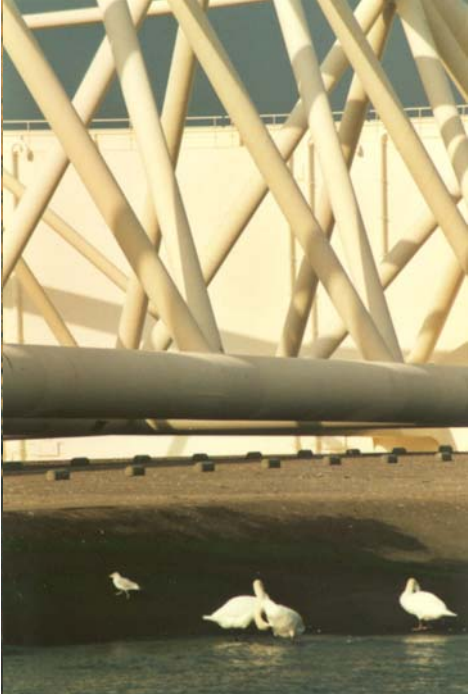


referentie-estuaria Noordrand

Een beschrijving van het estuarium van de
rivieren Elbe, Seine, Taag, Humber en St. Croix.

Peter Paalvast

November 2001



Ecoconsult

referentie-estuaria Noordrand

**Een beschrijving van het estuarium van de
rivieren Elbe, Seine, Taag, Humber en St. Croix.**

Peter Paalvast

November 2001



**Asterstraat 19
3135 HA Vlaardingen
010-4342622
peter.paalvast@ecoconsult.demon.nl**

In opdracht van:
het Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ
Ecoconsult, rapport nr. 2001.03

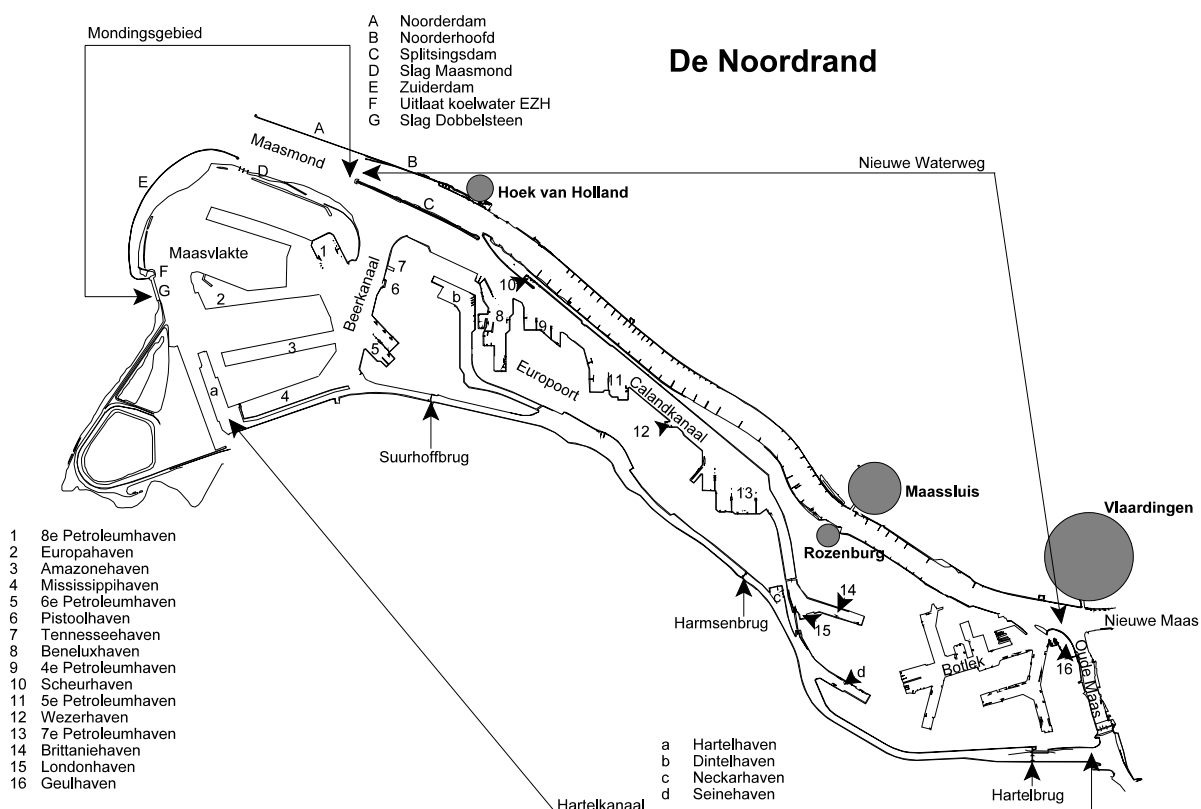
Inhoud

1. Inleiding	3
2. Verantwoording	4
3. Het estuarium van de Elbe	5
3.1 stroomgebied en begrenzing van het estuarium	5
3.2 morfologie	5
3.3 hydrodynamiek	6
3.4 zoutdynamiek	10
3.5 biodiversiteit	11
3.6 menselijke ingrepen in het estuarium	18
3.7 ecologische knelpunten en oplossingen	23
3.8 natuurontwikkeling	24
4. Het estuarium van de Seine	26
4.1 stroomgebied en begrenzing van het estuarium	26
4.2 morfologie	29
4.3 hydrodynamiek	30
4.4 zoutdynamiek	32
4.5 biodiversiteit	33
4.6 menselijke ingrepen in het estuarium	36
4.7 ecologische knelpunten en oplossingen	40
4.8 natuurontwikkeling	41
5. Het estuarium van de Taag	44
5.1 stroomgebied en begrenzing van het estuarium	44
5.2 morfologie	45
5.3 hydrodynamiek	45
5.4 zoutdynamiek	47
5.5 biodiversiteit	48
5.6 menselijke ingrepen in het estuarium	52
5.7 ecologische knelpunten en oplossingen	57
5.8 natuurontwikkeling	58
6. Het estuarium van de Humber	59
6.1 stroomgebied en begrenzing van het estuarium	59
6.2 morfologie	61
6.3 hydrodynamiek	61
6.4 zoutdynamiek	63
6.5 biodiversiteit	64
6.6 menselijke ingrepen in het estuarium	69
6.7 ecologische knelpunten en oplossingen	74
6.8 natuurontwikkeling	74
6.9 beleid	75

7. Het St. Croix estuarium	78
7.1 stroomgebied en begrenzing van het estuarium	78
7.2 morfologie	79
7.3 hydrodynamiek	80
7.4 zoutdynamiek	80
7.5 biodiversiteit	81
7.6 menselijke ingrepen in het estuarium	83
7.7 ecologische knelpunten en oplossingen	85
7.8 natuurontwikkeling	85
7.9 beleid	85
8. Literatuur	88
9. Internetsites	99
Bijlagen	104

1 Inleiding

Het RIKZ ontwikkelt in opdracht van Rijkswaterstaat directie Zuid-Holland een langetermijnvisie met betrekking tot het ecologisch functioneren van de 'Noordrand'. Met de Noordrand wordt het deel van het Rotterdamse havengebied bedoeld dat onder invloed van zout en getij staat. De Noordrand heeft primair een functie als scheepvaartroute naar de verschillende havenbekkens en vestigingsplaats voor industriële activiteiten. Tevens vormt zij de enige open verbinding tussen het stroomgebied van Rijn en Maas en de Noordzee.



De langetermijnvisie, met een blik naar het jaar 2035, is gericht op het versterken van de ecologische functies van dit in grote mate kunstmatige estuariene gebied. Er is daarom behoefte om inzicht te krijgen in de ecologische potenties van de Noordrand binnen de geschetste randvoorwaarden. Het toekomstperspectief voor de Noordrand zal worden ontwikkeld aan de hand van enkele bouwstenen, te weten: typologie watersysteem, ecologische waarden - in heden en verleden- en referentiekader.

