Jan van Riebeeckhaven, 1e Rijksbinnenhaven/Binnenkanaal/Staalhaven, Cornelis-Douweskanaal, Binnenspuikanaal, Het IJ KM24-25 en de Buitenhaven van IJmuiden.

3 Fytoplankton in het Noordzeekanaal

3.1 Voor 1975

In het voormalige Zuiderzeegebied, dat lang in open verbinding stond met Het IJ en tussen 1876 en de eerste jaren na de afsluiting van de Zuiderzee in 1932 via schutverlies in Schellingwoude nog water aan Het IJ toevoerde, zijn meerdere fytoplanktongemeenschappen aangetroffen en onderzocht (onder andere: Van Goor, 1922; Redeke, 1936). Kiezelwieren maakten de bulk uit van het fytoplankton. Algemene Zuiderzeesoorten, welke bij zoutgehalten leefden die vergelijkbaar zijn met het zouttrajekt in de oligo/mesohaliene bovenlaag (epilimnion) van het Noordzeekanaal, waren de kiezelwieren *Acrinoptychus undulatus* (ondergrens [Cl⁻] 3000 mg/l) en *Coscinodiscus biconicus* (ondergrens [Cl⁻] 300 mg/l), *Thalassiosira baltica* en *Nitzschia sigma* (beiden ondergrens [Cl⁻] 100 mg/l).

Na de afsluiting van de Zuiderzee namen deze soorten zeer sterk in dichtheid af -door het steeds meer verzoetende IJsselmeer- totdat zij rond 1937 geheel verdwenen waren. Zoetwaterplankton, tot dan toe slechts in de riviermondingen in de oostelijke en zuidelijke Zuiderzee aanwezig, nam de dominantie van de zee- en brakwatersoorten over. Het betrof nu vooral groenwieren, en later ook blauwwieren.

De oligo- tot mesohaliene bovenlaag van het Noordzeekanaal bevatte 'zoete' planktonsoorten (*Coelosphaerium kützingianum*, *Tetrastrum multisetum* en *Peridinium conicoides*), afkomstig uit de boezemwateren, de Noordzee en de Zuiderzee (en later het IJsselmeer) (Wibaut Isebree Moens, 1958; Dresscher, 1965). De meso- tot polyhaliene onderlaag van het Noordzeekanaal bevatte 'zoute' soorten, afkomstig uit de Noordzee en via zout schutverlies ingebracht. De dominerende soorten waren *Actinocyclus ehrenbergi*, *Guinardia flaccida* en *Peridinium monospinum*. Wibaut-Isebree Moens (1958) veronderstelt afwezigheid van fytoplanktongroei in de zouttong.

Wibaut Isebree Moens (1958) en Dresscher (1965) concludeerden dat het Noordzeekanaal geen 'eigen' fytoplanktongemeenschap bezat, omdat zij dit met de door hen toegepaste bemonsteringsmethoden niet aantroffen.

3.2 Na 1975

Tot en met 1992 zijn alleen op KM2 in het Noordzeekanaal routinematig fytoplankton-metingen verricht. Het betrof maandelijks bepalingen van chlorofyl-a en doorzicht. Van de samenstelling van het fytoplankton is nauwelijks iets bekend; in 1981 is een globale verkenning uitgevoerd (Van Urk, 1981).

Vanaf 1993 worden op 3 lokaties (KM2, KM13 en KM25), in het kader van het landelijke meetnet, maandelijks het chlorofyl-gehalte en de abundante groepen gemeten (Adriaanse et al., 1992). Daarnaast zal eenmaal in de vier jaar de soortensamenstelling, het biovolume en de biomassa bepaald worden.

Ondanks dat het chlorofyl-a-gehalte en het doorzicht in het algemeen aan elkaar gerelateerd zijn, is er in het Noordzeekanaal geen verband tussen deze parameters waarneembaar (fig. 3-1). Noch tussen de bovengenoemde parameters en het fosfaatgehalte (fig. 3-2).

Fig. 3-1

Het doorzicht in relatie met chlorofyl-a (zomerhalfjaargemiddelden) op KM2. (bron: WORSRO)

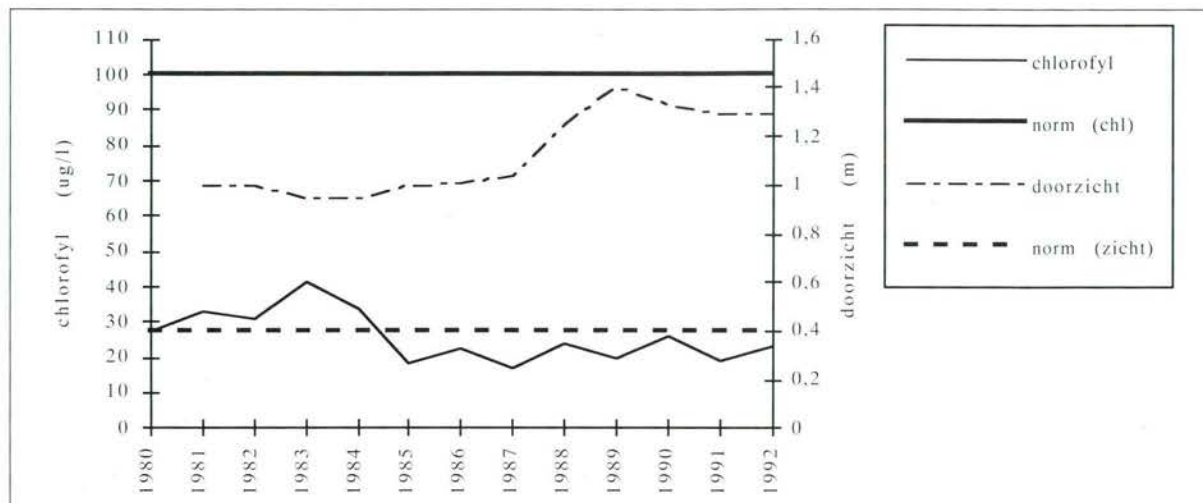
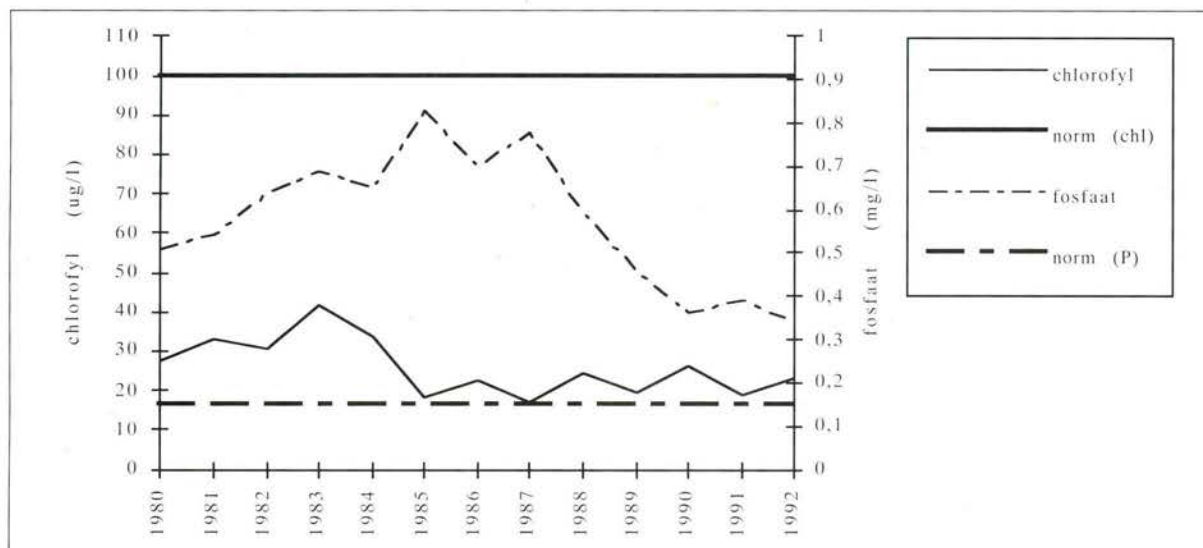


Fig. 3-2

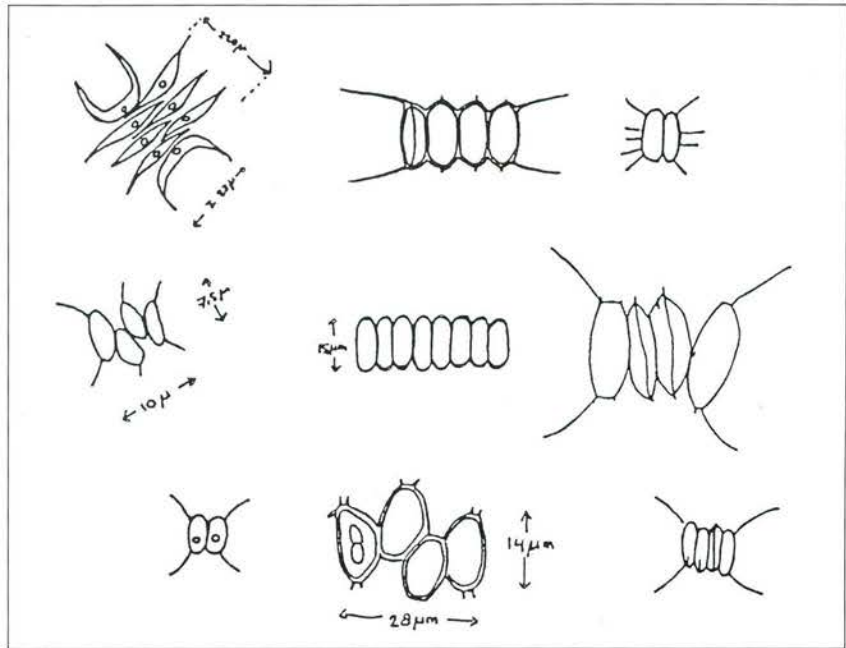
De fosfaatgehalten in relatie met chlorofyl-a (zomerhalfjaargemiddelden) op KM2. (bron: WORSRO)



Hoewel de nutriëntenbelasting hoog is (met name P-tot voldoet niet aan de norm; zie § 2.2.1) is zowel het chlorofyl-a-gehalte als het doorzicht goed. De sprongwijzige toename van het doorzicht is mogelijk het gevolg van het verhoogde doorspoeldebiet vanaf 1988.

Ook al lijken de omstandigheden in het Noordzeekanaal gunstig voor algenbloei, toch treedt dit in het kanaalpand niet op. Om inzicht te krijgen in de factoren die hierbij een rol spelen zijn in 1988, 1989 en 1990 op diverse lokaties in het Noordzeekanaal fytoplanktoninventarisaties verricht (resp. Timmerman, 1989; Aquasense, 1990; Aquasense 1991). Chlorofyl en doorzicht zijn hierbij (helaas) niet gemeten, zodat geen inzicht verkregen kan worden in de relaties tussen deze parameters en het voorkomen van fytoplanktonsoorten of -groepen. In § 3.2.3 komt dit onderwerp uitgebreid aan de orde.

Fytoplankton van het genus *Scenedesmus* gevonden in het Noordzeekanaal. (ill.: E. Timmerman in Timmerman, 1989)



3.2.1 Seizoensdynamiek en hoeveelheden

Seizoensdynamiek

In het Noordzeekanaal is een duidelijke seizoensinvloed (fig. 3-3) op zowel aantal als het biovolume van de diverse planktongroepen aanwezig. De totale biomassa en dichtheid van het fytoplankton is het hoogst van april tot september. In de wintermaanden is dit ongeveer een factor vier lager. Het optreden van pieken en dalen binnen deze perioden is sterk afhankelijk van de klimatologische ontwikkelingen in de loop van een jaar.

Fig. 3-3

Het verloop van de dichtheid van de fytoplanktongroepen op KM25 van november 1989 t/m december 1990 (bron: Aquasense, 1991).

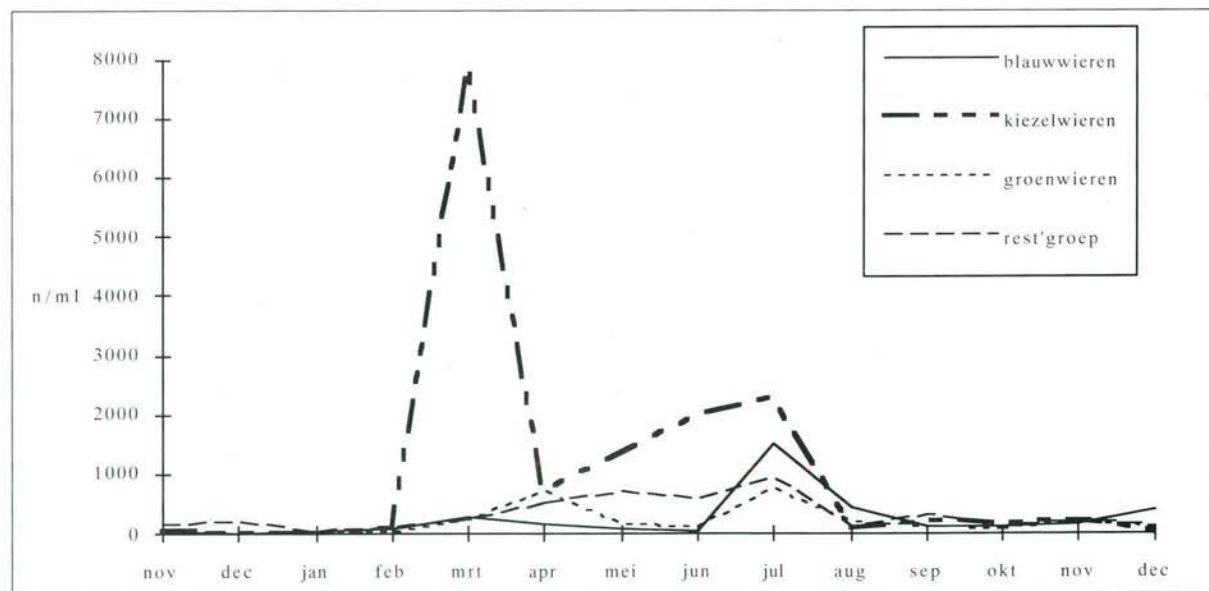
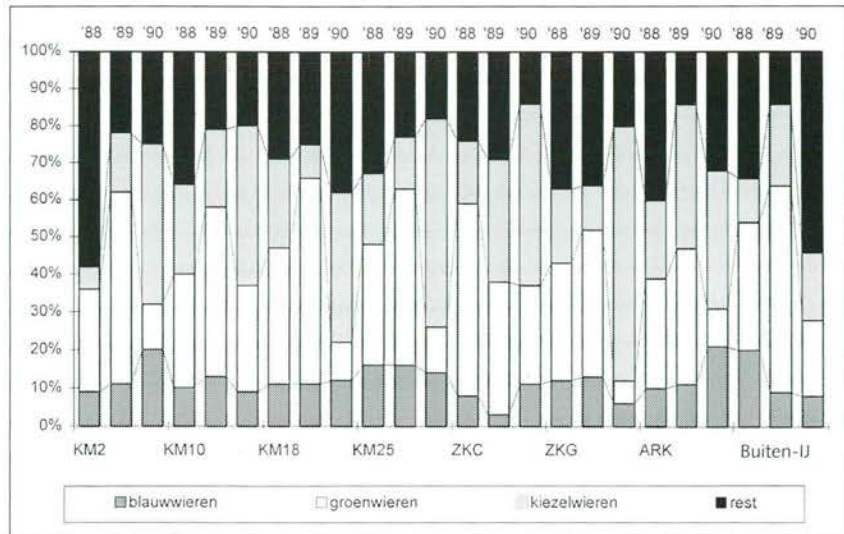


Fig. 3-4
 Agensamenstelling in 1988, 1989 en 1990
 (Timmerman, 1989; Aquasense, 1990-91).



Daardoor kunnen de soortverhoudingen van jaar tot jaar sterk wisselen (fig. 3-4). In 1989 werd de agensamenstelling vooral bepaald door de groenwieren en de restgroep, in 1988 domineerden de groenwieren en in 1990 werd gekenmerkt door een kiezelwierendominantie.

Hoeveelheden

De hoogste biovolumes worden aangetroffen in de aanvoerwateren: Zijkanaal C, Buiten-IJ, Amsterdam-Rijnkanaal en Zijkanaal G. Met name op KM25 is het effect van het hoge biovolume van het aanvoerwater uit het Buiten-IJ merkbaar.

Zowel Timmerman (1989) als AquaSense (1990;1991) constateerden een afname van biovolume bij een toenemend chloridegehalte in het Noordzeekanaal. Deze afname wordt deels veroorzaakt door vervanging van grotere planktonsoorten door kleinere, deels door vermindering van de biovolumes van soorten. Dit laatste wijst erop dat deze soorten zich in voor hen ongunstige milieu-omstandigheden bevinden.

Tussen de biovolumes en de dichtheden (n/ml) in de uitgevoerde onderzoeken treden grote verschillen op (tabel 3-1). Uit de literatuur is bekend dat de fytoplanktondichtheid jaarlijks grote variatie kan vertonen onder invloed van temperatuur en licht. De in 1989 waargenomen aantallen liggen binnen de range voor brakke wateren (Aquasense, 1990).

Ten behoeve van het simulatiemodel Delwaq/Bloom-II (De Groot & Brinkman, 1991) zijn de biovolumes gebruikt. Aquasense (1991) constateert echter dat de variatie tussen individuele metingen aan cellen van een soort, de variatie in cellen op één lokatie en in de tijd dermate groot is dat er geen betrouwbare uitspraken gedaan kunnen worden over de variatie in ruimte en tijd.

Tabel 3-1
 Het totale algenbiovolume (mm³/l) per monsterpunt (Timmerman, 1989; Aquasense, 1990; 1991).

monsterpunt	1988	1989	1990
KM2	70	6	35
KM10	77	17	40
KM13	43	-	-
KM18	53	10	66
KM25	82	6	127
ZKC	229	35	354
ZKG	81	17	153
ARK	94	9	75
Buiten-IJ	102	24	251

ZOUT

↑

↓

ZOET

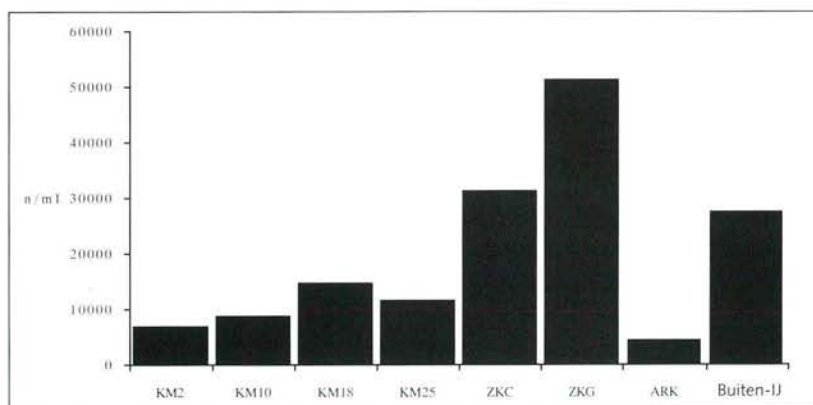
3.2.2 Soortensamenstelling en verspreiding

Van Urk trof in 1981 in de bovenste waterlaag tijdens een éénmalige, globale verkenning een sterke dominantie van algen aan uit de Rijnlandse- en Schermerboezem (aanvoer via resp. zijkanalen C en G) en uit het bij Schellingwoude ingelaten IJmeerwater. Latere uitgebreidere monsternamen en analyses door Timmerman (1989) en Aquasense (1990; 1991) bevestigen deze waarnemingen. Zij kwamen echter ook tot de conclusie, dat het Noordzeekanaalplankton soorten en een combinatie daarvan bevat, die nauwelijks elders worden aangetroffen. Dit betreft specifieke brakwatersoorten en Zuiderzeerelicten. Het zijn vooral kleine soorten, die in het vroegere 'net-plankton' werden gemist en soorten met een generatieduur, kort genoeg om op hun weg door het geschikte deel van de zoutgradiënt tot voortplanting te komen. Soorten in het Noordzeekanaal die niet in de aanvoerende wateren worden aangetroffen worden als Noordzeekanaal-eigen aangeduid. Deze Noordzeekanaal-eigen soorten zijn: *Amphidinium rotundatum*, *Coelosphaerium kuetzingianum*, *Tetrastrum triacanthum*, *Actinastrum sp.*

Horizontale speiding

In het Noordzeekanaal treedt een aantal verschillende verspreidingspatronen op. Sommige soorten vertonen van oost naar west een snelle afname in dichtheid, bij andere soorten neemt de dichtheid geleidelijk af (bijv. *Melosira granulata*: fig. 3-5).

Fig. 3-5
De dichtheid van *Melosira granulata* in de periode van november 1989 t/m december 1990 (bron: Aquasense, 1991).



Een aantal soorten neemt in dichtheid juist van oost naar west toe (bijv. *Amphidinium sp.*). Maxima worden op verschillende lokaties aangetroffen. Deze verschillen in verspreidingspatronen worden verzaakt door de verschillen in oecologie van de betreffende soorten (autoecologie).

Hoewel de verspreidingspatronen van het fytoplankton variëren, kan het Noordzeekanaal globaal in drie trajekten worden verdeeld (tabel 3-2; bijlage 6b). Deze zijn:

- het oostelijk deel; van de aanvoerpunten Buiten-IJ en Amsterdam-Rijnkanaal naar KM25. Deze punten vertonen grote overeenkomst in soorten en enkele soorten die in grote aantallen in het Buiten-IJ en het Amsterdam-Rijnkanaal voorkomen worden ook hier in belangrijke aantallen teruggevonden. Kenmerkende soorten zijn *Nitzschia behrei*, *Pleurosigma elongatum* en *Actinophthychus undulatus*, typische IJsselmeerbewoners.
- het middenpand tussen KM10 en KM18 met aanvoerpunten zijkanalen C en G: Van KM18 naar KM10 nemen veel soorten iets in aantal en volume af. De invloed van de zijkanalen C en G kan van jaar tot jaar verschillen, maar blijft duidelijk waarneembaar (Timmerman, 1989; AquaSense 1990; 1991).

Dit traject wordt gekenmerkt door met name *Lagerheimia balatonica* en *Kirchneriella lunaris*, specifieke soorten voor brakke gebieden (Suykerbuyk & Roijackers (1988).

- het westelijke kanaal (tot KM10): Dit traject wordt gekarakteriseerd door soorten uit de Noordzee en zijn estuaria (*Ditylum brightwelli* f. *tetragona*, *Apodachlya* sp. en *Chaetoceros orientalis*).

Tabel 3-2
Presentie van enkele fytoplanktonsoorten langs de zoutgradiënt.

Fytoplanktonsoort	KM2	KM10	ZKC	KM18	ZKG	KM25	ARK	Buiten IJ
<i>Ditylum brightwelli</i> f. <i>tetragona</i>	°							
<i>Apodachlya</i> sp.	•							
<i>Cheatocheros orientalis</i>	•							
<i>Coscinodiscus perforatus</i> v. <i>cellulosa</i>	•	•	°					
<i>Ankyra judayl</i>	•	°	•	•				
<i>Amphidinium rotundatum</i>	•	•	•	•	•	°		
<i>Colacium</i> sp.	°			•	•	•	°	
<i>Pandorina morum</i>	°	•	•		•	°		°
<i>Lagerheimia balatonica</i>	°	°	•	•	•	•		•
<i>Kirchneriella lunaris</i>	°	•	•	•	•	•		•
<i>Merismopedia tenuissima</i>	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Fragilaria crotonensis</i>	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Actinastrum hantzii</i>	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Lagerheimia wratislaviensis</i>		•						
<i>Pteromonas angulosa</i>			•	•	°	•		
<i>Nitzschia behrei</i>					°		°	•
<i>Actinopterychus undulatus</i>						°		°
<i>Pleurosigma elongatum</i>								°
<i>Calycomonas</i> sp.								•
<i>Amphora coffeaeformis</i>						°	°	

- = aanwezig
- ° = incidentele waarneming

De samenstelling van de fytoplanktongemeenschappen kan sterk wisselen omdat deze wordt bepaald door stroming en seizoen. Met name in het westelijke deel is deze variatie het grootst omdat de chloridegehalten hier ook het sterkst variëren (§ 2.2.1) (Aquasense, 1991).

In de zouttong wordt, net als vóór 1975, een afspiegeling van Noordzeeplankton aangetroffen in relatief lage dichtheden, samen met bezonken zoetwatersoorten. Hoewel diatomeëen in de zouttong relatief belangrijker zijn dan in de brakke bovenlaag, domineren de groenwieren het beeld. Van Urk (1981) veronderstelt dat dit vanuit het zoete systeem sedimentierend, niet levensvatbaar plankton betreft.

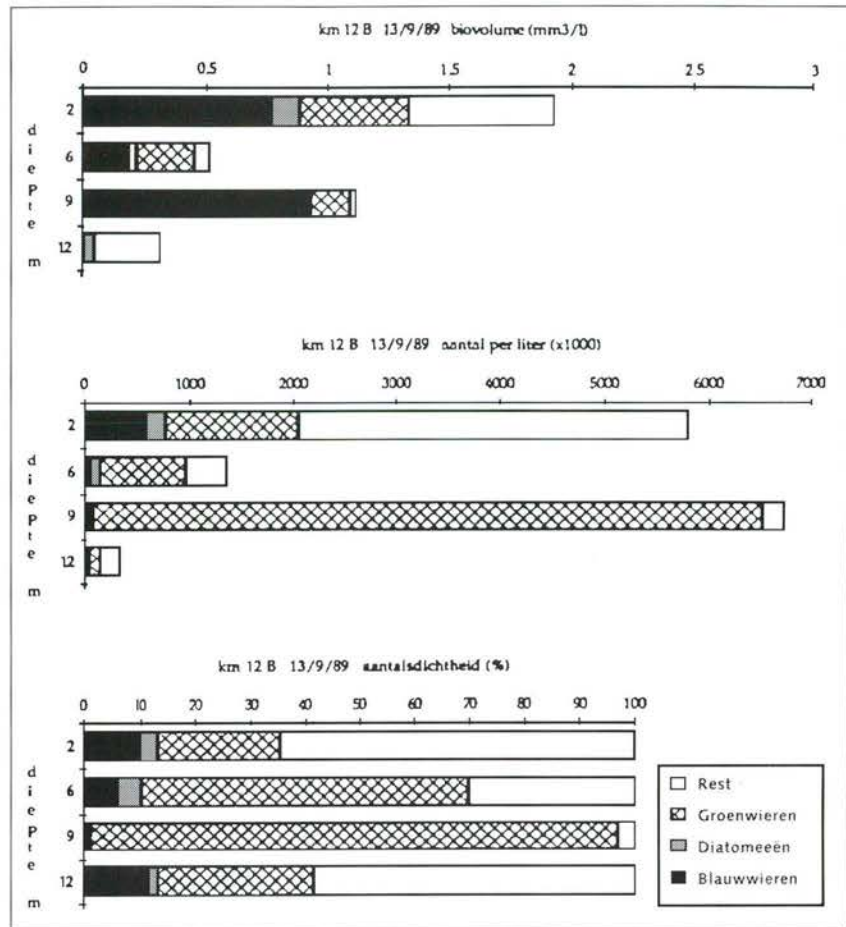
Oostwaarts van KM18 worden nauwelijks zoutwatersoorten in de zouttong aangetroffen, hetgeen zowel door Van Urk (1981) als door van Van Couwelaar (1990) aan de lage lichtintensiteiten in de zouttong wordt toegeschreven.

Verticale spreiding

In de zomer en het najaar van 1989 is op twee lokaties (KM12 en KM22) fytoplankton op verschillende diepten bemonsterd (Van Couwelaar, 1990). Uitgedrukt in grote taxonomische groepen (blauwwieren, kiezelwieren, groenalgen en 'rest') konden geen grote verschillen worden geconstateerd tussen de algensamenstellingen van verschillende diepten. Wel liepen de totale aantalsdichtheid en algenbiomassa nogal uiteen. Nagenoeg overal werden de hoogste dichtheden bereikt in de bovenste waterlaag van 0 tot 4 m diepte. In ongeveer de helft van het aantal doorgemeten diepteprofielen nam vervolgens het totale aantal en de biomassa met toenemende diepte af, in de andere gevallen werd een tweede piek waargenomen in de spronglaag op ongeveer 9 m diepte (fig. 3-6). In hoeverre specifieke soorten hiervoor verantwoordelijk zijn, is nog onduidelijk.

Fig. 3-6

Biolume, absolute en relatieve dichtheid van fytoplankton op KM12 dd. 13/9/89. (Van Couwelaar, 1990).



Het is niet aannemelijk dat dit productief plankton is, gezien de grote diepte en het daar heersend lichtregime. Misschien blijft bezinkend zoetwaterplankton bij de daar heersende dichtheid van het (mesohaliene) water op die diepte 'hangen'. Het is echter ook mogelijk dat dit veroorzaakt wordt door een geringere predatie door zoöplankton: in juli 1989 constateert Van Couwelaar (1990) op een groot aantal lokaties een omgekeerd evenredige verdeling van zoö- en fytoplankton. Een en ander wijst op een potentiëel groot belang van zoöplanktongraas voor de fytoplanktondichtheden in het Noordzeekanaal. Bijlage 6a biedt een overzicht van alle, na 1975 in het Noordzeekanaal aangetroffen fytoplanktonsoorten.

3.2.3 Algenbloei; optreden en vooral het uitblijven er van

In enkele zijkanalen, vooral B en C, wordt in de zomermaanden regelmatig algenbloei geconstateerd als gevolg van directe aanvoer van algen en nutriënten uit de geëutrofiëerde regionale wateren.

In het kanaalpand is algenbloei echter afwezig ondanks de zeer hoge nutriënten-gehalten (Vertegaal, 1988). Hoewel *Oscillatoria agardhii* samen met enkele groenwieren in 1981 (Van Urk, 1981) het planktonbeeld domineerde, worden bloeivormende planktonsoorten (*Microcystis aeruginosa*, *Aphanocapsa delicatissima*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Oscillatoria limnetica*, *O. agardii* en *O. redekei*) tegenwoordig nog maar in geringe dichtheden in het kanaalpand waargenomen. Dit ondanks het voorkomen van twee bloeivormende soorten (*Aphanizomenon flos-aquae* en *Oscillatoria*

limnetica) in sommige perioden van het jaar in grote aantallen in de zijkanalen. Dit wijst erop dat er een limiterende factor is die voorkomt dat deze soorten zich ook in het Noordzeekanaal massaal kunnen ontwikkelen. Als mogelijke limiterende factoren worden genoemd:

- nutriënten
- turbulentie
- zoutstress
- verblijftijd
- licht
- koelwater
- graas door zoöplankton.

Nutriënten

De nutriëntenconcentraties in het Noordzeekanaal zijn over het algemeen hoog, met name voor fosfaat (onder andere Vertegaal, 1988) (§ 2.2.1.) zodat nutriëntenlimitatie onwaarschijnlijk is (AquaSense, 1990; 1991; De Groot en Brinkman, 1991). Algengroeistudies met behulp van het simulatiemodel Delwaq/Bloom-II geven eveneens aan dat, met uitzondering van kortstondige periodes in Zijkanaal C en de Amerikahaven, vrijwel nergens in het systeem nutriëntenlimitatie optreedt (De Groot en Brinkman, 1991).

Turbulentie

Als gevolg van de zoet-zoutstratificatie worden de zoute onderlaag en de zoete bovenlaag nauwelijks gemengd (§ 2.2.1.). Bodemdeeltjes worden dus niet opgewerveld en zwevend detritus krijgt de kans te bezinken. Een zeer stabiele stratificatie kan verder een verminderde turbulentie tot gevolg hebben (Donkers en Zimmerman in: Timmerman, 1989). Vermindering van de turbulentie kan betekenen dat vooral de grotere en zwaardere fytoplanktonsoorten niet goed meer kunnen blijven zweven en gaan bezinken (bijv. grotere diatomeeënsoorten, grotere groen- en blauwwiersoorten) (Timmerman, 1989). Timmerman (1989) vindt zich hierin ondersteund door de conclusie van Van Urk (1981) dat de in de zouttong aangetroffen groenwieren daar door bezinking terecht moeten zijn gekomen.

Zoutstress

Het met de zoetere wateren aangevoerde fytoplankton wordt in het Noordzeekanaal geconfronteerd met een verhoogd chloridegehalte. De biovolumes, nog hoog in de aanvoerwateren (zijkanalen C en G, IJmeer, Amsterdam-Rijnkanaal), nemen af op de aanvoerpunten in het Noordzeekanaal. In het kanaal zelf vindt, van oost naar west, een verdere afname van het biovolume plaats (Timmerman, 1989; AquaSense 1990; 1991). Volgens Timmerman (1989) wordt deze afname deels veroorzaakt door een vervanging van grote soorten door kleinere en deels door een afname van de biovolumes van bepaalde soorten, zoals bijv. *Oscillatoria sp.* Dit laatste verschijnsel wijst erop dat deze soorten zich in voor hen ongunstige milieu-omstandigheden verkeeren, en wordt door de auteur aangeduid met 'zoutstress'.

De bovengenoemde afname van het biovolume wordt ook door AquaSense (1990; 1991) bevestigd evenals een vervanging van grotere door kleinere soorten. Aanwijzingen voor afname van het biovolume per individu bij hogere zoutgehalten ('zoutstress': Timmerman, 1989) konden in 1989 en 1990 echter niet worden gereproduceerd (AquaSense, 1990;1991).

Verblijftijd

AquaSense (1990; 1991) veronderstelt dat de doorstromingsnelheid van het Noordzeekanaal de belangrijkste beperkende factor met betrekking tot algenbloei is. Op weg door de gradiënt van toenemende zoutgehalten

verkeert het fytoplankton te kort onder zoutgehalten waarbij groei en voortplanting nog mogelijk is. Anders gezegd: de verblijftijd in geschikt water (tussen 7 en 14 dagen) is te kort ten opzichte van de generatieduur van bloeivormende algensoorten. Het aangetroffen beeld van elkaar afwisselende fytoplanktongemeenschappen past hierin.

In de simulatiestudies wordt de verblijftijd (die op 18 dagen wordt gesteld) niet als een limiterende faktor aangegeven (De Groot en Brinkman, 1991).

Licht

Simulaties met het model Delwaq/Bloom-II leiden tot één beperkende faktor: licht. Door menging over een relatief diepe waterlaag verkeert het plankton, ondanks het op zich goede doorzicht, te lang in een te slecht lichtklimaat. Bij een veronderstelde mengdiepte tot 11 m in een geheel zoet systeem zou deze faktor in combinatie met het heersende doorzicht de groeibeperking geheel kunnen verklaren (De Groot en Brinkman, 1991). Indien een mengdiepte van 8 m wordt verondersteld, hetgeen op basis van andere onderzoeken (De Boer, 1989; Van Couwelaar, 1990) realistischer geacht mag worden, liggen de berekende chlorofylgehalten een faktor 2 hoger dan de gemeten gehalten. De Groot en Brinkman (1991) schrijven dit verschil toe aan een onjuiste keuze van de mengdiepte, het gebruik van een koolstof-chlorofylverhouding voor zoete wateren (faktor 2 groter dan voor zout), onjuiste meetmethode chlorofyl of aan de aanwezigheid van andere groeiremmende factoren, zoals zoutgradiënt (zoutstress) en/of zoöplanktongraas. Aquasense (mond. med. Ten Winkel) is echter de mening toegedaan dat het fytoplankton zich lang genoeg onder lichtomstandigheden bevindt om maximaal licht op te vangen. Dit zou voldoende zijn om de periode van menging onder slechte lichtomstandigheden te overbruggen.

Koelwater

Doordat het water van het epilimnion gemiddeld ca. anderhalf keer door het koelsysteem van elektriciteitscentrales in Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaal wordt geleid, is het denkbaar, dat daarmee gepaard gaande mechanische en chemische stress (KEMA, 1988) voor significante groei- en voortplantingsremming zorgt.

Zoöplanktongraas

In de modelstudie Delwaq/Bloom-II werd de invloed van zoöplanktongraas op de fytoplankton-biomassa niet meegenomen (i.c. gelijk aan nul gesteld). Vermoedelijk is dit niet terecht, en speelt graas door zoöplankton een belangrijke rol in het uitblijven van algenbloei, zeker wat betreft kiezelwieren en groenalgen. Wibaut-Isebree Moens (1958) vond hiervoor reeds aanwijzingen. Ook Van Couwelaar (1990) kan de door hem gevonden verschillende dichtheidsverhoudingen van zoö- versus fytoplankton in dit beeld passen. In verband met de sterke samenhang van zoöplankton-ontwikkeling met de visstand is het verschijnsel algenbloei langs meerdere wegen sterk afhankelijk van het gevoerde water- en visstandsbeheer.

Uit het bovenstaande blijkt geen éénduidige verklaring gegeven te kunnen worden voor 'het gebrek aan algenbloei'. Het uitblijven van algenbloei in het Noordzeekanaal is zeer waarschijnlijk het gevolg van een combinatie van factoren; de meesten versterken elkaar. Versterking van de factoren zoutstress en licht gaat echter niet samen, evenmin de factoren licht en verblijftijd. Bij een toenemende verzilting op het kanaal (negatief voor algenbloei), zal ook de ligging van de zoutsprong stijgen, waardoor de mengdiepte afneemt (positief voor algenbloei). Welke rol de scheepvaart hierin nog speelt is onduidelijk. Bij nog verdergaande verzilting is echter weer een minder steil

verloop van de gradiënt in het (over het geheel genomen polyhaliene) water te verwachten. Bij zoutwateralgen is de verhouding koolstof-fosfor echter twee maal groter dan bij zoetwateralgen, hetgeen het moment waarop algenbloei ontstaat weer uitstelt. Bij een toenemende zoete afvoer zal een grotere verblijftijd optreden (positief), de mengdiepte neemt echter toe (negatief). Bij een geheel zoet systeem zonder zoutgradiënt wordt bij de dan geldende mengdiepte geen algenbloei verwacht (De Groot & Brinkman, 1991). Doormiddel van het voor het Noordzeekanaal geïmplementeerde stofstromen/algenbloei-model Delwaq/Bloom-II moet het mogelijk zijn het algenbloei-riskante gebied in de relatie zoutstress/mengdiepte aan te geven. Om het een en ander beter te doorgronden zou gericht onderzoek nodig zijn.

3.3 Fytoplankton-gemeenschappen

In het epilimnion (richting Noordzee afgevoerd water) is sprake van een verschuiving in de soortensamenstelling (bijlage 6b). Het betreft vooral vervanging van grotere 'zoetwatersoorten' (langere generatietijd) door kleine 'brakwatersoorten' (met een kortere generatietijd) (Timmerman, 1989; AquaSense, 1990). Hoewel de soortensamenstelling jaarlijks zeer sterk kan wisselen kunnen globaal de volgende vier fytoplanktongemeenschappen worden onderscheiden:

a) Meso- en polyhaliene fytoplanktongemeenschap:

In het meest brakke deel (tot KM10) van het bovenste subsysteem (epilimnion) komen de kleinste aantallen en soorten algen van het Noordzeekanaal voor. De hier voorkomende levensgemeenschap wordt gevormd door mariene/ brakke soorten en vanuit Zijkanaal C aangevoerde limnische soorten. Kiezelwieren domineren er. Specifiek voor deze gemeenschap zijn *Eutreptia globulifera*, *Chaetoceros orientalis*, *C. subtile*, *Synedra pulchella* en *Oxyrrhis marina*.

b) Mesohaliene fytoplanktongemeenschap:

Op het middenpand (KM10-KM18) ontvangt het Noordzeekanaal aanzienlijke 'algenvrachten' uit resp. de Rijnland- en de Schermerboezem. De hoogste algendichtheden in het kanaalpand worden hier bereikt. Gemiddeld over het jaar domineren hier de groenwieren (ca. 50% totaal). De soortensamenstelling van deze levensgemeenschap is een afspiegeling van de instromende wateren uit Zijkanaal C en G: *Micractinium pusillum*, *Nitzschia frustulum*, *Strombomonas* sp. Specifiek voor deze levensgemeenschap zijn *Coscinodiscus rothii*, *Trachelomonas verrucosa* en *Closteriopsis* sp.

c) Meso- en oligohaliene fytoplanktongemeenschap:

Deze levensgemeenschap bestaat naast algemene soorten uit een combinatie van zoete en brakke soorten waar onder *Stephanodiscus subsalsus*, *Nitzschia sigma*, en *Dactylococcus raphidioides*.

d) Zoete en oligohaliene fytoplanktongemeenschap:

In het oostelijke deel van het Noordzeekanaal (KM25- Buiten-IJ- Amsterdam-Rijnkanaal) is de levensgemeenschap een afspiegeling van het door kiezelwieren gekenmerkte Amsterdam-Rijnkanaalwater. De relatieve dominantie van blauwwieren (het hele jaar door) wordt bepaald door de zeer grote dichtheden daarvan in het ingelaten IJmeer-water. Kenmerkend voor de hier voorkomende levensgemeenschap zijn: *Cyclomonas* sp., *Didymocystis bicellularis*, *Amphora coffeaeformis*, *Coelastrum astroidum*, *Asterionella formosa* en *Nitzschia behrei*.

4 Zoöplankton in het Noordzeekanaal

4.1 Voor 1975

Uit het verleden is slechts één (zoö)planktononderzoek bekend. Het betreft een onderzoek uit 1936/37 dat in 1958 door Wibaut-Isebree Moens is gerapporteerd.

Wibaut-Isebree Moens stelde vast dat het zoöplankton verticaal niet homogeen verdeeld is. Zij onderscheidde grofweg drie zoöplanktongemeenschappen:

- De diepwatergemeenschap, nabij de bodem, die gedomineerd werd door de mariene soorten *Nocitiluca miliaris* en larven van de borstelworm *Polydora*.
- In de zoetere bovenlaag overheersten de larven van de zeepok *Balanus sp.* en *Brachionus spp.*
- Naupliuslarven van de roeipootkreeftjes, *Synchaeta sp.* en *Eurytemora affinis* waren in het gehele Noordzeekanaal op alle diepten talrijk.

De auteur signaleerde in de Velsler Kom een groot zuurstoftekort in de zoute onderstroom als gevolg van vervuiling, hetgeen letaal is voor instromend marien plankton. Slechts enkele mariene soorten als *Noctiluca miliaris*, *Euterpina acutifrons* en *Tachidius littoralis* konden de ongunstige zuurstofkondities ter hoogte van Van Gelder papierindustrie gedurende langere perioden relatief goed doorstaan. Ten oosten van KM7 werd zelden marien zoöplankton aangetroffen of dit kwam door het gebrek aan zuurstof of de afnemende saliniteit is niet bekend.

Net als bij het fytoplankton komt Wibaut-Isebree Moens (1958) tot de conclusie dat er in het Noordzeekanaal, evenals voor de afsluiting van de Zuiderzee, geen sprake was van autochtoon plankton. De waargenomen soorten vormden een afspiegeling van de herkomst van plankton: de Noordzee, het IJsselmeer en de boezemwateren. De auteur veronderstelde dat de verblijftijd in het kanaal (ca. 5 dagen) te kort en de omstandigheden te ongunstig zijn om een standpopulatie op te bouwen, het plankton in het Noordzeekanaal zou slechts uit "voorbijgangsters" bestaan.

4.2 Na 1975

Na 1975 heeft er slechts een twee-tal onderzoeken aan zoöplankton plaatsgevonden. In 1981 is een zeer globale verkenning verricht door Van Urk. De meeste gegevens in dit hoofdstuk zijn echter ontleend aan Van Couwelaar (1990).

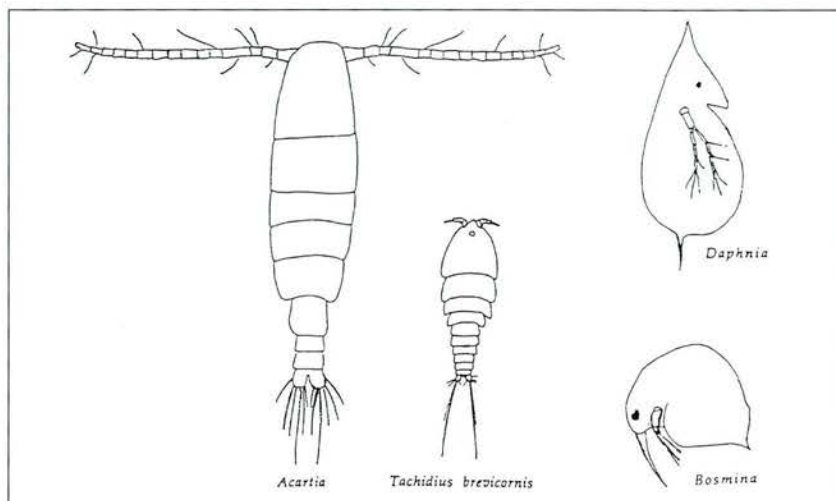
4.2.1 Algemene en bijzondere soorten

Belangrijkste groepen

De meest dominante groepen (op basis van aantalsdichtheden) zijn de Ciliata, Rotatoria (raderdiertjes) en Copepoda (roeipootkreeftjes). De grootste bijdrage aan de totale biomassa wordt geleverd door roeipootkreeftjes en raderdiertjes.

Kenmerkend voor het Noordzeekanaal-zoöplankton zijn de roeipootkreeftjes *Eurytemora affinis*, en *Acartia spp.* en de ciliaat *Tintinnopsis sp.* Deze soorten zijn typische soorten voor brakke en estuarine milieus in het Noord-Atlantische gebied. In Nederland zijn deze soorten bekend van de Westerschelde en de Eems-Dollard. *Eurytemora* is eveneens bekend van zoetere meren (Tjeukemeer, IJsselmeer). Vergeleken met andere NW-Europese lokaties, zijn de aantalsdichtheden in het Noordzeekanaal zeer hoog (Van Couwelaar, 1990). Andere belangrijke zoöplanktonsoorten zijn de raderdierjes *Brachionus*, *Keratella* en *Synchaeta*, het roeipootkreeftje *Acanthocyclops* en de watervlooien *Bosmina*, *Daphnia* en *Diaphanosoma* (Van Urk, 1981; Van Couwelaar, 1990).