In de voorliggende rapportage worden vijf estuarium beschreven die componenten bevatten die mogelijk het referentiekader voor de Noordrand kunnen vormen. Het betreft vier estuarium waaraan grote havens zijn gelegen, de Elbe, de Seine, de Taag en de Humber en een estuarium in Canada waaraan slechts een kleine haven is gelegen en de menselijke invloeden nog relatief beperkt van schaal zijn.

2 Verantwoording

vragen

Gezocht is naar referentie-estuaria waarvan zoveel mogelijk informatie beschikbaar was met betrekking tot:

- de aanwezige estuariene gradiënt
- water- en zoutdynamiek
- biodiversiteit/ecologische waarden
- ecologische knelpunten en oplossingen hiervoor
- natuurontwikkeling
- menselijk gebruik en de intensiteit hiervan

verzamelen van informatie

Voor het verzamelen van de informatie zijn vier wegen bewandeld.

1. onderzoek via internet
2. literatuuronderzoek via geautomatiseerde literatuurbestanden
3. literatuuronderzoek in eigen bestand (schrijver van dit rapport)
4. directe benadering van deskundigen

internet

Op het internet is gezocht met verschillende sleutelwoorden en combinaties daarvan. Behalve dat dit referenties, diverse “downloadbare” rapporten en dergelijke opleverde, heeft dit tevens geleid tot een aantal nuttige contacten met diverse personen.

geautomatiseerde literatuurbestanden

Bij onderstaande instituten zijn met verschillende combinaties van sleutelwoorden alle aldaar beschikbare geautomatiseerde literatuurbestanden geraadpleegd.

- RIKZ (Rijksinstituut voor Kust en Zee).
- RIZA (Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling).

eigen bestand

In het eigen bestand is alle literatuur over estuaria op bruikbaarheid doorgenomen.

directe benadering van deskundigen

Meerdere deskundigen (zie bijlage 1) welke onderzoek doen of hebben gedaan in met name de grotere estuaria in binnen- en buitenland zijn benaderd. Dit heeft naast verschillende publicaties vooral rapportages uit het zogeheten grijze circuit opgeleverd.

verwerking van de informatie

Bij een onderzoek als deze komt de informatie binnen op verschillende momenten en in brokstukken. Vanuit de chaos moet orde worden geschept, waardoor veel informatie uiteindelijk niet wordt gebruikt. Op basis van de beschikbare informatie zijn uiteindelijk de 5 estuaria geselecteerd die in de inleiding staan vermeld en deze worden in de navolgende hoofdstukken beschreven.

3. Het estuarium van de Elbe

In bijlage 2 is een samenvattende tabel opgenomen.

3.1 stroomgebied en begrenzing van het estuarium

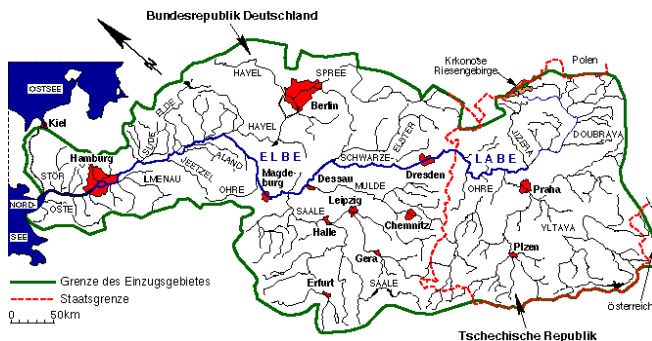
De bron van de Elbe ligt in Tsjechië in het Reuzengebergte vrijwel op de grens met Polen. De rivier stroomt vandaar door Tsjechië en Duitsland en mondt na 1091 km uit in de Waddenzee. De oppervlakte van het stroomgebied (figuur 1) bedraagt 148.286 km² (Riedel-Lorjé et al., 1992)

waarvan 65% in Duitsland gelegen is.

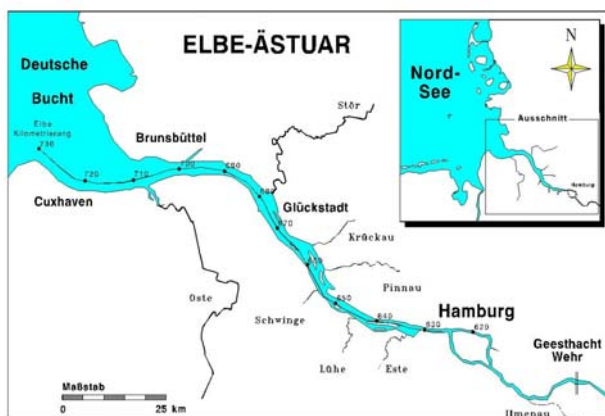
Op grond van het verhang en de invloed van de zee wordt de Elbe (ARGE ELBE, 1984) verdeeld in de Obere Elbe (Bovenelbe), de Mittelbe (Middenelbe) en de Tideelbe (Getijde-Elbe).

De Tideelbe ook wel de Untere Elbe of Unterelbe genoemd, is het estuariene deel van de rivier. Het estuarium wordt stroomopwaarts begrensd door de stuw bij Geesthacht (km 589,5 gemeten vanaf de Duits-Tsjechische grens) zo'n 20 kilometer stroomopwaarts van

Hamburg. Met de aanleg van de stuw werd in 1957 begonnen en de oplevering ervan vond plaats in 1959. De stroomafwaartse begrenzing is moeilijker aan te geven en is gelegen in de Waddenzee. Als absolute grens tussen estuarium en zee wordt het lichtschip Elbe 1 (km 764,9) aangehouden zo'n 40 kilometer zeewaarts van Cuxhaven. De Tideelbe heeft daarmee een lengte van 179 km.



Figuur 1
Stroomgebied van de Elbe.
www.arge-elbe.de



Figuur 2
Het estuarium van de Elbe.
www.arge-elbe.de

3.2 morfologie

Het Elbe-estuarium is trechtervormig en zou wanneer er geen vaargeulverdieping zou hebben plaatsgevonden het best kunnen worden gekarakteriseerd als een coastal plain estuarium. Het oppervlak (berekend naar ARGE ELBE, 1984) van het estuarium tussen Hamburg tot aan Cuxhaven bedraagt 32334 ha. Hiervan is 22% buitendijks gebied, 60% slikken en platen en 18% water (tijdens laagwater). Het buitendijks gebied omvat naast dijkvoorland verschillende grote en kleine eilanden.

Bij Hamburg even na het punt waar de noordelijk tak en zuidelijke tak van de Elbe samenkomen is de rivier 600 m breed. Na

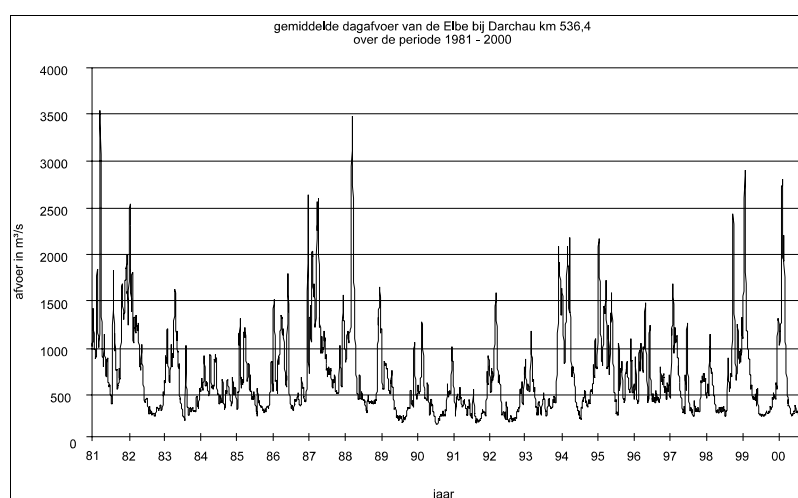
ongeveer 6 kilometer verbreedt de rivier zich sterk en is dan 2100 m breed. De breedte neemt vervolgens over een lengte van 65 km geleidelijk aan richting zee toe en bereikt ongeveer ter hoogte van Brunsbüttel een breedte van 3 kilometer. De breedte is maximaal in de monding gemeten tussen de plaatsen Cuxhaven op de zuidoever en Friedrichskoog op de noordoever en bedraagt zo'n 18 kilometer. De huidige vaargeul heeft een minimale diepte van 13,5 meter en wordt door baggeren op diepte gehouden. De maximum diepte is ongeveer 16 meter.