Voorbeelden van de twee grotere groepen zoöplankton op het Noordzeekanaal: roeipootkreeftjes (links) en watervlooien (rechts). (ill.: M. van Couwelaar in Van Couwelaar, 1990)



Bijzonderheden

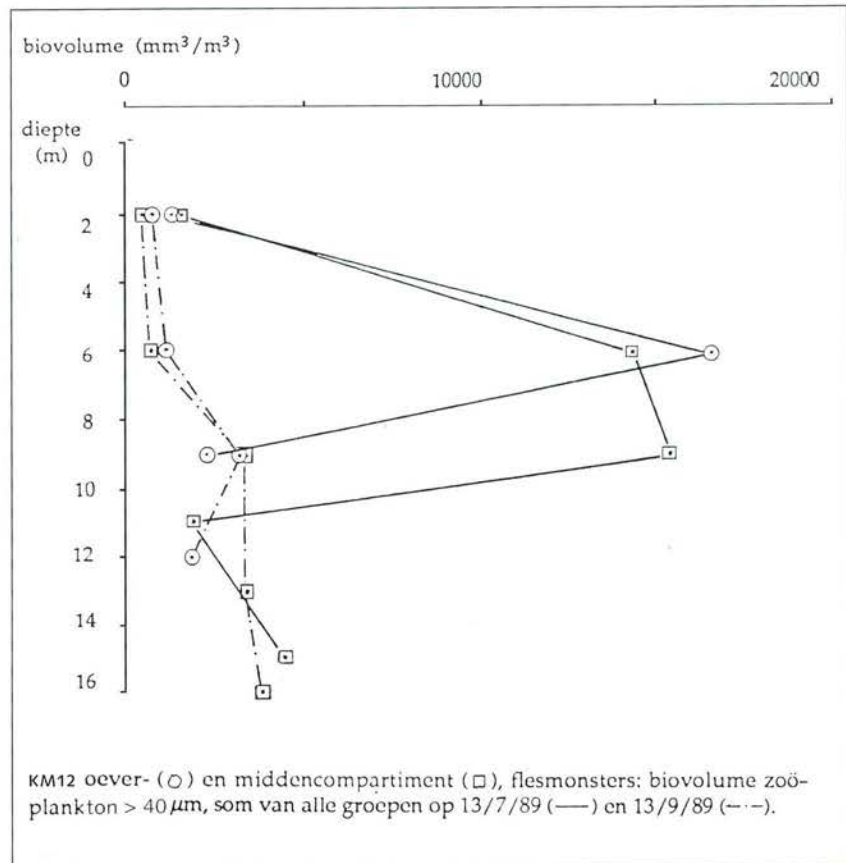
De aanwezigheid van typische brakwatersoorten en eidragende vrouwtjes (ook van mariene soorten) wijst op autochtoon Noordzeekanaal-plankton. Van Couwelaar (1990) noemt als kandidaten daarvoor: de roeipootkreeftjes *Eurytemora*, *Acartia* en *Euterpina acutifrons*; de larven van het zuiderzee-krabje *Rhithropanopeus harrisi tridentatus* en borstelwormen van de families Nereidae (zagers) en Spionidae; de ciliaat *Tintinnopsis* en het in Noordwest-Europa zeer bijzondere kwalletje *Ostroumovia inkermanica*, dat al vanaf 1959 bekend is uit het Noordzeekanaal, maar verder met name bekend is van het brakke water uit de Zwarte Zee.

4.2.2 Ruimtelijke en temporele verdeling

Geografische spreiding

In 1981 is door Van Urk een zeer globale éénmalige, verkennende bemonstering uitgevoerd waarbij het hem opviel dat de zoetwaterraderdieren *Brachionus sp.* en *Keratella sp.* en de zoetwater watervlooien *Bosmina sp.* en *Chydorus sp.* uitsluitend in de oppervlaktewatermonsters werden aangetroffen. Dat er sprake is van een geografische verdeling van het zoöplankton blijkt slechts uit waarnemingen in de zouttong. In de bodemonsters tot KM18 kwamen vooral de zeevonk *Noctiluca scintillans* en naupliuslarven van roeipootkreeftjes voor, terwijl na KM18 de ciliaat *Euplotes charon* het zoöplankton gaat overheersen. Hoewel Van Couwelaar in 1990 slechts twee lokaties heeft bemonsterd maakt hij wel melding van een geografische verdeling van het zoöplankton. Op KM22 worden meer 'zoetere' soorten aangetroffen, op KM12 worden naast typische brakwatersoorten meer mariene soorten waargenomen.

Fig. 4-1
 Biovolume van zoöplankton in relatie met de diepte (Van Couwelaar, 1990).



Verticale spreiding

Het zoöplankton in het Noordzeekanaal heeft een duidelijke heterogene verticale verdeling. In de bovenste waterlagen domineren de nauplius-larven van roeipootkreeftjes alsmede raderdiertjes en ciliaten. In de diepere delen overheersen de oudere levensstadia van roeipootkreeftjes. Deze verdeling valt samen met de verticale verdeling van het fytoplankton. Sommige soorten, waaronder de ciliaat *Tintinnopsis*, concentreren zich juist boven de zoutsprong, zo rond de 6 m diepte (Van Couwelaar, 1990).

Ook de totale biomassa van het zoöplankton is, met name in de zomer, niet homogeen over de verticaal verdeeld. Er is dan sprake van concentraties in de bovenste 8 meter, met afhankelijk van de plaats, pieken aan de oppervlakte of dieper (fig. 4-1).

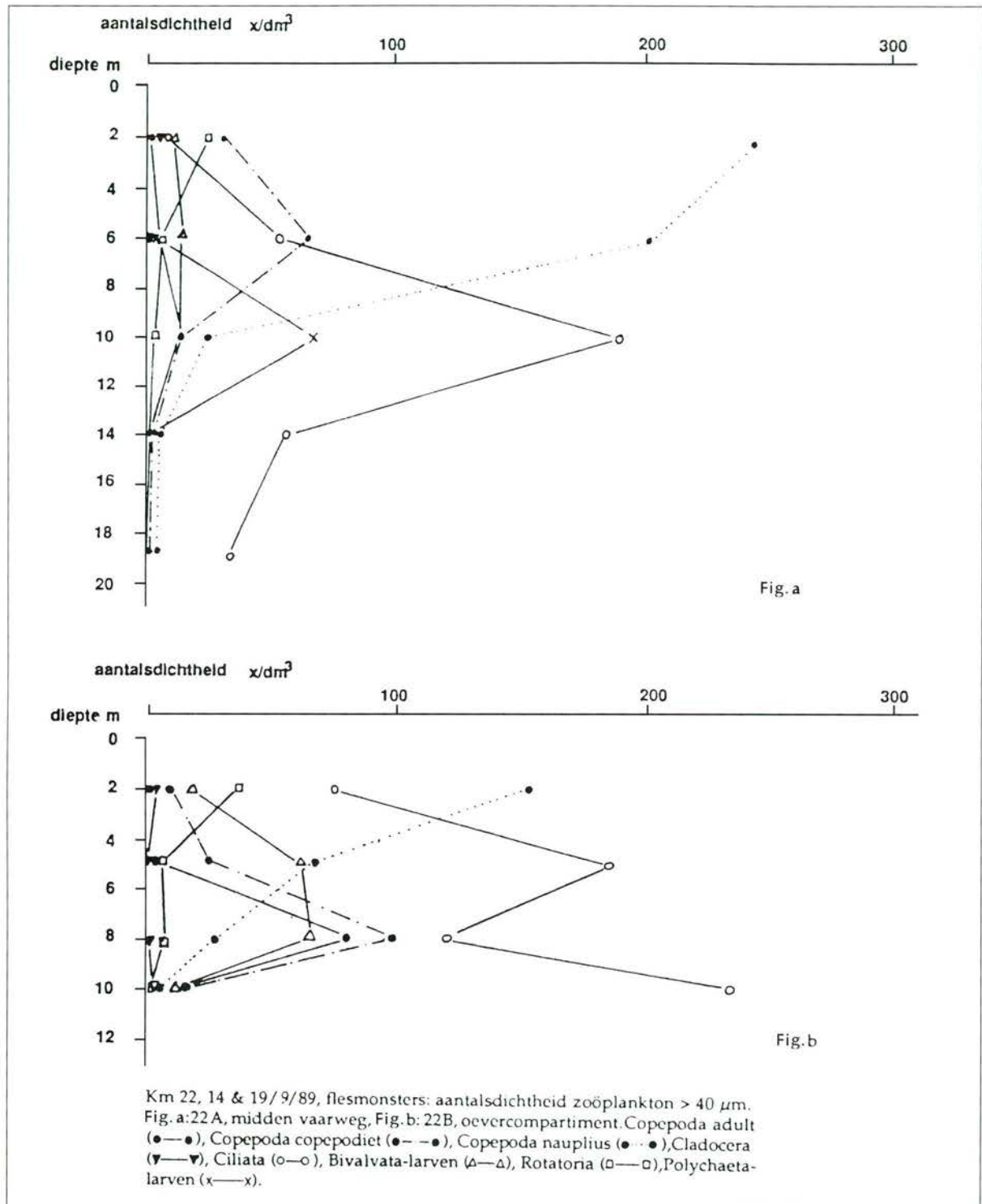
De ontwikkelingsstadia van de Copepoda zijn verticaal verschillend verdeeld: van boven naar beneden vertonen de nauplii, de copepodieten en adulten grote dichtheidsverschillen. Hier is sprake van een niche-segregatie van de verschillende levensstadia (fig. 4-2).

Volwassen roeipootkreeftjes, de belangrijkste voedselbron van planktivore vissen zoals spiering (zie hoofdstuk 6), zijn vooral geconcentreerd rond de zoutsprong, tussen 6 en 11 m diepte. Onder meer om deze reden is het gebied rond de spronglaag in ecologisch opzicht van groot belang. Er zijn aanwijzingen uit de literatuur dat dit beeld overdags anders is dan 's nachts (De Pauw, 1973). In de herfst is het zoöplankton gelijkmatiger over de verticaal verdeeld dan 's zomers (Van Couwelaar, 1990).

Periodiciteit

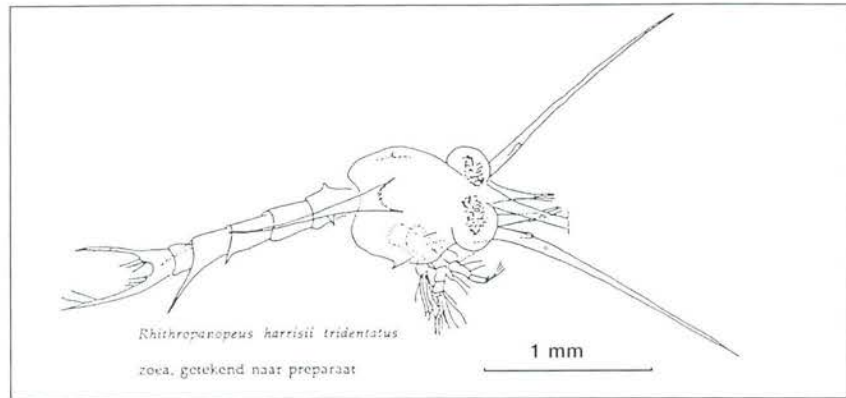
In juli zijn de waargenomen dichtheden het hoogst. In september en november zijn deze sterk afgenomen. Voor *Tintinnopsis* geldt dat deze sterk

Fig. 4-2
 Dichtheid van diverse levensstadia van
 zoöplankton in relatie met de diepte
 (Van Couwelaar, 1990).



op het aanbod van kiezelwieren en dinoflagellate algen reageert; bij *Eurytemora* speelt de temperatuur waarschijnlijk eveneens een belangrijke rol in de seizoensontwikkeling.

De larve van het zuiderzeekrabje (*Rhithropanopeus harrisi* spp. *tridentatus*). Deze lijkt sterk op de larve van de brakwaterpok (*Balanus improvisus*), die ook op het Noordzeekanaal voorkomt. Het zijn beide kreeftachtigen (Crustacea). (ill.: M. van Couwelaar in Couwelaar, 1990)



4.2.3 Relatie met abiotische factoren

Saliniteit

Er is een duidelijke relatie tussen saliniteit en soortensamenstelling, aantalsdichtheid en biomassa van zoöplankton in het Noordzeekanaal. In het middenpand van het Noordzeekanaal domineren typische brakwatersoorten en in het oostelijk deel vertegenwoordigers van het zoetere water. Ook de totale biomassa van het zoöplankton verschilt tussen die lokaties: in het middenpand is het ongeveer het dubbele van dat in het oostelijk deel van het Noordzeekanaal. Verlaagde doorspoeldebieten bij Schellingwoude in oktober 1989 werden direct zichtbaar in het zoöplanktonbeeld. Ook de verticale verdeling van het zoöplankton staat gedeeltelijk onder invloed van de in de verticaal veranderende zoutgehalten (naast voedselbeschikbaarheid en de dagelijkse verticale migratiebeweging van vooral roeipootkreeftjes) (Van Couwelaar, 1990).

Licht

Licht is van belang voor de ontwikkeling van fytoplankton, als voedselbron van zoöplankton. Daarnaast is het doorzicht bepalend voor de mogelijkheid zichtrovers (zoals spiering) te kunnen ontwijken, sommige zoöplankters blijven daartoe overdag op grotere diepte waar de lichtintensiteit lager is. De verticale migratie van zoöplankton vindt plaats onder invloed van licht; de belangrijkste stimulus is lichtintensiteit. Organismen die verticaal migreren zijn bijv. Copepoda en tintinniden (Van Couwelaar, 1990).

Zuurstof

Het zuurstofgehalte neemt in de verticaal af met toenemende diepte. Op grotere diepte (> 9 m) is het geringe zuurstofgehalte beslissend voor de verspreidingsmogelijkheden van het zoöplankton. Op KM12 zijn de zuurstofomstandigheden vlak bij de bodem niet ongunstig, dit in tegenstelling tot KM22 waar de halfjaargemiddelden tot waarden rond 0,5 mg O₂/l kunnen dalen (Vertegaal, 1988).

Temperatuur

De dichtheid van het zoöplankton neemt van juli tot november af, gelijk met een dalende watertemperatuur. Ook is de temperatuur bepalend voor de ontwikkelingssnelheid. Hiermee zijn verschillen in de tijd gemakkelijk te verklaren. Van de verticale temperatuurgradiënt zoals die tijdens het onderzoek van Van Couwelaar (1990) is vastgesteld, is niet bekend of daarmee een verklaring gegeven kan worden voor de verticale verdeling. Het voor het Noordzeekanaal belangrijke roeipootkreeftje *Eurytemora affinis*, kan zich in een tijdbestek van enkele uren aanpassen aan grote temperatuurverschillen (Bradley et al., 1988; Van Couwelaar, 1990).

4.3 Zoöplankton-gemeenschappen en voedselrelaties

Van Couwelaar (1990) onderscheidt niet expliciet afzonderlijke zoöplankton-gemeenschappen. Op basis van de resultaten van zijn (verkenning) onderzoek is dat ook niet erg goed mogelijk. Uit zijn rapportage zijn grofweg drie groepen te onderscheiden:

a) Zoetwaterzoöplankton:

De zoöplanktongemeenschap in de bovenste waterlaag van het oostelijk deel van het Noordzeekanaal wordt gekenmerkt door soorten uit het zoete water: de watervlo *Daphnia cucullata* en de raderdierdijtjes *Branchionus angularis*, *Keratella spp.*, *Polyarthra sp.* en *Trichocerca sp.*

.....
Het raderdierdijtje *Keratella sp.* komt veel voor in het zoetere oostelijk deel van het Noordzeekanaal. (foto: Thalassa Picture Services)



b) Brakwater- en estuariumbewoners:

In het middendeel van het Noordzeekanaal, rond KM12, wordt de waterkolom boven en (vooral) in de spronglaag en in het oostelijk deel van het Noordzeekanaal alleen de zone rond de spronglaag gedomineerd door roeipootkreeftjes en de ciliaat *Tintinnopsis* (een detritus- en fytoplanktoneter en op zijn beurt weer een prooiorganisme van vooral de roeipootkreeftjes). Op deze lokatie, in het brakke deel van het Noordzeekanaal, is de totale biomassa van het zoöplankton veelal aanzienlijk groter dan op KM22. Uit het oogpunt van de secundaire en tertiaire producenten (en dus ook voor de daarop gebaseerde visstand) floreert het ecosysteem dus het best in de brakke middenzone van het kanaal. Ook in kwalitatief opzicht is dat de meest waardevolle zone met grote dichtheden typische brakwater- en/of estuariumbewoners, zoals *Eurytemora* en *Tintinnopsis spp.* en, in minder grote dichtheden, *Euterpina acutifrons* en *Ostroumovia inkermanica*.

c) Zoutwaterzoöplankton:

Mariene immigranten die bij schutverliezen bij IJmuiden in het kanaal komen en daarin klaarblijkelijk goed kunnen gedijen dankzij hun tolerantie voor lagere chloriniteiten zijn ondermeer de Copepoda *Centropages spp.*, *Candacia sp.*, *Labidocera wollastoni*, *Temora longicornis*, *Calanus finnmarchicus*, *Tachidius brevicornis*, de watervlo *Podon polyphemides* en

de ciliaten *Prorodon sp.* en *Euplotes sp.* Zij worden in de zouttong tot op KM12 aangetroffen. De dichtheden van deze soorten zijn echter gering ten opzichte van de brakwatersoorten.

Voedselrelaties

Uit de literatuur is bekend dat *Eurytemora* de kiezelalgen *Coscinodiscus*, *Chaetoceros* en *Stephanodiscus* en de groenalg *Chlamydomonas* eet. De kiezelwieren *Nitzschia* en *Chaetoceros* dienen als voedsel voor onder meer *Acartia*. Deze soorten worden allen in het Noordzeekanaal aangetroffen. De volwassen exemplaren van *Eurytemora*, *Acartia* en *Temora* grazen op de grotere fytoplanktonorganismen. *Acartia* en *Temora* prefereren deeltjes $\geq 30 \mu\text{m}$, *Eurytemora* graast op deeltjes $\geq 20 \mu\text{m}$.

Acartia tonsa is omnivoor, hoewel zowel herbivorie als detrivorie is vastgesteld. Predatie op nauplii van andere Copepoda-soorten, waar onder *Eurytemora affinis*, komt voor.

Ook Van Couwelaar (1990) constateert graas van Copepoda op fytoplankton in zijn onderzoek. De auteur veronderstelt op basis van aantalsdichtheden dat de populatie van *Tintinnopsis spp.* een belangrijk onderdeel van het voedselweb van het Noordzeekanaal-ecosysteem is. De tintinniden voeden zich met detritus, bacteriën, naakte flagellaten en diatomeeën; op hun beurt zijn tintinniden voedsel voor roeipootkreeftjes en vislarven.

Van Couwelaar (1990) suggereert dat het uitblijven van fytoplankton-bloei in het Noordzeekanaal (mede) bepaald wordt door zoöplanktongraas.

Enerzijds door de graasdruk op het aanwezige fytoplankton, anderzijds doordat de zoöplanktondichtheid ook zonder fytoplanktonbloei hoog kan blijven omdat het aanwezige zwevende detritus een goed voedselalternatief is voor een deel van de zoöplanktonpopulatie.

5 Macrofauna in het Noordzeekanaal

5.1 Voor 1975

In 1934 spraken de vissers van een echt krabbenjaar. Zij ondervonden veel schade aan botnetten door de in groten getale voorkomende strandkrab (*Carcinus maenas*). Deze krabbesoort kwam in het gehele Noordzeekanaal, maar met name in het westelijke deel, in de westelijke zijkanalen en in de diepere delen, zeer algemeen voor. In 1935 echter maakten de vissers melding van enige achteruitgang van de strandkrab (Korringa, 1936). Naast de strandkrab kwam ook het zuiderzeekrabje (*Heteropanope tridentata*¹⁾) veelvuldig voor, zij het in de minder zoute delen (inclusief de zijkanalen B,C,F en I) (Korringa, 1936). Hoewel het onderzoek van Korringa en Wibaut-Isebree Moens (1936) zich richtte op de visfauna ten tijde van de afsluiting van de Zuiderzee, keken zij zijdelings naar macrofauna (bijvangst en prooidieren). Zij troffen de Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*), de brakwatersteurgarnaal (*Palaemonetes varians*) en het aasgarnaaltje (*Neomysis integer*) veelvuldig in het gehele Noordzeekanaal en zijhavens aan. In de diepere (zoute) delen, tot aan de Hembrug, vonden zij kwallen, zeeanemonen, borstelwormen (*Nereis diversicolor*/*N. succinea* en *Macropsis slabberi*) en zeesterren (*Asterias rubens*).

Door de steeds verdere verzoeting van het IJsselmeer werden de condities voor zout- en brakwaterorganismen steeds ongunstiger in het IJsselmeer en de aangrenzende (Noordhollandse) binnenwateren. Zo verdween bijvoorbeeld het zuiderzeekrabje uit deze wateren.

Een (hernieuwde) vondst van het zuiderzeekrabje in 1950 was aanleiding voor Stock en Mulder (1953) het Noordzeekanaal gedurende de jaren '50-'52 op macrofauna te inventariseren. Het Noordzeekanaal werd omschreven als een interessant studieobject, dit vooral vanwege de sterke veranderingen in het zoutgehalte op een betrekkelijk korte afstand. De zouttong kwam voorbij de Hembrug. "Als levend bewijs hiervoor kunnen dienen de slijkgarnaal *Corophium lacustre*, de vlokreeften *Gammarus zaddachi* en *G. duebeni* en de borstelworm *Nereis diversicolor* (allen dieren die water met een hoog zoutgehalte verdragen)". Andere brakwatersoorten als de brakwaterpoliep (*Cordylophora caspia*), de brakwaterpok (*Balanus improvisus*), de strandvlo *Orchestia cavimana*, het Jenkins' waterhoortje (*Hydrobia jenkinsi*²⁾) en de brakwatermossel *Congeria cochleata*³⁾ kwamen in het gehele Noordzeekanaal voor.

Zoutwatersoorten als de strandkrab, de brakwaterrolpissebed (*Sphaeroma rugicauda*), de zeemol (*Melita palmata*) en de mossel (*Mytilus edulis*) werden direkt oostelijk van de zeesluizen aangetroffen.

Noten

- 1) Sinds de ontdekking van het zuiderzeekrabje in Nederland (1874) was het krabje onder verschillende namen bekend: *Heteropanope tridentata* en *Pilumnus tridentatus*. In 1949 kon de "ware identiteit" worden vastgelegd en sindsdien is het krabje ondergebracht als *Rhithropanopeus harrisi* ssp. *tridentatus* (Adema, 1980b).
- 2) Huidige naam: *Potamopyrgus antipodarum*.
- 3) *Congeria cochleata* heet thans *Mytilopsis leucophaeta*.

Het zuiderzeekrabje (*Rhithropanopeus harrisi* spp. *tridentatus*) toont zijn vervaarlijke scharen. (foto: G. van der Velde, KUN)



In de diepere delen van het Noordzeekanaal waar weinig stroom was, was het zeer arm aan dierlijk leven: "Men vangt slechts blauwe modder, vrijwel zonder leven erin. Heel anders is het op de plaatsen, waar wel stroom is. Daar is de bodem, juist op grotere diepte, erg rijk. Eén enkele hap van de bodemhapper leverde op 18 m diepte, juist landinwaarts van de IJmuider Middensluis, honderden schelpkokerwormen (*Lanice*) op, waartussen een gekrioel van andere borstelwormen. Op een andere plaats werd, op ongeveer dezelfde diepte, een mosselbank aangetroffen. Op de mossels -en daartussen- dieren in velerlei soorten" (Stock en Mulder, 1953).

5.2 Na 1975

Schaap (1981) constateerde tijdens zijn onderzoek naar vissen in het Noordzeekanaal, waarin hij ook prooidieren betrok, dat de zuurstofgehalten bij de bodem in oostelijke richting snel af namen. "Het resultaat daarvan is dat de bodem van de gehele vaargeul bedekt is met een stinkende zuurstofloze laag zwart slib, waarin bijna geen organismen gevonden zijn. Een uitzondering vormde het gebied tussen KM5 en KM10 waar enkele borstelwormen (Polychaeta) werden aangetroffen." Op de ondiepere taluds (tot KM18) werden daarentegen soms zeer grote aantallen borstelwormen, vlokreeften (*Corophium volutator*, *Gammarus tigrinus*) en havenpissebedden (*Ligia oceanica*) aangetroffen. Deze laatste soort werd door Stock en Mulder (1953) alleen aan de zeezijde waargenomen. "Zoetwaterorganismen kwamen sporadisch en in geringe aantallen voor. De enige uitzondering was het grote aantal slakken (*Bythinia tentaculata*) bij KM8" (Schaap, 1981).

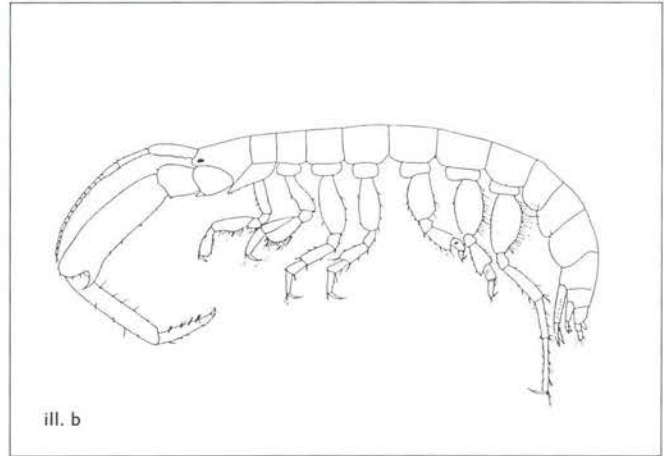
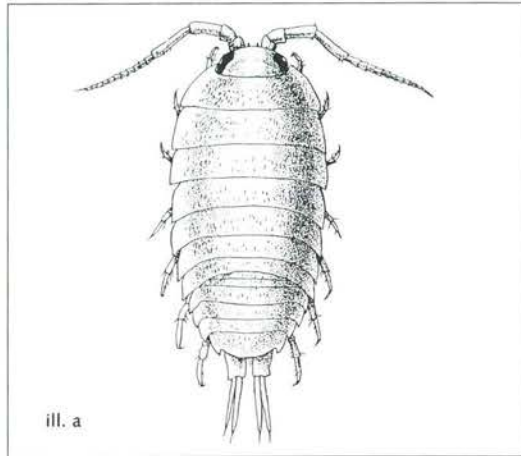
Omdat er, behalve de waarnemingen van Schaap (1981) geen gegevens beschikbaar waren over het voorkomen van macrofauna in het Noordzeekanaal zijn hiertoe in 1987 en 1988 inventarisaties uitgevoerd. Van Couwelaar en Van Dijk inventariseerden in 1987 (1988) macrofauna-organismen in de oeverzone (tot ca. 1 m diepte) van het Noordzeekanaal, en in 1988 (1989) die van de zijkanalen. Peeters onderzocht in 1988 het voorkomen van macrofauna op grotere diepten. Een lijst van alle sinds 1975 in het Noordzeekanaal aangetroffen soorten is weergegeven in bijlage 7a.

.....
III.a:

Ligia oceanica, de havenpissebed. Leeft tussen het stortsteen van het Noordzeekanaal net boven de waterlijn. De soort is algemeen op dijken en havenhoofden en kan tot drie centimeter groot worden. (ill.: uit Holthuis, 1956)

III.b:

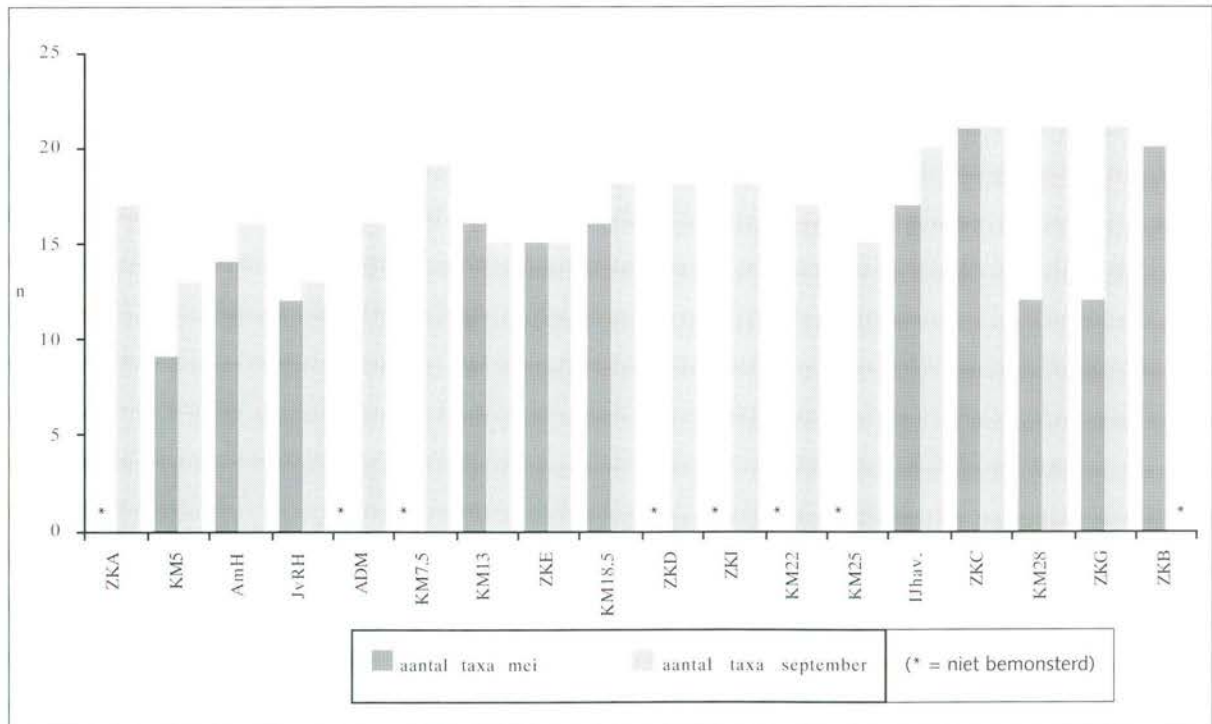
De slijkgarnaal, ook wel langsprietkreefje genoemd, bouwt zijn kokervormig huisje stevig aan het stortsteen in de oeverzone, of in het slib dieper in het kanaal. Afgebeeld is *Corophium volutator*, een zoutminnende vertegenwoordiger van dit genus op het Noordzeekanaal. Lengte ca. 1 cm. (ill.: uit Pinkster e.a., 1986)



Van Couwelaar en Van Dijk (1989) constateerden dat het aantal soorten (fig. 5-1), de biomassa en de aantalsdichtheden van een soort in het najaar (september) groter zijn dan in het voorjaar (mei). Ook namen zij een groter aantal soorten op hard substraat ten opzichte van zacht substraat waar. De macrofauna in het Noordzeekanaal is, net als dat voor veel andere dieren- en plantengroepen geldt, als direct gevolg van de sterke variatie in

.....
Fig. 5-1

Het aantal soorten macrofauna op hard substraat aangetroffen door Van Couwelaar en Van Dijk (1989).



omgevingsfactoren erg gevarieerd. Saliniteit en substraattype zijn de sterkst sturende milieufactoren. Daarnaast speelt het gehalte aan organisch koolstof (en daarmee samenhangend zuurstof en korrelgrootte) een belangrijke rol bij het voorkomen en verspreiding van organismen (Peeters, 1988).

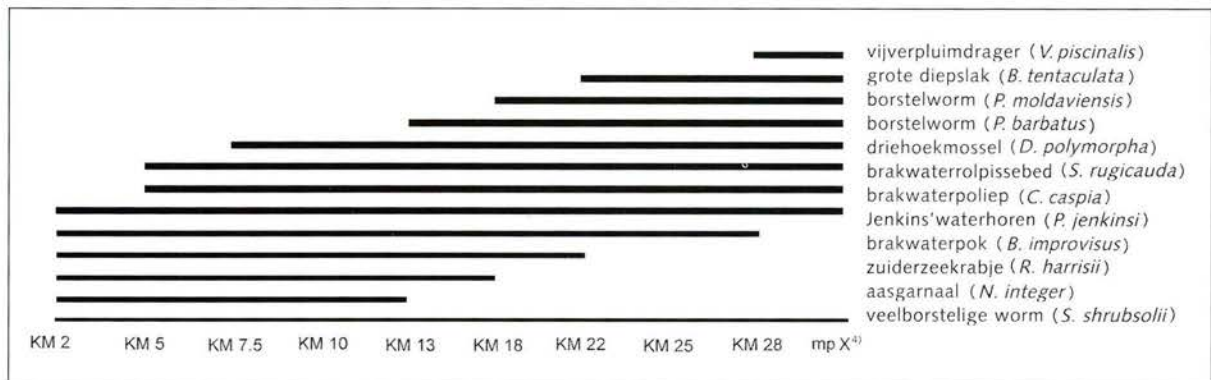
5.2.1 Macrofaunasamenstelling en zoutgehalte:

Invloed horizontale zoutgradiënt

De macrofaunagemeenschappen worden primair beïnvloed door de aanwezige chloride-gradiënt. In het westelijke deel van het Noordzeekanaal worden zout- en brakwaterorganismen aangetroffen. In het oostelijke deel zijn voornamelijk zoetwaterorganismen aanwezig. In het middendeel zijn de levensgemeenschappen mengvormen van soorten mariene, brakke en zoetwaterorganismen.

Fig. 5-2

Het voorkomen van enkele macrofauna-soorten langs de zoutgradiënt in de oeverzone van het Noordzeekanaal.



In bijlage 7b is aangegeven op welke lokaties de diverse organismen zijn aangetroffen. Soorten waarvan slechts één exemplaar is waargenomen zijn niet in de bijlage opgenomen. In bijlage 7c staan alleen de soorten uit het kanaalpand, zodat een beeld wordt verkregen over het voorkomen ervan langs de zoutgradiënt. In figuur 5-2 is dit voor een aantal macrofaunasoorten grafisch weergegeven.

Doordat sommige zoutwatersoorten tolerant zijn voor lagere chloridegehalten en sommige zoetwatersoorten tolerant zijn voor hogere chloridegehalten, is het mogelijk dat zout-, brak- en zoetwatersoorten naast elkaar in de oeverzone leven. Er komen min of meer 'euryhalie' soorten voor; zij worden in de oeverzone van het gehele Noordzeekanaal aangetroffen. Voorbeelden hiervan zijn het Jenkins' waterhoortje (*Potamopyrgus jenkinsi*), de brakwatermossel (*Congeria cochleata*) en de tijgervlokreeft (*Gammarus tigrinus*). Mariene borstelwormen als *Nereis succinea*, *Streblospio shrubsolii* en *Pelosclex benedeni*⁵⁾ worden tot KM13 aangetroffen. Er zijn brakwatersoorten die in het zoute tot brakke gedeelte van de oeverzone worden aangetroffen zoals de aasgarnaal (*Neomysis integer*) (tot KM22), het zuiderzeekrabje, de brakwaterpok (*Balanus improvisus*) en de slijkgarnalen *Corophium lacustre* en *C. multisetosum* (tot KM25). Maar er zijn ook brakwaterorganismen die in de brakke tot licht brakke delen van het Noordzeekanaal worden aangetroffen, bijv. de brakwaterrolpissebed (*Sphaeroma rugicauda*) (vanaf

Noten

4) Dit monsterpunt ligt net ten westen van de Oranjesluizen.

5) Thans: *Tubificoides benedeni*.

.....
De driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) is een vertegenwoordiger van de zoetwaterfauna. Het is, zoals meer soorten op het kanaal, een immigrant die in de eerste helft van de vorige eeuw in Nederland terecht is gekomen. (foto: TPS, E. Sterckel)



.....
De garnaal (*Crangon crangon*) is een zoutwatersoort die zeer algemeen is op het Noordzeekanaal. Het is belangrijk voedselbron voor zee- en brakwatervis. De garnaal wordt geboren als mannetje, het geslacht wordt vrouwelijk als ze ouder worden. (foto: TPS, F. Engelsma)



KM5), het vlokreeftje *Gammarus duebeni* (vanaf KM7,5) en de brakwaterpissebed *Cyathura carinata* (tussen KM13 en KM18,5). Daarnaast zijn er limnische (zoetwater) soorten met een chloridetolerantie zoals de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) en de zoetwaterspons *Ephydatia fluviatilis* (vanaf KM7,5), de borstelwormen *Psammoryctides barbatus* (vanaf KM13) en *Potamothrix moldaviensis* (vanaf KM18).

Oecologische tweelingen

In het Noordzeekanaal wordt het fenomeen aangetroffen dat door Stock en Mulder (1954) het voorkomen van 'oecologische tweelingen' genoemd wordt. Oecologische tweelingen zijn soorten die in verschillende milieus (zout - brak - zoet) dezelfde niche innemen; deze soorten beconcurreren elkaar dan ook. Dit kunnen systematisch verwante soorten zijn zoals de slijkgarnalen *Corophium volutator* (zout) versus *C. multisetosum* (brak). Maar ook minder verwante soorten als de slakken *Hydrobia ulvae* (wadslakje) versus *Potamopyrgus jenkinsi* (Jenkins' waterhoortje) en de brakwatermossel (*Congeria cochleata*) (fig. 5-3) versus de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) (zoet) (fig. 5-4).

Fig. 5-3

De dichtheid van de brakwatermossel (*Congeria cochleata*) op hard substraat (bron: Van Couwelaar en Van Dijk, 1989).

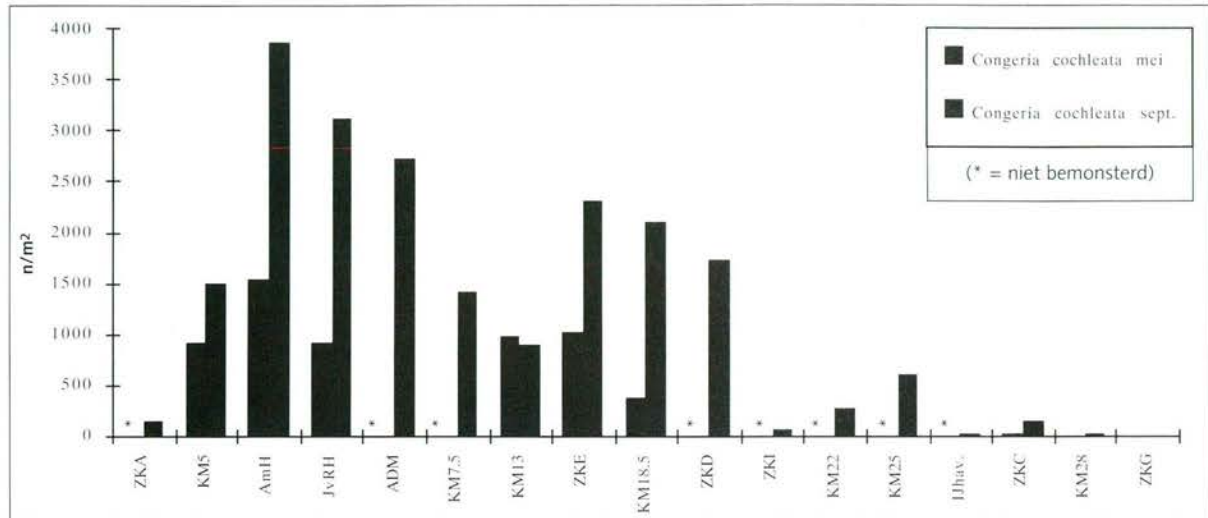
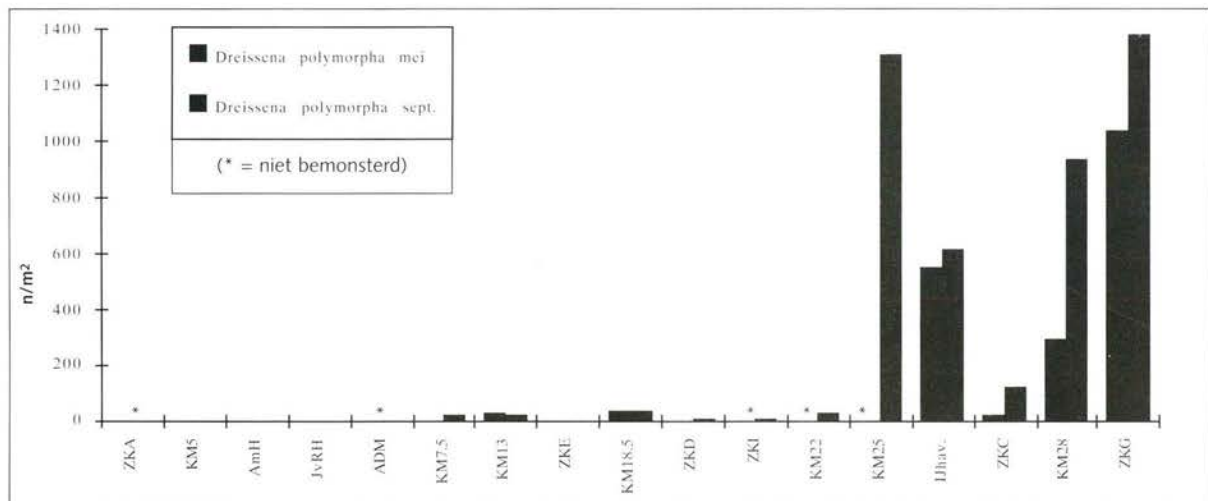


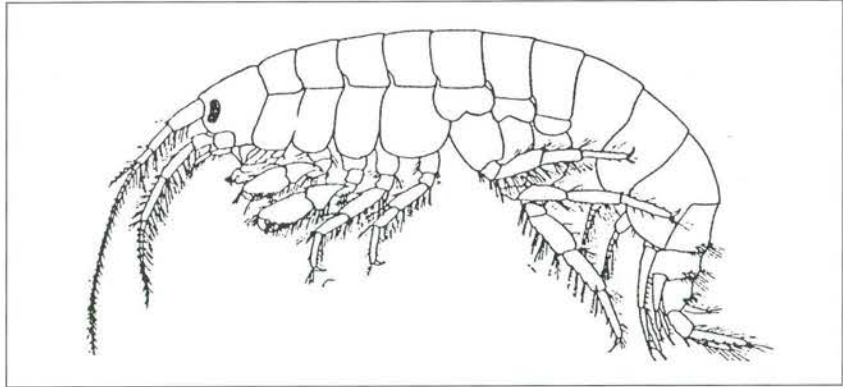
Fig. 5-4

De dichtheid van de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) op hard substraat (bron: Van Couwelaar en Van Dijk, 1989).



De brakwatermossel wordt in zeer grote dichtheden in de oeverzone van het Noordzeekanaal waargenomen. Met afnemend zoutgehalte neemt eveneens de dichtheid af. De plaats wordt geleidelijk overgenomen door de driehoeksmossel; een zoetwatersoort met enige zouttolerantie (bovengrens 3000 mg Cl⁻/l (Remane, 1971) (fig. 5-5) *Gammarus tigrinus* en *G. duebeni* is sprake van concurrentie. Hoewel beide soorten euryhalien zijn, wordt *G. duebeni* weggeconcurrerd door de zich veel sneller reproducerende *G. tigrinus* (resp. 1 en 16 generaties per jaar) (Pinkster et al., 1977 in Van Couwelaar en Van Dijk, 1988). *G. duebeni* is echter wel beter bestand tegen chemische en mechanische verstoringen en kan zich daardoor waarschijnlijk gemakkelijker in het Amsterdamse havengebied handhaven (Van Couwelaar en Van Dijk, 1988; 1989).

Gammarus duebeni is een vlokreeft die vanaf de jaren zestig in Nederland is teruggedrongen door vooral *G. tigrinus*, de tijgervlokreeft. De laatste soort heeft in vergelijking *G. duebeni* een hele hoge reproductiesnelheid. Ook op het Noordzeekanaal is *G. duebeni* verdrongen door *G. tigrinus*, die er nu algemeen voorkomt. Vlokreeften worden 1,5 tot 2 cm groot. (ill.: uit Schellenberg, 1942)



Invloed verticale zoutgradiënt

De zoutgradiënt bepaalt niet alleen het voorkomen van organismen in oost-west richting, maar ook in verticale richting. Hoewel er weinig gegevens beschikbaar zijn (alleen Peeters (1988) heeft organismen in de verticaal onderzocht) is er ook een verticale gradiënt zichtbaar (bijlage 7d).

Enkele mariene soorten zoals de borstelwormen *Peloscolex shrubsolii* en *Tharyx marioni* en een aantal mariene tweekleppigen worden alleen in de onderste waterlagen aangetroffen. Andere soorten waaronder juveniele vlokreeften (Gammariden), *Gammarus tigrinus* en (larven van) het zuiderzee-krabje (Peeters, 1988; Van Couwelaar, 1990) worden over een grote lengte op een diepte van < 4 m aangetroffen. Terwijl er ook soorten zijn die slechts in het oostelijke deel op een diepte van < 4 m voorkomen.

Dominante factor: fluctuatie zoutgehalte

Diverse onderzoekers hebben tijdens hun onderzoek chloridemetingen verricht, en het voorkomen van bepaalde organismen aan gemiddelde chloridegehalten gekoppeld. Dit is echter niet juist. In het Noordzeekanaal kunnen grote temporele schommelingen in het zoutgehalte optreden (§ 2.2.1 en bijlage 3), vooral als gevolg van de wind en het gevoerde inlaatbeleid. Het zijn met name deze fluctuaties die het voorkomen van organismen bepalen. Van Couwelaar en Van Dijk (1989) constateerden een toenemende instabiliteit van het chloridegehalte bij afnemende chloridegehalten. Het effect van uitschieters is groter bij lage chloridegehalten dan bij hoge chloridegehalten. Dergelijke uitschieters zijn te vinden in de buurt van inlaatpunten van zoet water, met name in Zijkanaal C, de Amerikahaven en op KM25 en KM28.