3.3 hydrodynamiek

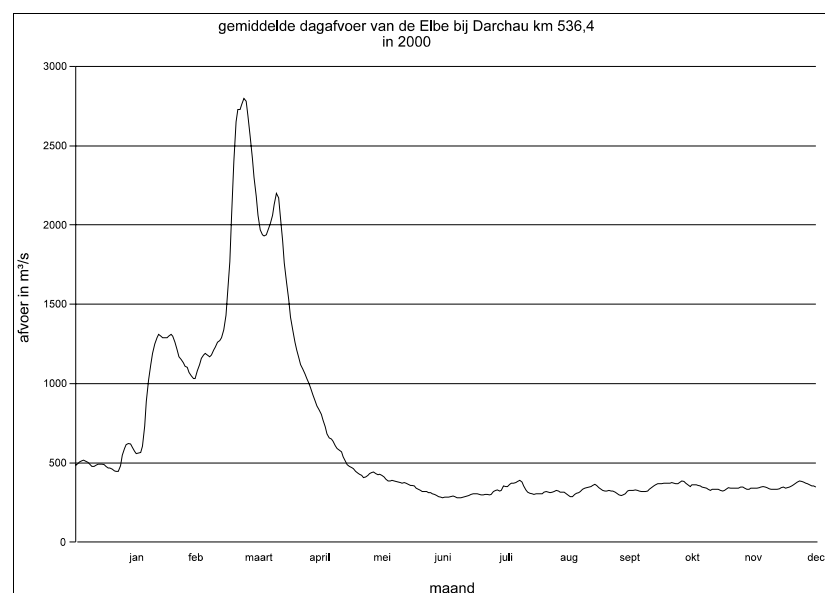
rivierafvoer

De Elbe is een typische regenrivier en dit uit zich door de lage afvoeren in de zomermaanden en hoge afvoeren in de winter (figuur 3 en 4). De gemiddelde jaarafvoer bij het laatste meetstation Darchau (ongeveer ter hoogte met de grens van de voormalige DDR) 53 km voor de stuw bij Geesthacht bedraagt $696 \text{ m}^3/\text{s}$ (berekend over de periode 1972-2000), met in de zomer een gemiddelde van $450 \text{ m}^3/\text{s}$ en in de winter $1120 \text{ m}^3/\text{s}$, met een absoluut minimum van $130 \text{ m}^3/\text{s}$ en maximum van $3800 \text{ m}^3/\text{s}$ (Schröder & Siedler, 1989). Bij Cuxhaven in de monding wordt de gemiddelde rivierafvoer geschat op $880 \text{ m}^3/\text{s}$ (Bergemann, ARGE-ELBE, pers. meded.).

Figuur 3
Gemiddelde dagelijkse afvoer van de Elbe bij Darchau over de periode 1981-2000 (naar data van ARGE ELBE).



Figuur 4
Gemiddelde dagelijkse afvoer van de Elbe bij Darchau in 2000 (naar data van ARGE ELBE).



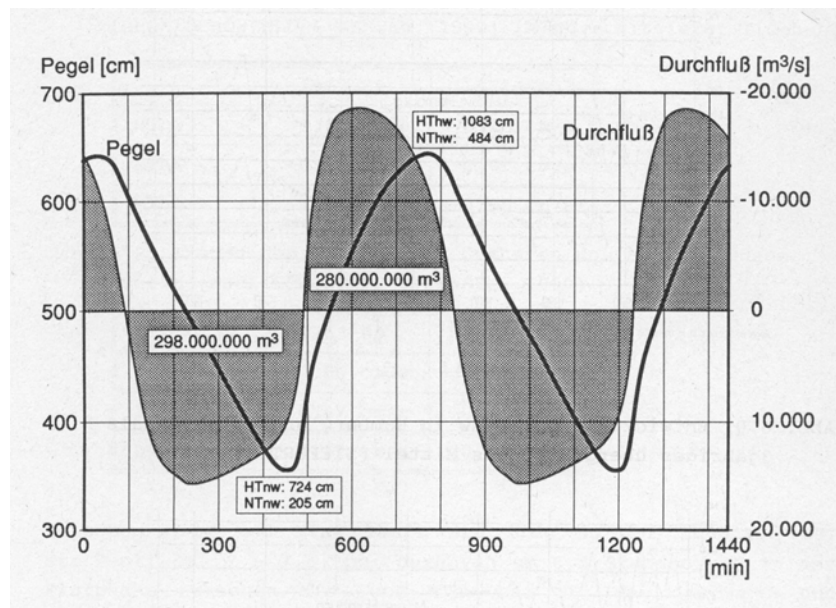
getijden

De gemiddelde getijslag bij Cuxhaven en Glückstadt (figuur 5) bedraagt 3 meter en loopt op tot 3,65 meter in het havengebied van Hamburg (figuur 6). Hier vernauwt het estuarium en vindt demping plaats. Bij de stuw van Geesthacht af is er een gemiddelde getijslag van 2 meter (figuur 8).

Het vloed- en ebvolume tussen Geesthacht en Glückstadt bij een afvoer van $350 \text{ m}^3/\text{s}$ bij Neu Darchau bedragen resp. $280 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ en $298 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Figuur 5

Gemiddelde getijkromme bij Glückstadt en de gemiddelde getijvolumina. Pegel = waterstand +5 m ten opzichte van gemiddeld zeeniveau. HThw = EHW, NThw = LHW, HTnw = HLW, NTnw = LLW. Durchfluß = doorstroomvolume. (uit Riedel-Lorjé et al., 1992).



Figuur 6

Optredende waterstanden bij Hamburg. MThb = gemiddelde getijslag. Voor afkortingen zie figuur 5). http://www.hamburg.de/fhh/b_ehoerden/wirtschaftsbehoerde/service/elbe.htm

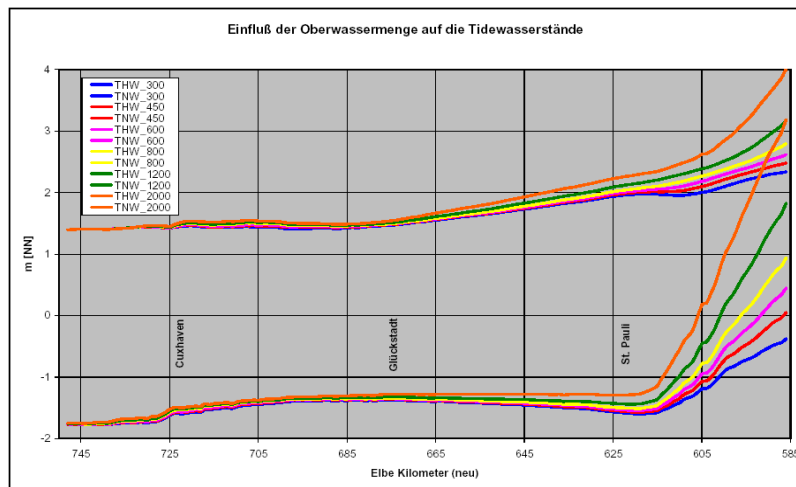
Pegel Hamburg - Harburg		
Hauptwerte	Jahresreihe 2000	5-Jahresreihe 1996 - 2000
HThw	NN + 6,03 m (03.12.99)	NN + 6,03 m (03.12.99)
NThw	NN + 0,45 m (11.10.00)	NN - 0,24 m (17.12.97)
HTnw	NN + 1,42 m (30.01.00)	NN + 1,45 m (30.10.96)
NTnw	NN - 2,72 m (20.09.00)	NN - 3,39 m (18.12.97)
MThw	NN + 2,19 m	NN + 2,12 m
MTnw	NN - 1,47 m	NN - 1,53 m
MThb	3,66 m	3,65 m

.....