Zijkkanalen en havens

De samenstelling van de macrofauna van de zijkkanalen verschilt ten opzichte van elkaar en ten opzichte van het Noordzeekanaal. Op de meeste zijkkanalen wordt polderwater uitgeslagen. Afhankelijk van het debiet en de variatie daarin wordt in het ene zijkanaal een min of meer zout tot brakke levensgemeenschap en in het andere zijkanaal een zoetere levensgemeenschap aangetroffen. Hierdoor kan de aanwezigheid van een brakwatergemeenschap in Zijkanaal K en een zoetwatergemeenschap in het veel westelijker gelegen Zijkanaal G worden verklaard.

Ook de samenstelling van de macrofaunagemeenschappen in de havens (Amerikahaven, Jan van Riebeeckhaven en IJhaven) verschillen van elkaar. In de Amerikahaven wordt een brakwater- tot zoutwatergemeenschap aangetroffen. In de Jan van Riebeeckhaven wordt de samenstelling van de levensgemeenschap in grote mate beïnvloed door het geloosde koelwater van de UNA-centrale Hemweg. In de IJhaven wordt beneden 9 m diepte in het geheel geen macrofauna aangetroffen.

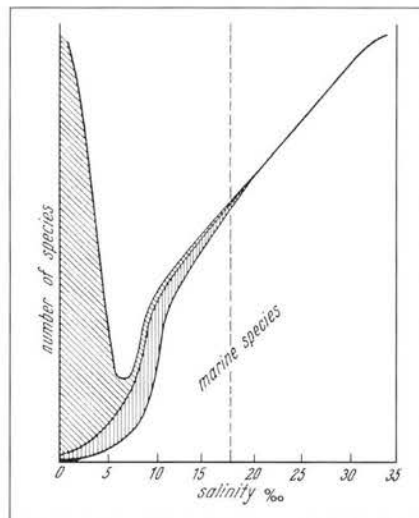
Invloed substraattypen

Behalve door de saliniteit wordt het voorkomen van macrofauna in sterke mate bepaald door het substraattypen. Soorten als de brakwaterpok (*Balanus improvisus*), de brakwaterpissebed *Cyathura carinata*, het bronblaas-horenslakje (*Physa fontinalis*) en de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) zijn alleen op hard substraat waargenomen. Ook komen soorten voor die gebonden zijn aan zacht substraat zoals borstelwormen (*Nereis sp.*, *Polydora*, *Streblospio shrubsolii*). Andere soorten waaronder de libel *Ischnura elegans*, de bloedzuiger *Piscicola geometra* en de platworm *Polycelis nigra* worden juist in aanwezigheid van waterplanten aangetroffen.

'Kromme van Remane'

In gebieden met een saliniteit tussen zout en zoet liggen voor de meeste aquatische macrofauna kritische saliniteitsgrenzen, die hun voorkomen limiteren. In het algemeen is er een verloop in het aantal soorten conform de kromme van Remane (Remane, 1971) (fig. 5-5). In het mariene milieu worden de meeste soorten aangetroffen. Naarmate het brakker wordt neemt het aantal soorten sterk af doordat de verlaagde chloridegehalten voor vele van oorsprong mariene soorten een kritische grens vormen. Het minimum aantal soorten wordt gevonden bij ca. 5 ‰ S ($\approx 3000 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$), het zgn. brakwaterminimum (Remane, 1971). Rond dit punt treden grote veranderingen op in de chemische samenstelling van het water. Met name deze chemische veranderingen zouden de primaire oorzaak zijn van de ecofysiologische barrière die het voorkomen van macrofauna bepaald.

Fig. 5-5
Aantal soorten macrofauna in relatie met de saliniteit (Remane, 1971)



Number of species in relation to salinity. The graph has been based on numerous single records. Obliquely hatched: proportion of fresh-water species. Vertical hatching: proportion of specific brackish-water species. Light: Marine species. In each case the number of species corresponds to the vertical extent of the respective area. After REMANE 1934.

Geen van de onderzoekers heeft in het Noordzeekanaal een duidelijk brakwaterminimum waargenomen (Van Couwelaar en Van Dijk, 1988; 1989; Peeters, 1988). Hiervoor kunnen twee verklaringen zijn:

- de gemiddelde chlorideconcentratie van $3000 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$ ligt ten westen van KM2 (zie hoofdstuk 2) en daarmee moet het brakwaterminimum ook verder westwaarts gezocht worden.
- in het Noordzeekanaal wordt het brakwaterminimum-'effect' overschaduwd door andere omgevingsfactoren: de chloridefluctuaties (welke als gevolg van het gevoerde beheer groot kunnen zijn) waardoor het brakwaterminimum niet vast op één plaats ligt, de afwezigheid van substraat (met name planten) en industriële activiteiten zodat er sprake is van een al verarmde levensgemeenschap.

Bijzonderheden

Het voorkomen van typische brakwatersoorten en Zuiderzeerelicten draagt bij aan de bijzondere natuurwaarde van het Noordzeekanaal. Enkele soorten die destijds in de Zuiderzee voorkwamen en die zich in het Noordzeekanaal hebben kunnen handhaven zijn: het zuiderzeekrabje (*Rhitropanopeus harrisii* ssp. *tridentatus*), *Streblospio shrubsolii* (een veelborstelige borstelworm), en de nematoden *Sabatieria pulchra* en *Terschellingia communis*.

Ook komen in het Noordzeekanaal minstens vijf voor Nederland zeldzame soorten voor: het al eerder genoemde zuiderzeekrabje, *Cyathura carinata* (een waterpissebed-achtige welke ook als zeldzaam voor het Noordzeekanaal geldt), de brakwatermossel *Congerina cochleata*, de muggelarf *Telmatogeton* sp. en *Manayunkia aestuarina* (een veelborstelige borstelworm).

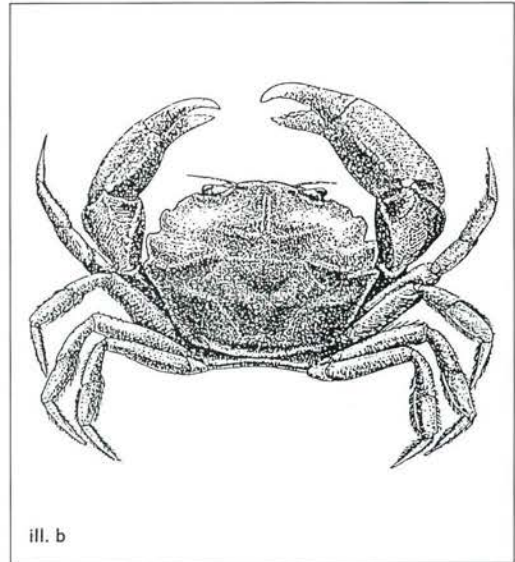
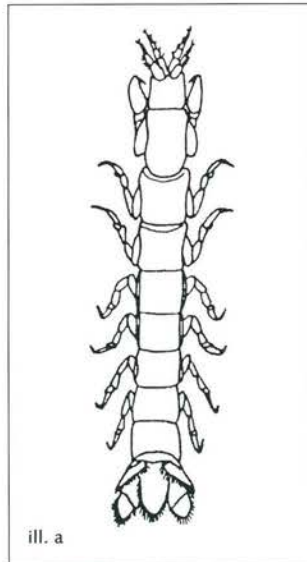
Opmerkelijk is dat waterinsekten die hogere zoutgehalten tolereren, zoals wantsen, kevers, kokerjuffers en een aantal muggelarven vrijwel afwezig zijn in het Noordzeekanaal. Ook in met riet begroeide delen is dit het geval (Peeters, 1988). Dit duidt er op dat ook andere factoren dan de aanwezigheid van waterplanten alleen hierin een rol spelen, zoals b.v. golfslag, de afwezigheid van zachte oevers en de aanwezigheid van microverontreinigingen in zwevend stof en water.

.....
III. a:

Bovenaanzicht van de pissebedachtige *Cyathura carinata*. In de voormalige Zuiderzee kwam deze brakwatersoort veel voor. Tegenwoordig is de soort zeldzaam en wordt ze als overblijfsel van de Zuiderzee fauna ook op het Noordzeekanaal hier en daar aangetroffen. Lengte ca. 1,5 cm. (ill.: uit Holthuis, 1956)

.....
III. b:

Van oorsprong is het zuiderzeekrabje (*Rhitropanopeus harrisii* ssp. *tridentatus*) een immigrant uit Amerika, die in 1874 voor het eerst in Zuiderzee is aangetroffen. Op het Noordzeekanaal is en in het delta-gebied is de soort algemeen. Het miniaturkrabje wordt tussen de 2 en 3 cm breed en komt veel voor in de oeverzone tussen het stortsteen. Het is een alleseter die leeft van wier en insecten. (ill.: P. 't Zelfde in Holthuis e.a., 1986)



5.2.2 Biomassa

Tijdens de macrofauna-inventarisaties in 1987/88 zijn door de onderzoekers verschillende bemonsteringsmethodieken gehanteerd. Hierdoor kunnen kwantitatieve waarden uit de verschillende onderzoeken niet met elkaar worden vergeleken. Slechts de resultaten uit één onderzoek zijn onderling te vergelijken. Hoewel de aantallen en biomassa niet in eenduidige getallen zijn uit te drukken, is er wel een tendens waarneembaar.

Boven aan het talud wordt de grootste biomassa aangetroffen. De totale biomassa neemt op alle diepten in oostelijke richting af. De biomassa wordt vooral bepaald door Mollusca (slakken en mossels) en Amphipoda (vlokreeften). De diverse diergroepen hebben een optimum op een bepaalde diepte of in een bepaald gedeelte van het Noordzeekanaal (Tabel 5-1). Door zuurstofgebrek is in de diepe bodems (>9 m diepte) van Het IJ en het oostelijk havengebied geen macrofaunaleven mogelijk (azoïsch) (Schaap, 1981; Peeters, 1988).

Tabel 5-1

Overzicht van de plaatsen met een hoge biomassa van de diverse diergroepen in het Noordzeekanaal. (Peeters, 1988)

Diergroep	Diepte				Noordzeekanaal-deel		
	< 4m	4-9m	9-12m	> 12m	West	Midden	Oost
Bivalvia (tweekleppigen)	*				*		*
Gastropoda (slakken)	*	*			*	*	
Corophidae (langsprietten)	*	*			*	*	*
Gammaridae (vlokreeften)	*	*			*	*	*
Oligochaeta (borstelwormen)	*	*	*	*	*	*	*
Polychaeta errantia (veelborstelige worm)			*		*	*	
Polychaeta sedentari (veelborstelige worm)			*	*	*	*	

West : KM 02, KM 10 en Zijkanaal C

Midden : KM 13, KM 18,6, Amerikahaven, Jan van Riebeeckhaven

Oost : KM 25, KM mpX, IJhaven, Zijkanaal G

5.3. Macrofaunagemeenschappen en voedselrelaties

De volgende soorten komen in het gehele Noordzeekanaal voor (behalve op de azoïsche lokaties) en maken deel uit van alle daar voorkomende levensgemeenschappen:

Potamopyrgus Jenkins' (Jenkins' waterhoortje)

Corophium multisetosum (langsprietkreeftje)

Gammarus tigrinus (tjigervlokreeft)

Tubificidae (weinigborstelige worm)

Ze worden hieronder als 'euryhaliene soorten' aangeduid. In het Noordzeekanaal zijn vier macrofaunagemeenschappen te onderscheiden:

a) Zoutwatergemeenschap:

De zoutwatergemeenschap wordt gedomineerd door borstelwormen waaronder *Pelosclex benedeni*, *Streblospio shrubsolii*, *Polydora sp.* en *Nereis succinea*. Specifiek voor deze zoute levensgemeenschap zijn de borstelwormen *Tharyx marioni*, *Ampharete sp.*, *Spionidae sp.* en mariene tweekleppigen. Deze levensgemeenschap leeft in het polyhaliene westelijke deel van het Noordzeekanaal (KM2-KM13/Amerikahaven) op diepere delen (ca. 9-15 m) met matig tot veel organisch koolstof en voldoende zuurstof.

b) Soortenrijke zout/brakke gemeenschap:

Naast de al eerder genoemde euryhaliene soorten bestaat deze levensgemeenschap uit brak- en zoutwaterwormen (*Pelosclex benedeni*, *Tubifex costatus*, *Polydora sp.* en *Nereis succinea*), slijkgarnalen (*Corophium multisetosum* (veel) en *C. lacustre* (minder)), *Gammarus tigrinus* (vlokreeft), *Balanus improvisus* (brakwaterpok) en *Congeria cochleata* (brakwatermossel). Deze levensgemeenschap bewoont het poly- tot mesohaliene deel van het Noordzeekanaal (ondiepere delen tot 10 m tussen KM2 en KM18,5) met weinig organisch koolstof.

c) Soortenarme brakwatergemeenschap:

De brakwatergemeenschap komt voor in het mesohaliene deel van het Noordzeekanaal: Zijkanaal C, de ondiepere delen van het westelijk havengebied van Amsterdam en de diepere delen van Het IJ (KM25) tot 10 m) met

voldoende zuurstof en kan een hoog gehalte aan organisch koolstof verdragen. De levensgemeenschap wordt gedomineerd door de slijkgarnalen *Corophium multisetosum* en *C. lacustre*, de vlokreeft *Gammarus tigrinus* en de brakwatermossel (*Congeria cochleata*) en de in het gehele Noordzeekanaal voorkomende bovengenoemde euryhaliene soorten.

d) Zoetwatergemeenschap:

De zoetwatergemeenschap bewoont de oligo- tot zwak mesohaliene ondiepere delen in het oostelijke Noordzeekanaal (tot ongeveer KM18,5) en de water-aanvoerende zijkanalen B, C en G (op ca. 2-7 m diepte). In deze soortenrijke levensgemeenschap domineren zoetwaterwormen (*Nais cf pardalis*, *Stylaria lacustris* en *Tubifex sp.*), pluimmuggen (*Chironomus plumosus*, *Procladius sp.* en *Glyptotendipes sp.*), de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) en het zoetwaterslakje *Valvata piscinalis*. Ook de eerder genoemde euryhaliene soorten maken nog een belangrijk aandeel van deze levensgemeenschap uit.

Lokaties zonder macrofaunagemeenschappen

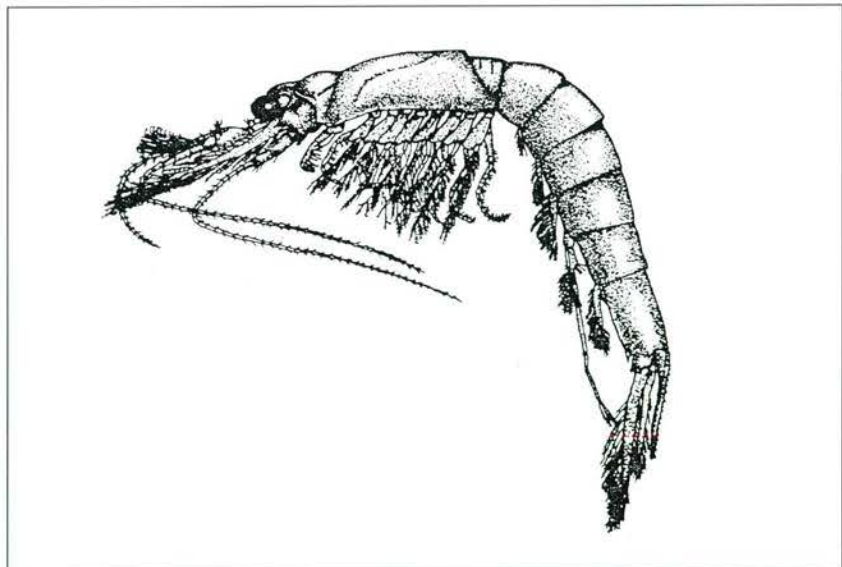
In de diepere delen (ca. > 9 m) van Het IJ en de Amsterdamse havens is het zuurstofloos en komt geen macrofauna voor.

Voedselrelaties

Macrofauna is van belang als voedsel voor onder meer vis. De larven van driehoeksmosselen, wormen, muggenlarven en vlokreeften maken een belangrijk deel van het voedsel van vele vissoorten uit. In het Noordzeekanaal zijn het aasgarnaaltje *Neomysis integer*, vlokreeften, wormen, mosselen en slakken de voornaamste prooidieren (Stock en Mulder, 1953; Schaap, 1981). Daarnaast zijn mosselen en slakken 'in trek' bij sommige duikeenden (kuifeend, tafeleend, brilduiker). Met name de kuifeend staat bekend als consument van de driehoeksmossel, maar het is goed mogelijk dat de kuifeend als alternatief ook de brakwatermossel eet (Wattel, in Van Couwelaar en Van Dijk, 1988).

De biomassa van de Mollusca is in het middengedeelte van het Noordzeekanaal het hoogst. Dit gedeelte zou daardoor een belangrijk foerageergebied voor vissen en vogels kunnen zijn (Peeters, 1988).

.....
De aasgarnaal (*Neomysis integer*).
Lengte ca. 1,5 -2,5 cm. (ill.: uit
Borghouts-Biersteker, 1983)



Jonge mosselen en slijkgarnalen zijn in groten getale aan de onderzijde van stenen aangetroffen, echter niet aan de bovenzijde. Dit zou het gevolg kunnen zijn van graas door vissen en vogels (Peeters, 1988).

De aasgarnaal (*Neomysis integer*) kwam in 1988 in grote dichtheden voor in het Noordzeekanaal. Het was nagenoeg het belangrijkste voedselorganisme voor vissen (Van Beek en Meijer, 1989). In 1989 werd *Neomysis integer* in het gehele zomerhalfjaar nauwelijks waargenomen.

Dit kan door meerdere oorzaken komen, eventueel in combinatie met elkaar: wisselingen in de zouthuishouding, temperatuur of een verhoogde predatie. De laatste faktor kan ook zelf door de temperatuur worden beïnvloed (bijvoorbeeld groot aanbod van jonge snoekbaars in het voorjaar van 1989 (Peeters, 1989).

6 Vissen in het Noordzeekanaal

6.1 Voor 1975

Tot 1921 was het Noordzeekanaal nagenoeg een zoetwatergebied (Korringa, 1936). Typische zoetwatervissen kwamen in grote getale voor zoals karper (met name grote vangsten bij Nauerna en zijkanaal I), brasem, voorn, baars, zeelt, snoek en grondel. Vooral de met riet omzoomde zijkanalen waren een geliefkoosde verblijfplaats voor Cypriniden (karperachtigen) (Korringa, 1936). Daarnaast kwamen ook minder uitgesproken zoetwatersoorten voor als snoekbaars en aal naast enkele brakwatervissen. Juist binnen de Oranjesluizen, in Het IJ, deed zich -op geringere schaal- een situatie voor die vergelijkbaar is met wat er zich nu bij IJmuiden afspeelt: via de schutsluizen konden zoutwatervissen binnenkomen. Dit was bijvoorbeeld het geval met ansjovis en jonge zuiderzeeharing, die als aasvis bevestigd werd.

Na 1921 trad een sterke verzilting op door het inlaten van zout water, waardoor de zoetwaterfauna nagenoeg geheel werd uitgeroeid (Korringa, 1936). In het Noordzeekanaal is de oude toestand nooit geheel teruggekeerd. Vissen als snoek, rietvoorn, zeelt, grondel en karper zijn sindsdien verdwenen en worden nog slechts zelden (door het uitmalen van boezems) aangetroffen. Baars, blankvoorn, brasem, kolblei en snoekbaars zijn weer teruggekeerd, zij het alleen in de zoetere delen van het Noordzeekanaal.

Terwijl de visfauna zich langzaam herstelde van de verzilting werd, als gevolg van grote, ongezuiverde lozingen van zuurstofverbruikende stoffen door de toenemende industrialisatie langs het Noordzeekanaal (met name rond IJmuiden), de waterkwaliteit steeds slechter. Omstreeks 1930 was hierdoor de gehele Noordzeekanaalboezem zodanig vervuild dat deze voor alle vissoorten, zelfs aal, onbewoonbaar was geworden (Korringa, 1936). Vooral door het omleiden van een lozingspijp van de Papierfabrieken van Van Gelder naar de Noordzee, herstelde de visstand zich daar weer langzaam. Dit herstel was rond 1935 nog in volle gang, zodat het door Korringa geschetste beeld geen gestabiliseerde situatie betrof.

Van de visstand in het buitenhavengebied destijds is niet veel bekend. Intrek van glasaal, bot en haring was er van economisch belang. Sinds de vestiging van de Hoogovens zou er verarming van de visstand zijn opgetreden. Het verdwijnen van makreel en pieterman (daarvoor talrijk voorkomende soorten) wordt door Korringa (1936) aan de Hoogoven-emissies toegeschreven.

Na de afsluiting van de Zuiderzee was bot, na paling, de belangrijkste economische vis van het Noordzeekanaal. Deze in het gehele gebied veelvuldig voorkomende vissoort zou via IJmuiden het Noordzeekanaal binnenkomen en zich tot aan Schellingwoude verspreiden. De vissers waren van mening dat althans een deel van de bot binnen de sluizen paaide (Korringa, 1936). Het dikkopje en in mindere mate spiering en driedoornige stekelbaars behoorden in het westelijke deel van het Noordzeekanaal tot de algemene zoetwatersoorten en waren als aasvis van lokaal economisch belang. Ook harder, kabeljauw en wijting behoorden in het westelijk deel van het Noordzeekanaal tot de algemenere zoutwatervissoorten. De eens zo algemene vegetatieminnende bewoners van schoon zoet water zoals snoek, rietvoorn,

karper en zeelt behoorden inmiddels tot de grote zeldzaamheden. Brasem, kolblei, baars en snoekbaars waren zich nog aan het herstellen van de grote klappen tussen 1921 en 1931, alhoewel met name de laatste twee, hetzij met nog kleine exemplaren, alweer een flinke stand hadden opgebouwd. De aalstand werd alweer als goed beschouwd (Korringa, 1936).

6.2 Na 1975

Ook aan de visstand zijn diverse onderzoek geweid. In 1981 heeft het RIVO (Rijksinstituut voor Visserijonderzoek) een eerste inventarisatie verricht (Schaap, 1981a;1981b). In de winter van '87/'88 heeft een uitgebreidere visinventarisatie plaatsgevonden (Schaap, 1988). In september 1988 is een inventarisatie uitgevoerd om een beeld te krijgen van de zomersituatie (Van Beek en Meijer, 1989). De resultaten van bovengenoemde onderzoeken kunnen om diverse redenen helaas niet goed met elkaar vergeleken worden, nl:

- de diverse vangsttechnieken verschillen in selectiviteit;
- de vangsten per 'standaardtrek' blijken op dezelfde locatie aanzienlijk te verschillen;

Het is echter wel mogelijk globale trends uit de verschillende onderzoeken af te leiden.

.....
Visstandonderzoek op het Noordzeekanaal, uitgevoerd door de RIVO. De soort en de lengte van de vis worden geregistreerd. (foto: RWS dir. NH)



6.2.1 De soorten en hun verspreiding

Bijlage 8a biedt een overzicht van alle, na 1975 in het Noordzeekanaal aangetroffen vissoorten. Een kwalitatief overzicht van de vissoorten die in verscheidene onderzoeken (Korringa, 1936; Schaap, 1988; Van Beek en Meijer, 1989; Melchers en Timmermans, 1991) zijn waargenomen is opgenomen in bijlage 8b.

In het Noordzeekanaal zijn twee gradiënten aanwezig, die een duidelijke correlatie vertonen met de visstand: de zout- en de zuurstofgradiënt (Van Beek en Meijer, 1989).

Ten westen van KM10 wordt de visgemeenschap bepaald door zoutwatervissen, met name dikkopje (*Pomatoschistus minutus*), steenbolk (*Trisopterus luscus*), bot (*Platichthys flesus*), tong (*Solea solea*), haring (*Clupea harengus*), kleine zeenaald (*Sygnathus rostellatus*), spiering (*Osmerus eperlanus*), sprot (*Sprattus sprattus*) en schar (*Limanda limanda*). Deze zoutwatersoorten zijn ten westen van KM10 tot op een diepte van 16 m gevangen. In de bovenlaag (< 4 m) van het westelijke deel van het Noordzeekanaal is de dichtheid van zoetwatersoorten zeer laag, waarschijnlijk omdat het zoutgehalte tot bovenin de waterkolom vrij hoog is, en de bovengrens van de zouttolerantie van de zoetwatervissen (3000 mg Cl⁻/l) regelmatig overschrijdt (Van Beek en Meier, 1989).

In oostelijke richting neemt het aandeel van zoetwatervissen toe; vanaf KM10 bestaat de visgemeenschap in het epilimnion bijna geheel uit zoetwatersoorten. Snoekbaars (*Stizostedion lucioperca*) is het meest dominant aanwezig, gevolgd door brasem (*Abramis brama*), blankvoorn (*Rutilus rutilus*) en baars (*Perca fluviatilis*).

Zoutwatervissen zijn ten oosten van KM10 alleen nog in de middenzone (4-10 m) aangetroffen. Op deze diepte komen de zoutwatersoorten in het gehele kanaalpand voor, veelal tot aan de monding van het Amsterdam-Rijnkanaal, waarbij voor de meeste soorten sprake lijkt te zijn van een afname in oostelijke richting (Van Beek en Meier, 1989).

In de zone dieper dan 10 m, ten oosten van KM10 komen nagenoeg geen vissen meer voor, als gevolg van de steeds slechter wordende zuurstofhuishouding in de zouttong.

Van de pelagische soorten komt spiering (*Osmerus eperlanus*) overal in het Noordzeekanaal in wisselende dichtheden (als gevolg van schoolvorming) voor. Haring en sprot worden, in iets kleinere dichtheden, alleen ten westen van KM18 aangetroffen.

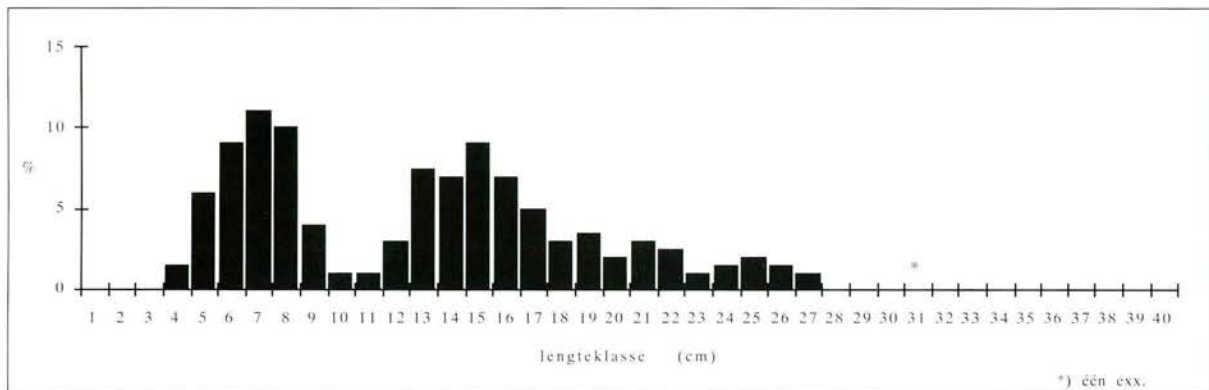
In de door Van Beek en Meijer (1989) bemonsterde zijkanalen (C, D, E en G) werden grote hoeveelheden zoetwatervissen aangetroffen, onder andere baars, blankvoorn, brasem, kolblei, snoekbaars en pos (*Gymnocephalus cernuus*). Dit is waarschijnlijk het gevolg van het relatieve lage zoutgehalte en de aanwezigheid van vegetatiezones (paaiplaats, kinderkamer, schuilplaats).

Van een aantal zoutwatersoorten (steenbolk, schar, haring en tong) blijken vooral juveniele en halfwas exemplaren in het Noordzeekanaal te verblijven. Deze soorten worden met het schutten bij IJmuiden aangevoerd en maken slechts een deel van hun leven gebruik van het Noordzeekanaal (Van Beek en Meijer, 1989).

Andere, algemeen in de Noordzee en/of Nederlandse kustwateren voorkomende soorten zoals glasgrondel (*Aphia minuta*), horsmakreel (*Trachurus trachurus*), puitaal (*Zoarces viviparus*), rode poon (*Trigla lucerna*), schol (*Pleuronectus platessa*), slakdolf (*Liparis liparis*), wijting (*Merlangius merlangus*) en zeedonderpad (*Myoxocephalus scorpius*) zijn toevallige

bezoekers die incidenteel in het Noordzeekanaal worden aangetroffen. Zoetwatersoorten als karper (*Cyprinus carpio*), kroeskarper (*Carassius carassius*), rietvoorn (*Rutilus erythrophthalmus*), snoek (*Esox lucius*), tiendoornige stekelbaars (*Pungitius pungitius*) en kruisingen tussen brasem en kolblei, die elders in Nederland algemeen voorkomen in vegetatierijke wateren, worden incidenteel in het Noordzeekanaal aangetroffen. Vanuit de zijkanalen en met het spuien van polderwater kunnen deze soorten in het kanaalpand doordringen. Voor het opbouwen van een redelijke standpopulatie is het milieu echter te ongunstig (Van Beek en Meijer, 1989).

Fig. 6-1
Lengteverdeling bot (*Platichthys flesus*)
in het Noordzeekanaal. (Van Beek en
Meijer, 1989)



Van de zoetwatersoorten worden alle leeftijdsgroepen aangetroffen. Jonge snoekbaars komt op vele plaatsen in het Noordzeekanaal voor. Jonge exemplaren van brasem en blankvoorn komen sterk geclusterd voor, met name in de zijkanalen. Waarschijnlijk vinden deze soorten in de oevervegetatie van de zijkanalen geschikte paai- en opgroeiplaatsen. In de najaar-/winterperiode wordt regelmatig kuitrijpe bot gevangen (Verdonk in Van Beek en Meijer, 1989). Van bot en dikkopje werden alle leeftijdscategoriën aangetroffen (fig. 6-1). Dit geeft aan dat beide soorten hun gehele levenscyclus in het Noordzeekanaal kunnen volbrengen. Ook spiering en snoekbaars kunnen waarschijnlijk in het kanaal paaien (de taluds en stenige oeverbeschoeiingen vormen daarvoor een geschikt milieu) en er hun hele levenscyclus voltooien. Het paai- en recruiteringssucces van met name snoekbaars lijkt van jaar tot jaar nogal te kunnen wisselen. Dit kan samenhangen met fluctuaties in klimatologische omstandigheden en/of in de dichtheden van de prooiorganismen, hetgeen bij het aasgarnaaltje is aangetoond (Van Beek en Meijer, 1989). Wat hierbij precies oorzaak is en wat gevolg, is vooralsnog onduidelijk. Er zijn aanwijzingen dat de zijkanalen voor brasem belangrijke paaiplaatsen en opgroeigebieden vormen.

Bijzonderheden

In het Noordzeekanaal zijn enkele zeer zeldzame, in de Natuurbeschermingswet opgenomen, vissoorten aangetroffen. Deze beschermde soorten zijn: rivierprik (tot 15 cm), bittervoorn, kleine modderkruiper, grote modderkruiper en rivierdonderpad.

Ook een aantal minder algemene en zeldzame zeevissoorten zoals pitvis, slakdolf, vijfdradige meun, zandspiering, vorskwab, koornaarvis en zeeprik komen in het Noordzeekanaal voor (Van Beek, 1990; 1991; Melchers en Timmermans, 1991).

.....
De rivierprik (*Lampetra fluviatilis*).
Een bijzondere trekvis die ook in het
Noordzeekanaal wordt aangetroffen, op
weg naar paaigronden langs beken en
rivieren. De rivierprik leeft als parasiet op
vissen en wordt maximaal 40 cm lang.
(foto: OVB, Nieuwegein)



6.2.2 Ontwikkeling van de vispopulaties

Groei

Het Noordzeekanaal biedt een redelijk tot goed milieu voor de onderzochte vissoorten. Op basis van de conditie (lengte/gewichtverhoudingen) van de vissen (met uitzondering van grotere snoekbaars) constateren Van Beek en Meijer (1989) dat het voedselaanbod, zeker voor de jongere vissen, goed is. Van brasem en snoekbaars is de conditie van jongere exemplaren (gemiddelde >115%) in de nazomer beter dan van de oudere (gemiddelde >100%). 's-Winters was dit juist andersom. Mogelijk wijst dit op met de seizoenen wisselende voedsel-omstandigheden voor jongere versus oudere exemplaren, hetgeen bij snoekbaars is aangetoond (Van Beek en Meijer, 1989). Een verband met bij toenemende leeftijd stijgende gehalten microverontreinigingen in de dieren (aangetoond voor kwik bij snoekbaars, zie § 6.2.3) lijkt door deze seizoensverschillen niet aannemelijk. Bij brasem blijft de conditie steeds boven het landelijk gemiddelde, bij snoekbaars is deze bij oudere exemplaren gemiddeld iets lager.

Van baars, blankvoorn en brasem hebben de jongere exemplaren gemiddeld een beter dan normale conditie (>115%) en de oudere exemplaren een normale conditie (>100%) (Van Beek en Meijer, 1989).

Uit schubbenonderzoek is gebleken dat snoekbaars, baars en brasem in de eerste levensjaren zeer snel groeien (boven de normgroei, welke gerelateerd is aan het IJsselmeer) maar dat daarna de groei duidelijk achterblijft. De groei blijft echter als goed te kwalificeren (Schaap, 1981). De groei van blankvoorn is vergelijkbaar met de normgroei (Schaap, 1981; 1988).

Biomassa

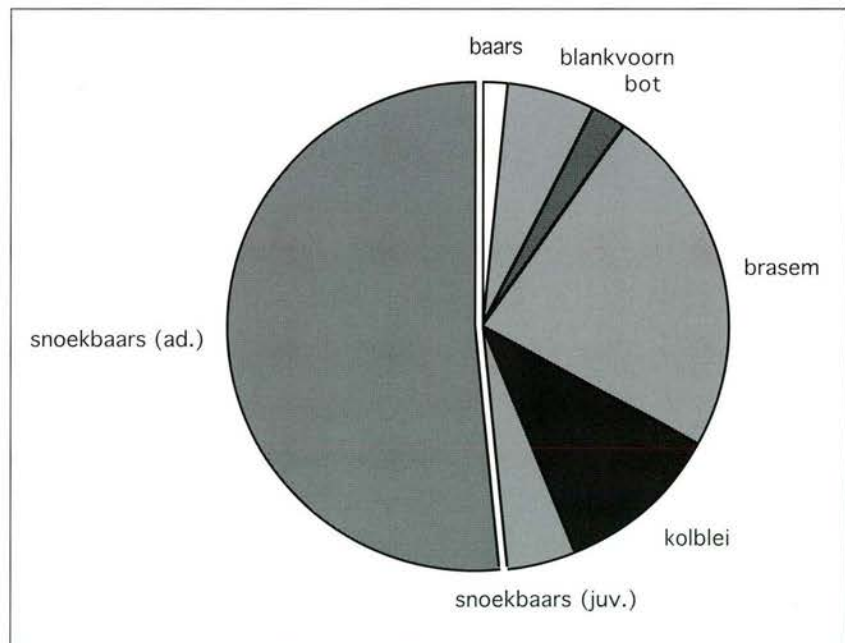
Uitgedrukt in versgewichten domineren vooral spiering, snoekbaars en brasem in het Noordzeekanaal. In de zijkanalen is volwassen snoekbaars (ca. 120 kg/ha) het sterkst vertegenwoordigd (>50% van de aanwezige visbiomassa). Brasem volgt met ongeveer 25% van de biomassa (55 kg/ha). In volgorde van afnemende biomassa wordt brasem gevolgd door: kolblei, blankvoorn, jonge snoekbaars, bot, baars en pos.

.....
 De snoekbaars (*Stizostedion lucioperca*) is één van de belangrijkste vissoorten op het Noordzeekanaal. De stortstenen oevers langs het kanaal zijn heel geschikt als paaiplaats. De aasgarnaal (*Neomysis integer*) en spiering zijn de belangrijkste prooi-organismen. (foto: OVB, Nieuwegein)



Tong, steenbolk en dikkopje zijn in verhouding nauwelijks in de zijkanalen aanwezig (fig. 6-2). In de middenzone (4-10 m) van het Noordzeekanaal is volwassen snoekbaars eveneens het sterkst vertegenwoordigd (40 kg/ha; >50% van de aanwezige visbiomassa). Brasem volgt met ongeveer 20% van de biomassa (15 kg/ha). Vervolgens neemt de biomassa verder af voor jonge snoekbaars, baars, blankvoorn, bot, kolblei en tong. Schar, steenbolk, dikkopje en pos zijn in verhouding nauwelijks aanwezig.

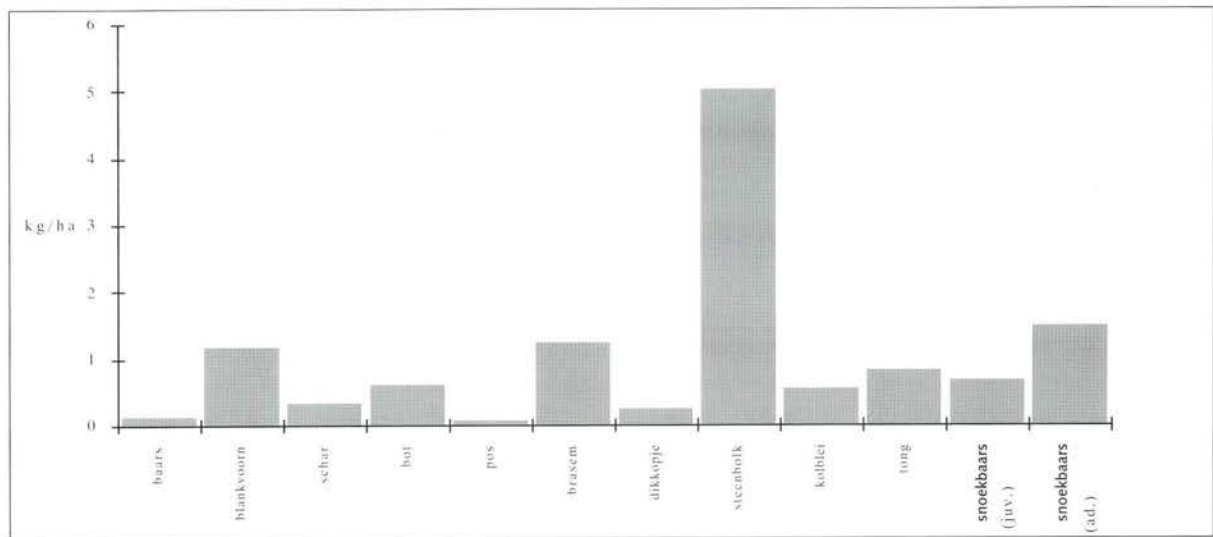
.....
Fig. 6-2
 Biomassaverhoudingen van diverse vissoorten in de zijkanalen van het Noordzeekanaalsysteem (bron: Meijer en Van Beek, 1990).



In de diepe zone van het Noordzeekanaal (>10 m) wordt de grootste biomassa gevormd door steenbolk (5 kg/ha; 40% van de aanwezige visbiomassa). De biomassa neemt verder af voor snoekbaars, brasem, blankvoorn, tong, bot, kolblei, schar en dikkopje. Baars en pos zijn in verhouding

Fig. 6-3

Biomassa van diverse vissoorten in de diepe zone (>10 m) van het Noordzeekanaal (bron: Meijer en Van Beek, 1990).



nauwelijks op deze diepte aanwezig (fig. 6-3).

Uit diverse onderzoeken blijkt dat er sprake kan zijn van een enorme variatie aan biomassa per jaar en per plaats (onder andere Meijer en Van Beek, 1990).

Vergeleken met andere grote wateren, zoals de randmeren van het IJsselmeer, Haringvliet/Hollandsdiep en de Friese Meren is de brasemstand in het Noordzeekanaal beduidend minder sterk ontwikkeld, terwijl snoekbaars en blankvoorn in het Noordzeekanaal dat juist veel sterker zijn. Mede hierdoor en in combinatie met het gegeven dat veel verschillende visgemeenschappen een plaats hebben in dit complexe watersysteem, wordt de visstand in het Noordzeekanaal als relatief goed beoordeeld. Voor spiering kon de vergelijking niet goed worden gemaakt.

6.2.3 Gezondheidstoestand van de vis

Het was in het inventariserend onderzoek van Van Beek en Meijer (1989) niet mogelijk om een verband aan te tonen tussen de aanwezigheid en/of conditie van vissen en concrete lozingssituaties. Op 'verdachte' lokaties werd weliswaar weinig vis gevangen, maar dit ging in de meeste gevallen samen met de afwezigheid van geschikt leefmilieu (meestal kades in plaats van glooiende taluds). In andere gevallen was soms zelfs sprake van extra grote dichtheden (KM27). Waarschijnlijk is het leefbiotoop van individuele vissen te uitgestrekt om lokale effecten aan te tonen.

Direkte waarnemingen aan gevangen vissen geven soms meer informatie. Zo blijkt uit een onderzoek dat is verricht in 1990, de conditie van botten in het Noordzeekanaal en de Buitenhaven van IJmuiden slecht te zijn, gezien het hoge aandeel botten met ziekteverschijnselen. Circa 25% van de botten vertoont ziekteverschijnselen, met name huidzweren (Van Genneep en Verboom, 1991), terwijl 1% als normaal beschouwd wordt (Vethaak, 1985). Uit eerder onderzoek is gebleken dat ziekteverschijnselen bij bot waarschijnlijk door meerdere factoren veroorzaakt wordt (Vethaak, 1985; 1990; 1991; Van Genneep en Verboom, 1991). Vethaak (1990; 1991) vond een sterke cor-

relatie tussen het ontstaan van huidzweren en het voorkomen van saliniteitsfluctuaties, maar ook het optreden van voedseltekorten en migratiebelemmering door sluizen acht hij mogelijke oorzaken. Van Gennep en Verboom (1991) veronderstellen dat saliniteitsfluctuaties slechts een stressfactor is die versterkend werkt op andere (lokatiespecifieke) factoren. Een belangrijk argument hiervoor is de positie van de huidzweren: 90% van de huidzweren wordt aan de onderzijde aangetroffen, hetgeen een relatie met vervuiling van de waterbodem doet vermoeden (Vethaak, 1985; Van Gennep en Verboom, 1991). Deze aanname wordt ondersteund door het feit dat in het buitengebied van IJmuiden het percentage zweren aan de bovenzijde >17% is, terwijl het voorkomen van bovenzweren in het Noordzeekanaal veel zeldzamer is. Dit verschil komt overeen met het zwevende stof gehalte op de verschillende lokaties. "In het Noordzeekanaal is het doorzicht groot en komt een laag gehalte zwevende stof voor (5-7 g/m³). In de buitenhaven daarentegen is het water aanzienlijk troebeler als gevolg van spui- en schutactiviteiten, hetgeen zich uit in een hoger percentage zwevende stof (16-20 g/m³). Hierdoor zal een bodemgebonden component een minder exclusief effect op de onderzijde van de bot hebben en kan wellicht dus ook de bovenzijde van de dieren worden aangetast" (Van Gennep en Verboom, 1991). Behalve het percentage huidzweren wijkt ook het percentage levertumoren sterk af van waarnemingen in de Noordzee en Waddenzee (Vethaak, 1990; 1991). Vethaak (1991) constateert een duidelijke statistische variatie in het ruimtelijke voorkomen van levertumoren bij bot. "Het regionale voorkomen blijkt goed te correleren met de aanwezigheid van PAK's in het sediment. Levertumoren in bot komen het meest frequent voor in het kustdeel IJmuiden-Callantsoog, met name in de omgeving van het Noordzeekanaal, waar de concentraties van PAK's in het sediment het hoogst zijn". Opvallend is dat Van Gennep en Verboom (1991) in het Noordzeekanaal reeds bij jonge dieren (20-25 cm) levertumoren aantreffen. In tegenstelling tot in de Noordzee en Waddenzee is er in het Noordzeekanaal blijkbaar een milieufactor die deze jonge dieren dermate sterk beïnvloedt, dat de ziekte-ontwikkeling reeds op lagere leeftijd een aanvang neemt. Als mogelijke factor noemen Van Gennep en Verboom (1991), naast een verhoogde blootstelling aan PAK's (faktor 10 ten opzichte van de Nederlandse kustwateren), de concentratie fenol. "Vooral in het buitengebied kwamen in 1987 concentraties voor (gemiddeld 140 mg/m³) die een faktor 40 keer hoger liggen dan in de aangrenzende binnenwateren, terwijl in vergelijking met het Waddenzeegebied het verschil een faktor 200 bedraagt (WORSRO, 1988)". Van fenol zijn afgezien van acute toxische effecten, een aantal chronische effecten bekend, waaronder het verwekken van kanker en het onderdrukken van het immuunsysteem. Inmiddels (1996) is de lozing van fenolen in de Hoogovenhaven flink gereduceerd. Dit blijkt uit de bemonsteringen van het afvalwater van de Hoogovens, die regelmatig door Rijkswaterstaat worden uitgevoerd. In 1996 is het onderzoek van 1990 aan botziekte herhaald. Een voorlopige analyse van de onderzoeksresultaten leert dat de gezondheidstoestand van bot rondom de zeesluizen sterk is verbeterd (Van Banning en Verboom, 1996).

Milieuvreemde stoffen leiden niet altijd tot ziekteverschijnselen. Van snoekbaars, aal en brasem zijn in het (recente) verleden van een aantal microverontreinigingen de gehalten in vlees, vet of lever geanalyseerd (Werkgroep dioxine, 1985; Kerkhoff et al., 1985; Hagel, 1990; Pieters en Van der Valk et al., 1990; Van Gennep en Verboom, 1991; div. ongepubl. info RIVO). In zowel aal als snoekbaars is sprake van zodanig hoge gehalten aan PCB's, dioxinen en furanen en organochloorpesticiden, dat op basis van de totale toxiciteit met negatieve effecten op toppredatoren (visetende vogels en zoogdieren) en op de voortplanting van sommige vissoorten moet worden

rekening gehouden (Pieters en Van der Valk, 1990; Stortelder et al., 1989). De gemeten PCB-gehalten in zowel aal (visvlees) als snoekbaars (lever) blijven binnen de voor Nederland geldende consumptienormen. Opvallend is echter wel het ongewone PCB-patroon (onderlinge verhouding tussen de verschillende PCB's). Dit PCB-patroon met relatief hoge gehalten aan lager gechlorideerde PCB's (nr. 28 en 52) is in 1984 ook waargenomen in aal in het IJmeer bij de voormalige brandplaats aan de Diemerzeedijk (Kerkhoff et al., 1985; Pieters en Van der Valk et al., 1990). Omdat lager gechlorideerde PCB-congeneren, door afbraakprocessen en/of verdamping, sneller uit het milieu verdwijnen dan hoger gechlorideerde PCB-congeneren wijzen de relatief hogere concentraties van lagere PCB's in vis op recente, lokale emissies. In de door Pieters en Van der Valk (1990) onderzochte vismonsters varieerde het dioxinegehalte van 36,5 tot 60 ng/kg op produktbasis. In Nederland is slechts één wettelijk vastgestelde dioxinenorm voor voedingsmiddelen en die betreft dioxines in melkvet. Als er over dioxinenormen gesproken wordt dan wordt in het algemeen de Canadese consumptienorm voor visserijprodukten (20 ng/kg) gehanteerd. De gehalten in de snoekbaarslevers liggen een faktor 2 tot 3 boven deze norm. Indien het totaal aan TCDD-equivalenten (inclusief de toxische PCB's) bepaald wordt, ontstaat een nog ongunstiger beeld. Het totaal aan TCDD-equivalenten ligt dan tussen 75 tot 106 ng/kg, waarmee de Canadese consumptienorm met een faktor 3 tot 5 wordt overschreden (Pieters en Van der Valk, 1990).

Ook met betrekking tot dioxinen en furanen is sprake van een opvallend congenerenpatroon. Naast het zeer hoge gehalte aan 2, 3, 7, 8-TCDD en het relatief hoge gehalte aan 2, 3, 4, 7, 8-P₅CDF wijkt ook de opbouw van het congenerenprofiel af van in andere wateren (Haringvliet, Hollandse IJssel) aangetroffen patronen. De dioxinen- en furanen-resultaten wijzen op verhoogde dioxinecontaminatie in de Jan van Riebeeckhaven (Pieters en Van der Valk, 1990).

Met betrekking tot de gehalten gechlorideerde pesticiden is in de omgeving van KM18 sprake van zeer sterk (HCB, OCS, τ -HCH, dieldrin, DDT-derivaten) tot uiterst sterk (QCB, α - en β -HCH) verhoogde gehalten in aal ten opzichte van aal uit het Afgesloten IJ en de Rijn bij Lobith. Voor de meeste pesticiden en voor het totaal moet worden gesproken van onacceptabel hoge gehalten. De in 1989/90 geconstateerde gehalten HCB, α -HCH, β -HCH, DDE, DDD en DDT overschrijden de door Stortelder et al. (1989) gehanteerde ecotoxicologische waarden en de in voorbereiding zijnde consumptienormen (LAC, 1989). α -HCH ligt zelfs een faktor 10 boven de richtwaarde. Voor deze stof, alsmede voor het verwante β - en τ -HCH bestaat een duidelijke relatie met historische verontreiniging op en om de terreinen van het pesticiden-producerend bedrijf Duphar.

Kwikverontreiniging in snoekbaarsvlees blijft onder de bestaande normen. Wel is er sprake van verhoogde concentraties in het oostelijk deel van het Noordzeekanaalgebied (ter hoogte van Amsterdam). Er bestaat een lineair verband tussen kwikgehalte en de leeftijd van de vissen (bio-accumulatie). Gemeten gehalten van radio-actieve stoffen (Po²¹⁰; alleen nog Westhaven) geven geen verhoging aan ten opzichte van de landelijke gemiddelden. De polonium²¹⁰-gehalten uit sediment in de omgeving van IJmuiden (zowel aan de binnen- als aan de buitenzijde v/d zeesluizen) en KM10 zijn evenwel zeer sterk verhoogd ten opzichte van de rest van het Noordzeekanaal (ca. 100 tot 800 t.o.v. ca. 40 Bq/kg d.s.(achtergrondwaarde) (Berger & Eisma in: Pieters & Van der Valk, 1990).

In alle gevallen is nog geen gericht onderzoek verricht naar relaties met mogelijke bronnen. Er zijn aanwijzingen dat zowel voor kwik, organochloor-pesticiden, PCB's, dioxinen en furanen en Po²¹⁰ lokale bronnen significant van betekenis zijn.

6.2.4 Vismigratie

In de Buitenhaven van IJmuiden zijn verscheidene soorten diadrome vis aangetroffen driedoornige stekelbaars en bot worden in groten getale waargenomen; zeeforel en fint zijn eveneens periodiek in behoorlijke aantallen aanwezig (Van Beek en Meijer, 1989; See en Vertegaal, 1990; Bijlsma, 1991; Klinge en Grimm, 1991; 1992; Van Gennep, 1992).

Algemeen wordt aangenomen dat sluizencomplexen en stuwen barrières vormen voor migrerende vissen. Vanaf 1988 is onderzoek verricht om antwoord te krijgen op de vraag of dit in IJmuiden inderdaad het geval is, en welk belang er aan het Noordzeekanaal als migratieroute moet worden gehecht (During, 1989; See en Vertegaal, 1990; Bijlsma, 1991; Klinge en Grimm, 1991; 1992; Van Gennep, 1992). During (1989) concludeert dat het Noordzeekanaal een voldoende grote lokstroom heeft om diadrome vissen naar de monding hiervan te leiden. Op basis van de stroomsnelheden in de diverse openingen in het sluizencomplex te IJmuiden en de zwemkracht van de verschillende vissoorten zijn voorspellingen gedaan over de mate van passeerbaarheid hiervan. Dit leidde tot de conclusie dat de grotere vissen, als zalm en zeeforel (>70 cm), de spuisluisen zouden moeten kunnen passeren. De reserves van de vis (die niet meer eet op weg naar de paaiplaatsen bovenstrooms) worden daarbij wel sterk aangesproken, terwijl de tocht door het binnenwater maar net begonnen is. Mogelijk wordt ook tijdens de nivellering van de schutkolk een extra gelegenheid voor intrek geboden door de omloopriolen van de Noordersluis en deze sluis zelf. Een probleem daarbij zal de aanwezigheid van scheepvaart zijn: schepen veroorzaken lawaai en turbulentie, waardoor trekvis kan worden afgeschrikt. Vissoorten als fint, zeeprik en houting zullen slechts onder bepaalde omstandigheden gebruik kunnen maken van de spuisluisen. De kleine vissoorten (driedoornige stekelbaars, kleine zeenaald, spiering e.d.) zijn voor de intrek aangewezen op de schutsluisen (See e.a., 1990). Hoewel theoretisch een aantal vissoorten de sluizen zouden moeten kunnen passeren, blijken niet veel diadrome vissen in het Noordzeekanaal te worden aangetroffen. Dit maakt een zekere barrièrewerking voor trekvis van het complex aannemelijk. IJmuiden heeft potenties als een der grote 'poorten' tussen zee, het rivierenstelsel van de Rijn en de regionale binnenwateren van Noord- en Zuid-Holland en Utrecht. Ook zeevissen wisselen via het sluizencomplex uit tussen de Buitenhaven en het Noordzeekanaal. Enkele op de trommelzeven van de elektriciteitscentrale te Velzen aangetroffen bijzondere vissoorten (zoals vijfdradige meun en vorkwab) komen ook in het aangrenzende buitenvengebied voor.

6.3 Vis-gemeenschappen en voedselrelaties

In het Noordzeekanaal zijn grofweg drie visgemeenschappen te onderscheiden. Een bentische zoutwatergemeenschap die vooral in de zouttong van het westelijke kanaalpand voorkomt. Een pelagische brakwatergemeenschap van spiering, haring en sprot in een brede zone rond de zoutsprong in het kanaalpand en de zijkanalen. Een bentische brak- en zoetwatergemeenschap in de bovenlaag van het kanaalpand en de zijkanalen.

a) Zoutwatergemeenschap:

De zoutwatervissengemeenschap wordt gedomineerd door de bodemvissen dikkopje, steenbolk en bot, met als begeleidende soorten jonge exemplaren van tong, schar en een aantal minder algemene soorten. De gemeenschap bewoont het polyhaliene deel van het Noordzeekanaal: de zoute onderlaag (ten westen van KM10, dieper dan 6 m). Dikkopje, bot en ook tong dringen

verder naar het oosten door en komen daar tussen de zoetwatervissen voor (Van Beek en Meijer, 1989). Hoewel ook een aantal zeldzame zeevissoorten is aangetroffen is de zoutwatergemeenschap een magere afspiegeling van de groep algemeenste zeevissen langs de Nederlandse kust.

Pelagische zoutwatervissen komen ook in zoetere delen van het Noordzeekanaal voor en worden daarom niet apart besproken. Wel bestaan er enige voedselrelaties tussen bentische zoutwatervissen en pelagische vissen, al zijn deze binnen de gemeenschappen sterker dan ertussen.

b) Pelagische brakwatergemeenschap:

Van de pelagische vissoorten spiering, haring en sprot, komt spiering overal in het Noordzeekanaal voor met een wisselende, maar hoge dichtheid. Het gaat hierbij vooral om zgn. 'binnenspieling', die zich mogelijk in het Noordzeekanaal zelf voortplant of dat in het IJsselmeer of de Amstel doet. (In de jaren van Korringa kwam alleen nog 'zeespieling' voor in het westelijke deel van het Noordzeekanaal; het is onduidelijk of deze vorm nu nog voorkomt in het Noordzeekanaal). In het hele Noordzeekanaal komt spiering ook dicht aan de (vegetatie-arme) bodem, en maakt dan tevens deel uit van de spiering-brasem-snoekbaarsgemeenschap. De meer zoutwatergebonden haring en sprot lijken in lagere dichtheden voor te komen, alleen ten westen van KM18. Pelagische vissen komen vooral voor rond de 'zoutsprong' op ca. 8 m diepte. Schaap (1988) brengt dit in verband met verstoring door de scheepvaart. Aannemelijker lijkt het de verklaring te zoeken in waargenomen concentraties van het belangrijkste voedsel van deze vissen, planktonische roeipootkreeftjes, op die diepte (zie § 4.2.2 en Van Couwelaar, 1990), hetgeen mogelijk weer samenhangt met eventuele accumulatie van bezonken detritus en de niet verminderde beschikbaarheid van fytoplankton (Van Couwelaar, 1990).

Mogelijk behoren kleine zeenaald en driedoornige stekelbaars ook tot deze gemeenschap. Het aantal waarnemingen in het watersysteem is echter te gering om een goede indruk te krijgen van met name de verticale verspreiding. Beide soorten komen vooral tussen spiering en soms haring en sprot massaal terecht op de trommelzeven van elektriciteitscentrales: kleine zeenaald vooral

.....
De kleine zeenaald (*Syngnathus rostellatus*) komt vermoedelijk in groot aantal in het Noordzeekanaal voor. De vis leeft van kleine kreeftachtigen (Melchers e.a., 1991). (foto: TPS, R. Leeuwis)



ten westen van KM20, driedoornige stekelbaars langs het gehele Noordzeekanaal. Mogelijk planten deze soorten zich voort in het Noordzeekanaal. Vooral de driedoornige stekelbaars gebruikt het Noordzeekanaal daarnaast zeker als migratieroute tussen zee en binnenwater.

c) Brak- en Zoetwatergemeenschap:

Hiervan zijn drie typen te onderscheiden:

c 1) Gemeenschap van spiering, brasem en snoekbaars

Deze gemeenschap is kenmerkend voor grote, open lichtbrakke en zoete wateren met weinig waterplanten. Vaak gaat dit gepaard met eutrofiëringsverschijnselen als overmatige algengroei en troebeling hetgeen in het Noordzeekanaal nauwelijks speelt. De gemeenschap domineert in het meso- en oligohaline deel van het Noordzeekanaal (ten oosten van KM8; ondieper dan 8 m) en komt sporadisch voor in zoutere delen (zelfs tot in het buitenvengebied, waar het aan uitspoeling/-maling van deze vissen is toe te schrijven. Brasem en snoekbaars houden zich vooral op bij de bodem, maar foerageren ook in het open water op zoöplankton (beiden) en spiering (snoekbaars).

c 2) Gemeenschap van rietvoorn, kroeskarper, snoek en zeelt

Deze sterk vegetatiegebonden gemeenschap wordt in het Noordzeekanaal vooral aangetroffen in de zoete tot mesohaliene zijkanalen met riet- en biezenbegroeiing langs de oevers, Het IJ en de monding van het Amsterdam-Rijnkanaal, zij het in zeer lage dichtheden. In Zijkanaal B is deze gemeenschap echter veel beter ontwikkeld. Ook de karper kan tot deze groep beschouwd worden en wordt tegenwoordig sporadisch waargenomen in de zijkanalen. Het betreft een nationaal sterk bedreigde visgemeenschap.

c 3) Gemeenschap van baars, blankvoorn, kolblei en pos

Deze visgemeenschap is eigenlijk een intermediair tussen de twee hierboven besproken gemeenschappen. Baars en blankvoorn komen overal algemeen voor tussen de andere twee brak- en zoetwatergemeenschappen, tot zelfs in de Buitenhaven van IJmuiden (verdwaalde exemplaren). Kolblei en pos hebben hun zwaartepunten in de lichtbrakke zijkanalen (vooral B, C, D en G) en onder de oever in Het IJ (vooral KM26-27).

Overige visgemeenschappen

Vooralsnog is er weinig bekend over de visstand in de Buitenhaven bij IJmuiden. Verrichte visstandsenquêtes onder sport- en beroepsvissers waren gericht op de aanwezigheid van tussen zee en binnenwater migrerende vissoorten. Verondersteld wordt dat de zeevisgemeenschappen in de Buitenhaven een wat magere afspiegeling zijn van de visgemeenschappen in het aangrenzende Noordzeekustgebied. Het intensieve maatschappelijk medegebruik van de Buitenhaven (scheepvaart, afval- en koelwaterlozingen), de barrièrewerking van de sluizen en de onnatuurlijke, schoksgewijze zoetwaterlozingen zullen ongetwijfeld verantwoordelijk zijn voor een relatief geringere diversiteit en de minder goede konditie van deze zeevisgemeenschappen in het gebied. Dit dient echter met waarnemingen te worden ondersteund.

Sporadisch komen in de Buitenhaven vissen voor uit de zoet/brakwatergemeenschap van spiering, brasem en snoekbaars, hetgeen aan uitspoeling/-maling van deze vissen is toe te schrijven; in fuiken aangetroffen brasems, baarzen en snoekbaarzen overleefden in de regel de met vloed optredende hoge zoutgehalten niet (Van Gennep, mond. med.).

Voedselrelaties

Op basis van maag-darmanalyses in het onderzoek van Van Beek & Meijer (1989) konden de belangrijkste voedselorganismen van de zeven algemeenste vissoorten uit het Noordzeekanaal in het najaar van 1988 worden vastgesteld. Tabel 6-1 geeft hiervan een samenvatting. De in kwantitatief opzicht belangrijkste vissoorten staan bovenaan in de tabel.

Tabel 6-1

Belangrijkste voedselorganismen voor de meest algemene vissoorten in het Noordzeekanaal.

vissoort	voedselorganisme	(belangrijk --->minder belangrijk)				
Snoekbaars	Spiering	Neomysis	vissen ¹⁾			
Spiering	Cyclopidae	Neomysis	Corophium			
Brasem	Cordylophora	Cyclopidae	Oligochaeta	Corophium	Neomysis	planten
Blankvoorn	Cordylophora	planten	slakken ²⁾	Corophium	Drei/Cong ³⁾	Oligochaeta
Baars	Neomysis	Crangon	Spiering	vissen		
Kolblei	Neomysis	Neridae	Corophium	Cordylophora	Oligochaeta	Drei/Cong ³⁾
Steenbolk	Neomysis	Crangon	vissen			

Het voedselpatroon is afhankelijk van de vissoort en bij sommige soorten afhankelijk van de vislengte.

Het voedsel van kleinere snoekbaars (tot 30 cm) bestaat hoofdzakelijk uit aasgarnalen (*Neomysis integer*) (73% van de onderzochte exemplaren) en wat spiering (24% van de onderzochte exemplaren), terwijl bij grotere snoekbaars het aandeel van spiering toeneemt (68%). De prooigrootte neemt toe met de lengte.

Spiering eet voornamelijk aasgarnalen en roeipootkreeftjes. Grotere spiering (> 6,6 cm) consumeert iets meer aasgarnalen dan roeipootkreeftjes (resp. 95% en 71%), bij kleinere spiering is dit andersom (resp. 55% en 88%).

Jonge brasem (< 20 cm) heeft een ander menu dan oude brasem. Jonge brasem consumeert meer zoöplankton (roeipootkreeftjes (85% vs. 33%) en naupliuslarven (20% vs. 8%) en minder bodemorganismen (vlokreeften (5% vs. 21%), slijkgarnalen (34% vs. 59%), wormen (25% vs. 73%), mosselen (2% vs. 21%) en slakken (19% vs. 33%)) dan oudere brasem. Volgens Lammens (in Van Beek en Meijer, 1989) is de overgang van planktivoor naar benthivoor afhankelijk van de dichtheden van het fytoplankton en het benthos. Brasem kan (evenals kolblei) de bek uitstulpen en daardoor bodemdeeltjes en/of water (met voedseldeeltjes) naar binnen zuigen. Brasem kan bij hoge dichtheden van planktonische organismen dit filter-feed mechanisme gebruiken om hiervan te leven. De waarnemingen van het maag/darm onderzoek door Van Beek en Meijer (1989) onderschrijven deze constatering.

Het menu van blankvoorn is zeer gevarieerd: 28% van de kleine exemplaren (< 17,5 cm) eet aasgarnalen, 22% roeipootkreeftjes, 19% brakwatermosselen en 58% slakken, voor de grotere exemplaren zijn deze percentages resp. 9%, 11%, 34% en 70%. Juveniele blankvoorn foerageert voornamelijk op plankton; bij een lengte van ca. 14 cm kan blankvoorn slakken en mosselen gaan consumeren. Blankvoorn is een omnivoor en zal afhankelijk van beschikbaarheid en concurrentie een breed scala aan benthische en planktonische organismen en plantenmateriaal (fonteinkruid) consumeren. Baars (> 14 cm) leeft nagenoeg geheel op een dieet van aasgarnalen (80-90%) en wat andere bodemdieren (slijkgarnalen en vlokreeftjes) evenals steenbolk. Kolblei heeft ongeveer hetzelfde voedselpakket als brasem en blankvoorn. Kolblei consumeert echter veel minder weekdieren en meer wormen en krabben.

Noten

- 1) Het betreft (delen van) ongeïdentificeerde vissen.
- 2) Hiertoe behoren onder meer *Potamopyrgus jenkinsi* en *Bithynia tentaculata*.
- 3) Het kan zowel *Dreissena polymorpha* als *Congeria cochleata* betreffen.

Rekening houdend met het kwantitatieve aandeel van de verschillende vissoorten in de totale vissen-biomassa in het Noordzeekanaal valt vooral het grote belang van de spiering, aasgarnalen en roeipootkreeftjes op.

Uit het maag- en darmonderzoek blijkt dat een deel van het menu van zoetwatervissen bestaat uit zout- en brakwaterorganismen (Schaap, 1981; Van Beek en Meijer, 1989). Hetgeen er op wijst dat zoetwatervis voor korte of langere tijd uitstapjes maakt naar het zoute water, als daar voedsel te halen is.

7 Ecologisch streefbeeld Noordzeekanaal

7.1 De ecologische doelstellingen in het landelijk beleid

Normdoelstellingen van de CUWVO

In 1988 heeft de CUWVO (Commissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewater) algemene ecologische normdoelstellingen geformuleerd voor de in Nederland voorkomende watertypen, waarbij zij drie niveaus onderscheidt: hoogste, middelste en laagste. De hoofdfuncties van het watersysteem leggen randvoorwaarden op aan deze doelstellingen. De doelstellingen geven richting aan het op te stellen streefbeeld voor een individueel watersysteem. Voor het watertype kanalen geeft tabel 7.1 een invulling van de drie ecologische normdoelstellingen.

Tabel 7-1
Ecologische normdoelstellingen voor kanalen (CUWVO, 1988).

hoogste niveau	middelste niveau	laagste niveau
geen kunstmatige beschoeiing	kunstmatige beschoeiing over beperkte lengte	kunstmatige beschoeiing over gehele lengte
grotere peilfluctuaties toelaten	matige peilfluctuaties toelaten	geen peilfluctuatie
beperkte toevoer vreemd water	--	--
geen directe lozingen	slechts gedefosfateerd effluent	lozingen voor zover niet in strijd met standstill, basis-kwaliteit en best uitvoerbare technieken
geen (gemotoriseerde) scheepvaart	scheepvaart matig druk, snelheidsbeperking	scheepvaartdrukke niet gelimiteerd

De huidige ecologische doelstelling van het Noordzeekanaal is die van het laagste niveau. Dit hangt vooral samen met de functie als hoofdtransportas voor de scheepvaart.

Het Noordzeekanaal heeft een aantal natuurwaarden en ecologische potenties. Dit wordt ook erkend: de functie 'natuur en landschap' is voor grote delen van het ecosysteem van toepassing (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989; RWS, 1997). In de derde Nota waterhuishouding wordt eveneens aangeduid dat voor wateren met een dergelijke functie doelstellingen van een hoger niveau dan de AMK 2000 nagestreefd dienen te worden.

Ondanks dat scheepvaart niet gelimiteerd kan worden lijkt het nastreven van het middelste ecologische niveau meer op z'n plaats (Tamis, 1992; DHV, 1992).

Derde Nota Waterhuishouding

Aansluitend op het voorafgaande CUWVO-rapport is in 1989 de derde Nota Waterhuishouding verschenen. Daarin wordt een landelijk streefbeeld beschreven waarin accenten in functies van de Nederlandse wateren zijn aangebracht. Van kanalen wordt gezegd dat:

"... het assen zijn voor scheepvaart en doorvoer van water. Daarnaast zijn ze een belangrijke route voor vistrek" (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989). Vervolgens wordt er een streefbeeld per watersysteem-type beschreven.

Over het Amsterdam-Rijnkanaal en het Noordzeekanaal:

"... Het Amsterdam-Rijnkanaal en het Noordzeekanaal hebben de primaire functie van scheepvaartroute, distributieweg voor Rijnwater naar landbouw- en natuurgebieden en afvoer van boezemwater. Daarnaast vervullen zij de

funktie van koelwater, viswater en bron voor drink- en industriewater. De kanalen vormen een verbinding tussen het zoute water van de Noordzee en het zoete water van het IJsselmeergebied, de Utrechtse en Hollandse plassen en de grote rivieren. Zij vormen een doortrekroute voor vissen. Met name in en langs boezemwateren worden mogelijkheden voor natuurontwikkeling, oeverrecreatie en sportvisserij benut door een hierop toegepaste ruimtelijke ordening, door inrichting van milieuvriendelijke oevers en door een goede benutting van het aanliggende landschap."

Bij het formuleren van ecologische doelstellingen wordt vaak gebruik gemaakt van de 'referentie' als objectief ijkpunt voor het ecosysteem. De referentie is dan de natuurlijke toestand van het systeem, zonder de nadrukkelijke aanwezigheid van menselijke invloeden. Het streefbeeld is de te realiseren kwaliteit van het ecosysteem, gelegen tussen de huidige situatie en de referentie. Voor het beschrijven van het referentiebeeld wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van de historische situatie, waarbij de menselijke beïnvloeding veel kleiner was dan nu. Een andere mogelijkheid is gebruik te maken van gegevens van vergelijkbare natuurlijke wateren met weinig menselijke beïnvloeding.

Nu is voor het Noordzeekanaal de historische situatie niet bruikbaar als referentie. Het kanaal is in de loop van haar bestaan meerdere malen verbreed en verdiept, bovendien was het kanaal na de aanleg al snel ernstig vervuild. Ook een natuurlijke referentie is niet beschikbaar, omdat kanalen geen natuurlijke wateren zijn. Wel kan gebruik worden gemaakt van het algemene referentiebeeld voor kanalen dat is opgesteld in het kader van de derde Nota Waterhuishouding (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989). Ook kan aan de hand van de ecologische potenties van het gebied een referentie worden geconstrueerd.

In 'Natuur: zoete wateren' (basisrapport derde Nota (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1990) wordt een algemeen referentiebeeld geschetst voor kanalen. Bij het referentiebeeld is aangesloten bij de beschrijving van de ecologische doelstelling van het hoogste niveau door de CUWVO (1988). Deze ecologische doelstelling omvat:

- de levensgemeenschap is zodanig opgebouwd dat de primaire produktie bijna geheel bepaald wordt door het fytoplankton (chlorofylgehalte: 25-50 µg/l)
- de voedingsstoffen zijn van allochtone oorsprong
- de waterbeweging is onregelmatig
- hogere dichtheden van verschillende organismengroepen (door minder intensieve scheepvaart)
- levensgemeenschap:
 - vissen (blankvoorn, baars, snoekbaars (in plantenarme kanalen), snoek (in plantenrijke kanalen), brasem, karper, voorn, stekelbaars, en paling)
 - macro-evertebraten (muggelarven, vlokreeft, weekdieren, wormen en bloedzuigers)
 - zoöplankton (*Daphnia*, *Bosmina*, *Cyclops* en raderdieren)
 - fytoplankton (blauw-, groen-, kiezelwieren en cryptofyten)
 - helofyten (riet, lisdodde, pitrus e.d)
- waterkwaliteit:

temperatuur	max.	20 - 25	°C
pH	max.	7 - 8	
sulfaat (SO ₄ ²⁻)	max.	0 - 40	mg/l
calcium (Ca ²⁺)	max.	10 - 40	mg/l
o-fosfaat	max.	0 - 0,1	mg/l
nitraat-N	max.	0 - 1	mg/l
zuurstof	gem.	8 - 11	mg/l
	min.	6 - 9	mg/l
chloride:			
zoet kanaal	gem.	10 - 40	mg/l
brak/zout kanaal	gem.	100 - 10000	mg/l

Het basisrapport stelt ook dat voor kanalen geen 'natuurlijke referentie' is op te stellen en dat ten hoogste referenties van vergelijkbare (deel-)ecosystemen kunnen worden gebruikt. Het volgende beeld wordt dan geschetst (Tamis, 1992):

- fysieke/chemische barrières voor trekvissen zijn afwezig of anders goed passeerbaar
- de oeverzone is een corridor in de ecologische infrastructuur en bevat zonodig langstrekvoorzieningen, daarnaast is het een water/land-gradiënt (eventueel voorzien van golfwerende constructies, damwanden zijn voorzien van faunautstapplaatsen)
- het kanaal bevat permanent water dat in wisselende richting stroomt en heeft een constant peil of fluctueert anders met regelmaat
- de waterkwaliteit voldoet aan de normen voor 'water voor karperachtigen'
- de kanalen staan in open verbinding met ondiepe wateren/watertjes
- zoöplankton: voor elk kanaal een karakteristieke soortensamenstelling
- vissen: vegetatiemijdende soorten van het stilstaande water, vegetatieminnende soorten en zichtjagers (afhankelijk van scheepvaart), enkele stroomminnende soorten, bodemfauna foeragerende vissoorten (bij onbegroeide bodem), trekvissen (in kanalen die behoren tot het rivierwater-afvoerende deltasysteem): in elk geval glasaal, schieraal, driedoornige stekelbaars, bot, elft, fint, zeeforel en zalm
- watervogels: nestelen in de oeverzone, foerageren, overwinteren (wanneer ijsvrij)
- brakwatergemeenschap (wanneer onder invloed van zee)
- een karakteristieke vegetatie-zonering: fonteinkruidzone, rietzone, zacht-houtzone, hardhoutzone.

Ten aanzien van het Noordzeekanaal geeft het basisrapport een referentiebeeld waarbij ervan wordt uitgegaan dat het kanaal -gezien de voor Nederland bijzondere situatie- een brakwatersysteem is. Het referentiebeeld omvat de volgende aspecten:

- kenmerkend zijn de typische brakwatersoorten: niet veel maar in relatief hoge dichtheden
- goed ontwikkelde levensgemeenschappen in de oeverzone, inclusief de brakwatermacrofauna
- belangrijke schakel in de trekroute van vissoorten (waarschijnlijk) winterverblijfplaats voor zoetwatervissen uit de regio
- deel van het leefmilieu van stroomminnende vissen als winde, alver en riviergrondel, dicht bij zee is de diklipharder te vinden
- geen sprake van hinderlijke (blauw)algengroei
- in de zoute onderlaag is de zuurstof-concentratie boven die van de norm voor viswater, en bevindt zich een levensgemeenschap die een afspiegeling vormt van het mariene milieu met een rijke bodemfauna.

7.2 Aanzet tot ecologisch streefbeeld Noordzeekanaal

In het kader van de voorbereiding van de vierde Nota Waterhuishouding (verschijnt in 1998) is door RWS-RIZA, met medewerking van de RWS directies Noord-Holland en Utrecht aan de hand van enige doelsoorten en doelvariabelen een streefbeeld geschetst van het watersysteem ARK/NZK in de vorm van een zogeheten 'AMOEBE' (De Hoog e.a., 1997). Aan het einde van deze paragraaf zal een aanzet worden gegeven tot een nadere invulling van dit AMOEBE-streefbeeld

AMOEBE Amsterdam-Rijnkanaal/Noordzeekanaal

De AMOEBE (Algemene Methode voor Oecosysteem Beschrijving) is een

presentatiemethode voor de kwaliteit van een ecosysteem. Er wordt daarbij gebruik gemaakt van enkele kenmerkende doelsoorten en doelvariabelen. Diverse beleidsscenario's kunnen door middel van deze doelsoorten en -variabelen worden vergeleken met het referentiebeeld.

Het referentiebeeld waarvoor in de AMOEBE ARK/NZK gekozen is, is een constructie van de ecologische potenties van het watersysteem ARK/NZK. Wat betreft inrichting valt de grote lengte aan natuurvriendelijke oevers op: 47 km langs het Noordzeekanaal en nog eens 85 km langs het Amsterdam-Rijnkanaal. Hierbij is als criterium genomen, dat de referentie natuurvriendelijke oevers bevat daar waar de huidige infrastructuur dit toe laat. Als uit te werken scenario is gekozen voor een voortzetting van het huidige beleid tot en met het jaar 2015 ('scenario 2015'). In het jaar 2015 zullen de belangrijkste huidige beleidsdoelstellingen zijn behaald. Het scenario 2015 kan daarom beschouwd worden als het huidige maar wel nog globale streefbeeld van het ecosysteem van het Noordzeekanaal.

Voor het Amsterdam-Rijnkanaal en het Noordzeekanaal is een gezamenlijke lijst van doelvariabelen geselecteerd. Deze is:

<i>Primaire productie</i> chlorofyl-a	<i>Vissen</i> baars brasem
<i>Zoöplankton</i> lengte kamwatervlooien (<i>Daphnia sp.</i>)	snoek snoekbaars blankvoorn
<i>Vegetatie</i> echt lepelblad (<i>C. officinalis</i>) zwarte els (<i>A. glutinosa</i>) helofytenzone waterplantenareaal	<i>Vogels</i> fuut kuifeend rietgors
<i>Macrofauna</i> zuiderzeekrabbetje (<i>R. harrisii</i>) driehoeksmossel (<i>D. polymorpha</i>) brakwatermossel (<i>C. cochleata</i>) slijkhafte (<i>Caenis sp.</i>) zeeduizendpoot (<i>N. diversicolor</i>)	<i>Zoogdieren</i> otter noordse woelmuis

Een aantal van deze doelvariabelen zijn voor het Noordzeekanaal van minder belang, omdat het zoetwatersoorten betreft.

In tabel 7.2 staan in het kort de belangrijkste kenmerken van het referentiebeeld, de huidige situatie en scenario 2015.

Tabel 7-2
Belangrijkste kenmerken referentiebeeld, huidige situatie en scenario 2015 in AMOEBE ARK/NZK voor het Noordzeekanaal (De Hoog e.a., 1997).

	waterkwaliteit	waterbodempkwaliteit	natuurvriendelijke oevers
Referentiebeeld	goed, waarden beneden grenswaarden ENW	goed; klasse 0	47 km
Huidige situatie (1995)	slecht, aantal stoffen boven grenswaarden	slecht; klasse 2, havengebieden klasse 3/4	0 km
Scenario 2015	redelijk, bij lozingspunten boven grenswaarden	redelijk; klasse 2 overall	6 km

Ter illustratie is in figuur 7.1 een AMOEBE gepresenteerd van het Noordzeekanaal voor de huidige situatie en scenario 2015, aan de hand van een deel van de doelvariabelen. Op de cirkel wordt de waarde (bijv. dichtheid) van de doelvariabele op 100% gesteld.

Het streefbeeld (scenario 2015) is in de AMOEBE nog weinig gedetailleerd. Bovendien is zij gebaseerd op het huidige beleid.

Aanzet tot detaillering van het AMOEBE-streefbeeld

Er zijn drie milieu-aspecten op het Noordzeekanaal die samen een ordening kunnen aanbrenge in het ecologisch streefbeeld: de zouthuishouding, de kwaliteit van water en bodem en de inrichting van het Noordzeekanaal. Met inachtneming van de uitgangspunten en de resultaten van de AMOEBE is het onderstaande kwalitatieve streefbeeld te schetsen.

In bijlage 9 is een lijst opgenomen van potentiële doelsoorten voor het Noordzeekanaal. Hieruit kan geput worden bij een eventuele kwantificering van het gedetailleerde streefbeeld.

Handhaven zoutgradiënt

- Er is geen last van algenbloei in het Noordzeekanaalpannd.
- Het aantal soorten fyto- en zoöplankton is groot.

.....
Echt lepelblad (*Cochlearia officinalis*). Deze zoutminnende oeverplant is gekozen als één van de doelvariabelen voor de AMOEBE ARK/NZK. De soort kan verwacht worden in de natuurvriendelijke oevers die de komende jaren langs het Noordzeekanaal zullen worden aangelegd. (foto: RWS dir. NH)

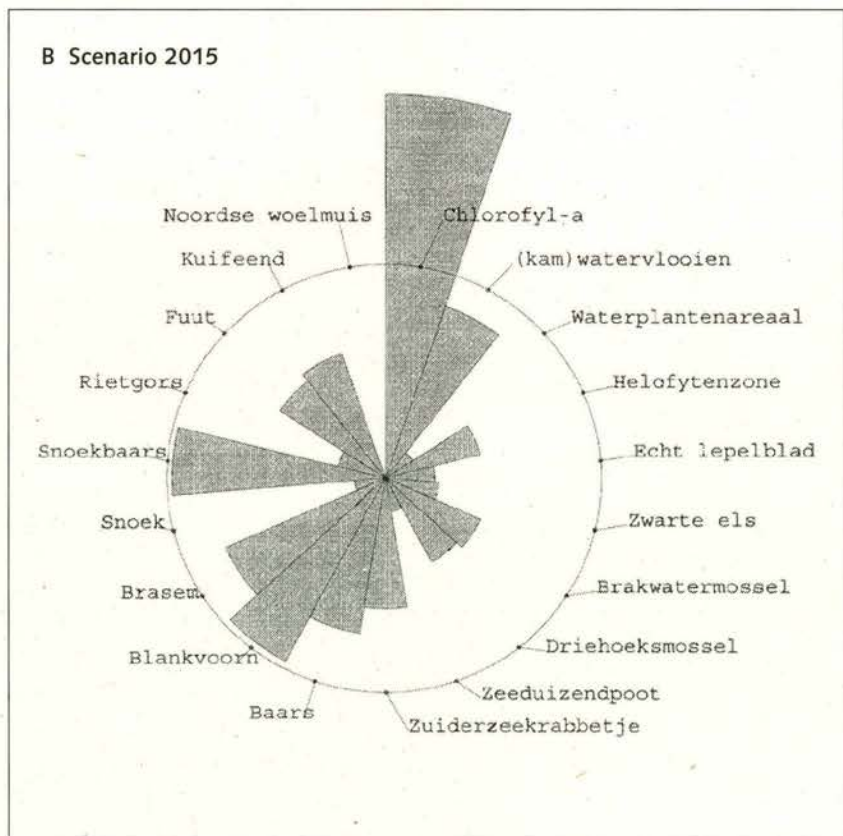
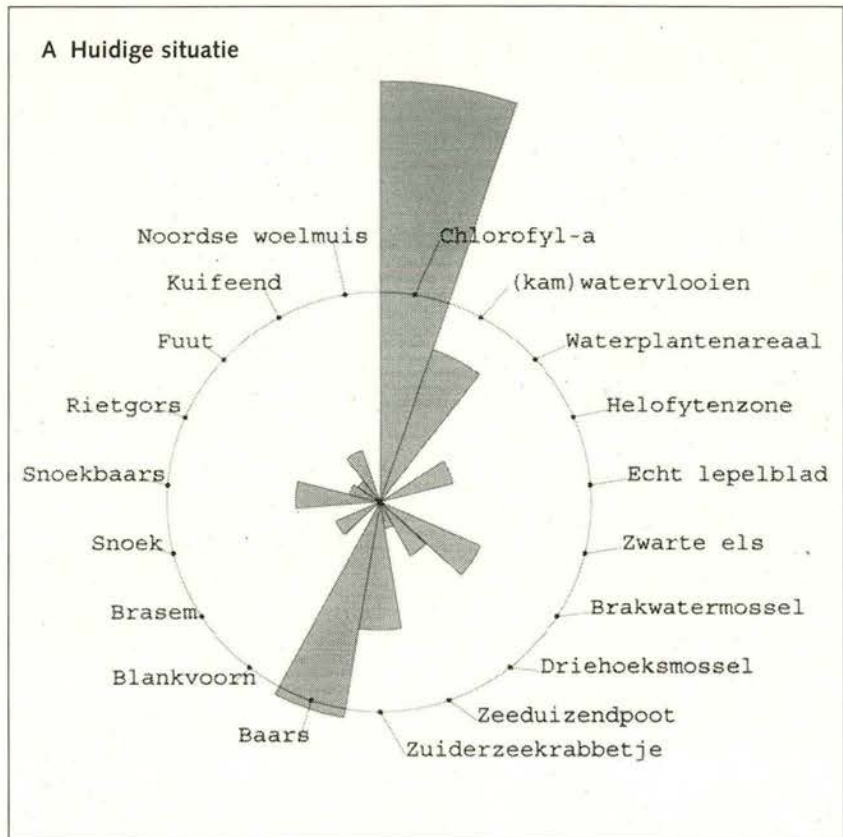


Fig. 7-1

AMOEBE-presentatie voor het Noordzeekanaal (De Hoog e.a., 1997).

A: huidige situatie ten opzichte van referentiebeeld (gelegen op de cirkel)

B: scenario 2015 ten opzichte van referentiebeeld



- Over meer dan tweederde deel van de oeverlengte van het kanaalband is een goed ontwikkelde levensgemeenschap aanwezig van brakwater- of brakwatertolerante macrofauna, waaronder zuiderzeerechten.
- De huidige visgemeenschappen zijn ook in de toekomst te onderscheiden. Voorkomende soorten zijn onder meer: dikkopje, steenbolk, snoekbaars, blankvoorn en spiering.

Goede kwaliteit van water en bodem

- De waterkwaliteit voldoet aan de ENW-grenswaarden en voor een deel van de parameters aan de strengere normen voor karperwaterkwaliteit.
- Ook in de zoute onderlaag is de zuurstofconcentratie boven die van de norm voor karperwater.
- Er is geen last van algenbloei in de zijkanalen en havens.
- Brakwaterorganismen worden in hun ontwikkeling niet ernstig beïnvloed door verontreinigingen. In zijkanalen en natuurvriendelijke oevers komen soorten voor als: zuiderzeekrabje, brakwaterpok, brakwaterpissebed, zoetwaterpissebed, slakken, libellen, kevers, wantsen en kokerjuffers.
- Mede door een goede kwaliteit van bodem en zwevende stof worden geen tumoren en zweren aangetroffen bij vis.
- Het Noordzeekanaal fungeert als verblijfplaats voor trekvogels en wintergasten zoals zwarte stern, wulp, smient en diverse (duik)eenden.
- Knobbelzwanen, scholekster, waterhoen en fuut komen in groot aantal voor.

Goede inrichting van het watersysteem (natuurvriendelijke oevers, vispassages en beperking ongewenste effecten koelwatergebruik)

- Het middenband van het Noordzeekanaal is geen grote barrière meer voor flora en fauna van vooral brakke milieus.
- In ondiepere delen van de oeverzone langs het kanaalband komen ondergedoken waterplanten voor. Vooral soorten met voorkeur voor brakke standplaatsen zoals zannichellia en soorten die (matig) brakke omstandigheden verdragen zoals schedefonteinkruid, aarvederkruid en lidsteng.
- In de oeverzone van met name de natuurvriendelijke oevers komen emergente soorten voor als riet, mattenbies, zeebies, heemst, echt lepelblad en zeeaster.
- Door de aanleg van natuurvriendelijke oevers komen langs het Noordzeekanaal en de zijkanalen soorten voor als zuiderzeekrabje, brakwaterpok, brakwaterpissebed, zoetwaterpissebed, libellen, kevers, wantsen en kokerjuffers.
- Door voldoende oevervegetatie vinden rietzanger en kleine karekiet een broedbiotoop.
- De oeverzone biedt ruimte aan diverse soorten kleine zoogdieren zoals otter, waterspitsmuis, dwergspitsmuis en noordse woelmuis.
- Voor zoogdieren die te water raken is er voldoende gelegenheid om op het droge te kunnen klimmen.
- Door de aanleg van vispassages is het kanaal een belangrijke trekroute van vissoorten zoals glasaal, driedoornige stekelbaars, bot, rivier- en zeeprik, fint, zeeforel en zalm.
- Het opheffen van de migratiebarrière voor bot bij IJmuiden vermindert de kans op visziekte bij deze vis.
- Het Noordzeekanaal is deel van het leefmilieu van vissen van estuaria, waaronder kleine zeenaald, diklip- en dunlipharder.
- Door een goede passeerbaarheid van de Oranjesluizen voor migrerende vis, kan het kanaal deel uitmaken van het leefmilieu van stroomminnende vissen als winde, alver en riviergrondel. Natuurvriendelijke oevers zorgen voor paaiplaatsen voor deze vis.

8 Voorstellen voor beheer en onderzoek

Het streefbeeld, zoals dit in aanzet in paragraaf 7.2 is weergegeven, heeft consequenties voor het beheer van het kanaal. Soms zal onderzoek nodig zijn, om de relatie met het beheer beter vast te kunnen stellen. De drie milieuaspecten waar het streefbeeld in is onderverdeeld zullen in dit hoofdstuk als kapstok dienen voor een beschrijving van de relaties met het beheer. De reeks maatregelen en onderzoeksonderwerpen die bij ieder aspect wordt voorgesteld kan beschouwd worden als een groslijst. Hieruit kan later worden geput als het streefbeeld van het Noordzeekanaal nader is vastgesteld.

8.1 "Handhaven zoutgradiënt"

Aanzet voor ecologisch streefbeeld (zie § 7.2):

- Er is geen last van algenbloei in het Noordzeekanaalpannd.
- Het aantal soorten fyto- en zoöplankton is groot.
- Over meer dan tweederde deel van de oeverlengte van het kanaalpannd is een goed ontwikkelde levensgemeenschap aanwezig van brakwater- of brakwatertolerante macrofauna, waaronder zuiderzeerelicten.
- De huidige visgemeenschappen zijn ook in de toekomst te onderscheiden. Voorkomende soorten zijn onder meer: dikkopje, steenbolk, snoekbaars, blankvoorn en spiering.

Huidige toestand

Plankton:

De diversiteit van het fyto- en zoöplankton is groot en ondanks de hoge nutriëntengehalten treedt geen algenbloei in het Noordzeekanaalpannd op. Algenbloei treedt wel op in enkele zijkanalen. De zoutgradiënt in het kanaalpannd lijkt hierbij een belangrijke factor te zijn. (zie volgende paragraaf).

Macrofauna en vis:

De zoutgradiënt is een van de meest sturende factoren voor de aanwezigheid van macrofauna in de oeverzone. De daar aangetroffen macrofauna is een afspiegeling van het zoutgehalte (bijlage 7b). Hierdoor herbergt het Noordzeekanaal een unieke macrofaunagemeenschap met Zuiderzeerelicten en andere voor Nederland bijzondere brakwatersoorten. Ook de visgemeenschap bestaat uit soorten die deels afhankelijk zijn van de zoutgradiënt op het kanaal.

De oostgrens van het verspreidingsgebied van 'echte' brakwaterfauna lag in 1987 oostelijker (KM22) dan in 1988 (KM18,5). Dit lijkt samen te hangen met een groter doorstroomdebiet in 1988 (87 m³/s te IJmuiden ten opzichte van 84,5 m³/s in 1987). Om dezelfde reden bevond het 'zoutplafond' van de brakwatergemeenschap (door Van Couwelaar en Van Dijk gesteld op ca. 2500 mg Cl⁻/l.) zich in 1988 ca. 3 km westelijker dan in 1987 (resp. KM2 en KM5) (Van Couwelaar en Van Dijk, 1989). Op basis van correlaties tussen debiet en saliniteit is een significante reductie van het saliniteitstrajekt voor de brakwaterfauna in de oeverzone te verwachten bij een jaargemiddeld spui- en maaldebiet dat groter is dan ca. 80-85 m³ te IJmuiden (RIZA, Westphal, ongepubliceerd).