Figuur 7

Invloed van de rivierafvoer op de hoog- en laagwaterstanden in het Elbe-estuarium.

THW_300 = hoogwaterstand bij een afvoer van 300 m³/s, TNW_300 = laagwaterstand bij een afvoer van 300 m³/s (Boehlich, 1999).

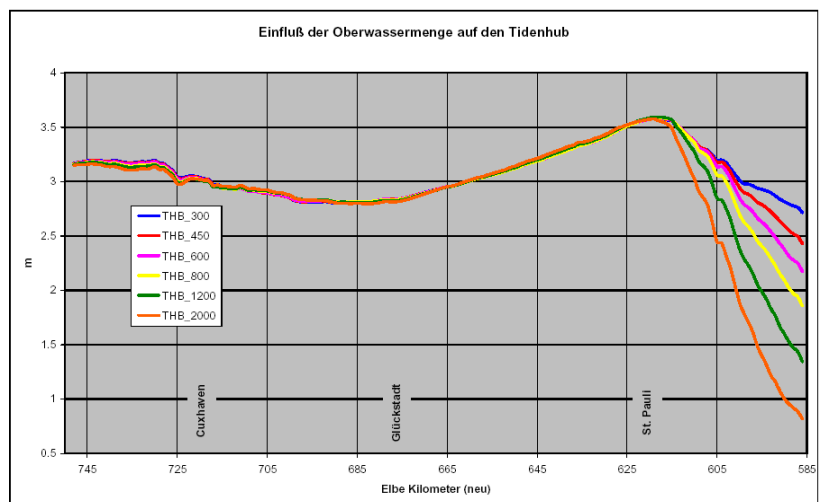


.....

Figuur 8

Invloed van de rivierafvoer op de getijslag in de Elbe.

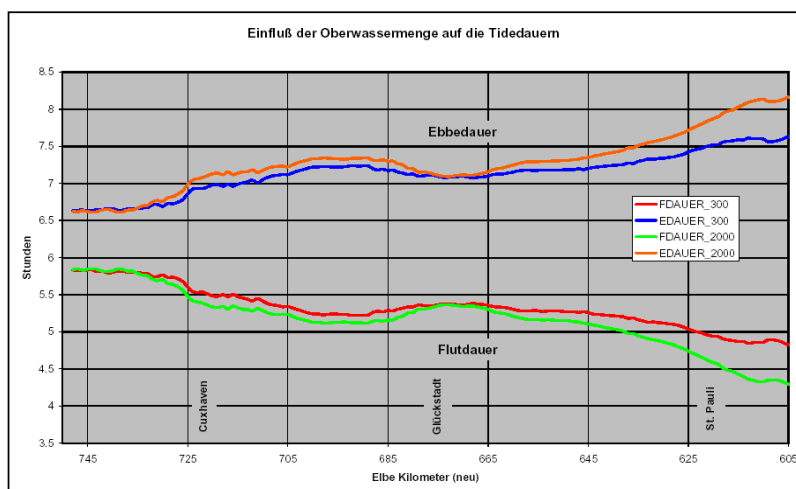
THB_300 = getijslag bij een afvoer van 300 m³/s (Boehlich, 1999).



.....

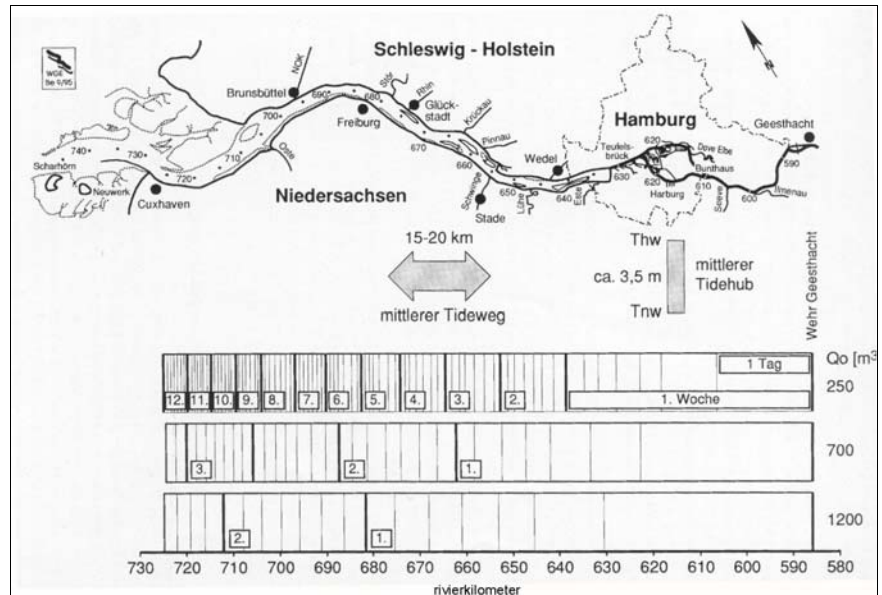
Figuur 9

Invloed van de rivierafvoer op de duur van de getijden. FDAUER_300 = duur vloed-fase bij een afvoer van 300 m³/s, EDAUER_300 = duur eb-fase bij een afvoer van 300 m³/s (Boehlich, 1999).



Extreme waterstandsverhogingen treden op door opzet op zee gedurende springtij of door afwaaiing tijdens doottij. De waterstanden en daarmee het getijverschil en de duur van eb en vloed in de smalle delen van het estuarium, met name stroomopwaarts van Hamburg worden sterk beïnvloed door de rivierafvoer (Boehlich, 1999)(figuur 7, 8 en 9).

Figuur 10
Transportduur van een waterdeeltje in relatie tot de rivierafvoer (uit Bergemann et al., 1996).



verblijftijd

De afvoer van de rivier is sterk bepalend voor de verblijftijd in, c.q. de tijd van transport door het estuarium van het water (Bergemann et al., 1996). Bij lage afvoer kan dit 12 weken bedragen en bij hoge afvoer ongeveer 2 $\frac{1}{2}$ week. Dit is schematisch weergegeven in figuur 10. Naarmate de afvoer toeneemt, neemt de transportduur van een waterdeeltje af.