Er zijn sterke aanwijzingen dat het zuiderzeekrabje zich tussen 1975 en 1981 terugtrok in diepere waterlagen (Adema, 1981). Dit is een periode geweest waarin het afvoerdebiet van het Noordzeekanaal, als gevolg van een vergroting van het doorspoeldebiet van het Markermeer, sterk toenam. Het gevolg was een sterke verzoeting van de oeverzone, waardoor de brakwaterfauna in de problemen kwam. Na herstel van het oorspronkelijke doorspoelregiem (Rijkswaterstaat, 1987) herstelde deze soort zich weer in het oevermilieu.

Problemen

Er is sprake van het opvoeren van het doorspoeldebiet bij Schellingwoude vanuit het Markermeer. Dit kan een bedreiging vormen voor de fyto- en zoöplanktongemeenschappen vanwege het aantasten van het brakke karakter van het kanaal. Daarnaast wordt door de langere verblijftijd in een minder brak milieu het risico op algenbloei in het nutriëntenrijke Noordzeekanaal groter.

Net als bij het plankton zal een grotere doorspoeling van het kanaal gevolgen hebben voor de zout- en brakwater vissen, terwijl het leefmilieu van de bijzondere brakwaterfauna in de oeverzone onder druk zal komen te staan.

Mogelijk onderzoek

- Modelmatig onderzoek naar het verband tussen de zoete aanvoerdebieten en de ligging van de zoutgradiënt.¹⁾
- Welke ligging van de zoutgradiënt is optimaal voor de brakwatergebonden oeverfauna?²⁾
- In welke mate fluctueert het chloridegehalte, op korte en op langere termijn?³⁾ Wat is hiervan de invloed op de verspreiding van macrofauna?
- Op wat voor manier kan bij het kwantiteitsbeheer de fluctuatie in het [Cl⁻] getemperd worden?⁴⁾
- Is er een invloed van de zeespiegelrijzing op de zouthuishouding van het kanaal te verwachten?
- Tot welk debiet mag de aanvoer van water toenemen voor het uitblijven van algenbloei op het kanaalpand?

Mogelijke maatregelen

- Het stellen van limieten aan de inlaat van zoet water bij Schellingwoude. Dit ter voorkoming van te sterke wisselingen in het zoutgehalte langs de oeverzone en voor het handhaven van een gunstige gemiddelde ligging van de zoutgradiënt.

8.2 "Goede kwaliteit van water en bodem"

Hier vallen ook twee invloeden onder van koelwatersystemen op het ecosysteem: opwarming en het gebruik van aangroeibestrijdingsmiddelen.

Aanzet tot ecologisch streefbeeld (zie § 7.2):

- *De waterkwaliteit voldoet aan de ENW-grenswaarden en voor een deel van de parameters aan de strengere normen voor karperwaterkwaliteit.*
- *Ook in de zoute onderlaag is de zuurstofconcentratie boven die van de norm voor karperwater.*

Noten

- 1) Onderzoek is reeds uitgevoerd (Termeer, 1996).
- 2) Onderzoek wordt uitgevoerd: resultaat eind 1997.
- 3) Onderzoek is reeds uitgevoerd (Termeer, 1996).
- 4) Onderzoek wordt uitgevoerd: resultaat eind 1997.

- *Er is geen last van algenbloei in de zijkanalen en havens.*
- *Brakwaterorganismen worden in hun ontwikkeling niet ernstig beïnvloed door verontreinigingen. In zijkanalen en natuurvriendelijke oevers komen soorten voor als: zuiderzeekrabje, brakwaterpok, brakwaterpissebed, zoetwaterpissebed, slakken, libellen, kevers, wantsen en kokerjuffers.*
- *Mede door de goede kwaliteit van bodem en zwevende stof worden geen tumoren en zweren aangetroffen bij vis.*
- *Het Noordzeekanaal fungeert als verblijfplaats voor trekvogels en wintergasten zoals zwarte stern, wulp, smient en diverse (duik)eenden.*
- *Knobbelzwanen, scholekster, waterhoen en fuut komen in groot aantal voor.*

Huidige toestand

Waterkwaliteit

Zoals in hoofdstuk 2 is beschreven voldoet de waterkwaliteit in het Noordzeekanaal niet aan de grenswaarden (MilBoWa)(Ministerie van VROM, 1991). Ook de norm 'water voor karperachtigen' wordt voor een aantal stoffen overschreden (Rijkswaterstaat, 1992). Dit betekent dat de waterkwaliteit niet voldoende is om sterfte en belemmering van voortplanting en groei van organismen uit te sluiten. Sterker, op basis van beschikbare literatuur kan geconcludeerd worden dat de gehalten van een aantal stoffen dermate hoog is dat er zowel van acute als chronische toxische effecten sprake is. Zo worden de grenswaarden voor fosfaat, enkele zware metalen, cyanide, PAK's, PCB's en fenolen overschreden. Het O₂ -gehalte in de zouttong is in het oosten van het kanaal te laag.

Bij de uitstroming van lozingspunten (incl. koelwater) is geen sprake van directe en volledige menging over de breedte en diepte van het kanaal(deel). Gradiënten blijven zowel in de verticale als in de dwarsrichting over enige afstand aanwezig (DHV, 1991). Dit gebied wordt de mengzone genoemd. In deze mengzone kan lokaal de concentratie veel groter zijn en daarmee ook de negatieve gevolgen voor de ter plaatse aanwezige fyto-, zoöplankton, macrofauna en vissen.

De in de Buitenhaven aanwezige metaalgehalten komen regelmatig boven vermijdingsconcentraties voor zalmachtigen (Van Brummelen, 1989).

Koelwaterfunctie en waterkwaliteit

De effecten van koelwaterinname worden veroorzaakt door een viertal factoren: aangroei bestrijding, opwarming, inzuiging van organismen en het lokstroom-effect van uitstromend koelwater.

Gezien het feit dat het totale koelwaterdebiet van de twee UNA-centrales bovenstrooms van die in Velsen en de AVI-West, het totale afvoerdebiet bij IJmuiden ruim overschrijdt, moet rekening worden gehouden met een significante invloed van de electriciteitscentrales op het ecosysteem (opm. '96: sinds kort lost de UNA-Diemen geheel op het IJmeer). We zullen ons hier beperken tot de invloed op de waterkwaliteit. Andere aspecten, zoals inzuiging van organismen en de invloed van warmwaterpluimen op trekvis komen § 8.3 aan de orde.

Ongewenste afzetting en aangroei van organismen (met name mosselen, brakwaterpoliepen en sponzen) in het koelwaterinlaatkanaal en de condensorpijpen wordt (bij de Hemweg-centrale) bestreden met chloorbleekloog. Dit middel is schadelijk dan wel dodelijk voor het grootste deel van de aquatische organismen. Een concentratie van 1,5 mg Cl/l is dodelijk voor vooral zoöplankton, fytoplankton en vislarven. Zoetwaterorganismen blijken bij langere contacttijd tien maal gevoeliger te zijn dan zee-organismen. Ten

.....
De brakwaterpoliep (*Cordylophora caspia*) is een soort die zich hardnekkig hecht in koelwaterleidingen en ook veel op het stortsteen langs het kanaal te vinden is. Door de dikke bruine matten die het vormt, wordt de soort ook wel 'apenhaar' genoemd. (foto: S. Rajagopal, KUN)



.....
Detail van een plakkaar apenhaar (*Cordylophora caspia*). (foto: H.A. Jenner, KEMA)



aanzien van de acute toxiciteit blijken zee-organismen juist gevoeliger te zijn (KEMA, 1991). Het gebruik van chloorbleekloog en het relatief grote koelwaterdebiet dragen mogelijk bij aan de lage fytoplanktonproductie in het Amsterdam-Rijnkanaal en het Noordzeekanaal. In het uitlaatgebied zullen vissen concentraties hoger dan 0,04-0,15 mg Cl/l vermijden (Langford in KEMA, 1991). De KEMA verricht veel onderzoek naar andere middelen dan chloorbleekloog voor het bestrijden van aangroei.

Het effect van opwarming op het voorkomen van organismen wordt geïllustreerd met de situatie in de Jan van Riebeeckhaven. In deze haven is de temperatuur ca. 3 °C (jaargemiddelde 15,8 °C) hoger dan in het kanaalpand. Dit wordt veroorzaakt door de lozing van koelwater door de Hemwegcentrale. De macrofaunasamenstelling van de Jan van Riebeeckhaven wijkt af van andere vergelijkbare punten. Het aantal soorten is klein. De brakwaterpoliep (*Cordylophora caspia*) en het Jenkins' waterhoortje

(*Potamopyrgus jenkinsi*) zijn afwezig terwijl zij op andere punten vrijwel altijd zijn aangetroffen. Ook zijn nabij de uitlaat van de Hemwegcentrale opvallend hoge aantallen vlokreeften (Gammaridae) en langsprietkreeftjes (Corophidae) aangetroffen (Van Couwelaar en Van Dijk, 1988). In de Jan van Riebeeckhaven zijn alleen dikkopje en snoekbaars talrijk. Spiering komt er minder voor dan op andere lokaties. Dit zou kunnen samenhangen met het feit dat de koude-minnende spiering dit opgewarmde gebied mijdt (KEMA, 1991).

Ook elders is de invloed van opwarming door koelwater op organismen merkbaar. In Zijkanaal I (gemiddeld chloridegehalte 785 mg/l) komen meer brakwatermosselen voor dan driehoeksmosselen, terwijl dit in het zoutere Zijkanaal G (gemiddeld chloridegehalte 1060 mg/l) juist andersom is. Van Couwelaar en Van Dijk (1989) schrijven deze gunstigere positie van de brakwatermossel ten opzichte van de driehoeksmossel toe aan het warmere water in Zijkanaal I.

Van de macrofauna zijn er enkele 'bijzondere' Noordzeekanaal-soorten, die bij temperaturen hoger dan 20 à 25 °C in de problemen komen, zoals: *Palaemonetes varians* (20 °C), *Rhithropanopeus harrisi* (25 °C), *Sabatieria pulchra* (19 °C), *Telmatogeton sp.* (19 °C) en *Terschellingia communis* (19 °C) (Leeuwinga, 1989).

Uit diverse onderzoeken is bekend dat de toelaatbare maximum temperatuur afhankelijk is van zoutgehalte en zuurstofconcentratie. Voor mariene soorten neemt de temperatuurrestantie af bij dalende saliniteit en zuurstofconcentratie (KEMA, 1991; Kinne, 1978; Bamber & Spencer, 1984). Met betrekking tot het Noordzeekanaal is echter te weinig gerichte veld- en/of literatuur-informatie beschikbaar om over eventuele negatieve effecten op bepaalde soorten en de totale diversiteit uitspraken te kunnen doen.

Op vis kan een verhoogde watertemperatuur op diverse manieren van invloed zijn. De letale temperatuur ligt voor veel vissen tussen 28 °C en 33 °C (KEMA, 1991). Een verhoging van de temperatuur heeft in het algemeen een verlaging van het zuurstofgehalte tot gevolg. Onder dergelijke omstandigheden kan een vis vermijdings-/vluchtgedrag vertonen. Door verhoging van de temperatuur neemt de afbraaksnelheid en de omzettingssnelheid van organische verbindingen door bacteriën toe en daardoor ook het biologisch zuurstofverbruik (BZV). Ook dit leidt tot vermijdingsgedrag. De hogere temperaturen vergroten de overlevingskansen van pathogene (ziekteverwekkende) organismen. Er ontstaat daarmee een grotere kans op besmetting van vis en andere waterorganismen met parasieten en bacteriële infecties. Tot slot neemt de toxiciteit van zware metalen vaak toe bij hogere temperaturen (Jones, 1975).

Waterbodemkwaliteit

De waterbodems in het gehele Noordzeekanaal zijn in meer of mindere mate verontreinigd. Met name in het oostelijk havengebied is sprake van klasse 4 en wca-specie (Van Klaveren, 1989). Uit ecotoxicologisch onderzoek is gebleken dat de waterbodems van onder meer het Binnenspuikanaal, Hoogovenbuitenhaven toxisch, en de Staalhaven, de 1e Rijksbinnenhaven, de Petroleumhaven en het Cornelis Douweskanaal zeer toxisch zijn (Van den Hurk en Dubbeldam, 1992; Van den Hurk, 1993).

Zuurstof in de zouttong

Vanwege de slechte zuurstofcondities in de zouttong in het oostelijk deel van het Noordzeekanaal komen daarin en op de bodem geen organismen voor. Vanwege de slechte zuurstofhuishouding komen ten oosten van KM10 op een diepte van > 10 m geen vissen voor.

Algenbloei

In enkele zijkanalen (B,C,G en H) wordt 's zomers regelmatig algenbloei geconstateerd. Dit is het gevolg van directe aanvoer van algen en nutriënten uit de geëutrofiëerde regionale wateren.

Verontreiniging en macrofauna

Ondanks het grote aantal macrofaunasoorten dat is aangetroffen op het Noordzeekanaal, is de macrofaunagemeenschap verarmd. Een aantal waterinsekten die hogere zoutgehalten tolereren, zoals wantsen, kevers, kokerjuffers en een aantal muggelarven zijn nagenoeg geheel afwezig. Dit is ook in de met riet begroeide delen het geval, zodat het ontbreken van waterplanten niet de enige faktor lijkt te zijn (Peeters, 1988). Ook Van Couwelaar en Van Dijk (1989) vinden aanwijzingen voor een verarmde macrofaunapopulatie. Daarnaast nam Peeters (1988) een duidelijke invloed van lood op de samenstelling van de macrofauna waar. Mogelijk is hiermee ook het ontbreken van een aantal waterinsekten te verklaren. Analyses van zware metalen in brakwater- en driehoeksmosselen (*Congeria cochleata* resp. *Dreissena polymorpha*) laten lichte concentratieverhogingen zien in het westelijk havengebied van Amsterdam. Er is een verband tussen concentratietoename en de grootte van de mosselen. De directe betekenis hiervan is niet duidelijk, omdat behalve de concentratie in het omringende milieu, factoren zoals temperatuur, saliniteit, zuurstof maar ook voedsel, sexe en conditie van het dier een belangrijke rol bij de opname en accumulatie spelen (Hermus, 1991).

Verontreinigingen in vis en visziekten

Hoewel de visstand in het Noordzeekanaal gevarieerd is, kunnen we niet spreken van een voor vissen gezond systeem. Zoals is beschreven in paragraaf 6.2.3 is rond de zeesluizen te IJmuiden en op het Noordzeekanaal de conditie van bot matig tot slecht. Bij inventarisaties verricht in 1988 en 1990 werden een groot aantal botten gevangen met ziekteverschijnselen, zoals huidzweren en levertumoren. De voorlopige resultaten uit een recent onderzoek (Van Banning e.a., 1996) laten echter wel een verbetering zien van de gezondheidstoestand van bot rond de zeesluizen. Er zijn meerdere factoren die een rol kunnen spelen bij het optreden van ziekte bij bot. Vermoed wordt dat de slechte kwaliteit van de waterbodem rond de zeesluizen (klasse 3 tot 4) er een van is.

In aal, snoekbaars en brasem zijn zodanig verhoogde gehalten aan microverontreinigingen gevonden, dat rekening moet worden gehouden met negatieve effecten op de voortplanting van sommige vissoorten en op topredatoren (zoogdieren en visetende vogels). Het gaat hierbij vooral om hoge gehalten aan kwik, PCB's, dioxinen, furanen en organochloorpesticiden.

Trekvogels en wintergasten

Het Noordzeekanaal lijkt niet van groot belang voor watervogels. Duikeenden (tafeleend en kuifeend) foerageren in de winterperiode in lage aantallen op brakwater- en driehoeksmossels op het Noordzeekanaal. Bij bevroering van delen van de zoete wateren in de omgeving (b.v. IJmeer), kan het brakke Noordzeekanaal met de havens voor veel watervogels een wijkplaats vormen. Omdat de vogels toppredator zijn in de voedselketen, zijn zij kwetsbaar voor microverontreinigingen die accumuleren in hun prooi-organisme. De Buitenhaven is in de trekperiode voor zeevogels een belangrijk toevluchtsoord bij storm en zij is een voedselgebied.

Problemen

De waterkwaliteit is in de loop der jaren sterk verbeterd, maar voldoet nog niet. Het nutriëntengehalte is te hoog, evenals de gehalten van enkele

zware metalen, cyanide en organische microverontreinigingen als PAK, PCB en fenolen. Het gehalte aan fenolen was in de Buitenhaven eind jaren tachtig zeer hoog. De laatste jaren is de lozing van fenolen in de Buitenhaven flink teruggedrongen. Koelwaterinname beïnvloedt de waterkwaliteit door opwarming en het gebruik van chloorbleekloog ter bestrijding van de aangroei. Deze beïnvloeding is voor alle onderdelen van de levensgemeenschap vermoedelijk groot en veelal ongewenst. Koelwaterpluimen vormen mogelijk voor migrerende vis een barrière.

De waterbodem is op veel plaatsen min of meer verontreinigd. Doordat sanering duur en niet eenvoudig is, zal oplossing van dit probleem nog enige tijd duren.

Zuurstofloosheid in de zouttong op de bodem in het oostelijk deel van het Noordzeekanaal zal te maken hebben met de ter plekke slibrijke bodem en met stratificatie ten gevolge van de zoutgelaagdheid. Het probleem hangt dus deels samen met de aanwezigheid van de zoutgradiënt, die juist voor het ecosysteem van groot belang is. Ook na sanering van de slibrijke waterbodem zal waarschijnlijk een slechte zuurstofhuishouding in het oostelijke deel van de zouttong blijven bestaan.

Voor het nagaan van de herkomst van verontreinigende stoffen op het Noordzeekanaal is in 1997 gestart met het opstellen van een stoffenbalans. Deze zal eind dat jaar beschikbaar zijn.

Mogelijk onderzoek

- Onderzoek naar de effecten van microverontreinigingen en de doorgifte in de voedselketen via de macrofauna in het hele Noordzeekanaal. De aandacht moet daarbij speciaal uitgaan naar organische microverontreinigingen als pesticiden, PCB's en dioxinen/furanen.
- Onderzoek naar de mate van bio-beschikbaarheid van microverontreinigingen onder verschillende Noordzeekanaalomstandigheden (saliniteit, O₂, organisch koolstof etc.).
- Nader onderzoek naar de herkomst van hoge gehalten aan microverontreinigingen in vissen (van vet en lever) in aal en snoekbaars met PCB-congeneren, dioxinen/furanen en pesticiden.
- Nader onderzoek aan pesticiden, PCB's en dioxinen/furanen in mossels van het Noordzeekanaal vergelijkend met die in de rest van Nederland en aangetroffen in vissen.
- Nader onderzoek naar hoge aandeel ziekteverschijnselen 'Noordzeekanaal'-bot.⁵⁾
- Onderzoek naar de (verarmende?) effecten van vele opeenvolgende mengzones van lozingen in het Noordzeekanaal op de (oevergebonden) levensgemeenschappen.
- Nader onderzoek naar de relaties tussen emissies en het ontbreken van bepaalde vissoorten op specifieke lokaties (bijvoorbeeld havens).
- Literatuuronderzoek naar effecten van microverontreinigingen op de bodemorganismen van het Noordzeekanaal.
- Peeters (1988) constateert correlaties tussen macrofaunapopulatie en lood. Is dit reproduceerbaar? Waaruit bestaan de vermoede effecten van lood? Welke rol spelen ander microverontreinigingen? Mogelijk zijn er ook correlaties met olie en EOCl aantoonbaar bij een daarop gerichte onderzoeksopzet.
- Zijn er brakwater- en estuariumbewoners die veel gevoeliger zijn voor microverontreinigingen dan de in het Noordzeekanaal aangetroffen soorten? Zouden deze bij reductie van verontreinigingsconcentraties in het gebied levensvatbare populaties kunnen opbouwen?

Noot

- 5) Onderzoek aan zieke bot rond sluiscomplex IJmuiden is in 1996 herhaald (Van Banning e.a., 1996).

- Er zijn aanwijzingen dat lozingen vanuit rioolwaterzuiveringsinstallaties, grote industriën en koelwatergebruikers extra macrofauna-biomassa aantrekken. Het gevaar is aanwezig dat dit voor vissen en vogels voedsel vormt van slechte kwaliteit. Om hierin inzicht te krijgen is nader onderzoek noodzakelijk.
- Er is te weinig gerichte veld- en/of literatuurinformatie beschikbaar om over eventuele negatieve effecten van koelwaterlozingen op bepaalde soorten en totale diversiteit kwantitatieve uitspraken te kunnen doen.
- In hoeverre wordt de zuurstofhuishouding, behalve door stratificatie ook bepaald door:
 - toevoer van zuurstofverbruikende stoffen (BZV) uit zee (zouttong) en epi- en metalimnion (sedimenterend organisch materiaal, geloosde (an)organische verontreinigingen);
 - consumptieprocessen in de zouttong;
 - seizoensinvloeden (winter-/zomerhalfjaar).
 Speelt deze afhankelijkheid zich op een schaal af, waarbij door sturing in het beheer nog verbetering te verwachten is?

Mogelijke maatregelen

- Het saneren van verontreinigde waterbodems. Prioriteit voor toxische lokaties.⁶⁾
- Verbeteren van aangevoerde water- en slibkwaliteit uit het Amsterdam-Rijnkanaal, de regionale wateren en de Buitenhaven (zouttong).
- Reductie van diffuse lozingen (landbouw) in de aangrenzende boezemwateren (Rijnlandse- en Schermerboezem).⁷⁾
- Reduceren danwel opheffen van (diffuse) lozingen uit schepen (olie, afval, overslagmorsingen e.d).
- Beperken gebruik aangroeiwerende verven.⁸⁾
- Verbod op onderwateruitlaten/onderwatertoiletten.
- Terugdringen problematiek bilgewater scheepvaart.
- Bij onderhoudswerkzaamheden aandacht besteden aan milieuhygiënische aspecten (materiaalgebruik, verwerking, afvoer e.d.).⁹⁾
- Vermijden gecreosoteerd hout en andere uitlozende oeverversterkingsmaterialen.¹⁰⁾
- Opstellen van calamiteitenplannen voor scheepvaart en industrie.
- Verder beperken van het gebruik van chloorbleekloog als aangroeibestrijdingsmiddel in koelwaterinstallaties. De KEMA heeft daarvoor diverse methoden ontwikkeld (KEMA, 1991):¹¹⁾
- In het vergunningenbeleid dient aandacht te worden besteed aan slechte menging en omvang van mengzones.¹²⁾
- Verplaatsen van woonschepen.

Noten

- 6) Ter voorbereiding van de sanering waterbodems worden lokaties gezocht voor grootschalige opslagdepots voor de zoete en de zoute baggerspecie. De inrichting van deze depots zal pas na het jaar 2000 plaatsvinden.
- 7) Voor de aanpak van de problematiek van de diffuse bronnen is het Regioplatform Diffuse Bronnen opgericht. Zij heeft ondermeer als taak het formuleren van maatregelen.
- 8) Onderzocht wordt of minder schadelijke alternatieven bruikbaar zijn voor de nu toegepaste organotin- of koperverbindingen.
- 9) Wordt bij RWS vastgelegd in het Beheersplan Interne Milieuzorg. De deelnotitie 'Toepassing Alternatieve Materialen' is in 1996 verschenen.
- 10) Wordt al enige jaren niet meer gebruikt in en langs het Noordzeekanaal.
- 11) Bij verlenen WVO-vergunningen wordt onderzoek naar minimaliseren van chloorbleekloog voorgeschreven.
- 12) In 1997 is gestart met onderzoek naar de omvang van mengzones nabij lozingen en naar de omvang van warmtepluimen.

8.3 "Goede inrichting van het watersysteem"

Hieronder wordt verstaan de aanleg van natuurvriendelijke oevers en vispassages en het voorkomen van drie nadelige fysische effecten van koelwatergebruik: inzuiging van organismen, desoriëntatie van trekvis door koelwaterpluimen en valse lokstroomwerking van koelwateruitlaten.

Aanzet tot ecologisch streefbeeld (zie § 7.2):

- *Het middenpand van het Noordzeekanaal is geen grote barrière meer voor flora en fauna van vooral brakke milieu's.*
- *In ondiepere delen van de oeverzone langs het kanaalpand komen ondergedoken waterplanten voor. Vooral soorten met voorkeur voor brakke standplaatsen zoals zannichellia en soorten die (matig) brakke omstandigheden verdragen zoals schedefonteinkruid, aarvederkruid en lidsteng.*
- *In de oeverzone van met name de natuurvriendelijke oevers komen emergente soorten voor als riet, mattenbies, zeebies, heemst, echt lepelblad en zeeaster.*
- *Door de aanleg van natuurvriendelijke oevers komen langs het Noordzeekanaal en de zijkanalen soorten voor als zuiderzeekrabje, brakwaterpok, brakwaterpissebed, zoetwaterpissebed, libellen, kevers, wantsen en kokerjuffers.*
- *Door voldoende oevervegetatie vinden rietzanger en kleine karekiet een broedbiotoop.*
- *De oeverzone biedt ruimte aan diverse soorten kleine zoogdieren zoals otter, waterspitsmuis, dwergspitsmuis en noordse woelmuis.*
- *Voor zoogdieren die te water raken is er voldoende gelegenheid om op het droge te kunnen klimmen.*
- *Door de aanleg van vispassages is het kanaal een belangrijke trekroute van vissoorten zoals, glasaal, driedoornige stekelbaars, bot, rivier- en zeeperik, fint, zeeforel en zalm.*
- *Het opheffen van de migratiebarrière voor bot bij IJmuiden vermindert de kans op visziekte bij deze vis.*
- *Het Noordzeekanaal is deel van het leefmilieu van vissen van estuaria, waaronder kleine zeenaald, diklip- en dunlipharder.*
- *Door een goede passeerbaarheid van de Oranjesluizen voor migrerende vis, kan het kanaal deel uitmaken van het leefmilieu van stroomminnende vissen als winde, alver en riviergrondel. Natuurvriendelijke oevers zorgen voor paaipplaatsen voor deze vis.*

Huidige toestand

De inrichting van de oever

De oevers van het Noordzeekanaal zijn, met uitzondering van de havens, nagenoeg geheel verdedigd met stortsteen. Dit betekent dat er in het Noordzeekanaal weinig biotoopvariatie is en daarmee ook een geringere diversiteit van flora en fauna. Ondanks de afwezigheid van natuurvriendelijke oevers, is het talud van de oeververdediging flauw genoeg (1:3) voor zoogdieren om uit het water te klimmen.

Oevervegetatie, met name onder water (submergente macrofyten), is nagenoeg in het gehele Noordzeekanaal afwezig. Gezien de aanwezigheid van schedefonteinkruid (*Potamogeton pectinatus*) ter hoogte van KM25 en ten westen van eiland Zeeburg zijn hiervoor wel potenties aanwezig. Emergente oeverplanten (bijvoorbeeld riet, biezen) zijn sporadisch op beschutte plekken van het Noordzeekanaal aanwezig en op grotere schaal in de zoetere zijkanalen (bijv. Zijkanaal C) (Jonk, 1991). De grote invloed van de scheepvaart op de dynamiek in de oever is waarschijnlijk de belangrijkste

remmende faktor. Andere factoren kunnen het lichtklimaat, de waterbodem- en slibkwaliteit (Bij de Vaate en Van Vierssen, 1990; Vermaat 1991) en het gebrek aan ondiep water zijn.

In 1995 is gestart met de aanleg van een eerste natuurvriendelijke oever aan de zuidzijde van het Noordzeekanaal, ten westen van Zijkanaal C (Bakker e.a., 1995). Deze anderhalve kilometer lange oeverstrook, gelegen langs het recreatiegebied Spaarnwoude, wordt begin 1997 opgeleverd. De grond die vrij komt uit dit project wordt gebruikt voor het ophogen van een overhoek langs de Zuider-IJdijk bij Zeeburg (Amsterdam). Hier wordt een moerasmilieu aangelegd. Door de noodzakelijke fasegewijze opbrenging is dit project in 1998 klaar.

Een onderzoek naar het vervolg hierop is gestart in 1995 door het RIZA en het resultaat is in het najaar van 1996 in een nota verschenen (Rijsdorp e.a., 1996). Dit rapport, 'Het Noordzeekanaal, basis voor brakke natuur!', gaat in op de bijdrage van natuurvriendelijke oevers langs het Noordzeekanaal aan de ontwikkeling van brakke natte natuurgebieden in het groene middendeel van het Noordzeekanaalgebied. Natuurvriendelijke oevers bieden een geschikt leefmilieu voor zoutminnende en -tolerante planten en dieren en het versterken de ecologische samenhang van de aan weerszijden van het Noordzeekanaal te ontwikkelen natte brakke natuur.

Vismigratie

Zoals in hoofdstuk 6 is beschreven, komt in de Buitenhaven in IJmuiden een aantal soorten diadrome vissen voor, zoals glasaal, driedoornige stekelbaars, bot, zeeforel en fint. Op het Noordzeekanaal worden deze soorten ook aangetroffen, evenals de rivierprik. Bot en driedoornige stekelbaars kunnen zich mogelijk in het Noordzeekanaal voortplanten, waarbij de bot mogelijk gebruikmaakt van de zouttong. Driedoornige stekelbaars zal in de toekomstige natuurvriendelijke oevers geschikte paaigelegenheden aantreffen. Het treffen van maatregelen voor het beperken van de barrièrewerking van de sluizencomplexen bij IJmuiden en Schellingwoude, zal de betekenis van het Noordzeekanaal voor migrerende vis doen toenemen.

In 1995 is één van de inlaatmaalgangen omgebouwd tot vispassage, door middel van het plaatsen van twee schotten en het leggen van breuksteen langs de bodem (Jansen e.a., 1995). De schotten bezitten aan weerszijden openingen, waar het water wordt doorgelaten en de vis kan opzwemmen. Een tweede vispassage is voorzien op termijn onder het huidige havenkantoor in het noorden van het sluiscomplex. De vispassages zijn bedoeld voor trekvis en voor regionaal migrerende vis.

Bij IJmuiden is voor het spuicomplex een aantal voorzieningen ontworpen ten behoeve van de verbetering van de passeerbaarheid voor trekvis (Raat, 1995; Waterloopkundig Laboratorium, 1995). De aanleg zal meegenomen worden bij de renovatie van het spui- en gemaalcomplex van 1998 t/m 2001.

Fysische effecten van de koelwaterfunctie op de inrichting van het watersysteem

Met het ingenomen koelwater worden ook allerlei organismen meegezogen. Tijdens 24-uurs-metingen is de Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*) het gehele jaar door (december 1989-november 1990) met tenminste enkele tientallen exemplaren op de zeven aangetroffen. In het voorjaar (maart/april) en najaar (september/november) zijn tientallen tot honderden exemplaren per 24 uur aangetroffen. Ook het zuiderzeekrabje *Rhitropanopeus harrisi* ssp. *tridentatus* wordt het hele jaar aangetroffen met meestal tenminste enkele honderden exemplaren: van half augustus tot begin september zelfs met

honderden tot duizenden per bemonstering (= per 24 uur). Vlokkreeftjes zijn vrijwel alleen waargenomen van juni t/m november met enkele honderden tot tienduizenden. Ook de brakwatermossel *Congeria cochleata* en *Nereis sp.* (zagers) komen tot duizenden exemplaren op de trommelzeven voor (Van Beek, 1990; 1991; KEMA, 1991).

Na het in bedrijf komen van eenheid 8 bij de Hemweg-centrale zal het aantal ingezogen exemplaren grofweg verdubbelen (KEMA, 1991).

Als gevolg van inzuiging treedt er sterfte bij vis op. Bij vislarven die de centrale passeren wordt deze sterfte veroorzaakt door een combinatie van mechanische beschadiging in het koelwatersysteem en opwarming in de condensor. Vissen die op de zeven terechtkomen worden bij de centrales langs het Noordzeekanaal niet teruggespoeld, maar opgevangen in containers en vervolgens afgevoerd, zodat hier sprake is van 100% sterfte (KEMA, 1991). Vrijwel alle ingezogen vis is kleiner dan 12 cm. Vooral spiering kan met grote hoeveelheden worden aangezogen: aantallen > 1.000.000 ex. per 24 uur bij de Hemwegcentrale (Van Beek, 1991). Na spiering zijn driedoornige stekelbaars, dikkopje en kleine zeenaald relatief talrijk (Van Beek, 1991). Van grotere vissoorten als snoekbaars en baars worden nagenoeg uitsluitend 0+-exemplaren (éénzomerige vis) op de trommelzeven aangetroffen (Van Beek, 1990; 1991; Melchers en Timmermans, 1991), oudere vissen kunnen zich aan de inzuigstroom onttrekken. Het is daarom opmerkelijk dat op de trommelzeven van met name de Hemweg-centrale ook grote exemplaren standvis zoals baars, blankvoorn, brasem en snoekbaars (>30 cm) en trekvisseren als rivierprik, paling en zeebek (tot 74 cm) zijn aangetroffen (Van Beek, 1991). Met uitzondering van kleine zeenaald kan worden aangenomen dat de hierboven genoemde vissen ook als larven zullen worden ingezogen. Deze larven passeren de zeven en zijn niet bemonsterd. Van enkele andere centrales is bekend dat het aantal vislarven dat wordt ingezogen tientallen malen hoger kan zijn dan het aantal vis op de zeven (KEMA, 1991). De waargenomen aantallen moeten dan ook als een ondergrens beschouwd worden.

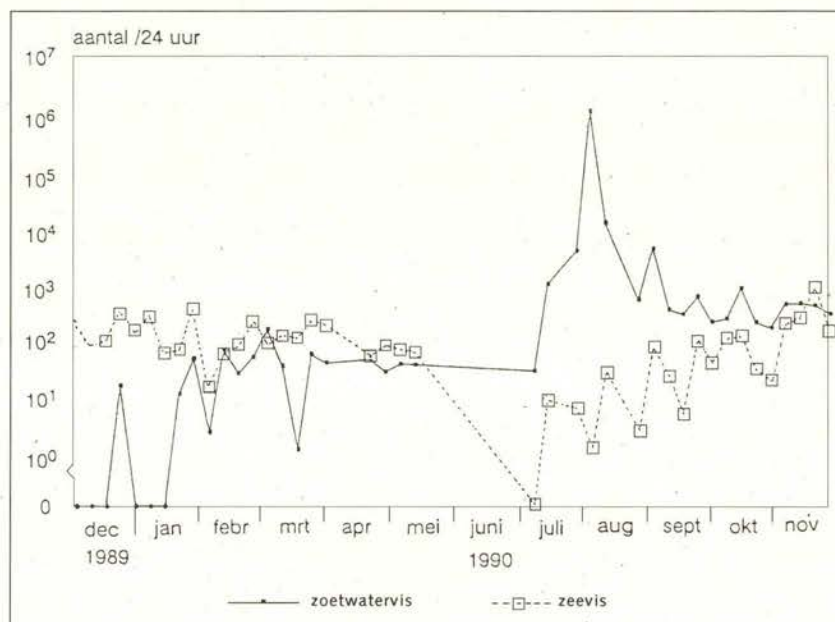
Omdat spiering bij de Hemweg-centrale het grootste deel van de ingezogen vis uitmaakt kan, gezien de resultaten van een onderzoek bij de centrale Bergum, in principe wordt verwacht dat het inzuigen van spiering effect heeft op de larvenpopulatie in het Noordzeekanaal (KEMA, 1991). Bij een debiet van 28 m³/s (totale koelwaterdebiet is 56 m³/s) ter hoogte van de Mercuriushaven gaat het gehele Noordzeekanaal-debiet via de Neptunushaven door de centrale. Larven kunnen vanwege de geringe zwemcapaciteit geen weerstand bieden aan de koelwaterstroom, zodat bij dit debiet de gehele aangevoerde larvenpopulatie wordt ingezogen (KEMA, 1991).

Het effect op de populatie zal afhangen van het deel van het Noordzeekanaal dat door de inzuigstroom wordt beïnvloed en van de mate waarin er immigratie van larven plaatsvindt uit het Markermeer en de zijkanalen.

Op de trommelzeven worden duidelijke seizoensverschillen waargenomen voor baars, brasem, snoekbaars, blankvoorn, kolblei, tiendoornige stekelbaars, aal, dikkopje, diklipphard, glasgrondel, kleine zeenaald, schar, steenbolk, tong, en driedoornige stekelbaars (Van Beek, 1990; 1991). Van de meeste soorten worden, overeenkomstig met andere centrales, grote aantallen gedurende de zomer en lage aantallen gedurende de rest van het jaar op de trommelzeven aangetroffen (zie figuur 8-1). De hoge aantallen in de zomer worden veroorzaakt door de opgroeiende 0+-vissen. Naarmate de vissen groter worden (najaar) kunnen zij zich in de loop van de tijd steeds beter onttrekken aan de inzuigstromen van de koelwatercircuits. Bovendien zijn de vissen in het winterseizoen minder actief en bevinden zij zich (gemiddeld) dieper in de waterkolom waardoor de kans op aanzuiging afneemt (Van Beek, 1991).

Zoutwatervissen echter, worden tijdens de zomer juist minder gevonden op de trommelzeven dan in de andere seizoenen. De zomer lijkt voor zoutwatervissen een minder geschikte periode om zich ver in het Noordzeekanaal te bevinden. Mogelijk wordt dit veroorzaakt doordat in de zomer de zuurstofarme waterlaag in de zouttong dikker wordt door een verminderde afvoer en hogere temperaturen (Van Beek, 1991). Sommige (kleine) vissoorten worden alleen via vondsten op de trommelzeven in het Noordzeekanaal waargenomen. Het betreft met name een aantal minder algemene tot zeldzame zeevissoorten zoals pitvis, slakdolf, vijfdradige meun, zandspiering, vorskwab, rivierdonderpad, rietvoorn, winde, alver, koornaarvis en zeeprink (Van Beek, 1990; 1991; Melchers en Timmermans, 1991).

Fig. 8-1
Hoeveelheid ingezogen vis bij de centrale Hemweg in de periode december 1989-november 1990 (KEMA, 1991).



Als gevolg van de lokkende werking van de waterstroming en/of verhoogde watertemperatuur in het lozingsgebied kan vis worden aangetrokken. In tegenstelling tot andere centrales, zoals de Flevocentrale waar bij de lozingspunten zeer hoge dichtheden vissen zijn waargenomen (>100x de dichtheid in het IJsselmeer zelf) (KEMA, 1991), zijn in de Jan van Riebeeckhaven door Van Beek en Meijer (1989) echter geen verhoogde visconcentraties waargenomen, zodat hier geen aantrekking lijkt op te treden.

Langstreckende jonge zalmachtigen ('smolts' van zalm en zeeforel) kunnen ten gevolge van de aanzuiging op de trommelzeven terechtkomen. Dit is echter nog niet geconstateerd. Van het uitstromende koelwater kan mogelijk een valse lokstroomwerking uitgaan voor lokaal, regionaal en bovenregionaal migrerende vissen, die de migratie verstoort. Ook kan intrekende vis de warmwaterpluim in de Buitenhaven en de koelwaterpluimen op het Noordzeekanaal als een barrière ervaren.

Problemen

Het ontbreken van natuurvriendelijke oevers langs het Noordzeekanaal en grote delen van de zijkanalen en havens vormt een probleem, met een aantal gevolgen voor het ecosysteem:

- Door een gebrek aan water- en oeverplanten op het Noordzeekanaal is de diversiteit in de oeverzone beperkt. Water- en oeverplanten spelen

een basale rol in het aquatische ecosysteem als voedsel en schuilplaats, broedkamer en jachtterrein voor macrofauna, vis en vogels.

- Door de eenvormige harde oeversverdediging biedt het Noordzeekanaal te weinig voor flora en fauna van brakwater. Natuur van dit milieutype gaat in Nederland, maar ook internationaal, sterk achteruit.
- Het Noordzeekanaal vormt een ecologische barrière tussen brakwaternatuur aan de zuidzijde van het kanaal (Houtrakpolder) en de noordzijde (onder meer Polder Westzaan). De breedte van het kanaal is hiervan een van de oorzaken, alsook het ontbreken van een waterplantenrijke zachte overgang tussen land en water.

De sluisen bij IJmuiden en bij Schellingwoude zorgen ervoor dat migratie of intrek van vis voor veel soorten problematisch is. Dit heeft niet alleen gevolgen voor het aantal exemplaren dat het kanaal (wellicht via de schutsluisen) weet op te zwemmen, maar ook voor de conditie van de vis. Overeenkomstig met andere wateren zijn er in het buitenhavengebied te IJmuiden aanwijzingen dat op uitslagpunten zonder visintrekvoorzieningen de vissen te lang onder stressomstandigheden verkeren en daar conditioneel onder lijden (sterke saliniteitsschommelingen, lokale overbevolking, voedselgebrek) (Vethaak, 1990). In het Noordzeekanaal moet daarbij, behalve aan de condities juist buiten de Noordzeesluisen te IJmuiden ook gedacht worden aan lokaties beneden regionale lozingspunten.

Het gebruik van water uit het Noordzeekanaal als koelwater brengt een aanzienlijke inzuiging van macrofauna, jonge vis en vislarven met zich mee. Een invloed op populatieniveau kan daarbij niet worden uitgesloten. Warmwaterpluimen in de monding van en op het Noordzeekanaal veroorzaken mogelijk intrek- of migratiebarrières.

Mogelijk onderzoek

- Onderzoek naar de betekenis van natuurvriendelijke oevers voor het Noordzeekanaalgebied en vaststellen landschapsonwerp voor oevers NZK en aanliggend gebied in de omgeving.¹³⁾
- Onderzoek naar de kwantitatieve betekenis van de dagelijkse onttrekking van jonge vis, vislarven en levensstadia van migrerende vis aan de Noordzeekanaal-populaties in koelcircuits van elektriciteitscentrales.
- Onderzoek naar het optreden van negatieve effecten van koelwaterlozingen op langstreckende jonge zalmachtigen ('smolts' van zalm en zeeforel) en mogelijke valse lokstroomwerking voor lokaal, regionaal en bovenregionaal migrerende vissen.
- Onderzoek naar de betekenis van het droge oeverdeel van het Noordzeekanaal voor flora en fauna (slakken, insecten, amfibieën, vogels, zoogdieren).

Mogelijke maatregelen

- Het aanleggen van natuurvriendelijke oevers, volgens de nota 'Het Noordzeekanaal, basis voor brakke natuur!'.¹⁴⁾
- Benutten van aanpassingswerkzaamheden voor het vergroten van de passeerbaarheid van de sluisen van IJmuiden en Schellingwoude voor migrerende vis.¹⁵⁾

Noten

13) Deze onderzoeksvraag heeft in 1996 geleid tot het RIZA-rapport 'Het Noordzeekanaal, basis voor brakke natuur!'.

14) Met de aanleg van de eerste natuurvriendelijke oever langs het Noordzeekanaal is in 1996 gestart.

15) Er is een ontwerp gemaakt voor een visintrekvoorziening in het spuicomples te IJmuiden. Bij de Oranjesluisen te Schellingwoude is een eerste vispassage aangelegd in 1995 en 1996.

- Vermijden van gietasfalt en andere structuurarme oeverversterkingsmaterialen.
- Maatregelen ter voorkoming van het inzuigen van vis bij electriciteitscentrales en tegengaan fuikwerking.
- Extensief maaibeheer langs de oevers. Hierdoor ontstaat een diverse vegetatiestructuur en daarmee wordt ook de macrofaunadiversiteit (bijv. insecten) vergroot.
- Vergroting van de passerbaarheid van (lokale) migratiebarrières, als poldergemalen en schutsluizen langs het Noordzeekanaal. De trekvissen aal en driedoornige stekelbaars vinden in de polders paai- en opgroei-gelegenheid. Lepelaars foerageren op migrerende stekelbaars.

.....
 Aanleg vispassage te Schellingwoude (december 1995). In een maalgang van het voormalige schepradgemaal zijn twee schotten met sleuven geplaatst die de stroomsnelheid van 2 m/s tot ca. 0,7 m/s reduceren. De maalgang werd voorheen als inlaat gebruikt voor water uit het IJmeer. (foto: RWS dir. NH)



Overzicht van Natuuroever Spaarnwoude tijdens de aanleg (oktober 1996). De dijk van het Noordzeekanaal moet nog worden doorgraven, zodat er een vrije wateruitwisseling tot stand komt tussen de natuurvriendelijke oever en het brakke Noordzeekanaal. (foto: Aerophoto-Schiphol b.v.)



8.4 Niet-toepassingsgericht onderzoek

Niet-toepassingsgericht is de onderstaande lijst van onderzoeksideeën. Zij verhogen de algemene kennis over het functioneren van het ecosysteem van het Noordzeekanaal.

- Licht is een stimulerende factor voor algenbloei en houdt verband met de mengdiepte. Wat is het belang van turbulentie veroorzaakt door de scheepvaart voor de mengdiepte op het Noordzeekanaal?
- Hoe groot is de remmende werking van turbulentie (scheepvaart) op de fyto- en zoöplanktonontwikkeling?
- Vergelijkend literatuuronderzoek van fytoplanktonbiomassa in andere, vergelijkbare watersystemen (zoals Hollands Diep en Eems-Dollard estuarium), zou meer inzicht in de rol van primaire producenten kunnen verschaffen. Mogelijk ook in relatie met algenbloei.
- Zijn lichtintensiteiten inderdaad te gering voor fytoplanktonproductie in de zouttong? Wellicht kan vergelijking met gegevens uit de Noordzee hierin inzicht verschaffen.
- Nader onderzoek naar de betekenis van zoöplanktongraas voor fytoplanktondichtheden in het Noordzeekanaal kan het inzicht met betrekking tot algenbloeirisico's vergroten.
- Door het uitvoeren van clusteranalyses met de fytoplanktongegevens van Timmerman (1989), Aquasense (1990;1991) en Van Couwelaar (1990) kunnen levensgemeenschappen beter onderscheiden worden.
- Voor een beschrijving van de fytoplanktongemeenschappen in het metalmnion (6-11 m diepte) en het hypolimnion (>11 m diepte) is nadere analyse van de basisgegevens van Van Couwelaar (1990) of nieuw onderzoek noodzakelijk.
- Ook planktonsoorten met een korte generatieduur moeten voortdurend worden aangevoerd om een continu aanwezige eigen populatie te kunnen opbouwen. Waar vandaan? Uit de zouttong of regionale wateren? Voor inzicht daarin is nader onderzoek noodzakelijk.
- Fungeert de spronglaag als een sedimentval voor fytoplankton?
- Welke fytoplankton-soorten zijn verantwoordelijk voor pieken in de spronglaag?

-
- Het doen van nader onderzoek naar het voorkomen van zoöplankton.
 - Welke voedselrelaties bestaan er tussen macrofauna en vogels op het Noordzeekanaal?
 - Nader literatuur- en veldonderzoek doen naar het zuiderzeekrabje en andere voor het Noordzeekanaal kenmerkende organismen.
 - Vergelijkend literatuuronderzoek naar (biomassa van) macrofauna en vissen in andere Nederlandse watersystemen.
 - Literatuur- en veldonderzoek doen naar *Neomysis integer*. Wat zijn de redenen voor de optredende aantals-fluktuaties en wat zijn de gevolgen voor prederende vis?
 - Inventarisatie van het leefgebied van de visfauna in het Noordzeekanaal. Hieronder wordt verstaan: paai- en opgroeiplaatsen, voedsel- en overwinteringsgebied en migratiebewegingen.
 - Onderzoek naar voedselrelaties in het Noordzeekanaal en naar de mogelijkheid deze te modelleren.

- Adema, J.P.H.M., 1980. *Een aantekening over 3 interessante kreeftachtigen uit het brakke water*. Het Zeepaard 1980.
- Adema, J.P.H.M., 1981. *Het Zuiderzeekrabbetje, Rhithropanopeus harrisi (Gould, 1841) (Crustacea, Decapoda, Brachyura)*. Natura 1981.
- Adriaanse, M., F.J. Keuper, E.C.L. Martijn & W. Snoek, 1992. *Milieumeetnet Zoete Rijkswateren*. Rijkswaterstaat, RIZA notanr. 92.051.
- AquaSense, 1990. *Fytoplankton-monitoring Noordzeekanaal 1989*. (M. Soesbergen, C. Dijkers en E.H. ten Winkel). Rapport 890038. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 90.13.
- AquaSense, 1991. *Fytoplankton-monitoring Noordzeekanaal 1990*. (M. Soesbergen, J. de Rooy en E.H. ten Winkel). Rapport 91.0152. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 91.06.
- Bakker, J.J., E.A.M. Ivens & M van de Paverd, 1995. *Natuurvriendelijke oevers Noordzeekanaal. Advies voor oeverdeelsysteem 2; Zuid-oever KM 8,0 - KM9,5*. Dienst Weg- en Waterbouwkunde, rapportnr. W-DWW-94-298.
- Bamber, R.N. & J.F. Spencer, 1984. *The benthos of a coastal power station thermal discharge canal*. In: J. mar. biol. Ass. U.K., pp. 603-623.
- Banning, P. van & B.L. Verboom, 1996. *Onderzoek naar ziekte bij Bot (Platichthys flesus L.) rondom de zeesluizen bij IJmuiden in 1996. Kernrapportage biologisch deel*. Rijksinstituut voor Visserijonderzoek IJmuiden Rapport C053/96. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 96.14.
- Beaufort, L.F. de, (red), 1954. *Veranderingen in de flora en fauna van de Zuiderzee (thans IJsselmeer) na de afsluiting in 1932*. Verslag. Nederlandse Dierkundige Vereniging. C. de Boer Den Helder.
- Beek, G.C.W. van, 1990. *Evaluatie bemonstering trommelzeven van koelwatercircuits aan het Noordzeekanaal 1988-1990*. Bureau Waardenburg bv. Culemborg. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 90.14.
- Beek, G.C.W. van, 1991. *Resultaten bemonstering trommelzeven van twee koelwatercircuits aan het Noordzeekanaal in 1990*. Bureau Waardenburg bv. Culemborg. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 91.08.
- Beek, G.C.W. van, & A.J.M. Meijer, 1989. *Visecologisch onderzoek in het Noordzeekanaal en een aantal zijkanalen en havens, nazomer 1988*. Bureau Waardenburg bv Culemborg. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 89.08.
- Beersum, C. van, 1993. *Het Noordzeekanaal. Beschrijving toestand en ontwikkelingen 1976-1991*. Van Beersum Milieu Advisering. Rijkswaterstaat, RIZA. notanr. 93.017.
- Beuse, P., 1992. *Regionota Noordzeekanaal 1992-1996*. Concept. Juni 1992. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland
- Boer, B.M. de, 1993. *De waterbeheersing van het Noordzeekanaal 1983-1992*. Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland Nota ANW 93.06.
- Borghouts-Biersteker, C.H., 1983. *Aasgarnalen (Mysidacea)*. Tabellenserie van de Strandwerkgemeenschap nr. 25, uitgave: KNNV, NJN, ACJN.
- Brummelen, T.C. van, 1989. *Chemical affecting the spawning migration of anadromous fish by causing avoidance responses or orientational disability, with special reference to concentrations in the River Rhine*. University of Utrecht, Section of Aquatic Toxicology, Department of Experimental Zoology.

- Bijlsma, F., 1991. *Onderzoek naar de aanwezigheid van diadrome vissoorten in het Noordzeekanaal. Enquête naar het voorkomen van diadrome vissoorten in het Noordzeekanaal, de buitenhaven van IJmuiden en het Amsterdam-Rijnkanaal en het belang van deze wateren voor de sportvisserij.* Van Hall Instituut, Groningen, oktober, 1991.
- Couwelaar, M. van, 1990. *Zoöplankton in het Noordzeekanaal. Een methodologisch en ecologisch vooronderzoek 1990.* Stichting Ecotest. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 90.19.
- Couwelaar, M. van & J. van Dijk, 1988. *Onderzoek oeverfauna Noordzeekanaal 1987.* Stichting Ecotest Amsterdam. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 88.10.
- Couwelaar, M. van & J. van Dijk, 1989. *Onderzoek oeverfauna Noordzeekanaal, zijkanalen en havens-1988.* Stichting Ecotest Amsterdam. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 89.17.
- CUWVO, 1988. *Ecologische normdoelstellingen voor Nederlandse oppervlaktewateren.* Coördinatiecommissie uitvoering wet verontreiniging oppervlaktewateren werkgroep V-1.
- Densen, W.T.L. van, 1985. *Feeding behaviour of major 0+ fish species in a shallow, eutrophic lake (Tjeukemeer, The Netherlands).* Sonderdruck aus Zeitschrift für angewandte Ichthyologie Bd.1(1985), H.2, S. 49-70.
- DHV, 1991. *Controlemetingen koelwaterlozingsnorm centrale Hemweg. NV Energieproductiebedrijf UNA.* Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland. DHV Water BV Amersfoort dossier E04f62-01-001.
- DHV, 1992. *Ontwikkelingsvisie voor natuurvriendelijke oevers in het Noordzeekanaal-complex.* Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland Nota ANW 92.01. DHV Water BV Amersfoort dossier G8183-10-100.
- Dresscher, Th. G.N., 1965. *The biological and chemical effect of a central discharge of sewage into the 'Buiten IJ' near Amsterdam.* Hydrobiologia 25:389-403.
- During, R., 1989. *Zalm- en zeeforeltrek via het Noordzeekanaal.* TNO-SCMO. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota RGO/ANW 89.01.
- Gennep, D.R.O. van, 1992. *Visintrek in het Noordzeekanaal.* Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 92.04.
- Gennep, D.R.O. van, & B. Verboom, 1991. *Een onderzoek naar het voorkomen van visziekten bij bot (Platichthys flesus [L]) in de buitenhaven van IJmuiden en het Noordzeekanaal in 1990.* Rijksinstituut voor Visserijonderzoek IJmuiden Rapport MO 91-201 met bijlage. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 91.01.
- Goor, A.C.J. van, 1922. *Het Phytoplankton.* In: (red) Redeke, H.C., 1922. *Flora en fauna der Zuiderzee. Monografie van een brakwatergebied.* Ned. Dierkundige Vereniging. C. de Boer Jr, Helder.
- Groot, S. & J.J. Brinkman, 1991. *De waterkwaliteit van het Noordzeekanaal in relatie tot eutrofiëringsverschijnselen.* Waterloopkundig Laboratorium. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 91.07.
- Hagel, P., 1990. *Het dioxinegehalte in Nederlandse visserijproducten.* Rijksinstituut voor Visserijonderzoek IJmuiden Rapport MO 90-03.
- Hermus, D.C.R., 1991. *Zouttolerantie, osmoregulatie en zware metalenconcentraties (Cd, Zn en Cu) in lichaam, byssus en schelp, van de Brakwatermossel Mytilopsis leucophaeta (Conrad) en de Driehoeksmossel Dreissena polymorpha (Pallas).* Vakgroep Aquatische Oecologie en Biocoenologie. Katholieke Universiteit Nijmegen. Doctoraalverslag no.311. januari 1991.
- Holthuis L.B., 1956. *Isopoda en Tanaidacea.* Fauna Ned. deel 16.
- Holthuis L.B. & G.R. Heerebout, 1986. *De Decapoda van Nederland.* Wetensch. mededeling KNNV, nr. 179. KNNV Uitgeverij, Utrecht.

- Hurk, P. van den, 1993. *Nader onderzoek ten behoeve van sanering van de waterbodem in het Cornelis Douweskanaal-west te Amsterdam*. Bureau Waardenburg bv, Culemborg. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland, Nota ANW 93.02.
- Hurk, P. van den, & M. Dubbeldam, 1992. *Ecotoxicologische beoordeling van waterbodems op saneringslokaties in Noord-Holland*. Bureau Waardenburg bv, Culemborg. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland, Nota ANW 92.05.
- Jonk, P.J.M., 1991. *Milieuvriendelijke oevers NZK-complex*. meetverslag projektnr.A6 91 256 ANW. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland notitie ANM.91.11.
- Jansen, S.A.W. & A.J.P. Raat, 1995. *Advies dimensionering vispassage Oranjesluizen te Schellingwoude*. Organisatie ter Bevordering van de Binnenvisserij, onderzoeksrapport 1995-17. Rijkswaterstaat, directie Noord-Holland, nota ANW 95.19.
- Karelse, M & J.A.G. van Gils, 1991. *Noordzeekanaal, Amsterdam-Rijnkanaal waterbeweging en zouthuishouding*. Waterloopkundig Laboratorium. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland voorstudie t.b.v. modellering, nota ANW 91.11.
- Keidel, H., 1992. *Nematoden in waterbodems: Noordzeekanaal*. Bedrijfslaboratorium voor Grond- en gewasonderzoek, Oosterbeek rapport nr. NEM 92/02.
- KEMA, 1991. *Ecologische aspecten van koelwaterlozing van centrale Hemweg*. (J.W. van der Stoep en R.H. Hadderingh) Arnhem nr. 13148-MOZ 91-3577.
- Kerkhoff, M.A.T., J. de Boer, A. de Vries & P. Otte, 1985. *De invloed van de voormalige brandplaats aan de Diemerzeedijk op de gehalten van organochloorverbindingen in biota uit het nabij gelegen IJmeer*. Rijksinstituut voor Visserijonderzoek IJmuiden Kontractrapport CA 85-203.
- Klaveren, A. van, 1989. *De kwaliteit van de Waterbodems in de Rijkswateren van Noord-Holland (1986-1988)*. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland. Nota ANW 89.15.
- Klinge, M, & M. Grimm, 1991. *Visintrek via het sluizencomplex IJmuiden. Oriënterend onderzoek naar de intrek van zeeforel (Salmo trutta L.)*. Witteveen + Bos, Raadgevend ingenieurs. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 91.02.
- Klinge, M, & M.P. Grimm, 1992. *Visintrek via het sluizencomplex IJmuiden. Aanwezigheid van zeeforel (Salmo trutta L.) rond het sluizencomplex met nadruk op het buitenvengebied*. Witteveen + Bos, Raadgevend ingenieurs. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 92.01.
- Korringa, P., 1936. *Visscherij en vischfauna van de Noordzeekanaalboezem*. De levende natuur, 41: 115-123/ 41:154-146.
- LAC, 1986. *Signaalwaarden voor de gehalten van milieukritische stoffen in grond met het oog op landbouwkundig gebruikmogelijkheden van verontreinigde bodem*. Landbouw Advies Commissie Milieukritische stoffen LAC nr. 86.1.
- LAC, 1989. *Landbouwadviscommissie Milieukritische stoffen. Jaarverslag 1988*.
- Leeuwen, K. van, G. Niebeek & W. Luttmer, 1987. *Basiskwaliteitsnormen voor zware metalen: een effectgerichte evaluatie*. H2O, 1987: 203-204.
- Leeuwinga, K., 1989. *Leefgrenzen van enkele brakwaterbewonende organismen uit het Noordzeekanaal met betrekking tot het zoutgehalte, het zuurstofgehalte en de temperatuur*. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 89.36.
- Mance, G. 1987. *Pollution threat of heavy metals in aquatic environments*. Elsevier Applied Science Publishers Ltd. ISBN 1-85166-039-9.

-
- Melchers, M. & G. Timmermans, 1991. *Haring in het IJ. De verborgen dierenwereld van Amsterdam*. Stadsuitgeverij Amsterdam. 234 blz.
- Meijer, A.J.M. & G.C.W. van Beek, 1990. *Biomassa visfauna Noordzeekanaal-complex*. Bureau Waardenburg bv. Culemborg. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 90.16.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1985. *Omgaan met water*
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1986a. *De waterkwaliteit van Nederland: Indicatief meerjarenprogramma water 1985-1989*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat en Ministerie van Volkshuisvesting, ruimtelijke ordening en milieu.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1986b. *Rijks Waterkwaliteitsplan*.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat en Ministerie van Volkshuisvesting, ruimtelijke ordening en milieubeheer. ISBN 90 12 05441 9.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989. *Water voor nu en later. derde Nota waterhuishouding*. Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 21 250, nrs. 1-2. ISBN 90 12 06 353 1.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1994. *Evaluatienota Water. Regeringsbeslissing, aanvullende beleidsmaatregelen en financiering 1994-1998*. Tweede Kamer, vergaderjaar 1993-1994, 21 250, nrs. 27-28. ISBN 90 399 0621 1.
- Ministerie van VROM, 1992. *Notitie "Milieukwaliteitsdoelstellingen bodem en water"* (Milbowa) (Kamerstukken II, 1990-1991, 21 990, nr.1).
- Oranjewoud, 1995. *Ontwerp Regionota Noordzeekanaal Amsterdam-Rijnkanaal 1995-2000*. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland rapport ANW 95.07; directie Utrecht rapport ANA 95.01.
- Pauw, N. de, 1973. *On the distribution of Eurytemora affinis (Poppe) (Copepoda) in the Western Scheldt estuary*. Verh. Internat. Verein. Limnol., 18: 1462-1472.
- Peeters, E.T.H.M., 1988. *Bodemfauna onderzoek in het Noordzeekanaal-komplex 1988*. Vakgroep Natuurbeheer Landbouwuniversiteit Wageningen. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 88.27.
- Pieters, H. & F.v.d. Valk, 1990. *Analyse van microverontreinigingen in monsters zoetwatervis uit het Noordzeekanaal en het Amsterdamse havengebied*. Rijksinstituut voor Visserijonderzoek IJmuiden Rapport MO 90-202. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 90.12.
- Pieters, H. & J. Speur, 1988. *Ontwikkelingen in het kwikgehalte van vis uit enkele Nederlandse binnenwateren, in het bijzonder het Noordzeekanaal, het Eemskanaal en het Haringvliet*. Rijksinstituut voor Visserijonderzoek IJmuiden Rapport MO 88-03.
- Pinkster, S & D. Platvoet, 1986. *De vlokreeften van het Nederlandse oppervlaktewater*. Wetensch. mededeling KNNV, nr. 172. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- Raat, A.J.P., 1995. *Advies over het optimaliseren van de passage van vis bij de spuicomplexen te IJmuiden en Schellingwoude*. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, onderzoeksrapport 1994-27. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland, nota ANW 95.18.
- Redeke, H.C., 1922. *Flora en fauna der Zuiderzee, Monografie van een brakwatergebied*; Ned. Dierkundige Vereeniging, C. de Boer Jr, den Helder, Flora en fauna der Zuiderzee. Supplement 1936.
- Redeke, H.C., (red), 1936. *Flora en Fauna der Zuiderzee. Monografie van een brakwatergebied*. Supplement. Zuiderzeecommissie der Nederlandsche Dierkundige Vereeniging, C. de Boer Jr. Den Helder.
- Remane, A., 1971. *Ecology of brackish water*. In: A. Remane & C. Schlieper, 1971. *Biology of brackish water*. Die Binnengewässer XXV.
- Rijkswaterstaat, 1987. *Regionota Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal*. Tekst. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 87.14a.

- Rijkswaterstaat, 1992. *Beheersplan voor de Rijkswateren 1991-1992, ontwerp*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, mei 1992. ISBN 90 34628 051.
- Rijkswaterstaat, 1994a. *Jaarverslag Waterhuishouding 1993*. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland, december 1994. Nota ANW 94.09.
- Rijkswaterstaat, 1994b. *Saneringsprogramma Waterbodembodem Rijkswateren 1995-2010*. November 1994.
- Rijn van Alkemade, J.W. van, 1981. *Ecologische betekenis van het Noordzeekanaal*.
- Rijsdorp, A.A., J.A. Vlug, J.J. Bakhuizen & H. Schuitemaker, 1996. *Het Noordzeekanaal, basis voor brakke natuur!. Ontwikkelingsplan voor natuur en landschap Noordzeekanaalgebied*. RWS-RIZA Inrichting en Herstel, RIZA nota 96.051. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland, nota ANW 96.07.
- Schaap, L.A., 1981. *De visstand van het Noordzeekanaal*. Rijksinstituut voor Visserijonderzoek IJmuiden; rapport ZS 81-06.
- Schaap, L.A., 1988. *De visstand in het Noordzeekanaal, eind, 1987*. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland, Haarlem Nota ANW 88.12.
- Schellenberg, A., 1942. *Krebstiere oder Crustacea, IV: Flohkrebse oder Amphipoda*. In: Die Tierwelt Deutschlands, deel 40. Jena, Berlijn.
- See, D. & P. Vertegaal, 1990. *Huidige mogelijkheden voor visintrek via het sluizencomplex te IJmuiden, Projektbeschrijving*. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland, Nota ANW 90.11.
- See, D., P. Vertegaal, P. van Doorn & A. Veenhuizen, 1990. *Beschrijving van het sluizencomplex te IJmuiden en de mogelijkheden van visintrek*. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW/ANV 9002.
- Stock, J.H. & A. Mulder, 1953. *De Noordzeekanaalinventarisatie*. Het Zeepaard 13 No. 2 en 3.
- Stock, J.H. & A. Mulder, 1954. *De fauna van de Noordzeekanaalboezem*. Natura 51:(70-72).
- Stortelder P.B.M., M.A. van der Gaag & L.A. van der Kooy, 1989. *Kansen voor waterorganismen*. Rijkswaterstaat Dienst Binnenwateren/RIZA, nota nr. 89.016.
- Suykerbuyk, R.E.M. & R.M.M. Roijackers, 1988. *A phytoplanktonbased typology of brackish and freshwaters in the Netherlands*. Hydrobiol. Bull. 22(1). p. 95-98.
- Tamis, F., 1992. *Kwantificering van streefbeeld voor het ecologisch beheer van watersystemen*. RIZA, werkdocument nr.92.095X.
- Termeer, K., 1996. *Zoutmeetnet Noordzeekanaal*. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland, nota ANW 96.16.
- Timmerman, E., 1989. *Fytoplankton-monitoring Noordzeekanaal 1988*. Stichting Ecotest Amsterdam. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 89.39.
- Urk, G. van, 1981. *Discussiestuk voortgang onderzoek Noordzeekanaal*. Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater. Hoofdafdeling Biologie-Afd. Zoetwaterveldonderzoek. Lelystad, 1 oktober 1981. Notitie 81-05.
- Urk, G. van, 1981. *Oriënterend planktononderzoek in het Noordzeekanaal*. Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater. Hoofdafdeling Biologie-Afd. Zoetwaterveldonderzoek. Lelystad, 23 oktober 1981.
- Vaate, A. bij de, & W. van Vierssen, 1990. *Licht en waterplanten. oorzaken van biomassafluctuaties van onderwatervegetaties in het Veluwemeer*. Rapport Rijkswaterstaat DBW/RIZA, Landbouwuniversiteit Wageningen, Vakgroep Natuurbeheer, International Institute for Hydraulic & Environmental Engineering, 233 pp.

-
- Vermaat, J.E., 1991. *Betekenis van lichtklimaat en waterbeweging voor ondergedoken waterplantenvegetaties in de Utrechts-Noordhollandse Vecht*. IHE. Nota RPV 91.10. Haarlem/Delft, december 1991.
- Vertegaal, P., 1988. *Systeembeschrijving en ecologische ontwikkelingsmogelijkheden van het watersysteem Noordzeekanaal e.o.* Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 88.06.
- Vethaak, A.D., 1985. *Inventarisatie naar het voorkomen van visziekten in relatie tot vervuiling in Nederlandse kustwateren*. Rijksinstituut voor Visserijonderzoek IJmuiden Rapport CA 85-01.
- Vethaak, A.D., 1990. *Inventariserend onderzoek naar de aanwezigheid van visziekten in de Waddenzee in 1988*. Dienst Getijdewateren Nota GWAO 90.003.
- Vethaak, A.D., 1991. *On the occurrence of liver tumours in flatfish in Dutch waters*. In: A.D. Vethaak e.a. *Het voorkomen van visziekten in de Noordzee in relatie tot vervuiling*. Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren Nota GWAO-91.005.
- Waterloopkundig Laboratorium, 1995. *Bureaustudie naar de hydraulische aspecten van de visintrekvoorzieningen in de meest zuidelijke koker van het spuicomplex te IJmuiden*. Waterloopkundig Laboratorium. Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland, nota ANW 95.21.
- Werff, A. van der, 1936. *Bacillariales*. In: (Red) Redeke, H.C., 1936. *Flora en fauna der Zuiderzee. Monografie van een brakwatergebied*. Supplement. Zuiderzee-commissie der Ned. Dierkundige Vereniging. C. de Boer Jr, te Den Helder. blz. 4-23.
- Werkgroep Dioxine, 1985. *Dioxines en furanen in het Noordzeekanaalgebied*. Onderzoek en maatregelen. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Rapport WDIJ 85.02.
- Wibaut-Isebree Moens, N.L., 1958. *Plankton from the Noordzeekanaal*. *Hydrobiologia* 11:275-298.
- Witteveen+Bos, 1994. *Rapportage waterbodemonderzoeken in de Noord-Hollandse rijkswateren*. Samenvatting. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland Nota ANW 94.10.

Bijlagen

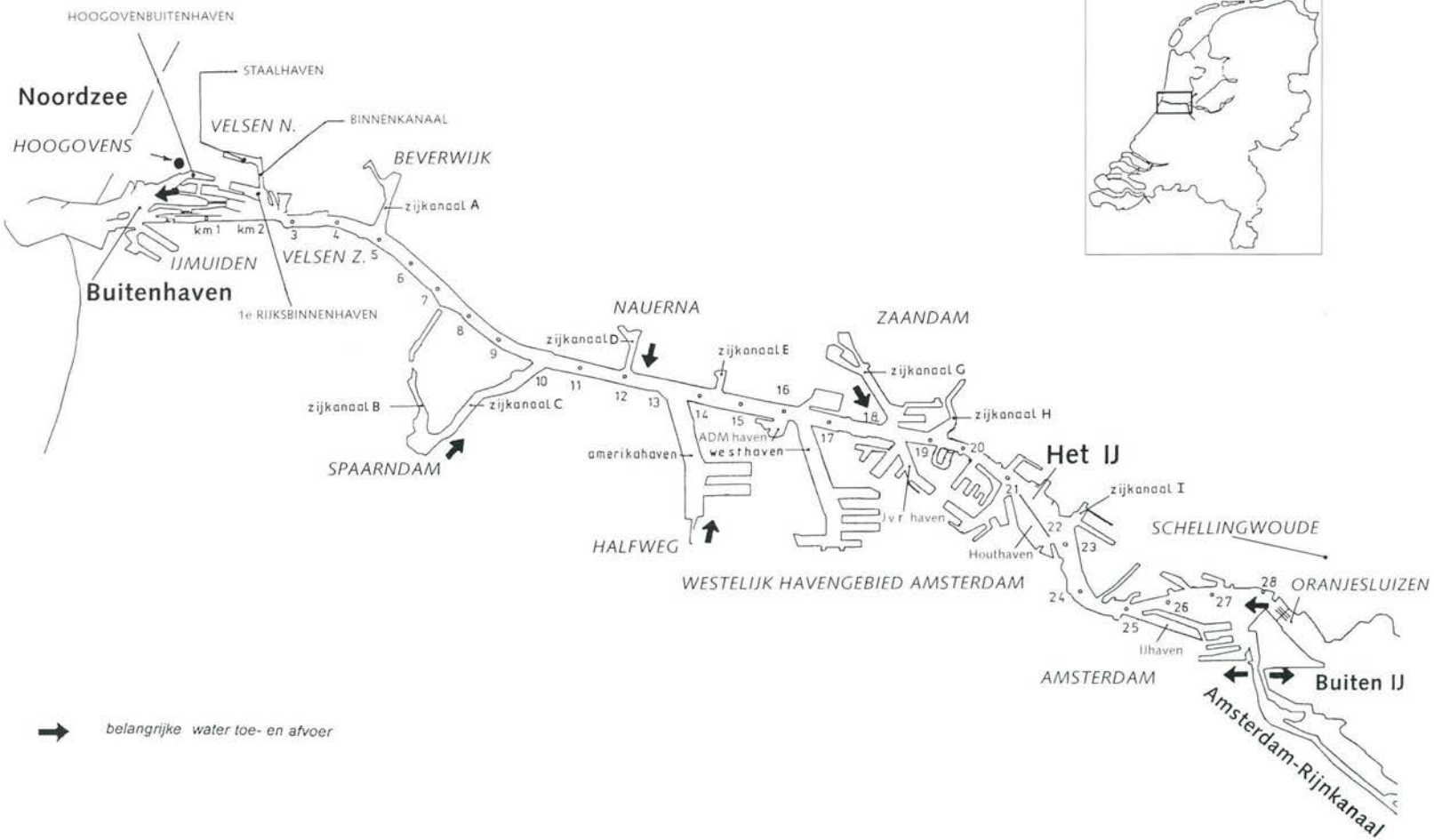
- Bijlage 1** Begrippenlijst
- Bijlage 2** Overzicht van het Noordzeekanaal
- Bijlage 3** Windbeïnvloeding van de zoutgradiënt
- Bijlage 4** De waterkwaliteit van het Noordzeekanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal
- Bijlage 5** De kwaliteit van de waterbodem van het Noordzeekanaal
 - 5a** De kwaliteit van de waterbodem in het kanaalpand en de zijkanalen
 - 5b** De kwaliteit van de waterbodem in de Buitenhaven
- Bijlage 6** Fytoplankton in het Noordzeekanaal
 - 6a** De fytoplanktonsoorten in het Noordzeekanaal, gevonden na 1975
 - 6b** Verspreiding van het fytoplankton in het Noordzeekanaal, na 1975
- Bijlage 7** Macrofauna in het Noordzeekanaal
 - 7a** De macrofaunasoorten in het Noordzeekanaal, gevonden na 1975
 - 7b** Verspreiding van de macrofauna in de oeverzone van het Noordzeekanaal, gevonden na 1975
 - 7c** Verspreiding van de oevermacrofauna langs de zoutgradiënt van het Noordzeekanaal, na 1975
 - 7d** De macrofauna in en op de bodem van het Noordzeekanaal
- Bijlage 8** Vissen in het Noordzeekanaal
 - 8a** De vissoorten in het Noordzeekanaal, gevonden na 1975
 - 8b** De vissoorten die in deze eeuw in het Noordzeekanaal zijn aangetroffen
- Bijlage 9** Groslijst van potentiële doelsoorten voor het Noordzeekanaal-ecosysteem.

Bijlage 1 Begrippenlijst

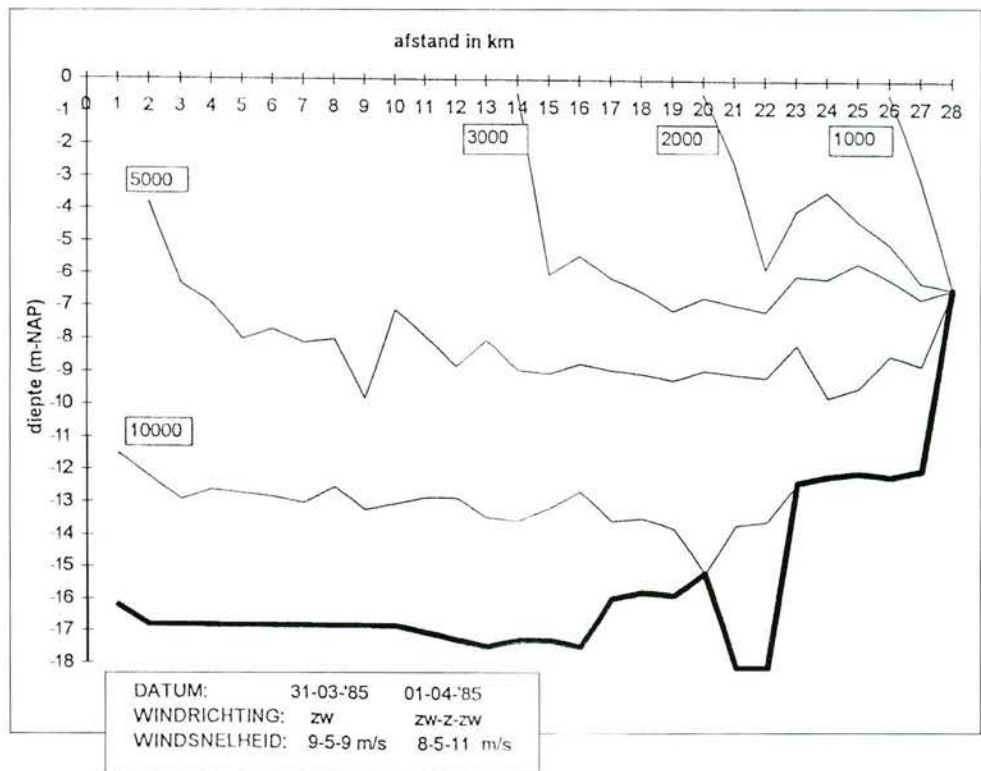
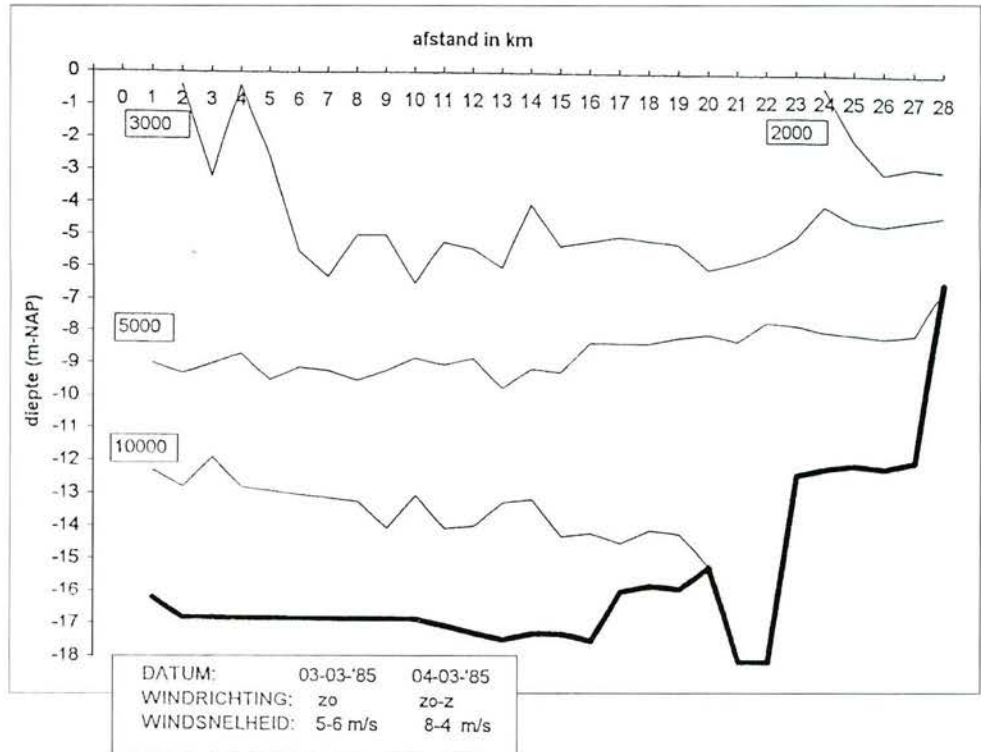
Abiotische factoren	: factoren die behoren tot het niet-levende milieu bijv. licht, temperatuur.
Algenbloei	: massale ontwikkeling van algen.
AMOEBE	: methode voor het beschrijven van de ontwikkeling van ecosystemen van grote wateren. Hierbij wordt gebruikt gemaakt van een referentiebeeld, een streefbeeld en een of meer beheersscenario's. Doelsoorten worden op een tweedimensionale figuur gekwantificeerd, waardoor een structuur ontstaat die op een amoebe lijkt.
Aquatisch ecosysteem	: het samenhangende geheel van organismen en abiotische elementen in een (deel van een) watersysteem.
Aquatische ecologie	: studie die de betrekkingen bestudeert tussen aquatische organismen onderling (biotische component) en de fysische en chemische eigenschappen (abiotische component) van de omgeving waarin ze leven.
Autecologie	: deelgebied van de ecologie die zich met relaties tussen milieufactoren en een soort bezighoudt.
Benthisch	: levend op of in de waterbodem.
Bio-assay/test	: een test met organismen om de uitwerking van bepaalde stoffen na te gaan. Dit kan betrekking hebben op toxische stoffen (ecotoxicologisch onderzoek) of op de reactie van de groei van organismen op voedingsstoffen (algen-groei-potentieproef).
Biomassa	: de hoeveelheid organismen, uitgedrukt in grammen.
Biotische factoren	: factoren die invloed uitoefenen op een bepaald organisme en die een gevolg zijn van de activiteiten van andere levende organismen bijv. predatie.
Biovolume	: inhoud van een levend organisme.
BZV (biologisch zuurstof verbruik)	: geeft de hoeveelheid zuurstof aan die in een bepaalde tijd door microorganismen wordt gebruikt, en is een maat om de organisch vervuiling in een water te bepalen.
Chlorofyl-a	: groen pigment in planten. De hoeveelheid wordt gebruikt als maat voor de hoeveelheid algen in het water.
Copepodiet	: ontwikkelingsvorm van Copepoda. De ontwikkeling van larve tot adult kent twaalf stadia: zes larvale nauplius-stadia, vervolgens zes copepodiet-stadia, in het laatste daarvan is het dier volwassen.
Debiet	: hoeveelheid water die per tijdseenheid door een doorsnede stroomt.
Detritus	: dode organische stof.
Diadrome vis	: zie trekvis.
Diatomeeën	: algen met een stevig kiezelomhulsel. Vaak levend op substraat.
Diversiteit	: deze is hoog als er veel soorten zijn en er een evenwichtige verdeling is van de organismen over deze soorten.

Ecologie	: studie van de betrekkingen van organismen tot elkaar en tot hun milieu.												
Ecosysteem	: een geheel dat alle levende en levenloze componenten van een bepaald gebied omvat die elkaar beïnvloeden en materiaal uitwisselen.												
Ecotoxicologie	: de wetenschap binnen de biologie die zich bezighoudt met de schadelijke effecten van stoffen en mechanismen op individuele organismen of op ecosystemen.												
EG(V)	: elektrische geleidbaarheid. Dit is een indirecte maat voor de saliniteit. In de door de zee beïnvloedde binnenwateren (NZK) is het een maat voor het chloridegehalte (zie haliniteit).												
Epilimnion	: bovenste waterlaag van een (diep) water waar gelaagdheid (stratificatie) optreedt. Hier vindt de fotosynthese plaats.												
Estuarium	: riviermonding op de grens van zoet en zout. Is daardoor brak en staat onder invloed van de eb- en vloedbeweging.												
Euryhalien	: organismen die een brede range van zoutgehalten in hun milieu kunnen verdragen.												
Eutroof	: voedselrijk.												
Fytoplankton	: kleine vrij in water zwevende plantaardige organismen.												
Habitat	: de plek met die bepaalde combinatie van abiotische omstandigheden, die geschikt is voor die soort (of levensgemeenschap).												
Haliniteit	: de mate waarin het water chloride bevat, ook wel chloriniteit genoemd. De meest gebruikte schaal (in mg Cl/l) hiervoor is die van Redeke: <table style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>1-100</td> <td>zoet</td> </tr> <tr> <td>100-1000</td> <td>oligohalien</td> </tr> <tr> <td>1000-5500</td> <td>a-mesohalien</td> </tr> <tr> <td>5500-10000</td> <td>b-mesohalien</td> </tr> <tr> <td>10000-17000</td> <td>polyhalien</td> </tr> <tr> <td>> 17000</td> <td>marien</td> </tr> </table>	1-100	zoet	100-1000	oligohalien	1000-5500	a-mesohalien	5500-10000	b-mesohalien	10000-17000	polyhalien	> 17000	marien
1-100	zoet												
100-1000	oligohalien												
1000-5500	a-mesohalien												
5500-10000	b-mesohalien												
10000-17000	polyhalien												
> 17000	marien												
Hypolimnion	: de onderste waterlaag in een (diep) water waar gelaagdheid (stratificatie) optreedt.												
Juveniel	: jong.												
Levensgemeenschap	: algemene term voor allerlei in de natuur voorkomende verbanden van verschillende soorten organismen, die samen voorkomen in een bepaald gebied en die interactie met elkaar vertonen.												
Limnion	: de open zone van een groot water, buiten bereik van de oeverzone.												
Litoraal	: 1. de kustzone tussen de hoog- en de laagwaterlijn. 2. de zone in een stilstaand water vanaf de oever tot een diepte van ongeveer zes meter.												
Lokstroom	: een waterstroom die een lokkende werking uitoefend op trekvis.												
Macrofauna	: alle, met het blote oog waarneembare, ongewervelde (water)dieren (bijv. muggelarven, slakken, kevers).												
Macrofyten	: met het blote oog waarneembare (water)planten.												
Metalimnion	: spronglaag in relatief diep water. Dit is de overgangslaag met een maximale gradiënt in een gelaagd water; de laag tussen het epilimnion (bovenlaag) en het hypolimnion (onderlaag).												

Morfologie	: vorm en uiterlijk van het (aard)oppervlak.
Naupliuslarven	: (meerv. nauplii) is de naam voor de larve van kreeftachtigen (Crustacea); zijn zijn ongedeeld hebben drie, later zes paar aanhangsels.
Netplankton	: plankton > 40 µm.
Niche	: de functionele rol van een organisme in een levensgemeenschap. Als twee soorten dezelfde niche (gebruiken dezelfde bronnen van levensbehoefte) bezetten, vindt er competitie plaats, totdat de ene soort de andere verdrongen heeft.
Nutriënten	: voedingsstoffen (voor planten/algen): met name fosfaat en nitraat.
Oligotroof	: voedselarm milieu.
PAK's	: polycyclische aromatische koolwaterstoffen (k.w. bestaande uit meerdere benzeenringen).
Parameter	: kenmerkende grootte waardoor een wiskundige, natuurkundige of biologische functie gekarakteriseerd kan worden.
PCB's	: polychloor bifenylen.
Pelagisch	: in de vrije waterkolom levend, niet gebonden aan (bodem)substraat.
Plankton	: een gevarieerde verzameling aquatische organismen die vrij rondzweven en geen voortbewegingsorganen hebben.
Predatiedruk	: de omvang van het gebruik van bepaalde organismen door andere organismen als voedsel.
Saliniteit	: gehalte van het water aan zouten. Voor de door het zeewater beïnvloedde binnenwateren (NZK), is de saliniteit recht evenredig aan het chloridegehalte (zie haliniteit). Wordt vaak gemeten via de EGV.
Stratificatie	: gelaagdheid in een waterkolom, ten gevolge van temperatuurverschillen of door verschillen in saliniteit van het water.
Stuurvariabele	: factor die de aard en intensiteit van samenhangende processen en andere factoren stuurt. Het is een door de mens te sturen factor, waarmee een ecosysteem in een bepaalde richting gestuurd kan worden.
Substraat	: het oppervlak waarop een organisme leeft en kan leven (bijv. waterplanten, stenen, hout e.d.).
Taxon	: taxonomische eenheid, b.v. een soort (mv. taxa).
Trekvis	: vis die trekt tussen zout en zoet water ten behoeve van de voortplanting. Ook wel diadrome vis genoemd.
Trofisch niveau	: plaats in de voedselpyramide.
Watersysteem	: een stelsel van een of meer ecologisch op elkaar gelijkende wateren en die vrij met elkaar zijn verbonden. Het NZK en het ARK vormen samen één watersysteem.
Zoöplankton	: dierlijk plankton.