stroomsnelheden

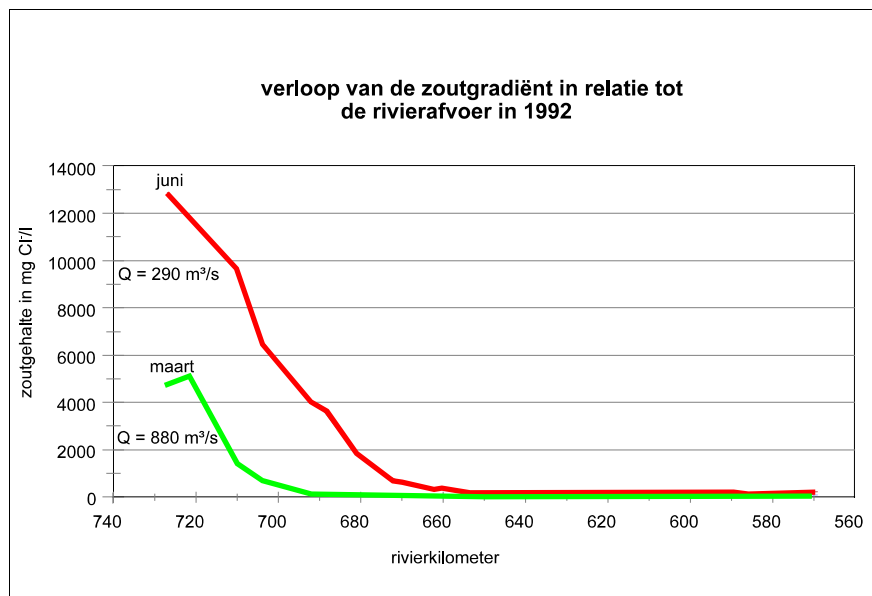
De optredende stroomsnelheden zijn afhankelijk van de fase van het getij, het dwarsprofiel van de rivier ter plaatse en de rivierafvoer. Modelberekeningen (Riedel-Lorjé et al., 1992) bij rivierkilometer 683,3 (ongeveer ter hoogte van Freiburg in figuur 10) geven bij een afvoer van 600 m^3/s een maximale vloedstroomsnelheid van 142 cm/s en een maximale ebstroomsnelheid van 127 cm/s. Op dezelfde locatie bedraagt de gemiddelde vloedstroomsnelheid 99 cm/s en de gemiddelde ebstroomsnelheid 92 cm/s.

3.4 zoutdynamiek

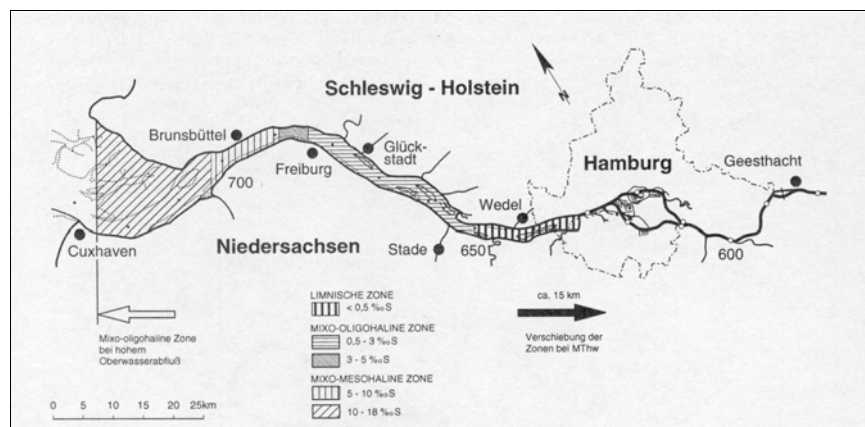
De lengte en de ligging van de zoutgradiënt is hoofdzakelijk afhankelijk van het getij en de rivierafvoer. In figuur 11 is dit voor een tweetal afvoeren in resp. maart en juni 1992 schematisch weergegeven (bewerkte data van ARGE-ELBE). De maximale lengte bedraagt circa 100 km en strekt zich dan uit van Glückstadt tot aan het lichtschip Elbe 1 in de Waddenzee. In figuur 12 is de gemiddelde ligging van de saliniteitszones gegeven. Hierin is tevens aangegeven dat deze met vloed zich circa 15 km landinwaarts verplaatsen (Riedel-Lorjé & Ehrhorn, 1998).

De zone waarin zoet en zoutwater zich mengen is voornamelijk gelegen tussen Glückstadt (km 676) en Cuxhaven (725) (Schröder & Siedler, 1989). In het Elbe-estuarium treedt er een goede menging op van zoet- en zoutwater, van stratificatie is dan ook geen sprake (Riedel-Lorjé et al., 1992).

Figuur 11
Verloop van de zoutgradiënt in het Elbe-estuarium in relatie tot de rivierafvoer. Q = gemiddelde maandafvoer (data ARGE-ELBE).



Figuur 12
Ligging van de saliniteitszones bij een lage rivierafvoer een uur voor laagwater (uit Riedel-Lorjé & Ehrhorn, 1998).



3.5 biodiversiteit

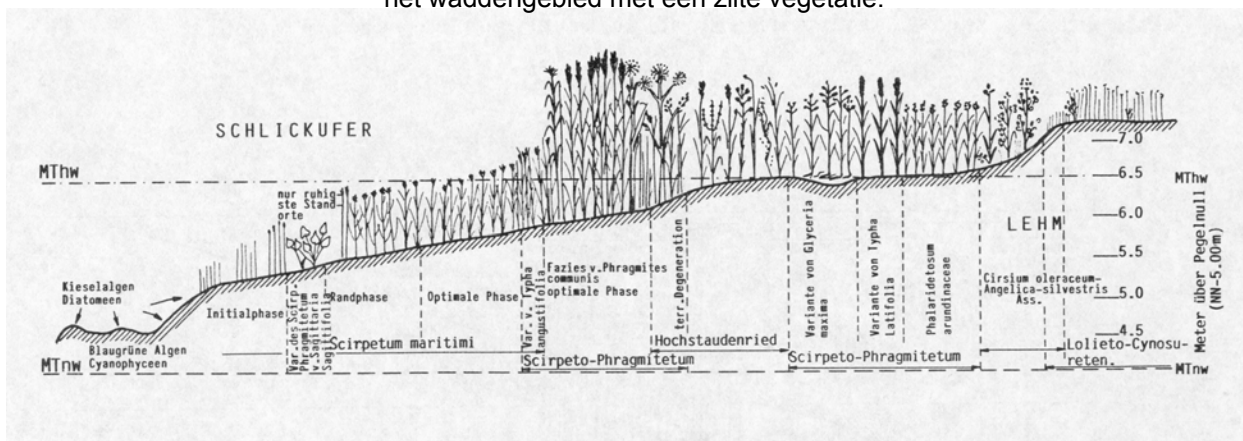
vegetatie

Hoewel er volop literatuur over de vegetatie langs het Elbe-estuarium bestaat, kon hierop slechts in beperkte mate beslag worden gelegd.

Ten gevolge van de getijdenbeweging en de daarmee samenhangende zoutgradiënt is er langs het Elbe-estuarium in de vegetatie zowel een zonering (figuur 13) als een gradiënt waar te nemen. Tussen Hamburg en Glückstadt ligt het grootste middeleuropese zoetwatergetijdengebied. De belangrijkste plantengemeenschappen zijn de biezen- en rietvelden met een oppervlak van rond de 700 ha. De biezen bestaan voornamelijk uit Ruwe bies (*Scirpus tabernaemontani*) en Heen. Evenals in Nederland is de Driekantige bies er zeldzaam geworden (*Bolboschoenus maritimus*). Twee soorten komen uitsluitend langs de Elbe voor. *Oenanthe conoides* (een torkruid) die voorkomt in de getijdenbossen en *Deschampsia wibeliana* (een smele) die het meest voorkomt op de met steen versterkte oevers. Na Glückstadt gaat het zoetwater- over in het brakwatergetijdengebied en voorbij Cuxhaven in het waddengebied met een zilte vegetatie.

Figuur 13

Zonering in de vegetatie op een slikoevers in het zoetwatergetijdengebied van de Elbe (uit ARGE-ELBE, 1984).



macrofauna

De macrofauna (maar nog meer de mesofauna) is goed bestudeerd in het Elbe-estuarium. Van de soorten die er voorkomen zijn de meeste karakteristiek voor estuaria. Hun verspreiding is dan ook duidelijk gerelateerd aan de zoutgradiënt (figuur 14 en 15) en het substraat (stortsteen, zand, slijk e.d.). Jaarlijks vindt op een aantal vaste plaatsen monitoring plaats (Seilert & Löhlein, 1993, Gaumert & Spieker, 1995). Op het harde substraat is de Driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) in het zoete deel van het estuarium de belangrijkste soort, in het meer zoute deel bij Cuxhaven domineren vooral de Brakwaterpok en de Mossel (Gaumert & Spieker, 1995).

In het zwak brakke deel van het estuarium domineert in de bodem van het intergetijdengebied tubifex, in het brakke deel is dit de slijkgarnaal en in het sterk brakke deel vooral *Hydrobia* (ARGE-ELBE, 1994).

In de waterkolom is het vooral de Brakwateraasgarnaal en de vlokreeft *Gammarus zaddachi* die over de hele zoutgradiënt in het voorkomen, eerstgenoemde heeft zijn grootste dichtheid in de turbiditeitszone (Bernat et al., 1994).

De steurgarnaal *Palaemon adspersus* en de strandkrab (*Carcinus maenas*) dringen de Elbe alleen tot in het mesohaliene deel door. De Langneussteurgarnaal is sinds de jaren dertig van de vorige eeuw in het gehele Elbe-estuarium te vinden (Ralf Thiel, pers. meded.).

Figuur 14

Verspreiding van meso- en macrofauna in het Elbe-estuarium (uit Riedel-Lorjé et al., 1998).

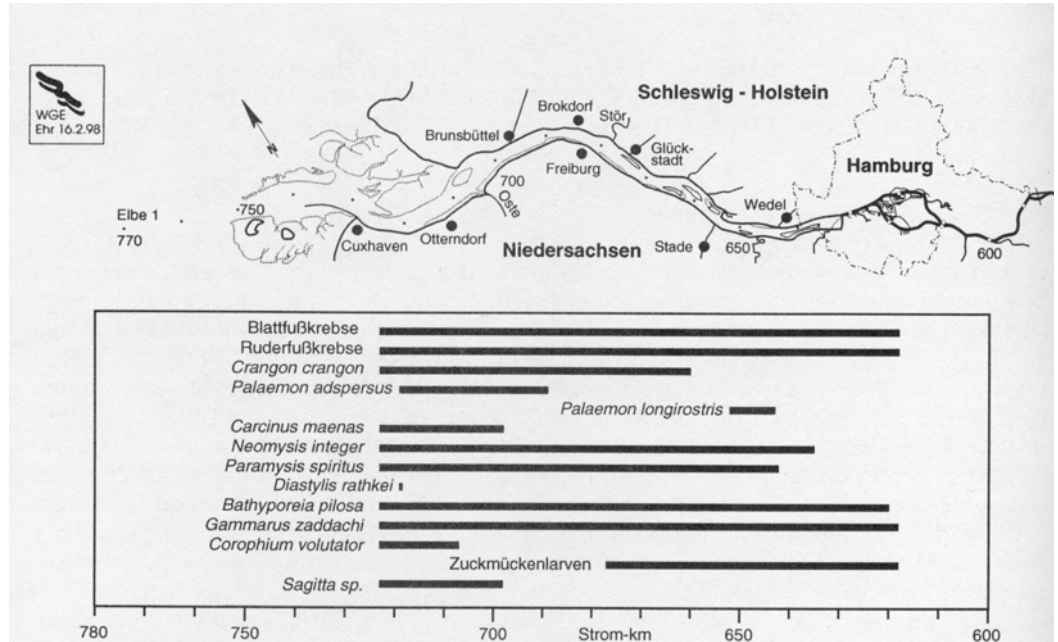


Abb. 25.1 Verbreitung der Zooplankton-Arten > 500 µm im Längsschnitt des Elbe-Aestuars in den Jahren 1986 - 1989 (Daten: FIEDLER 1991)

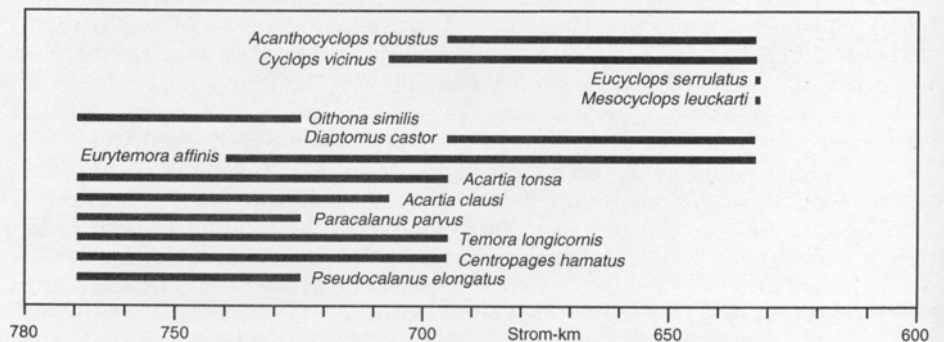


Abb. 25.2 Verbreitung der Ruderfußkreb-Arten > 55 µm im Längsschnitt des Elbe-Aestuars in den Jahren 1986 - 1989 (Daten: PEITSCH 1992)

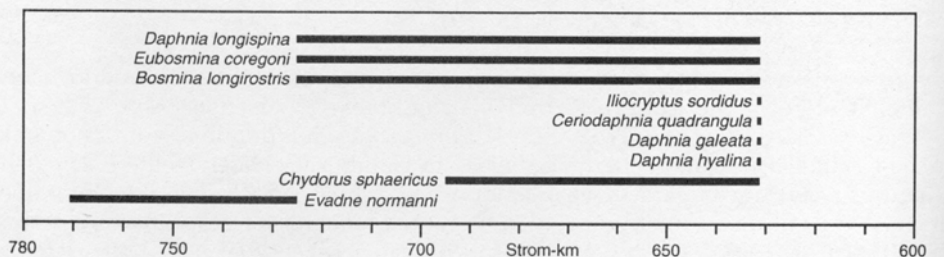
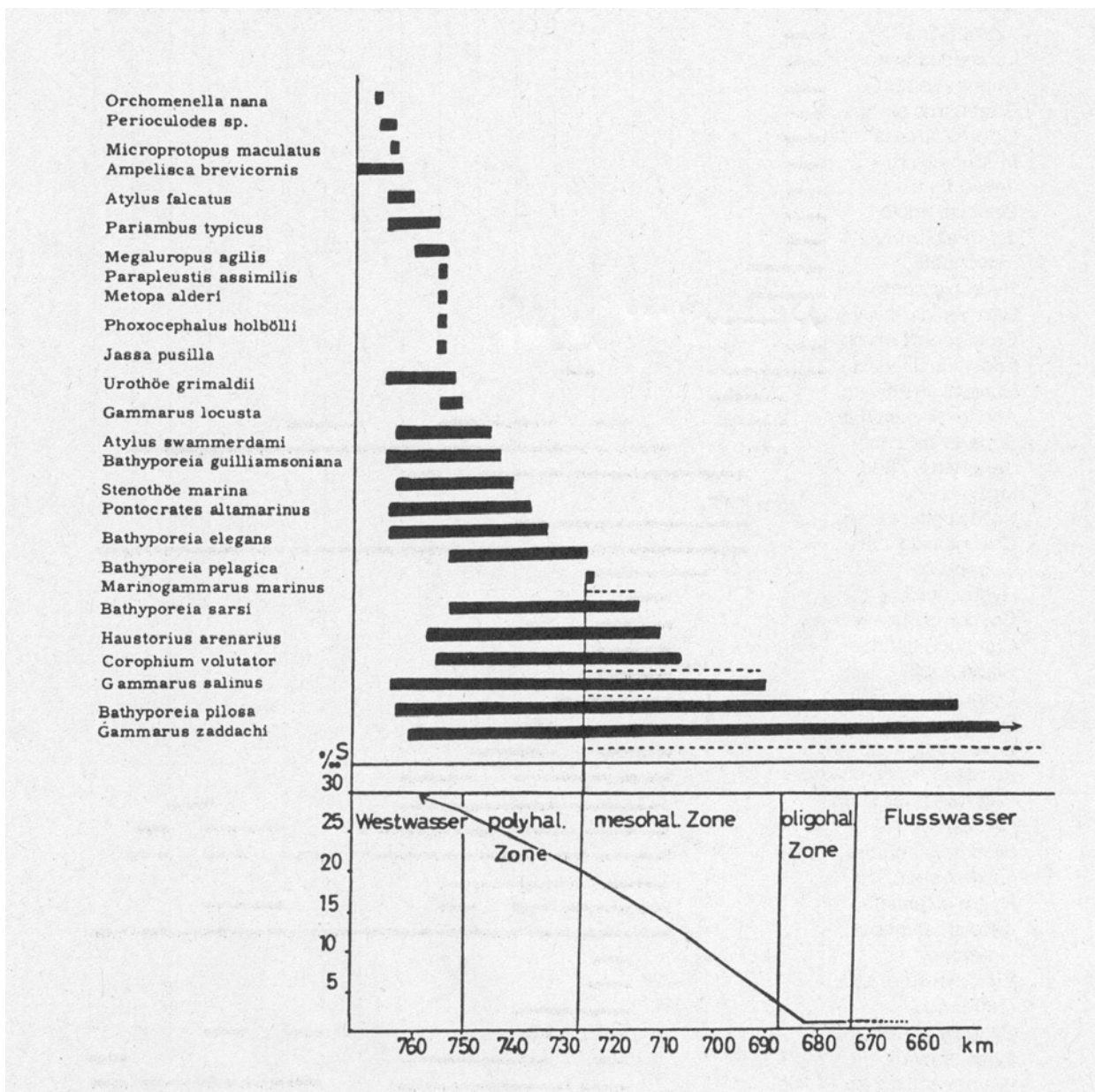