Bijlage 3 Windbeïnvloeding van de zoutgradiënt
 (bron: Karelse en Van Gils, 1991)



Bijlage 4 De waterkwaliteit van het Noordzeekanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal
(bron: Oranjewoud, 1995)

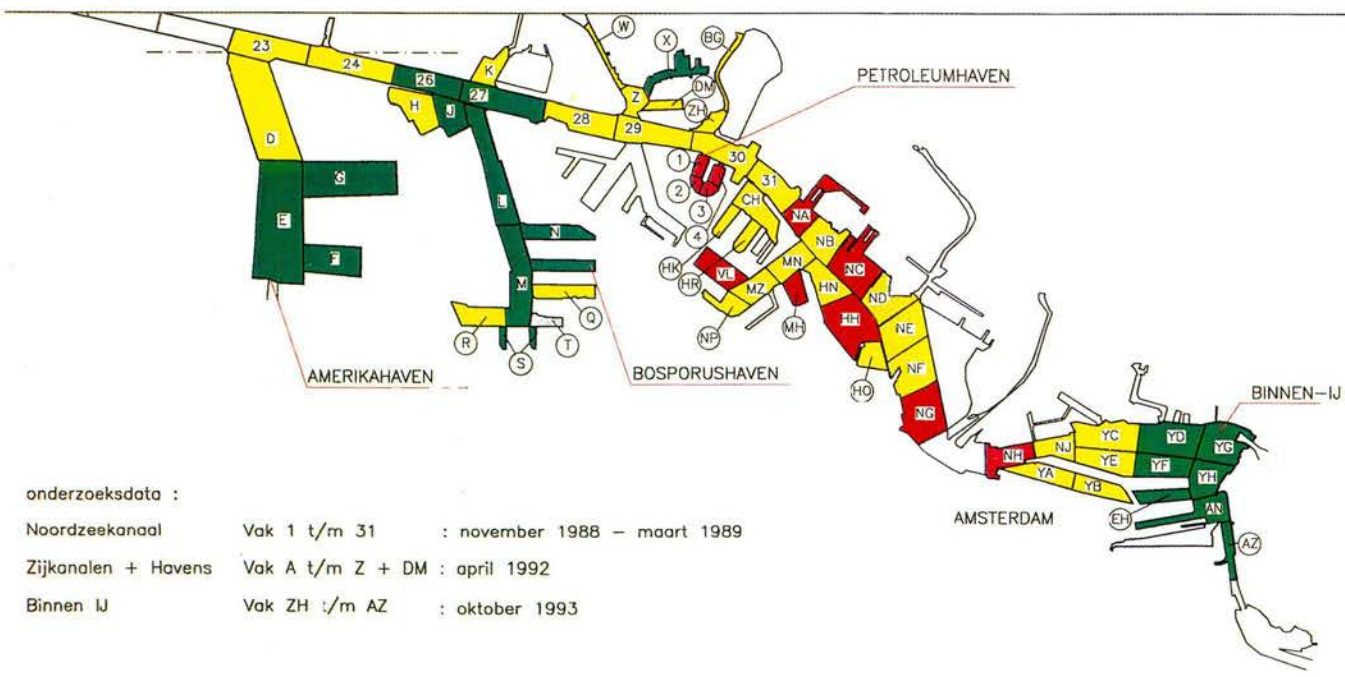
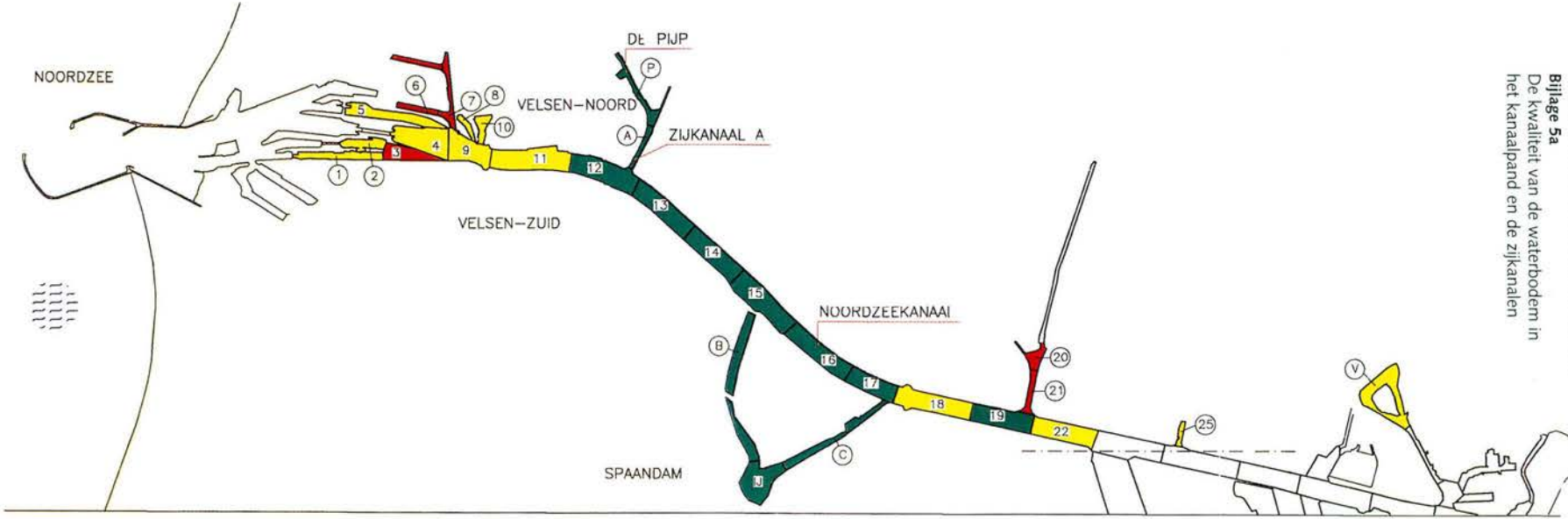
Parameter	Noordzeekanaal			Amsterdam-Rijnkanaal	
	Km 2	Km 13	Km 25	Km 21	Km 44
Kleur	+	+	+	+	+
Geur	+	+	+	+	+
Temperatuur	+	+	+	+	+
Zuurstof	+	+	+	+	+
Zuurgraad	+	+	+	+	+
Doorzicht	+	+	+	+	+
Totaal fosfaat	-	-	-	-	-
Totaal stikstof	-	-	-	-	-
Chlorofyl-a	+	+	+	+	+
Ammoniak	-	+	+	+	+
Chloride	-	-	-	+	+
Sulfaat	-	-	-	+	+
THT-coli	+	+	+	+	+
Cadmium	+	+	+	+	+
Kwik	-	-	-	-	-
Koper	-	-	-	-	-
Nikkel	+	+	+	+	+
Lood	+	-	+	+	+
Zink	+	+	+	+	+
Chroom	+	+	+	+	+
VOX/VOCI	+		+	+	
α -Endosulfan	+				+
τ -HCH	+				-
Pentachloorfenol	+	-	+	+	
Dieldrin	+				+
Cholinesterase rem.	+	+	+		+
Aan zwevende stof					
	Km 2	Km 13	Km 25	Km 21	Km 44
Cadmium	+	+	-	-	-
Kwik	-	-	-	-	-
Koper	-	-	-	-	-
Nikkel	-	-	-	-	-
Lood	+	+	+	+	+
Zink	-	-	-	-	-
Chroom	+	+	+	+	+
Arsen	+				
PAK som	-	-	-	-	-
Hexachloorbenzeen	+	+	+	-	-
PCB28	-	-	-	-	-
PCB52	+	-	+	-	-
PCB101	-	-	-	-	-
PCB118	+	-	-	-	-
PCB138	-	-	-	-	-
PCB153	-	-	-	-	-
PCB180	-	+	-	-	-
α -Endosulfan	+	+	+	+	+
τ -HCH	+	+	+	+	-
Dieldrin	+	+	+	+	+
Minerale olie	+	+	+	+	+

+ : voldoet aan de grenswaarde
- : voldoet niet aan de grenswaarde

Bijlage 5 De kwaliteit van de waterbodden van het Noordzeekanaal

(Bron: Witteveen + Bos, 1994)

Bijlage 5a
De kwaliteit van de waterbodden in het kanaalpand en de zijkanalen



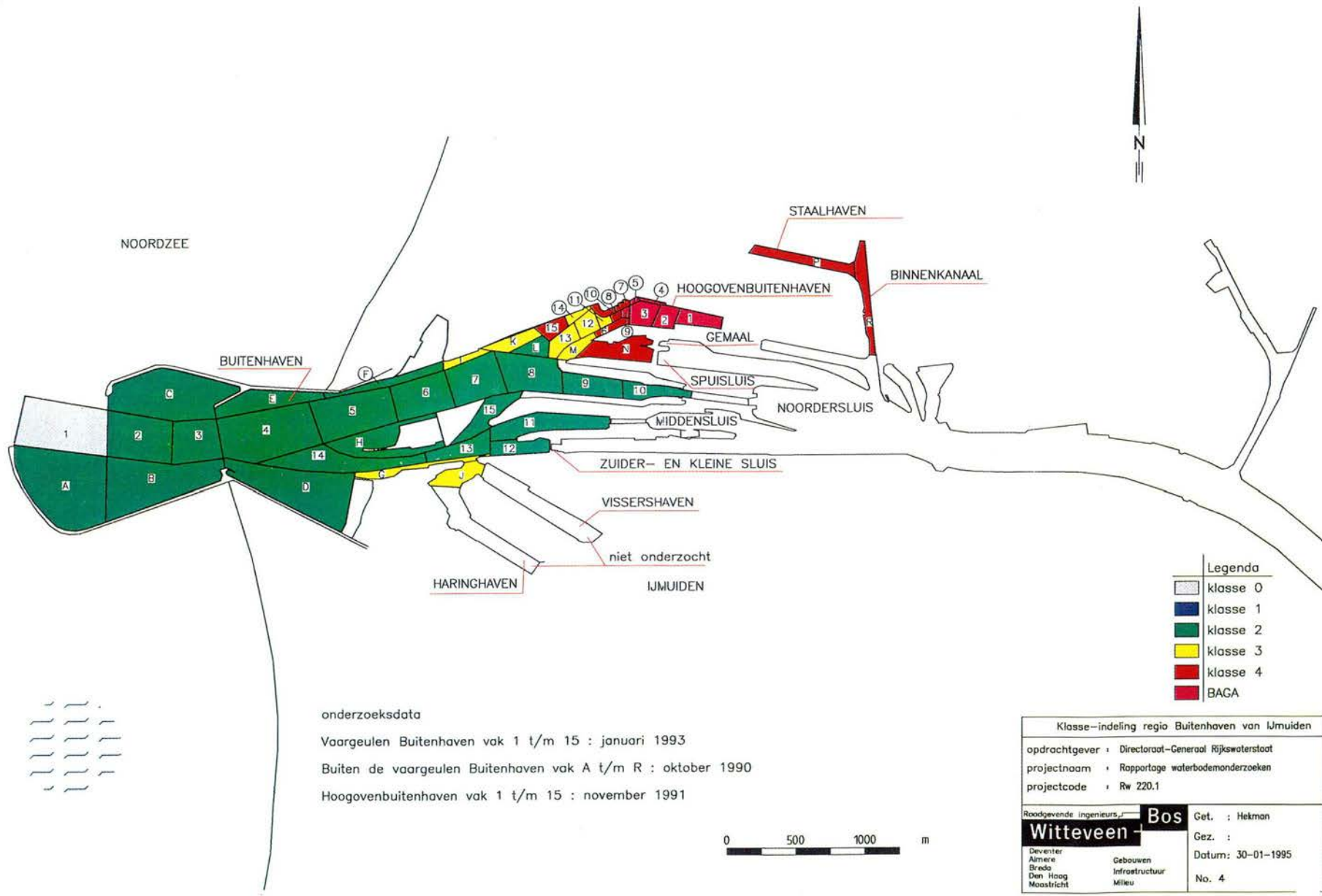
Legenda

[White box]	klasse 0
[Dark blue box]	klasse 1
[Green box]	klasse 2
[Yellow box]	klasse 3
[Red box]	klasse 4
[Red box]	BAGA

0 0,6 1,2 1,8km

onderzoeksdata :
 Noordzeekanaal Vak 1 t/m 31 : november 1988 – maart 1989
 Zijkkanalen + Havens Vak A t/m Z + DM : april 1992
 Binnen IJ Vak ZH t/m AZ : oktober 1993

Klasse-indeling regio Noordzeekanaal	
opdrachtgever :	Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
projectnaam :	Rapportage waterbodemonderzoeken
projectcode :	Rw 220.1
Raadgevende ingenieurs, Witteveen + Bos	Get. : Hekman
Deventer Almere Breda Den Haag Maastricht	Gebouwen infrastructuur Milieu
	Gez. : Datum: 30-01-1995 No. 5



onderzoeksdata
 Vaargeulen Buitenhaven vak 1 t/m 15 : januari 1993
 Buiten de vaargeulen Buitenhaven vak A t/m R : oktober 1990
 Hoogovenbuitenhaven vak 1 t/m 15 : november 1991



Legenda	
	klasse 0
	klasse 1
	klasse 2
	klasse 3
	klasse 4
	BAGA

Klasse-indeling regio Buitenhaven van IJmuiden		
opdrachtgever :	Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat	
projectnaam :	Rapportage waterbodemonderzoeken	
projectcode :	Rw 220.1	
Roadgevende Ingenieurs- Bos	Get. :	Hekman
Witteveen	Gez. :	
Deventer Almere Breda Den Haag Maastricht	Gebouwen Infrastructuur Milieu	Datum: 30-01-1995
		No. 4

Bijlage 6 Fytoplankton in het Noordzeekanaal

Bijlage 6a

De fytoplanktonsoorten in het Noordzeekanaal, gevonden na 1975.

Blauwwieren

Anabaena flos-aquae
Anabaena spiralis
Anabaena spiroides
Anabaenopsis sp
Anabena sp
Aphanizomenon flos-aquae
Aphanizomenon gracile
Aphanocapsa delicatissima
Aphanothece nidulans
Aphanothece spec nr.18
Aphanocapsa elachista
Chilomonas sp
Chroococcus dispersus
Chroococcus limneticus
Chroococcus planctonicus
Chroococcus minimus
Chroococcus minutus
Chroococcus turgidus
Chroococcus sp
Coelosphaerium kuetzingianum
Coelosphaerium naegelianum
Coelosphaerium pusillum
Aphanothece clathrata
Cyanoptige gloeocystiforme
Dactylococopsis acicularis
Dactylococopsis fascicularis
Dactylococopsis irregulare
Dactylococcus raphidioides
Dactylococcus sp
Eutreptia globulifera
Gomphosphaeria aponina
Gomphosphaeria lacustris
Gomphosphaeria lacustris v.lacustris
Gomphosphaeria lacustris v.compacta
Lepocinclis ovum
Lepocinclis sp
Lyngbia limnetica
Lyngbia contorta
Lyngbia sp
Merismopedia elegans
Merismopedia glauca
Merismopedia punctata
Merismopedia tenuissima
Merismopedia sp
Microcystis aeruginosa
Microcystis flos-aquae
Microcystis cf aeruginosa major
Microcystis holsatica
Microcystis pulvereae
Microcystis minutissima
Microcystis sp
Oscillatoria agardhii
Oscillatoria amphigranulata
Oscillatoria limnetica
Oscillatoria limosa
Oscillatoria redekei
Oscillatoria sp
Phormidium mucicola
Rhabdoderma lineare
Snowella lacustris
Spirulina sp

Spirulina laxissima
Spirulina major

Kiezelwieren

Achnanthes affinis
Achnanthes delicatula ssp delicatus
Achnanthes lanceolata
Achnanthes sp
Anomoeoneis sphaerophora
Actinocyclus normanii f.subsalsus
Actinoptychus undulatus
Amphiprora alata
Amphiprora paludosa
Amphora coffeaeformis
Amphora commutata
Amphora ostrearia
Amphora ovata
Amphora pediculus
Amphora veneta
Actinocyclus cholnokyi
Anomoeoneis
Aulacodiscus argus
Asterionella formosa
Bacillaria paradoxa
Biddulphia sinensis
Caloneis sp
Cheatoceros didymum
Cheatoceros orientalis
Cheatoceros holsaticum
Cheatoceros muelleri
Cheatoceros subtile
Cheatoceros sp
Cocconeis scutellum
Cocconeis pediculus
Cocconeis placentula
Coscinodiscus excentricus
Coscinodiscus jonesianus
Coscinodiscus lacustris
Coscinodiscus perforatus v.pavillard
Coscinodiscus perforatus v.cellulosa
Coscinodiscus rothii
Coscinodiscus rothii v.subsalsus
Cyclotella sp
Cyclotella comta
Cyclotella kuetzingiana
Cyclotella meneghiniana
Cyclotella striata
Cylindrotheca closterium
Cylindrotheca gracilis
Cymatopleura elliptica
Cymatopleura librile
Cymatopleura solea
Cymbella lanceolata
Cymbella prostrata
Cymbella silesiaca
Cymbella sp
Diatoma elongatum
Diatoma vulgare
Diatoma vulgare v.ehrenbergii
Diploneis interrupta
Diploneis bombus
Diploneis sp

Ditylum brightwellii f. tetragona
Epithemia adnata
Epithemia turgida
Epithemia argus v.longicornis
Fragilaria fameliaa
Fragilaria capucina
Fragilaria capucina desmazieres
Fragilaria construens
Fragilaria crotonensis
Fragilaria sp
Frustulla rhomboides
Glenodinium sp
Glenodinium berghii
Gomphonema apicatum ehrenberg
Gomphonema augur
Gomphonema constrictum
Gomphonema olivaceum
Gomphonema parvulum
Gyrosigma acuminatum
Gyrosigma attenuatum
Gyrosigma balticum
Gyrosigma sp
Hantzschia sp
Licmophora gracilis v.anglica
Melosira granulata
Melosira islandica
Melosira italica
Melosira juergensii
Melosira nummuloidea
Melosira varians
Melosira sp
Merismopedia tenuissima
Navicula capitata v.hungarica
Navicula cryptocephala
Navicula cuspidata
Navicula granulata
Navicula monoculata v.omissa
Navicula oblonga
Navicula peregrina
Navicula peregrina v.meniscus
Navicula radiosa
Navicula salinarum
Navicula sp
Navicula humerosa
Neidium iridis
Nitzschia acicularis
Nitzschia behrei
Nitzschia closterium
Nitzschia fasciculata
Nitzschia frustulum
Nitzschia fruticaria
Nitzschia fruticosa
Nitzschia holstatica
Nitzschia hungarica
Nitzschia levidensis
Nitzschia linearis
Nitzschia navicularis
Nitzschia palea
Nitzschia paleacea
Nitzschia palustris
Nitzschia sigma
Nitzschia sigmoidea

Bijlage 6a

Vervolg

Nitzschia sp	Dictiosphaerium ehrenbergianum	Scenedesmus longispina
Nitzschia tryblionella	Dictiosphaerium pulchellum	Scenedesmus magnus
Nitzschia brevissima	Didymocystis bicellularis	Scenedesmus nanus
Nitzschia amphibia	Didymogenes palatinum	Scenedesmus opoliensis
Nitzschia dissipata	Dimorphococcus cordatus	Scenedesmus opoliensis v. carinatus
Nitzschia acuminata	Elakathrix gelatinosa	Scenedesmus pecensis
Pinnularia divergens	Elakathrix viridis	Scenedesmus quadricauda
Pinnularia major	Geminella interrupta	Scenedesmus quadrispina
Pinnularia microstauron	Golenkina radiata	Scenedesmus sempervirens
Pinnularia viridis	Franceia sp	Scenedesmus serrulatus
Pinnularia sp	Kirchneriella contorta	Scenedesmus smithii
Pleurosigma elongatum	Kirchneriella lunaris	Scenedesmus spicatus
Podosira stelliger	Kirchneriella obesa	Scenedesmus spinosus
Raphoneis amphiceros	Keratococcus sp	Scenedesmus tenuispina
Raphoneis surirella	Lagerheimia ciliata	Scenedesmus sp
Rhoicosphenia abbreviata	Lagerheimia subsalsa	Scenedesmus bijugatus
Rhoicosphenia curvata	Lagerheimia wratislaviensis	Scenedesmus obtusus
Sceletonema subsalsum	Lagerheimia balatonica	Scenedesmus gutwinski
Stauroneis anceps	Lagerheimia genevensis	Scenedesmus velitaris
Stephanodiscus astraea	Micractinium pusillum	Schroederia indica Philipose
Stephanodiscus astraea v. minutula	Monoraphidium arcuatum	Schroederia setigera
Stephanodiscus binderanus	Monoraphidium circinale	Schroederia sp
Stephanodiscus dubius	Monoraphidium contortum	Sphaerocystis schroeteri
Stephanodiscus hantzschii	Monoraphidium griffithii	Sphaerosystis sp
Stephanodiscus subtilis	Monoraphidium irregulare	Tetraedron anthrodesmiforme
Stephanodiscus subsalsus	Monoraphidium minutum	Tetraedron caudatum
Stephanodiscus lacustris	Monoraphidium mirabile	Tetraedron minimum
Stephanodiscus sp	Monoraphidium pusillum	Tetraedron minutissimum
Surirella biseriata	Monoraphidium tortuosum	Tetraedron muticum
Surirella elegans	Monoraphidium tortile	Tetraedron staurastroides
Surirella ovalis	Nephrochlamys subsolitaria	Tetraedron trigonum
Surirella ovalis v. ovata	Oocystis lacustris	Tetraedron triangulare
Surirella ovalis v. salina	Oocystis submarina	Tetrapedia tetrapedia
Surirella ovata	Oocystis borgei	Tetraedron tumidulum
Surirella gemma	Oocystis parva	Tetrastrum glabrum
Surirella robusta	Oosystis sp	Tetrastrum heteracanthum
Synedra acus	Pandorina morum	Tetrastrum hortobagyi
Synedra parasitica	Pediastrum boryanum	Tetrastrum peterfii
Synedra pulchella	Pediastrum boryanum v. brevicorne	Tetrastrum punctatum
Synedra ulna	Pediastrum boryanum f. longicorne	Tetrastrum staurogeniaeforme
Synedra tabulata	Pediastrum duplex	Tetrastrum tetracanthum
Thalassiosira bramaputrea	Pediastrum duplex v. gracillimum	Tetrastrum triacanthum
Tabellaria fenestrata	Pediastrum kawraiskyi	Tetrastrum triangulare
	Pediastrum simplex	Tetrastrum komorakii
Groenwieren	Pediastrum tetras	Tetrastrum multisetum
Actinastrum hantzschii	Pediastrum boryanum v. reticularum	Tetrastrum elegans
Actinastrum hantzschii v. elongatum	Pediastrum integrum	Schizochlamys sp
Actinastrum hantzschii v. fluviatile	Pediastrum sp	Botryococcus braunii
Actinastrum sp	Oedogonium sp	Ulothrix sp
Ankistrodesmus bibrainus	Pteromonas cordiformis	Tetrastrum sp
Ankistrodesmus falcatus	Pteromonas angulosa	
Ankistrodesmus fusiformis	Scenedesmus acuminatus	Restgroep
Ankistrodesmus gracilis	Scenedesmus acutus	Amphidinium rotundatum
Ankistrodesmus sp	Scenedesmus apiculatus	Amphidinium sp
Ankyra judayi	Scenedesmus armatus	Apodachlya sp
Chlorhormidium	Scenedesmus balatonicus	Calycomonas gracilis
Chlorhormidium subtile	Scenedesmus bicaudatus	Calycomonas pascheri
Chlorogonium sp	Scenedesmus bijugatus v. linearis	Calycomonas sp
Chlorellaceae	Scenedesmus costato-granulatus	Carteria sp
Cladophora sp	Scenedesmus denticulatus	Chlamydomonas sp
Closteriopsis longissima	Scenedesmus dimorphus	Chlamydomonas clathrata
Coelastrum astroidum	Scenedesmus disciformis	Chlamydomonas subg. Euchlamydomonas
Coelastrum microporum	Scenedesmus dispar	Chlorogonium elongatum
Coenochloris polycocca	Scenedesmus ecornis	Chroomonas Nordstettii
Crucigenia apiculata	Scenedesmus helveticus	Chroomonas acuta
Crucigenia fenestrata	Scenedesmus granulatus	Chroomonas sp
Crucigenia quadrata	Scenedesmus heteracanthus	Chrysococcus biporus
Crucigenia retangularis	Scenedesmus intermedius	Chrysococcus heverlensis
Crucigenia tetrapedia	Scenedesmus intermedius v. balatonicus	Chrysococcus minutus
Cyanodiction reticulatum	Scenedesmus longicauda	Chrysococcus ornatus

.....
Bijlage 6a

Vervolg

Chrysococcus punctiformis	Stenocalyx monilifera
Chrysococcus rufescens	Stenocalyx inconstans
Chrysococcus sp	Stenocalyx parvula
Closterium aciculare	Strombomonas sp
Closterium moniliferum	Trachelomonas abrupta
Closterium acerosum	Trachelomonas intermedia
Closterium pronum	Trachelomonas pulcherrina
Closterium sp	Trachelomonas varians
Cosmarium sp	Trachelomonas verrucosa
Chilomonas	Trachelomonas volvocina
Colacium sp	Trachelomonas hispida
Cryptomonas sp	Trachelomonas oblonga
Cryptomonas obovoidea	Trachelomonas stokesiana
Cryptomonas erosa	Trachelomonas volvocinopsis
Cryptomonas erosa v.reflexa	Trachelomonas sp
Cryptomonas ovata	
Cyclidiopsis acus	
Dinobryon bavaricum	
Dinobryon divergens	
Dinobryon sp	
Euastrum sp	
Euglena acutissima	
Euglena obtusa	
Euglena oxyuris	
Euglena tripteris	
Euglena sp	
Euglena viridis	
Euglena acus	
Euglena geni	
Glenodinium sp	
Gloeobotrys limnetica	
Glenodinium berghii	
Glenodinium pulvisculus	
Gymnodinium sp	
Gymnodinium sp	
Holopedium geminata	
Kephyrion cupuliforme	
Kephyrion doliolum	
Kephyrion rubri-claustrii	
Kephyrion poculum	
Kephyrion spirale	
Kephyrion inconstans	
Kephyrion sp	
Kephyriopsis ornata	
Mallomonas majorensis	
Mallomonas sp	
Mougeotia sp	
Ochromonas lubibunda	
Ochromonas sociata	
Ochromonas sp	
Ophiocytium capitatum	
Ophiocytium capitatum v.longispinum	
Ophiocytium parvullum	
Ophiocytium sp	
Oxyrrhis marina	
Peridinium sp	
Phacus acuminatus v.granulata	
Phacus longicauda	
Phacus pyrum	
Phacus pleuronectes	
Phacus sp	
Pseudokephyrion acutum	
Pseudokephyrion pilidum	
Pseudokephyrion poculum	
Pseudokephyrion undulatum	
Pteromonas angulosa	
Pteromonas aculeata	
Pteromonas sp	
Staurastrum cingulum	
Staurastrum paradoxum	

Bijlage 6b
Vervolg

fytoplanktonsoort	KM2	KM10	ZKC	KM18	ZKG	KM25	ARK	Buiten-IJ
Amphiprora paludosa	b ¹			b ¹				
Stenocalyx inconstans	b ¹			b ¹				
Mallomonas majorensis	b ¹			b ¹				
Chlorellaceae	b ¹			b	b ¹			
Lepoclinclis sp	a ¹	a		a ¹				
Cheatoceros sp	c ¹	c		c				
Carteria sp	b	b		c ¹				
Cheatoceros holsaticum	c ¹	c ¹	c ²	c ¹				c ¹
Microcystis flos-aquae	c		c	c				
Tabellaria fenestrata	c	c ¹	c ¹	c ¹			c ¹	c ¹
Staurastrum paradoxum	c ²		c	c				
Merismopedia punctata	a		a ¹	a	ab ¹			
Scenedesmus magnus	b ¹ c ¹		a	b ¹	c ¹			
Ankyra judayi	c	c ²	c	c				c ¹
Amphiprora alata	c ²	c	c ²	c ¹	c		c ¹	
Amphora ostreria	b ¹	b	b	b ¹	b ¹		b ¹	
Ankistrodesmus gracilis	c	c	c	c	c		c ¹	c
Monoraphidium mirabele	b		b	b	b ¹		b ¹	b ¹
Scenedesmus bijugatus v.linearis	c	c	c	c	b ¹ c			c
Glenodinium sp	a ¹	a ¹ c ¹	ab ¹ c ¹	b ¹	a ¹ b ¹		c ¹	a ¹ c ²
Mallomonas sp	c	c ¹	c	c	c		ac ¹	c
Stenocalyx parvula	b ¹	b ¹	b ¹	b	b ¹		b ¹	
Trachelomonas varians	c ²	c ²	c			c ²		
Amphidinium rotundatum	b	b	b	b	b	b ¹		
Coelosphaerium kuetzingianum	ab ¹	a	a ¹	a		a		
Stephanodiscus astraea v.minutula	b	b	b ¹	b		b		
Monoraphidium contortum	a ¹ bc ¹	a ¹ b ¹ c ¹	bc	bc	b	b		
Monoraphidium pusillum	a ¹	a	ab ¹	a ¹	a ¹	a ¹		
Sphearocystis schroeteri	a ¹		a ¹			a ¹		
Tetrastrum triacanthum	b ¹	b ¹				b ¹		
Actinastrum sp	a ¹	a ¹		a ¹		a ¹		c ¹
Actinastrum sp	a ¹	a ¹		a ¹		a ¹		c ¹
Anabaena flos-aquae	b ¹ c ¹	c ²	c		c ²	c	b ¹	
Lyngbia limnetica	b ¹		b ¹		a ¹ b ¹	c	a ¹ b ¹	
Cymbella silesiaca	c ²	c	c	c		c ²	c	
Navicula monoculata v.omissa	b ¹	b ¹	b ¹		b ¹	b ¹	b	
Nitzschia hungarica	b ¹	b ¹	b ¹			b ¹	b ¹	
Nitzschia sp	b	a ¹ b	a	b ¹		a ¹	a	
Surirella ovalis	b ¹				c ²	c ¹	b ¹	
Monoraphidium circinale	ac	ac	ac	ac	ac	a ¹	ac	
Monoraphidium griffithii	a ¹ b	a ¹ b ¹	a ¹ b	ab	a ¹ b	ab	a ¹ b ¹	
Monoraphidium tortuosum	b ¹	b	b	b	b	b	b ¹	
Colacium sp	a ¹			a	a	a	a ¹	
Euglena viridis	b ¹ c ¹	b ¹	bc ¹	b ¹ c ¹	b ¹ c ¹	b ¹	b	
Peridinium sp	c	b ¹ c	b ¹ c ²	c ²	b ¹ c ¹	c	c ²	
Amphora ovata	c		c	c	c	c ¹		c
Actinastrum hantzschii v.fluviatile	c	c	c	c		c ¹		c ¹
Ankistrodesmus falcatus	b	b ¹	b	b	b ¹	b ¹		b ¹

Bijlage 6b
Vervolg

fytoplanktonsoort	KM2	KM10	ZKC	KM18	ZKG	KM25	ARK	Buiten-IJ
Kirchneriella lunaris	b ¹	c	c	b ¹	b ¹ c	b ¹ c		c
Lagerheimia balatonica	a ¹	c ¹	ac ¹	ab ¹	a ¹ c	a ¹ bc		a ¹
Oocystis parva	b ¹ c	b ¹ c	c	b ¹ c	c	c		b ¹ c
Pandorina morum	c ¹	b	a ¹ c ¹		b	b ¹ b		b
Pediastrum tetras	c	c	c	b ¹ c	c	c ²		bc ²
Scenedesmus acutus	b ¹ c ¹	b ¹ c ¹	c	b ¹ c	c ¹	b ¹ c ²		c ¹
Scenedesmus peccensis	c	c	c	c	c	c		c
Tetraedron trigonum	a ¹	a ¹ c ²	c	a ¹	c	a		c ¹
Tetrastrum punctatum	b ¹ c	c ¹	b ¹	c ¹		c		c
Chroococcus minutus	b ¹				b ¹	b ¹		c ¹
Closterium pronum	c	c	b ¹ c	c ²		c ²		c
Surirella ovalis v.ovata	b ¹	b ¹	b		b ¹	b	b	b ¹
Synedra acus	b	b ¹	c ¹	c		c ²	b ¹ c ¹	c ²
Dactylococcus sp	a	a		a		a	a ¹	a ¹
Crucigenia tetrapedia	a ¹ b	b	a ¹		a ¹ b	b	b ¹	b
Dictiosphaerium ehrenbergianum	a	a		ab ¹	a ¹ b ¹	a	a	a
Lagerheimia genevensis	c	c		a ¹	c	a	c	c
Pediastrum simplex	c ¹	b ¹ c		bc ¹	c ¹	c	b ¹ c ¹	b ¹ c
Scenedesmus denticulatus	c ¹	b ¹ c		b ¹ c ²		bc ¹	bc	c
Scenedesmus sempervirens	b ¹ c ¹	b ¹ c	c ¹		a ¹ c ¹	b ¹	c ¹	c ¹
Chrysococcus heverlensis	b ¹ b	b		b ¹	b	b ¹	b	
Euglena sp	ac	a ¹ c ¹	a ¹ c	a ¹ c		a	ac	a
Trachelomonas stokesiana	a	a	a	a ¹	a	a	a	a
Aphanizomenon flos-aquae	bc	bc	bc	bc	bc	bc	bc	bc
Aphanocapsa delicatissima	c	a ¹ c	a ¹ c	a ¹ c	a ¹ c	a ¹ c	ac ¹	ac
Aphanocapsa elachista	a	a	a	a	a	a	a	a
Coelosphaerium pusillum	b	b ¹			b ¹	b		b
Chroococcus limneticus	ab ¹	a	a ¹	ab	a	a	a	a ¹ b
Dactylocopsis acicularis	ac ¹	a ¹ c	a ¹ c	a ¹ c	c ²	c	a ¹ c	c ¹
Dactylocopsis fascicularis	b		b ¹	b ¹	b	b ¹	b	b
Dactylocopsis irregulare	ac	ac	c	ac	ac	a ¹ c	a ¹ c	a ¹ c
Gomphosphaeria lacustris	a ¹ b	a ¹ b		ab	b	b	ab	a ¹ b
Lyngbia contorta	b ¹ c	bc	b	bc	bc		b ¹	c ¹
Lyngbia sp	a ¹ b	b ¹	b ¹	b	b	b	b ¹	b ¹
Merismopedia tenuissima	abc	abc	ac	abc	abc	ab	a	ab ¹ c ¹
Oscillatoria agardhii	a	a	a	a	a	a	a	a
Oscillatoria limnetica	a ¹ bc	a ¹ bc	bc	abc	bc	abc	a ¹ bc	a ¹ bc
Oscillatoria redekei	ab ¹	ab	a ¹	abc ¹	ab	abc	ab	abc ¹
Oscillatoria sp	a	a	a	ab ¹	a	a	a	a ¹
Snowella lacustris	c	c	c	c	c	c	c ¹	c
Achnantes delicatula ssp delicatus	b ¹ bc ²	b	c ²	bc ¹	b	b	bc ¹	b ¹ c ¹
Actinocyclus normanii f.subsalsus	b	a ¹ b	b	b	b	b	b	a ¹ b
Asterionella formosa	b ¹ c	c	b ¹	a ¹ c	c	a ¹ bc	bc	bc
Cocconeis placentula	c ¹	c	c		b ¹	b ¹ c	b ¹ c	c
Coscinodiscus rothii v.subsalsus	c	c	c	c	c	c	c	c
Cyclotella meneghiniana	b ¹	b ¹ c	abc	b	b ¹ c	a	abc	a
Cyclotella striata	bc	bc	bc	bc	bc	b	bc	b ¹ c
Cyclotella sp	ac	ac	ac	a ¹ c	c	ac	ac	ac

Bijlage 6b
Vervolg

fytoplanktonsoort	KM2	KM10	ZKC	KM18	ZKG	KM25	ARK	Buiten-U
<i>Diatoma elongatum</i>	a ¹ b ¹ c	a ¹ b ¹ c	c	ab ¹ c	abc ¹	a ¹ bc	a ¹ b ¹ c	abc
<i>Diatoma vulgare</i>	bc	c	bc	c ¹	bc	c	bc	bc
<i>Fragilaria crotonensis</i>	c	c ¹	c	c	c	c	c	c
<i>Gomphonema constrictum</i>	c ¹	c	c ²	c	c	c ²	c	c
<i>Gomphonema olivaceum</i>	c ²	c ²	c	c	c	c ²	b ¹ c	c
<i>Melosira granulata</i>	bc	a ¹ bc	abc	a ¹ bc	abc	bc	abc	abc
<i>Melosira varians</i>	b ¹ c	ac	c	b ¹ c	b ¹ c	abc	abc	bc
<i>Melosira</i> sp	a ¹	a	a	a	a ¹	a	a	a ¹
<i>Navicula radiosa</i>	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>Navicula</i> sp	bc ¹	a ¹ c	a	a ¹ c ¹	a ¹ b	a ¹ c	abc	ac
<i>Nitzschia acicularis</i>	a ¹ bc ¹	abc	bc	abc	abc	abc ¹	ac	ac ¹
<i>Nitzschia closterium</i>	c	c	c	c	a ¹ c	c	c	c
<i>Nitzschia palea</i>	c	c	b ¹ c	bc	b ¹ c	c	c	c
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	b ¹ c ²	b ¹	b ¹ c	b	b ¹ c ²	b	bc ¹	b
<i>Stephanodiscus astraea</i>	b	bc	bc	bc	ab	bc	abc	a ¹ bc
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	abc	abc	abc	abc	abc	abc	abc	abc
<i>Stephanodiscus</i> sp	c	ac ¹	ac	ac	ac	ac	ac	a ¹ c
<i>Synedra ulna</i>	c	bc	bc	bc	bc	b	bc	b ¹ c
<i>Actinastrum hantzii</i>	c	bc	abc	a ¹ bc	bc	c	b	c ¹
<i>Chlorhormidium</i>	ab	ab	ab	ab	a ¹ b	ab	ab	ab
<i>Coelastrum microporum</i>	a ¹ bc	bc ¹	abc	abc	abc	abc	abc ²	abc
<i>Crucigenia quadrata</i>	a ¹ b ¹	b	ab ¹	b ¹	b	a ¹ b	abc ¹	a ¹ b
<i>Dictiosphaerium pulchellum</i>	a	a	a	ab ¹	a	ac ²	ac ¹	ab ¹
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	ab	ab	abc ¹	abc ¹	abc ¹	ab	ab	abc ¹
<i>Monoraphidium minutum</i>	abc	abc	abc	abc ¹	abc	abc	abc ¹	abc
<i>Oocystis</i> sp	ab	ab	ab	b	a ¹ b ¹	ab	a ¹ b ¹	ab
<i>Pediastrum boryanum</i>	bc	bc	abc	bc	abc	a ¹ bc	abc	abc
<i>Pediastrum duplex</i>	b ¹ c	a ¹ bc ¹	c ¹	bc	c	c	c	bc
<i>Pediastrum kawraiskyi</i>	b ¹	b ¹ c ¹	b ¹	b ¹ c	c ¹	bc	c ²	bc
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	bc	bc	abc	abc	abc	abc	b	a ¹ bc
<i>Scenedesmus armatus</i>	abc	abc	ab ¹ c	abc	abc	abc	abc	abc
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	b ¹ c	bc	b ¹ c	bc	bc	bc	bc	b ¹ c
<i>Scenedesmus costato-granulatus</i>	ac	ac	ac	ab ¹ c	ac	ab ¹ c	ac	ac
<i>Scenedesmus ecornis</i>	b	b	bc ¹	bc ¹	bc ¹	bc	bc ¹	bc
<i>Scenedesmus intermedius</i>	abc	abc	a ¹ bc	abc	a ¹ bc	abc	abc	abc
<i>Scenedesmus intermedius v balatonicus</i>	bc ¹	bc	b ¹ c	bc	bc	bc	b ¹ c ²	b ¹ c
<i>Scenedesmus longispina</i>	bc	c	b ¹ c	c	c	c	b ¹ c	c
<i>Scenedesmus nanus</i>	c	c	c	c	a ¹ c	a ¹ c	a ¹ c	c
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	bc	abc	abc	a ¹ bc	abc	a ¹ bc	a ¹ bc	a ¹ bc
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	a ¹	a	ac	ac	ac ¹	ac	ac	ac
<i>Scenedesmus quadrispina</i>	b	bc	bc	bc	bc	bc	bc ¹	bc
<i>Scenedesmus spinosus</i>	b ¹ c	c	c	bc	bc	b ¹ c	c	b ¹ c
<i>Scenedesmus</i> sp	a ¹ b	ab ¹ c ²	ab ¹ c	a	ab ¹	ab	ab	ab
<i>Tetraedron caudatum</i>	c ¹	b ¹	bc ²	c	bc ¹	ab ¹ c	ac ¹	c
<i>Tetrastrum glabrum</i>	bc	bc	bc	bc	bc	bc	c	bc
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>	ac	ab ¹ c	ab ¹ c	ab ¹ c	ac	abc	ac	ac
<i>Tetrastrum triangulare</i>	b ¹ c	b ¹ c	b ¹ c	b ¹ c	c	c	c	c
<i>Amphidium</i> sp	a	a	a	a	a	a	a ¹	a ¹

Bijlage 6b
Vervolg

fytoplanktonsoort	KM2	KM10	ZKC	KM18	ZKG	KM25	ARK	Buiten-IJ
<i>Calycomonas pascheri</i>	bc ²	bc	bc	b ¹ c	bc	bc	c	c
<i>Chlamydomonas</i> sp	ab ¹	a ¹ b ¹	a ¹ b ¹	ab ¹	a ¹ b	a ¹ b	ab ¹	ab
<i>Chlamydomonas</i> subg. <i>Euchlamydomonas</i>	c	c	c	c	c ¹	c	c	c ¹
<i>Chroomonas acuta</i>	abc	abc	abc	abc	abc	abc	abc	abc
<i>Chroomonas</i> sp	a	a	a	a	a	a	a	a
<i>Chrysococcus biporus</i>	bc	bc	bc	bc	bc	bc	bc	bc
<i>Chrysococcus minutus</i>	b	b	b	b ¹	b	b	b	b ¹
<i>Chrysococcus punctiformis</i>	b ¹	b	b ¹	b	b	b	b ¹	b
<i>Chrysococcus rufescens</i>	bc	bc	bc	bc	bc	bc	bc	bc
<i>Chrysococcus</i> sp	a	a	a	a	a	a	ac ¹	ab ¹
<i>Cryptomonas</i> sp	a	a	a	a	a	a	a	a
<i>Cryptomonas erosa</i>	bc	bc	abc	a ¹ bc	a ¹ bc	bc	a ¹ bc	bc
<i>Cryptomonas ovata</i>	bc	bc	a ¹ bc	bc	bc	bc	a ¹ bc	bc
<i>Kephyrion cupuliforme</i>	c	bc	b ¹ c	bc	bc	bc ¹	bc	c
<i>Kephyrion</i> sp	a	a	a	ab ¹	a	ab ¹	a	a
<i>Ochromonas</i> sp	ab	ab	b	ab	b	ab	bc ¹	a ¹ c ²
<i>Trachelomonas volvocina</i>	a	a	a	ac ²	ac	ac ²	ac ¹	a
<i>Trachelomonas hispida</i>	a ¹	a	ac	a	a	a ¹	a	a
<i>Trachelomonas</i> sp	a	a	a	a	a	a	a	a
<i>Microcystis pulverea</i>		b ¹	a	b	ab ¹	b ¹	a	a
<i>Scenedesmus helveticus</i>		b	b ¹	b ¹	b	b	b	b
<i>Pediastrum duplex</i> v. <i>gracillimum</i>		b	b ¹ c ²	bc ²	b	b	b	b
<i>Scenedesmus tenuispina</i>		a	a ¹	ab ¹	a ¹ b ¹	ab ¹	a	a
<i>Cyclotella comta</i>		a ¹	a	a ¹	a ¹	b ¹	b ¹	a ¹ b ¹
<i>Chroococcus</i> sp		a ¹		a ¹	b	a ¹ c ¹	b ¹	ab ¹
<i>Navicula cryptocephala</i>		b	b		b	b ¹	b	b
<i>Surirella ovata</i>		c	c		c	ac	ac	a ¹ c
<i>Tetraedron minimum</i>		b ¹	c ¹		b ¹ c	b ¹ c	a ¹ c	ac
<i>Scenedesmus granulatus</i>		c ¹	c	c		c	c	c
<i>Nitzschia sigma</i>		b ¹	b ¹	bc ¹		b	bc ¹	bc ¹
<i>Crucigenia apiculata</i>		c ²	c			c ²	c ²	c
<i>Cymatopleura solea</i>		c ²	c	c	c		c	c
<i>Microcystis aeruginosa</i>		a ¹ b	ab ¹ c	b ¹	a ¹ b	b		b
<i>Dactylococcus raphidioides</i>		a ¹		a ¹		a ¹	a ¹	a ¹
<i>Achnantes affinis</i>		c ¹	c	c ¹	c ²			c ¹
<i>Kirchneriella contorta</i>		b ¹	b	a ¹	b ¹			
<i>Micractinium pusillum</i>		b ¹	a ¹ c	a ¹ b ¹	b ¹ c ¹			
<i>Euglena acus</i>		b ¹	b	b			b ¹	
<i>Elakothrix viridis</i>		b ¹		b	b	b ¹		b ¹
<i>Scenedesmus dimorphus</i>		b ¹	b ¹		b ¹	b		b ¹
<i>Raphoneis amphiceros</i>		c	b ¹ c		b	c ²	c ¹	
<i>Coelastrum astroidum</i>			c	c	c	c	c ²	c
<i>Chroococcus turgidus</i>			c ¹	c ¹	c ²	c		b ¹ c ²
<i>Cyclotella kuetzingiana</i>			c ²	c ¹	a ¹	c ¹	a ¹ c ¹	
<i>Nitzschia sigmoidea</i>			c ²	c ²		c ¹	c	c ²
<i>Kephyrion rubri-claustrii</i>			c ¹	c ¹	c ¹	c ¹	c ¹	
<i>Pteromonas angulosa</i>			c	c	c ¹	c ¹		
<i>Pteromonas angulosa</i>			c	c	c ¹	c		

Bijlage 6b
 Vervolg

fytoplanktonsoort	KM2	KM10	ZKC	KM18	ZKG	KM25	ARK	Buiten-IJ
Merismopedia glauca			c ¹	c ¹	c ¹			c ¹
Pinnularia viridis			c	c ²		c ¹		c ¹
Nephrochlamys subsolitaria			c ¹	c ¹		c		c
Scenedesmus balatonicus			c ²		c	c ²		c
Tetraedron staurastroides			b ¹		b	b		b
Nitzschia frustulum			b ¹	b ¹ c ¹	b ¹			
Strombomonas sp			c	c ¹	c ¹			
Nitzschia linearis			c ²	c				
Trachelomonas verrucosa			c ²	c ²				
Aphanizomenon gracile			b ¹	b ¹				b ¹
Raphoneis surirella			c ²	b ¹				
Kirchneriella obesa			b ¹	b		b ¹ c ¹		
Gymnodinium sp			b ¹	b ¹		b		
Phacus acuminatus v.granulata			c ¹	c ²			c	
Stephanodiscus subsalsus				a ¹	a ¹	a ¹		
Euglena tripteris				b			b	a ¹
Anabaena spiralis				c ¹				
Ankistrodesmus bibrarianus				b ¹				
Chilomonas sp				b ¹				
Rhabdoderma lineare				b ¹				
Cheatoceros didymum				c ¹				
Coscinodiscus rothii				c				
Diploneis bombus				c ¹				
Gomphonema apicatum ehrenberg				b ¹				
Closteriopsis longissima				b				
Dimorphococcus cordatus				b ¹				
Keratococcus sp				b ¹				
Tetraedron anthrodesmiforme				c ¹				
Tetraedron minutissimum				c ¹				
Tetrastrum heteracanthum				b ¹				
Holopedium geminata				b ¹				
Kephyrion doliolum				b ¹				
Pseudokephyrion acutum				b ¹				
Trachelomonas abrupta				b ¹				
Synedra parasitica				c ²				
Aulacodiscus argus				b ¹	b ¹			
Gyrosigma attenuatum				c ¹	c ²			b ¹ c
Merismopedia tenuissima				c ¹	c ²			
Nitzschia fruticosa				b ¹	b ¹			
Nitzschia paleacea				b ¹	b			
Skeletonema subsalsum				c ²	a			
Monoraphidium irregulare				b ¹	b ¹			
Pediastrum boryanum v.brevicorne				c	c ¹			c ²
Glenodinium bergonii					b		b	
Diatoma vulgare v.ehrenbergii					b ¹			
Monoraphidium tortile					a ¹			
Didymocystis bicellularis					c ¹	c		c ²
Calycomonas sp					b	b		b ¹

Bijlage 6b
Vervolg

fytoplanktonsoort	KM2	KM10	ZKC	KM18	ZKG	KM25	ARK	Buiten-IJ
Fragilaria fameliaa						b ¹		
Fragilaria capuncina desmazieres						b ¹		
Cyanodiction reticulatum						b ¹		
Geminella interrupta						b ¹		
Franceia sp						c ¹		
Pediastrum boryanum v.reticularum						b ¹		
Pteromonas cordiformis						b ¹		
Ulothrix sp						a ¹		
Chlorogonium elongatum						c ¹		
Chrysococcus ornatus						b ¹		
Closterium aciculare						b ¹		
Dinobryon divergens						c ¹		
Glenodinium pulvisculus						b ¹		
Kephyrion inconstans						b ¹		
Amphora coffeaeiformis						b ¹	b ¹	
Glenodinium sp						c ²	c ¹	
Aphanothece nidulans						b ¹		b
Chroococcus planctonicus						c		c ²
Actinophthychus undulatus						b ¹		b ¹ c ¹
Nitzschia palustris						b ¹		b ¹
Crucigenia retangularis						b ¹		b ¹
Lagerheimia ciliata						a ¹		a
Pediastrum boryanum f.longicorne						b		b ¹
Tetrastrum peterfii						b ¹		b ¹
Chroococcus dispersus			c ¹			b ¹ b		c ²
Coelosphaerium neagelianum								b ¹
Aphanothese clathrata								a ¹
Cylindrotheca gracilis								b
Fragilaria sp								c ²
Melosira islandica								a ¹
Navicula granulata								c ²
Pleurosigma elongatum								c ¹
Podosira stelliger								b ¹
Suriella gemma								b ¹
Oedogonium sp								b ¹
Scenedesmus bijugatus								b ¹
Scenedesmus serrulatus								c ²
Sphearocystis sp								b ¹
Tetrastrum hortobagyi								a ¹
Schizochlamys sp								b ¹
Closterium moniliferum								c ¹
Closterium sp								b
Gymnodinium sp								b ¹
Ophiocytium capitatum v.longispinum					c			c
Ophiocytium parvullum								b ¹
Cymatopleura librile			b ¹ c ¹				b	b
Stephanodiscus binderanus			b ¹				b ¹	b
Tetrastrum tetracanthum							c ¹	b ¹ c