Abb. 25.3 Verbreitung der Blattfußkreb-Arten > 55 µm im Längsschnitt des Elbe-Aestuars in den Jahren 1986 - 1989 (Daten: PEITSCH 1992)

Figuur 15

Relatie tussen het zoutgehalte en het voorkomen van amphipoden in het Elbe-estuarium (uit Riedel-Lorjé et al., 1992).



vis

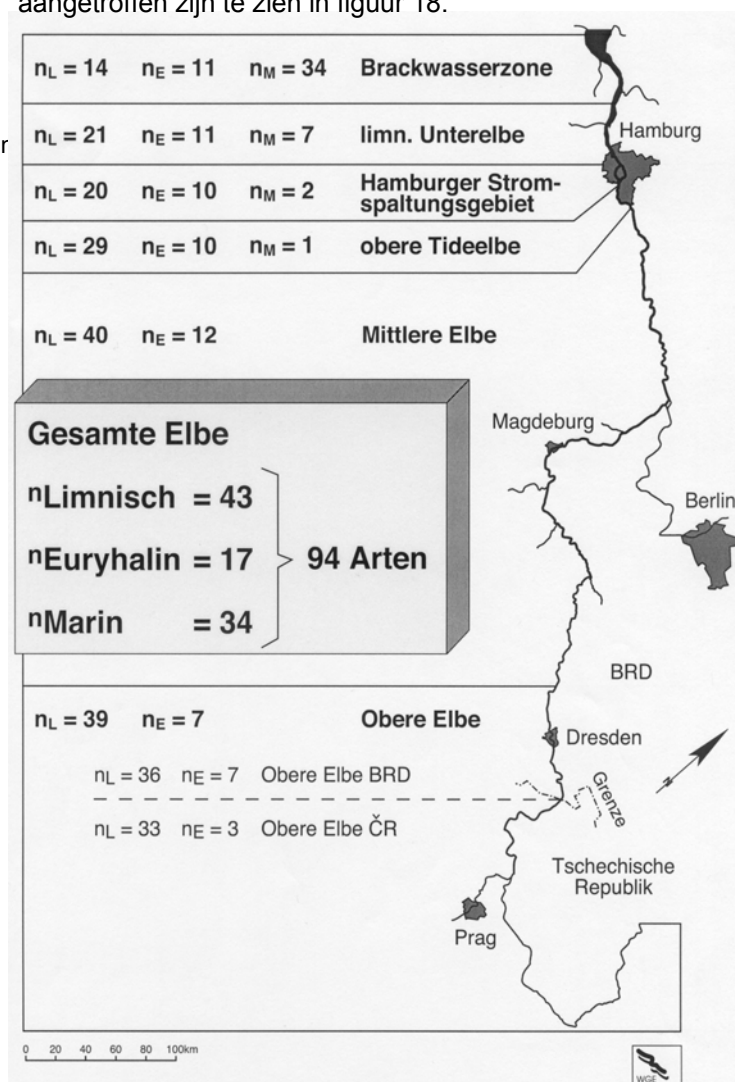
Van de vispopulaties in het Elbe-estuarium is veel bekend en visbestandsopnamen maken deel uit van het omvangrijke monitoringsprogramma van de Elbe. In het estuarium zijn in de periode 1991-1993 in totaal 69 soorten aangetroffen (Gaumert, 1995). Sindsdien is het aantal waargenomen soorten toegenomen en bedraagt 78 soorten gerekend over de periode 1990-1999 (Gaumert, 2000) (zie figuur 16 en tabel 1). De toename is in belangrijke mate toe te schrijven aan het verschijnen van nieuwe uitheemse soorten. De toename van het aantal soorten hangt samen met de verbeterde waterkwaliteit, die van het aantal exoten vermoedelijk ook door de vervlechting van Europese rivieren door de aanleg van kanalen (Gaumert, pers. meded.)

Thiel & Potter (2001) hebben in de periode van juli 1989 tot en met juni 1993 met regelmatige intervallen over de zoutgradiënt zowel tijdens eb als vloed met de kor gevist (zie figuur 17). In termen van dichtheden was in het hele estuarium Spiering (*Osmerus eperlanus*) de dominante soort, gevolgd door Haring (*Clupea harengus*) in het meest brakke deel. Ook de Fint (*Alosa fallax*) werd over de gehele zoutgradiënt gevonden. Andere belangrijke soorten die zij aantreffen waren Driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*), Bot (*Platichthys flesus*) en grondels (*Pomatoschistus spp.*).

De maanden waarin de meest dominante vissoorten werden aangetroffen zijn te zien in figuur 18.

Figuur 16

Aantal vissoorten in de verschillende deeltrajecten van de Elbe (uit Gaumert, 2000).



Tabel 1

Gevangen vissoorten in de deeltrajecten van de Elbe in de periode 1990-1999 (uit Gaumert, 2000).