Bijlage 6b
 Vervolg

fytoplanktonsoort	KM2	KM10	ZKC	KM18	ZKG	KM25	ARK	Buiten-IJ
<i>Oscillatoria limosa</i>							b ¹	
<i>Amphora pediculus</i>							b ¹	
<i>Caloneis</i> sp							c ¹	
<i>Cymbella lanceolata</i>							c ¹	
<i>Epithemia adnata</i>							b ¹	
<i>Epithemia turgida</i>							a ¹ b ¹	
<i>Epithemia argus</i> v. <i>longicornis</i>							b ¹	
<i>Glenodinium berghii</i>							b ¹	
<i>Gyrosigma balticum</i>							c ²	
<i>Hantzschia</i> sp							c ¹	
<i>Melosira nummuloides</i>							c ¹	
<i>Navicula peregrina</i> v. <i>meniscus</i>							b ¹	
<i>Nitzschia levidensis</i>							c ¹	
<i>Nitzschia tryblionella</i>							b	
<i>Pinnularia divergens</i>							c ¹	
<i>Stauroneis anceps</i>							b ¹	
<i>Surirella ovalis</i> v. <i>salina</i>							c ²	
<i>Surirella robusta</i>							b ¹	
<i>Chlorohormidium subtile</i>							a ¹	
<i>Chlorogonium</i> sp							a ¹	
<i>Oocystis borgei</i>							a ¹	
<i>Tetraedron triangulare</i>							b ¹	
<i>Tetrastrum elegans</i>							a	
<i>Chlamydomonas chathrata</i>							b ¹	
<i>Closterium acerosum</i>							c ¹	
<i>Kephyrion poculum</i>							c ¹	
<i>Pseudokephyrion poculum</i>							b ¹	
<i>Trachelomonas pulcherrina</i>							c ¹	
<i>Microcystis minutissima</i>					a ¹		a ¹	a ¹
<i>Nitzschia behrei</i>					b ¹		b ¹	bc ²
<i>Microcystis holstatica</i>			a ¹		a		a	ab ¹
<i>Ophiocytium capitatum</i> v. <i>longispinum</i>					c			c ¹
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>					a ¹			a ¹
<i>Coscinodiscus lacustris</i>			c ¹		c ²			c ¹
<i>Oscillatoria amphigranulata</i>					a		a ¹	
<i>Cocconeis pediculus</i>					b	b ¹	b	
<i>Cheatoxeros muelleri</i>					b ¹		b ¹	
<i>Navicula salinarum</i>					b ¹		b ¹	
<i>Glenodinium berghii</i>					b		b	
<i>Trachelomonas oblonga</i>					a ¹		a ¹	
<i>Navicula capitata</i> v. <i>hungarica</i>			b ¹		b ¹		b	
<i>Gomphosphearia lacustris</i> v. <i>compacta</i>					b ¹			
<i>Merismopedia</i> so					b ¹			
<i>Spirulina laxissima</i>					b ¹			
<i>Cocconeis scutellum</i>					b ¹			
<i>Melosira juergensii</i>					b ¹			
<i>Nitzschia brevissima</i>					b ¹			
<i>Pinnularia major</i>					c			

Bijlage 6b
 Vervolg

fytoplanktonsoort	KM2	KM10	ZKC	KM18	ZKG	KM25	ARK	Buiten-IJ
Rhoicosphenia curvata					a ¹			
Surirella elegans					c ²			
Synedra tabulata					b ¹			
Scenedesmus apiculatus					b ¹			
Scenedesmus spicatus					b ¹			
Tetrapedia tetrapedia					b ¹			
Tetraedron tumidulum					c ²			
Chilomonas					a			
Cryptomonas erosa v.reflexa					b ¹			
Cyclidiopsis acus					b ¹			
Ochromonas sociata					b ¹			
Ophiocytium sp					b ¹			
Trachelomonas intermedia					b ¹			
Cryptomonas obovoidea			a ¹		a			
Phacus pyrum			a ¹ b ¹		b			
Schroederia setigera			c ¹			c ¹		
Coenochloris polycoeca			c			c		
Stephanodiscus lacustris			a		a			a
Golenkina radiata			a ¹					a ¹
Oocystis submarina			a ¹					a ¹
Scenedesmus gutwinskii			a ¹					a ¹
Mougotia sp			b					b ¹
Stephanodiscus dubius			a ¹				a	
Pseudokephyrion pilidum			b ¹				b ¹	
Phacus pleuronectes			b ¹				b ¹	
Anabaena sp			a ¹					
Chroococcus minimus			a ¹					
Cyanoptige gloeocysteforme			b ¹					
Microcystis sp			ac ¹					
Anomoeoneis sphearophora			b ¹					
Coscinodiscus exentricus			bc ¹					
Coscinodiscus jonesianus			b ¹					
Coscinodiscus perforatus v.pavillard			c ¹					
Cymbella prostrata			c					
Diploneis sp			c ²					
Gyrosigma sp			c ²					
Licmophora gracilis v.anglica			c ²					
Navicula oblonga			c ¹					
Navicula humerose			b ¹					
Nitzschia navicularis			c					
Nitzschia amphibia			b ¹					
Nitzschia acuminata			b ¹					
Thalassiosira bramaputra			b ¹					
Ankistrodesmus sp			c ¹					
Didymogenes palatinum			b ¹					
Scenedesmus obtusus			b ¹					
Scenedesmus velitaris			a ¹					
Schroederia sp			c ¹					

Bijlage 6b
 Vervolg

fytoplanktonsoort	KM2	KM10	ZKC	KM18	ZKG	KM25	ARK	Buiten-IJ
Tetrastrum multisetum			b ¹					
Botryococcus braunii			a ¹					
Chroomonas Nordstettii			a ¹					
Euglena obtusa			b ¹					
Gloeobotrys limnetica			b ¹					
Kephyrion spirale			b ¹					
Euglena genis			b					
Kephyrionopsis ornata			b ¹					
Pteromonas aculeata			b ¹					
Staurastrum cingulum			b ¹					
Pteromonas angulosa		a ¹ c ¹	a ¹ c					
Phacus longicauda		c ¹	c			c ²	c	
Gyrosigma acuminatum		b ¹	b		b ¹		bc ²	
Melosira italica		b	b ¹		a ¹ b ¹			a ¹ b ¹
Lagerheimia subsalsa		b ¹				b ¹	a ¹	b
Fragilaria construens		b ¹				c ¹		
Bacillaria paradoxa		b ¹		b ¹	b ¹			
Nitzschia fasciculata		b ¹		b ¹			b ¹ c ²	c ²
Tetrastrum sp		a ¹		a ¹	c ²			a ¹ c
Tetraedron muticum		c ¹		b ¹				b ¹
Calycomonas gracilis		b ¹		c ¹	b ¹			
Actinastrum hantzschii v.elongatum		c ²		c				
Navicula peregrina		b ¹			b ¹			
Nitzschia fruticaria		b ¹			b ¹			
Pediastrum sp		b ¹			b ¹			
Euglena oxyuris		c ²			c ²			
Dinobryon bavaricum		c ²			c ²		c ¹	
Cymatopleura elliptica		b ¹						
Cymbella sp		a ¹					b ¹	
Gomphonema augur		c ²					b ¹ c ¹	
Lagerheimia wratislaviensis		a ¹ b						a ¹
Anabaena spiroides		b						
Anabeaopsis sp		c ²						
Amphora veneta		c ¹						
Actinocyclus cholnoky		b ¹						
Anomoeoneis		b ¹						
Biddulphia sinensis		c ¹						
Navicula cuspidata		b ¹						
Neidum iridis		b ¹						
Nitzschia dissipata		b ¹						
Stephanodiscus subtilis		c ¹						
Ankistrodesmus fusiformis		b ¹						
Pediastrum integrum		b ¹						
Scenedesmus dispar		bc ¹						
Schroederia indica Philipose		b ¹						
Tetrastrum komorakii		b ¹						
Euastrum sp		b ¹						
Stenocalyx monilifera		b ¹						

Bijlage 7 Macrofauna in het Noordzeekanaal

Bijlage 7a De macrofaunasoorten in het Noordzeekanaal, gevonden na 1975.	Latijnse naam	Nederlandse naam
Sponzen	<i>Ephydatia fluviatilis</i>	Zoetwaterspons
Poliepen	<i>Cordylophora caspia</i>	Brakwaterpoliep
Platwormen	<i>Dendrocoelum lacteum</i>	Melkwitte platworm
	<i>Dugesia polychroa</i>	
	<i>Dugesia tigrina</i>	Tijgerplatworm
	<i>Polycelis nigra</i>	
<i>Polycelis tenuis</i>		
Nematoden	<i>Adoncholaimus thalassophygas</i>	
	<i>Chromadorina sp.</i>	
	<i>Daptonema oxycerca</i>	
	<i>Diplolaimella monhysteroides</i>	
	<i>Eleutherolaimus stenosoma</i>	
	<i>Eumorpholaimus sp.</i>	
	<i>Helicotylenchus sp.</i>	
	<i>Heterodera sp.</i>	
	<i>Leptolaimus papilliger</i>	
	<i>Metalinhomoeus cf biformis</i>	
	<i>Monhystera sp.</i>	
	<i>Odontophora longisetosa</i>	
	<i>Sabatieria pulchra</i>	
	<i>Terschellingia communis</i>	
<i>Triploides gracilis</i>		
Wormen	<i>Nereis diversicolor</i>	Zeeduizendpoot
	<i>Nereis longissima</i>	
	<i>Nereis succinea</i>	
	<i>Ampharete sp.</i>	
	<i>Manayunkia aestuarina</i>	
	<i>Polydora sp.</i>	
	<i>Pygospio elegans</i>	
	<i>Spionidae sp.</i>	
	<i>Streblospio shrubsolii</i>	
	<i>Tharyx marioni</i>	
	Enchytraeidae	
	<i>Limnodrilus claparedeianus</i>	
	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	
	<i>Limnodrilus udekemianus</i>	
	<i>Limnodrilus profundicola</i>	
	<i>Peloscolex benedeni</i> ¹⁾	
<i>Psammoryctides barbatus</i>		
<i>Potamothrix moldaviensis</i>		
<i>Tubifex costatus</i>		

Noot

1) Heet nu: *Tubificoides benedeni*

Bijlage 7a
Vervolg

	Tubificidae met haren	
	Tubificidae zonder haren	
	<i>Nais elinguis</i>	
	<i>Nais barbata</i>	
	<i>Nais cf pardalis</i>	
	<i>Ophidonais serpentina</i>	
	<i>Paranais litoralis</i>	
	<i>Stylaria lacustris</i>	Snuitdragend waterslangetje
	<i>Lumbriculus variegatus</i>	Broze slibworm
Bloedzuigers	<i>Erpobdella octoculata</i>	Acht-ogige bloedegel
	<i>Helobdella stagnalis</i>	Twee-ogige bloedzuiger
	<i>Glossiphonia complanata</i>	Rolbloedzuiger
	<i>Glossiphonia heteroclita</i>	Doorschijnende bloedegel
	<i>Piscicola geometra</i>	Visbloedzuiger
Weekdieren	<i>Acroloxus lacustris</i>	Ovale kaphoornslak
	<i>Anisus leucostomus</i>	Geronde schijfhoren
	<i>Anodonta cygnaea</i>	Zwanemossel
	<i>Bithynia leachii</i>	Kleine diepslak
	<i>Bithynia tentaculata</i>	Grote diepslak
	<i>Cerastoderma elude</i>	Kokkel
	<i>Congeria cochleata</i> ²⁾	Brakwatermossel
	<i>Dreissena polymorpha</i>	Driehoeksmossel
	<i>Gyraulus crista</i> ³⁾	Tractorwielkje
	<i>Lymnea peregra</i> ⁴⁾	Ovale poelslak
	<i>Lymnea stagnalis</i>	Grote poelslak
	<i>Peringia ulvae</i>	Wadslakje
	<i>Physa fontinalis</i>	Bronblaashoren
	Pisidiidae ⁵⁾	Erwtenmossels
	<i>Potamopyrgus jenkinsi</i> ⁶⁾	Jenkins' waterhoren
	<i>Unio sp.</i>	Stroommossel
	<i>Valvata cristata</i>	Platte pluimdrager
	<i>Valvata macrostoma</i> ⁷⁾	Fraaie pluimdrager
	<i>Valvata piscinalis</i>	Vijverpluimdrager
	Zeebivalvia	zeeschelpen
Kreeftachtigen	<i>Astacus leptodactylus</i>	Galicische rivierkreeft
	<i>Atyaephyra desmarestii</i>	Zoetwatergarnaal
	<i>Balanus improvisus</i>	Brakwaterpok
	<i>Callinectes sapidus</i>	Blauwe zwemkrab
	<i>Carcinus maenas</i>	Strandkrab
	<i>Crangon crangon</i>	Gewone garnaal
	<i>Eriocheir sinensis</i>	Chinese wolhandkrab
	<i>Liocarcinus holsatus</i>	Gewone zwemkrab

Noten

2) Heet nu: *Mytilopsis leucophaeta*

3) Heet nu: *Armiger crista*

4) Heet nu: *Radix peregra/ovata*

5) Heet nu: Sphaeriidae

6) Heet nu: *Potamopyrgus antipodarum*

7) Heet nu: *Valvata pulchella*

Bijlage 7a
Vervolg

	<i>Orconectes limosus</i>	Amerikaanse rivierkreeft
	<i>Palaemon longirostris</i>	Langneussteurgarnaal
	<i>Palaemon elegans</i>	Gewone steurgarnaal
	<i>Palaemonetes varians</i>	Brakwatersteurgarnaal
	<i>Pandalus montagui</i>	Ringsprietgarnaal
	<i>Rhithropanopeus harrisi</i> <i>ssp. tridentatus</i>	Zuiderzeekrabje
	<i>Asellus aquaticus</i>	Zoetwaterpissebed
	<i>Corophium lacustre</i>	soort slijkgarnaal
	<i>Corophium multisetosum</i>	soort slijkgarnaal
	<i>Corophium volutator</i>	soort slijkgarnaal
	<i>Cyathura carinata</i>	
	<i>Gammarus duebeni</i>	soort vlokreeft
	<i>Gammarus tigrinus</i>	Tijgervlokreeft
	<i>Neomysis integer</i>	soort aasgarnaal
	<i>Orchestia cavimana</i>	
	<i>Proasellus coxalis</i>	
	<i>Proasellus meridianus</i>	
	<i>Sphaeroma rugicauda</i>	Brakwaterrolpissebed
	<i>Sphaeroma hookeri</i>	
Libellen	<i>Ischnura elegans</i>	Gewoon blauwgaatje
Netvleugeligen	<i>Sisyra sp.</i>	Sponsgaasvlieg
Muggen	<i>Anatopynia plumipes</i>	
	<i>Chironomus plumosus</i>	
	<i>Clinotanytus nervosus</i>	
	<i>Cricotopus bicinctus</i>	
	<i>Cricotopus gr. intersectus</i>	
	<i>Cricotopus silvestris</i>	
	<i>Cryptochironomus gr. defectus</i>	
	<i>Dicotendipes gr. nervosus</i>	
	<i>Glyptotendipes barbipes</i>	
	<i>Glyptotendipes pallens</i>	
	<i>Glyptotendipes sp.</i>	
	<i>Halocladus varians</i>	
	<i>Parachironomus gr. arcuatis</i>	
	<i>Parachironomus longiforceps</i>	
	<i>Polypedilum nubecolosum</i>	
	<i>Polypedilum gr. bicrenatum</i>	
	<i>Polypedilum gr. sordens</i>	
	<i>Procladius sp.1</i>	
	<i>Psectrocladius gr. sordidellus/limbatellus</i>	
	<i>Stempellina sp.</i>	
	<i>Telmatogeton sp.</i>	
	<i>cf Rheopelopia</i>	
	<i>Xenochironomus xenolabis</i>	
	<i>Tipula oleracea</i>	
Kokerjuffers	<i>Ecnomus tenellus</i>	

Bijlage 7b

Verspreiding van de macrofauna in de oeverzone van het Noordzeekanaal, gevonden na 1975.

Bronnen:

a: Van Couwelaar en van Dijk, 1987

b: Van Couwelaar en van Dijk, 1988

c: Peeters, 1988.

	KM2	KM3,9	ZKA	KM5	ZKB	KM7,5	KM10	ZKC	ZKD	KM13	Am.hav	KM13,9	ZKE
<i>Nereis succinea</i>	c						c			c			
<i>Polydora</i> sp.	c		b				c		b	c			
<i>Streblospio shrubsolii</i>	c						c			c			
<i>Peloscolex benedeni</i>	c						c			c	c		
Enchytraeidae	c		b										
<i>Neomysis integer</i>	a	a	b	b	b	a	ac	c	b	ac	b	a	b
<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	c	a	b	b		a	ac		b	c	b	c	b
<i>Tubifex costatus</i>	c			a			c		b	c			
<i>Balanus improvisus</i>	a	a	b	ab		ab	a	b	b	ab	b	a	b
<i>Corophium lacustre</i>	ac	a	b	ab	b	ab	ac	b	b	ab	b	a	b
<i>Corophium multisetosum</i>	c			a	b		c	bc		c	bc		
<i>Paranais</i> cf. <i>litoralis</i>	c		b								c		
<i>Potamopyrgus jenkinsi</i>	c		b			b			bc	b	bc	bc	
<i>Gammarus tigrinus</i>	ac	a	b	ab	b	a	ac	bc	b	abc	bc	a	b
<i>Congeria cochleata</i>	ac	a	b	ab		ab	ac	b	b	abc	bc	a	b
<i>Cordylophora caspia</i>		a		ab		ab	a	b		ab	b	a	b
<i>Telmatogeton</i> sp.		a	b	ab				b	b	ab	b	a	b
<i>Dicrotendipes</i> gr. <i>nervosus</i>				b	b		ac	bc	b	b	b		b
<i>Sphaeroma rugicauda</i>			b	a	b	a	a		b	ab	b	a	b
<i>Nais elinguis</i>			b	b			c	b		b	b		b
<i>Nereis diversicolor</i>			b	b						ab	b		b
<i>Dreissena polymorpha</i>						a	ac	b	b	ab		a	
<i>Gammarus duebeni</i>						a	a			b		a	b
<i>Ephydatia fluviatilis</i>					b	b		b	b	ab		a	b
<i>Peringia ulvae</i>							c						
<i>Psammoryctides barbatus</i>					b			bc	b	a			b
<i>Limnodrilus profundicola</i>										c			
<i>Limnodrilus claparedeianus</i>					b			bc		c			
<i>Cricotopus bicinctus</i>								b		b			
<i>Glyptotendipes</i> sp.			b		b			bc	b	ab		a	b
<i>Nereis longissima</i>										c			
<i>Cyathura carinata</i>										c			
<i>Lymnea peregra</i>					b			b			b		b
<i>Potamothenix moldaviensis</i>								c					
<i>Halocladus varians</i>				a				a				a	
Cirripedia							c						
<i>Cricotopus silvestris</i>					b			b					b
<i>Stylaria lacustris</i>					b			bc			b		b
<i>Bithynia tentaculata</i>					b			b			b		b
<i>Helobdella stagnalis</i>													
<i>Erpobdella octoculata</i>													
<i>Glossiphonia complanata</i>													
<i>Ecnomus tenellus</i>													

Bijlage 7b
 Vervolg

KM15,3	ADM	KM18	JvRhav	ZKG	KM18,5	KM22	ZKI	KM25	IJhav	KM28	mpX	
												Nereis succinea
			c	b								Polydora sp.
				c								Streblospio shrubsolii
												Pelosclex benedeni
			c			b						Enchytraeidae
a	b	a	b	b	ac	a	b					Neomysis integer
a	b	a	b	bc		abc	b	a				Rhithropanopeus harrisi
	b									a		Tubifex costatus
a	b	a	b		ab	b				b		Balanus improvisus
a	b	a	b	bc	ab	ab	b	ab		b		Corophium lacustre
	b		c	b	c			ab	b	b		Corophium multisetosum
								c			c	Paranais cf litoralis
	b			bc	b	ab	b	ab	b	ab	ac	Potamopyrgus jenkinsi
a	b	a	bc	bc	abc	ab	b	ab	b	ab	ac	Gammarus tigrinus
a	b	a	bc	bc	abc	ab	b	ab		b	ac	Congeria cochleata
a	b	a	b	b	ab	ab	b	ab	b	b	a	Cordylophora caspia
a	b	a	b		b	b	b	a		a		Telmatogeton sp.
		a	b	b	b	ab		ab	b	ab	ac	Dicrotendipes gr. nervosus
a	b	a			ab	ab	b	ab	b	b		Sphaeroma rugicauda
	b		bc		ab		b			b		Nais elinguis
a	b	a	b	c	ab							Nereis diversicolor
a		a		bc	ab	ab	b	abc	b	ab	ac	Dreissena polymorpha
					a	ab	b	ab	b	ab	a	Gammarus duebeni
a	b	a	b	b	ab	ab	b	ab	b	ab	a	Ephydatia fluviatilis
												Peringia ulvae
		a		bc		a	b	a		ab	a	Psammoryctides barbatus
				c				c			c	Limnodrilus profundicola
				c	a			c			a	Limnodrilus claparedeianus
					b	a		a		b	a	Cricotopus bicinctus
a		a		bc		ab			b	b		Glyptotendipes sp.
												Nereis longissima
	b				b		b					Cyathura carinata
a						ab		ab	b	ab	a	Lymnea peregra
		a								a	c	Potamothenis moldaviensis
		a				a				a		Halocladius varians
					c							Cirripedia
				b	b					b		Cricotopus silvestris
					a				b	b	c	Stylaria lacustris
			b	bc		ab		ab	b	ab	c	Bithynia tentaculata
						a						Helobdella stagnalis
				b		a		a		b		Erpobdella octoculata
						a				ab		Glossiphonia complanata
						a			b			Ecnomus tenellus

Bijlage 7b
 Vervolg

	KM2	KM3,9	ZKA	KM5	ZKB	KM7,5	KM10	ZKC	ZKD	KM13	Am.hav	KM13,9	ZKE
<i>Cricotopus gr. intersectus</i>												b	b
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>									b				
Lumbriculidae													
<i>Xenochironomus xenelabis</i>					b								
<i>Procladius sp. 1</i>													
<i>Sphaeroma hookeri</i>								c					
<i>Chironomus plumosus</i>													
<i>Valvata piscinalis</i>					b			bc					
<i>Valvata cristata</i>													
<i>Nais barbata</i>					b			b					
<i>Asellus aquaticus</i>					b								
<i>Ophidonais serpentina</i>								c					
<i>Nais cf pardalis</i>								c					
<i>Polypedilum gr. bicrenatum</i>													
<i>Psectrocladius gr. sordidellus/limbatellus</i>													
<i>Parachironomus longiforceps</i>													
<i>cf Rheopelopia</i>													
<i>Valvata macrostoma</i>													
Pisidiidae													
<i>Glossiphonia heteroclita</i>													
<i>Bithynia leachii</i>								b					
<i>Armiger crista</i>								b					
<i>Physa fontinalis</i>								b					
<i>Proasellus coxalis</i>								b					
<i>Piscicola geometra</i>					b								
<i>Polycelis nigra</i>					b								
<i>Dugesia tigrina</i>					b								
<i>Dendrocoelum lacteum</i>					b								
<i>Polypedilum gr. sordens</i>					b								
<i>Parachironomus gr. arcuatus</i>					b			b					
<i>Acroloxus lacustris</i>								b	b				

Bijlage 7b
 Vervolg

KM15,3	ADM	KM18	JvRhav	ZKG	KM18,5	KM22	ZKI	KM25	Ijhav	KM28	mpX	
	b		b	b			b	a		a	a	Cricotopus gr. intersectus
			c	b				c		a	ac	Limnodrius hoffmeisteri
								c			c	Lumbriculidae
								a		a		Xenochironomus xenelabis
								c				Procladius sp. 1
								a				Sphaeroma hookeri
				c				c				Chironomus plumosus
			b	b						b	c	Valvata piscinalis
										a		Valvata cristata
										b		Nais barbata
										c		Asellus aquaticus
											c	Ophidonais serpentina
				c							c	Nais cf pardalis
											c	Polypedilum gr. bicrenatum
											a	Psectrocladius gr. sordidellus/limbatellus
											a	Parachironomus longiforceps
											a	cf Rheopelopia
											a	Valvata macrostoma
											c	Pisidiidae
											c	Glossiphonia heteroclita
												Bithynia leachii
												Armiger crista
												Physa fontinalis
				c								Proasellus coxalis
												Piscicola geometra
												Polycelis nigra
												Dugesia tigrina
												Dendrocoelum lacteum
												Polypedilum gr. sordens
												Parachironomus gr. arcuatus
												Acroloxus lacustris

Bijlage 7c

Verspreiding van de oevermacrofauna langs de zoutgradiënt van het Noordzeekanaal, na 1975.

Bronnen:

a: Van Couwelaar en Van Dijk, 1987

b: Van Couwelaar en Van Dijk, 1988

c: Peeters, 1988.

	KM2	KM3,9	KM5	KM7,5	KM10	KM13	KM13,9	KM15,3	KM18	KM18,5	KM22	KM25	KM28	mpX
<i>Nereis succinea</i>	c				c	c								
<i>Polydora</i> sp.	c				c	c								
<i>Streblospio shrubsolii</i>	c				c	c								
<i>Pelosclex benedeni</i>	c				c	c								
Enchytraeidae	c										b			
<i>Neomysis integer</i>	a	a	b	a	ac	ac	a	a	a	ac	a			
<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	c	a	b	a	ac	c	c	a	a		abc	a		
<i>Tubifex costatus</i>	c		a		c	c								a
<i>Balanus improvisus</i>	a	a	ab	ab	a	ab	a	a	a	ab	b			b
<i>Corophium lacustre</i>	ac	a	ab	ab	ac	ab	a	a	a	ab	ab	ab		b
<i>Corophium multisetosum</i>	c		a		c	c				c		ab		b
<i>Paranais</i> cf <i>litoralis</i>	c											c		c
<i>Potamopyrgus jenkinsi</i>	c					bc				b	ab	ab	ab	ac
<i>Gammarus tigrinus</i>	ac	a	ab	a	ac	abc	a	a	a	abc	ab	ab	ab	ac
<i>Congeria cochleata</i>	ac	a	ab	ab	ac	abc	a	a	a	abc	ab	ab	b	ac
<i>Cordylophora caspia</i>		a	ab	ab	a	ab	a	a	a	ab	ab	ab	b	a
<i>Telmatogeton</i> sp.		a	ab			ab	a	a	a	b	b	a	a	
<i>Dicrotendipes</i> gr. <i>nervosus</i>			b		ac	b			a	b	ab	ab	ab	ac
<i>Sphaeroma rugicauda</i>			a	a	a	ab	a	a	a	ab	ab	ab	b	
<i>Nais elinguis</i>			b		c	b				ab			b	
<i>Nereis diversicolor</i>			b			ab		a	a	ab				
<i>Dreissena polymorpha</i>				a	ac	ab	a	a	a	ab	ab	abc	ab	ac
<i>Gammarus duebeni</i>				a	a	b	a			a	ab	ab	ab	a
<i>Ephydatia fluviatilis</i>				b		ab	a	a	a	ab	ab	ab	ab	a
<i>Peringia ulvae</i>					c									
<i>Psammoryctides barbatus</i>						a			a		a	a	ab	a
<i>Limnodrilus profundicola</i>						c						c		c
<i>Limnodrilus claparedeianus</i>						c				a		c		a
<i>Cricotopus bicinctus</i>						b				b	a	a	b	a
<i>Glyptotendipes</i> sp.						ab	a	a	a		ab		b	
<i>Nereis longissima</i>						c								
<i>Cyathura carinata</i>						c				b				
<i>Lymnea peregra</i>								a			ab	ab	ab	a
<i>Potamothenis moldaviensis</i>									a				a	c
<i>Halocladus varians</i>									a		a		a	
<i>Cirripedia</i>										c				
<i>Cricotopus silvestris</i>										b			b	
<i>Stylaria lacustris</i>										a			b	c

Bijlage 7c
 Vervolg

	KM2	KM3,9	KM5	KM7,5	KM10	KM13	KM13,9	KM15,3	KM18	KM18,5	KM22	KM25	KM28	mpX
<i>Bithynia tentaculata</i>											ab	ab	ab	c
<i>Helobdella stagnalis</i>											a			
<i>Erpobdella octoculata</i>											a	a	b	
<i>Glossiphonia complanata</i>											a		ab	
<i>Ecnomus tenellus</i>											a			
<i>Cricotopus gr. intersectus</i>												a	a	a
<i>Limnodrius hoffmeisteri</i>												c	a	ac
Lumbriculidae												c		c
<i>Xenochironomus xenelabis</i>												a	a	
<i>Procladius sp. 1</i>												c		
<i>Sphaeroma hookeri</i>												a		
<i>Chironomus plumosus</i>												c		
<i>Valvata piscinalis</i>													b	c
<i>Valvata cristata</i>													a	
<i>Nais barbata</i>													b	
<i>Asellus aquaticus</i>													c	
<i>Ophidonais serpentina</i>														c
<i>Nais cf. pardalis</i>														c
<i>Polypedilum gr. bicrenatum</i>														c
<i>Psectrocladius gr. sordidellus/limbatellus</i>														a
<i>Parachironomus longiforceps</i>														a
cf. <i>Rheopelopia</i>														a
<i>Valvata macrostoma</i>														a
Pisidiidae														c
<i>Glossiphonia heteroclita</i>														c

Bijlage 7d

De macrofauna in en op de bodem van het Noordzeekanaal (bron: Peeters, 1988) (diepte in m).

soort	KM2	KM10	KM13	KM18,5	KM25	mpX
<i>Tharyx marioni</i>	9->12	9->12	>12			
<i>Peloscolex benedeni</i>	>12	>12	>12	>12		
<i>Polydora</i> sp.	>12	>12	>12	4-12	4-9	
<i>Potamopyrgus jenkinsi</i>	>12	>12	<4			
<i>Zeebivalvia</i>	9-12	>12	>12			
<i>Neomysis integer</i>	9-12	<12	<9	<9		
<i>Ampharete</i> sp.	4-12	4-12	4->12			
<i>Streblospio shrubsolii</i>	4-12	4-12	4->12	4->12		
<i>Tubifex costatus</i>	<9	<12	>12	9-12		
<i>Corophium multisetosum</i>	<12	<9	>12	>12		
<i>Nereis succinea</i>	<9	<12	>12	4-12		
<i>Nereis longissima</i>	<9	<9	<9	4-9		
<i>Corophium</i> sp. juv.	<9	<12	<9			
<i>Corophium lacustre</i>	<9	<9				
<i>Congeria cochleata</i>	<12	<9	<4	4-9		
<i>Nereis diversicolor</i>	<9	<12				4-9
<i>Cirripedia</i>	4-9					
<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	<4	<4	<4	<4		
<i>Gammarus tigrinus</i>	<4	<4	<4	<4		
<i>Gammarus</i> sp. juv.	<4	<4	<4	>12	<4	
<i>Dicrotendipes</i> gr. <i>nervosus</i>		<4				
<i>Nais elinguis</i>		<4				
<i>Cyathura carinata</i>			<4	4-9		
<i>Manayunkia aestuarina</i>				4-12		
<i>Chironomus plumosus</i>					<9	
<i>Dreissena polymorpha</i>					<9	<4
<i>Limnodrilus</i> sp.					<9	4-9
<i>Asellus</i> sp.						4-9
<i>Potamothenix moldaviensis</i>						<4
<i>Valvata piscinalis</i>						<4

Bijlage 8 Vissen in het Noordzeekanaal

Bijlage 8a

De vissoorten in het Noordzeekanaal, gevonden na 1975.

Nederlandse naam	Latijnse naam	Nederlandse naam	Latijnse naam
Zoutwatervissen		Zoetwatervissen	
Botervis	<i>Pholis gunnellus</i>	Alver	<i>Alburnus alburnus</i>
Brakwatergrondel	<i>Pomatoschistus microps</i>	Baars	<i>Perca fluviatilis</i>
Dikkopje	<i>Pomatoschistus minutus</i>	Barbeel	<i>Barbus barbus</i>
Diklipharder	<i>Chelon labrosus</i>	Blankvoorn	<i>Rutilus rutilus</i>
Dunlipharder	<i>Liza ramada</i>	Brasem	<i>Abramis brama</i>
Glasgrondel	<i>Aphia minuta</i>	Bruine Dwergmeerval	<i>Ictalurus nebulosus</i>
Griet	<i>Scophthalmus rhombus</i>	Giebel	<i>Carassius auratus</i>
Haring	<i>Clupea harengus</i>	Graskarper	<i>Ctenopharyngodon idella</i>
Harnasmannetje	<i>Agorus cataphractus</i>	Grote modderkruiper	<i>Misgurnus fossilis</i>
Horsmakreel	<i>Trachurus trachurus</i>	Karper	<i>Cyprinus carpio</i>
Kabeljauw	<i>Gadus morhua</i>	Kolblei	<i>Abramis bjourkna</i>
Kleine pieterman	<i>Echiichtys vipera</i>	Kroeskarper	<i>Carassius carassius</i>
Kleine zeenaald	<i>Syngnathus rostellatus</i>	Kwabaal	<i>Lota lota</i>
Koorbaarvis	<i>Atherina presbyter</i>	Meerval	<i>Silurus glanis</i>
Makreel	<i>Scomber scombrus</i>	Pos	<i>Gymnocephalus cernuus</i>
Pitvis	<i>Callionymus lyra</i>	Rietvoorn/ruisvoorn	<i>Rutilus erythrophthalmus</i>
Pollak	<i>Pollachius pollachius</i>	Rivierdonderpad	<i>Cottus gobio</i>
Puitaal	<i>Zoarces viviparus</i>	Riviergrondel	<i>Gobio gobio</i>
Rode poon	<i>Trigla lucerna</i>	Snoek	<i>Esox lucius</i>
Schar	<i>Limanda limanda</i>	Snoekbaars	<i>Stizostedion lucioperca</i>
Schol	<i>Pleuronectes platessa</i>	Tiendornige stekelbaars	<i>Pungitius pungitius</i>
Slakdolf	<i>Liparis liparis</i>	Winde	<i>Leuciscus idus</i>
Snotolf	<i>Cyclopterus lumpus</i>	Zeelt	<i>Tinca tinca</i>
Spiering	<i>Osmerus eperlanus</i>	Zonnebaars	<i>Lepomis gibbosus</i>
Sprot	<i>Sprattus sprattus</i>	kruising brasem/kolblei	--
Steenbolk	<i>Trisopterus luscus</i>	kruising brasem/blankvoorn	--
Tong	<i>Solea solea</i>		
Vijfdradige meun	<i>Ciliata mustela</i>		
Vorskwab	<i>Raniceps raninus</i>		
Wijting	<i>Merlangius merlangus</i>		
Zandspiering	<i>Ammodytus tobianus</i>		
Zeebaars	<i>Dicentrarchus labrax</i>		
Zeedonderpad	<i>Myoxocephalus scorpius</i>		
Trekvisen			
Aal	<i>Anguilla anguilla</i>		
Bot	<i>Platichthys flesus</i>		
Driedoornige stekelbaars	<i>Gasterosteus aculeatus</i>		
Fint	<i>Alosa fallax</i>		
Houting	<i>Coregonus oxyrinchus</i>		
Rivierprik	<i>Lampetra fluviatilis</i>		
Zalm	<i>Salmo salar</i>		
Zeeforel	<i>Salmo trutta</i>		
Zeeprik	<i>Petromyzon marinus</i>		

Bijlage 8b

De vissoorten die in deze eeuw in het Noordzeekanaal zijn aangetroffen.

vissoort	Korringa (1936)	Schaap (1988)	Van Beek en Meijer (1989)	Melchers en Timmermans (1991)	overig
zoutwatervissen					
Ansjovis	x				
Botervis					x ^{1/3}
Brakwatergrondel				x	x ⁵
Dikkopje	x	x	x	x	
Diklipharder	x	x		x	
Dunlipharder				x	
Geep	x				
Glasgrondel			x	x	x ³
Griet		x		x	
Haring	x	x	x	x	
Harnasmannetje	x			x	
Horsmakreel			x	x	x ⁶
Kabeljauw	x			x	x ⁶
Kleine pieterman	x				
Kleine zeenaald			x	x	
Koornaarvis				x	
Makreel	x			x	x ⁶
Pitvis				x	x ³
Pollak	x				
Puitaal	x	x	x	x	
Rode poon			x	x	x ³
Schar	x	x	x	x	
Schol	x	x	x	x	
Slakdolf		x	x	x	
Snotolf	x				
Spiering	x	x	x	x	
Sprot	x	x	x	x	
Steenbolk	x	x	x	x	
Tong	x	x	x	x	
Vijfdradige meun				x	x ³
Vorskwab					x ³
Wijting	x	x	x	x	
Zandspiering					x ^{1/3}
Zeebaars	x				x ⁶
Zeedonderpad	x	x	x	x	
Zeenaald sp	x				x ^{3/6}
trekvissen					
Aal	x	x	x	x	
Bot	x	x	x	x	
Driedoornige stekelbaars	x	x	x	x	
Fint	x	x	x	x	
Houting	x				
Rivierprik	x			x	x ^{3/6}
Zalm	x			x	x ⁴
Zeeforel	x	x	x	x	
Zeeprik				x	x ⁶

vissoort	Korringa (1936)	Schaap (1988)	Van Beek en Meijer (1989)	Melchers en Timmermans (1991)	overig
zoetwatervissen					
Alver		x			x ^{5/6}
Baars	x	x	x	x	
Barbeel	x				x ²
Blankvoorn	x	x	x	x	
Brasem	x	x	x	x	
Bruine dwergmeerval				x	x ⁶
Giebel				x	
Grote modderkruiper				x	x ⁶
Karper	x	x	x	x	
Kolblei	x	x	x	x	
Kroeskarper			x	x	x ⁶
Kwabaal					x ²
Meerval	x				
Pos	x	x	x	x	
Rietvoorn	x	x	x	x	
Rivierdonderpad				x	x ⁶
Riviergrondel	x			x	x ⁶
Snoek	x	x	x	x	
Snoekbaars	x	x	x	x	
Tiendornige stekelbaars			x	x	
Winde		x		x	x ⁶
Zeelt	x	x		x	
Zonnebaars				x	
kruising brasem/kolblei			x		
kruising brasem/blankvoorn		x			

Bronnen:

1. Mededeling van P. Verdonk in Melchers en Timmermans, 1991.
2. Mededeling van A. Jong in Melchers en Timmermans, 1991.
3. Van Beek, 1990.
4. Mededeling Cazemier in Van Beek en Meijer, 1989.
5. Schaap, 1981.
6. Diverse mededelingen (o.a. van vissers) over vangsten in de afgelopen decennia in Van Beek en Meijer, 1989.

Bijlage 9 Groslijst van potentiële doelsoorten voor het Noordzeekanaal-ecosysteem

Fytoplankton

- biomassa
- diversiteit
- aantal brakwatersoorten
- niet (meer) aanwezige soorten
- marine en estuarine soorten, bijvoorbeeld:
 - *Coscinodiscus excentricus*
 - *C. perforatus* var. *cellulosa*
 - *Eutreptia globulifera*
 - *Kirchneriella* spp.
 - *Amphidinium rotundatum*
 - *Oxyrrhis marina*
- Zuiderzeesoorten
 - *Coscinodiscus janesianus*
 - *Actinopterychus undulatus*
- algenbloei veroorzakende soorten
 - *Oscillatoria* spp.
 - *Aphanizomenon flos-aquae*
- soorten uit aanvoerwateren
 - *Stephanodiscus*-soorten
 - *Melosira granulata*
 - *Actinocyclus normanii* f. *subsalsa*
 - *Chroomonas acuta*
 - *Amphidinium rotundatum*
 - *Monoraphidium minutum*
- verhouding pelagische diatomeeën/groenwieren

Zoöplankton

- biomassa
- brakwatersoorten
 - *Eurytemora affinis*
 - *Acartia bifilosa*
- niet (meer) aanwezige soorten
- zoutwatersoorten (in de zouttong)
 - *Acartia* sp.
 - *Chaetognata* sp.
 - *Haemisphaericum phialidium*
- visvoedsel
 - Copepoda

Macrofauna

- euryhalie soorten
 - *Potamopyrgus jenkinsi*
 - *Congeria cochleata* (brakwatermossel)
 - *Gammarus tigrinus*
- brak- en zoutwaterorganismen
 - *Nereis (diversicolor, succinea, longissima)*
 - *Tharyx marioni*
 - *Manayunkia aestuarina* (zeldzaam)
 - Tubificidae: *Tubifex costatus*, *Pelosclex benedeni*
- brakwaterorganismen
 - *Rhitropanopeus harrisi* ssp. *tridentatus* (zuiderzee krabje)
 - *Corophium* (slijkgarnaal/langsprietkreeftje)
 - *Gammarus* (vlokreeft)
 - *Cyathura carinata* (brakwaterpissebed, zeldzaam)
 - *Ostromovia inkermanica*
- zoetwaterorganismen
 - *Dreissena polymorpha* (driehoeksmossel)
 - *Bithynia tentaculata*

- *Valvata* sp.
- *Physa fontinalis*
- zoetwater-insecten
 - muggelarven
 - kokerjuffers
 - waterwantsen
 - bloedzuigers
 - kevers
- zoetwaterwormen
- niet (meer) aanwezige soorten
 - *Tenellia adpersa* (zeenaaktslak)
 - *Victorella pavidia* (mosdiertje)
 - *Gammarus zaddachi* (vlokreeft)
 - *Spongilla lacustris* (spons)
 - *Theodoxus fluviatilis*
- Zuiderzeerelecten
 - *Streblospio shrubsolii*
 - *Sabatieria pulchra*
 - *Terschellingia communis*
 - *Rhitropanopeus harrisi* ssp. *tridentatus*
- vis- en vogelvoedsel
 - *Neomysis integer* (aasgarnaal)
 - *Crangon crangon* (gewone garnaal)
 - *Corophium* sp.
 - *Potamopyrgus jenkinsi*
 - *Bithynia tentaculata*
 - areaal driehoeks-/brakwatermossel
- totale biomassa mollusken
- totale biomassa gammariden

Vissen

- zoetwatervissen, indicatoren van plantenrijke oevers (+)
 - snoek
 - karper
 - kroeskarper
 - rietvoorn
 - zeelt
 - tiendoornige stekelbaars
- zoetwatervissen, stromend/bewegend en O₂-rijk water indicatoren (+)
 - alver
 - winde
 - riviergrondel
 - rivierdonderpad
 - diklipharder
- verhouding prooivissen : predatoren
- migrerende vissen (+)
 - glasaal
 - bot
 - rivierprik
 - driedoornige stekelbaars
 - fint
 - zeeforel
 - zalm
- gehalten microverontreinigingen in vis (-)
- visziekten (zweren, tumoren e.d.) (-)

Bronvermelding foto's en illustraties

	Blz
Aerophoto-Schiphol B.V.,	95
Amsterdam Ports Association	21
uit Borghouts-Biersteker, C.H., 1983: <i>Aasgarnalen (Mysidacea)</i> . Tabellenserie van de Strandwerkgemeenschap nr. 25. Uitgave: KNNV, NJN, ACJN.	57
Couwelaar, M. van, in M. van Couwelaar, 1990: <i>Zoöplankton in het Noordzeekanaal</i> . Stichting Ecotest, Amsterdam.	40, 43
Engelsma, F., Thalassa Picture Services, Warmond	51
uit Holthuis, L.B., 1956: <i>Isopoda en Tanaidacea</i> . Fauna Ned. deel 16.	49, 55
Jenner, H.A., KEMA, Arnhem	84
Leeuwis, R., Thalassa Picture Services, Warmond	69
Meetkundige Dienst, Grafische Technieken	20
Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein	63, 64
Photo Bob Fleumer, Zaanstad	15
uit Pinkster S. en D. Platvoet, 1986: <i>De vlokreeften van het Nederlandse oppervlaktewater</i> . Wet. meded. KNNV, nr. 172. KNNV Uitgeverij, Utrecht.	49
Rajagopal, S., Katholieke Universiteit Nijmegen	84
uit Schellenberg, A., 1942: <i>Krebstiere oder Crustacea, IV: Flohkrebse oder Amphipoda</i> . In: Die Tierwelt Deutschlands, deel 40. Jena, Berlijn.	53
Rijkswaterstaat dir. Noord-Holland	18, 60, 77, 94
Sterckel, E., Thalassa Picture Services, Warmond	51
Thalassa Picture Services, Warmond	44
Timmerman, E., in E. Timmerman, 1989: <i>Fytoplanktonmonitoring Noordzeekanaal 1988</i> . Stichting Ecotest, Amsterdam.	31
Velde, G. van der, Katholieke Universiteit Nijmegen	48
't Zelfde, P., in Holthuis L.B. & G.R. Heerebout, 1986: <i>De Decapoda van Nederland</i> . Wet. meded. KNNV, nr. 179. KNNV Uitgeverij, Utrecht.	55