Tab. 1 Rundmaul- und Fischarten in den einzelnen geomorphologischen/hydrographischen Abschnitten der Elbe 1990-1999

Linnische Arten	Wiss. Bezeichnung	OE-CH	OE-D	ME	OT	HH-T	LU-T	BU-T
1	Buchneunauge							
2	Bachforelle							
3	Plekt-Märzine							
4	Äsche							
5	Hecht							
6	Plötze							
7	Modervleschen							
8	Hasel							
9	Döbel							
10	Aland							
11	Elritze							
12	Rofider							
13	Rapfen							
14	Schleie							
15	Nase							
16	Grundling							
17	Weißflossengründling							
18	Barbe							
19	Ukelei							
20	Güster							
21	Brassen							
22	Zope							
23	Zährte							
24	Bitterling							
25	Karsusche							
26	Giebel							
27	Karpfen							
28	Spiegelskarpfen							
29	Silberkarpfen							
30	Graskarpfen							
31	Marmorkarpfen							
32	Blaubandbitterling							
33	Bachschmerle							
34	Schleimpelziger							
35	Steinbeißer							
36	Zwergwels							
37	Quappe							
38	Flußbarsch							
39	Zander							
40	Kaulbarsch							
41	Groppe							
42	Zwergschling							
43	Bachsaaibling							
Anzahl positiver Befunde		33	36	40	29	21	21	14

OE-CH = Obere Elbe in Tschelch (Strom-km 0 - 364,5)

OE-D = Obere Elbe in Deutschland (Strom-km 0 - 96,0)

ME = Mittlere Elbe (Strom-km 96,0 - 585,9)

OT = Obere Tidelbe (Strom-km 585,9 - 609,0)

HH-T = Hamburger Störungsgebiet (Tidelbe - Strom-km 609,0 - 625,6)

LU-T = Linnische Unterelbe (Tidelbe - Strom-km 625,6 - ca. 670)

BU-T = Brackwasserzone der Unterelbe (Tidelbe - Strom-km ca. 670 - 727,7)

■ = positiver Befund

Ehr. 8.2.00

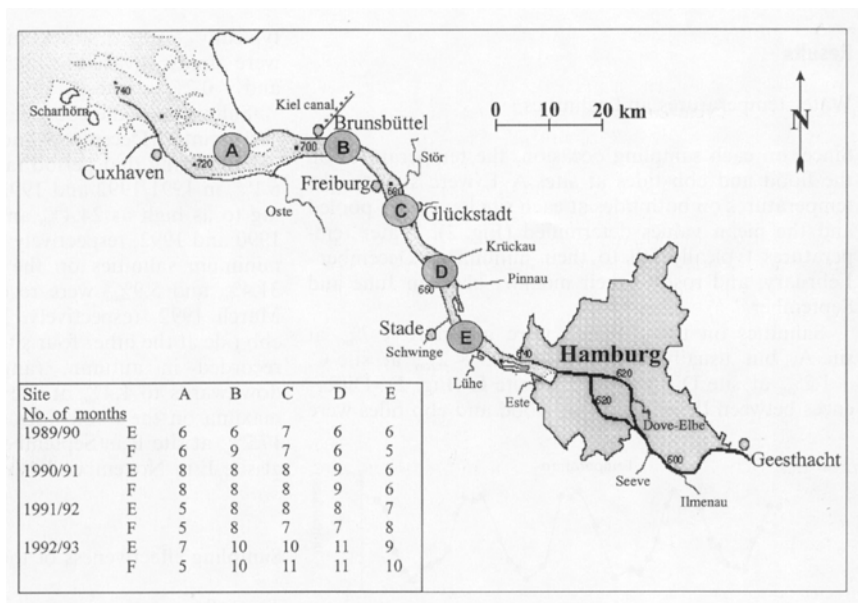
Anzahl der Arten in der gesamten Elbe: 94

Euryhaline Arten	Wiss. Bezeichnung	OE-CH	OE-D	ME	OT	HH-T	LU-T	BU-T
1	Fußneunauge							
2	Meerneunauge							
3	Weißer Stör							
4	Äspenser rufinus (L.)							
5	Malfisch							
6	Finte							
7	Lachs							
8	Meerforelle							
9	Regenbogenforelle							
10	Kleine Maräne							
11	Große Maräne							
12	Große Schwebenke							
13	Nordseeschnabel							
14	Sint							
15	Aal							
16	Deistechtiger Stichling							
17	Flunder							
Anzahl positiver Befunde		3	7	12	10	9	11	11

Marine Arten	Wiss. Bezeichnung	OE-CH	OE-D	ME	OT	HH-T	LU-T	BU-T
1	Hering							
2	Sprotte							
3	Sardelle							
4	Hornsticht							
5	Kleine Seemädel							
6	Große Seemädel							
7	Kabeljau							
8	Franzosen dorsch							
9	Witting							
10	Zwergdorsch							
11	Dreifarblige Seequappe							
12	Vierfarblige Seequappe							
13	Fünfarblige Seequappe							
14	Stöcker							
15	Wolfbarsch							
16	Stiefbarsch							
17	Kleiner Sandaal							
18	Dicklippige Meeräsche							
19	Makrele							
20	Butterfisch							
21	Aalmutter							
22	Gobius Niger							
23	Sandgrundel							
24	Strandgrundel							
25	Roter Knurrhalm							
26	Seeskorpiön							
27	Stenopideus							
28	Seehase							
29	Großer Schwebenbauch							
30	Störbutt							
31	Glattbutt							
32	Kieselsteine							
33	Scholle							
34	Seespinne							
Anzahl positiver Befunde					1	2	8	34

Figuur 17

Bemonsteringslocaties in het Elbe-estuarium. E = eb, F = vloed. (uit Thiel & Potter, 2001).



Figuur 18

Periode waarin de dominante soorten op de locaties het meest frequent werden aangetroffen (uit Thiel & Potter, 2001).



De belangrijkste paai- en opgroeiplaatsen voor vis zijn gelegen in de ondiep watergebieden langs de zuidoever tussen Hamburg en Freiburg (Möller, 1989, Thiel, 2001). Hier worden de grootste dichtheden juveniele Spiering, Fint en Bot gevonden. Het belangrijkste voedsel van de soorten bestaat uit copepoden (vooral *Eurytemora affinis*), aasgarnalen (vooral de Brakwateraasgarnaal *Neomysis integer*) en jonge vis. De belangrijkste schakel tussen het plankton is de Brakwateraasgarnaal, hierdoor speelt deze een cruciale rol in het voedselweb (Riedel Lörjé et al., 1992).

vogels

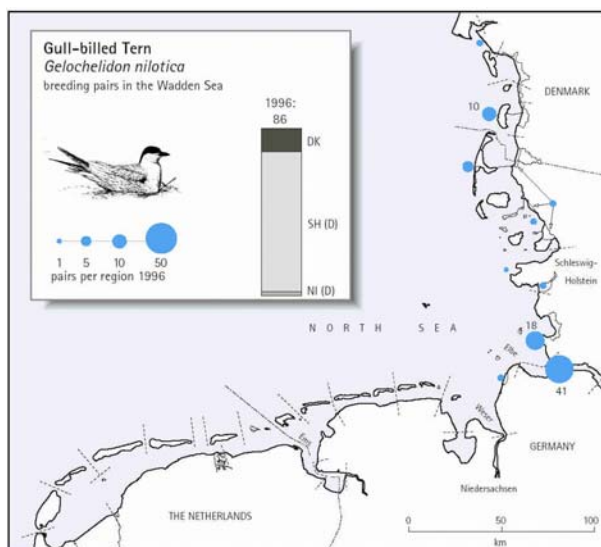
Door het relatief grote areaal buitendijks- en intergetijdengebied oefent het Elbe-estuarium een flinke aantrekkingskracht uit op watervogels. In verschillende delen van het estuarium wordt door diverse vogelsoorten de zogenaamde 1%-norm overschreden en zijn daarmee "wetlands" van internationaal belang. Tegen het westelijk havengebied van Hamburg ligt aan de zuidoever het grootste zoetwatergetijdenwad (700 ha) van Europa, het "Mühlenberger Loch". De soorten, die hier zorg dragen voor de Ramsarstatus, zijn onder andere de Slobeend (*Carduelis spinus*) en Wintertaling (*Ana grecca*). Zij gebruiken het gebied vooral om te rusten. Andere vogels die er regelmatig aan te treffen zijn, zijn het Visdiefje (*Sterna hirundo*) en de Zwarte stern (*Chlidonias niger*).

Een karakteristieke vogel van het buitendijksgebied is de Grutto (*Limosa limosa*). Ook zwanen zijn er vaak in grote getalen aanwezig. Op de oevers van het Elbe-estuarium is vaak tot 35% van de wereldpopulatie van de Kleine zwaan (*Cygnus columbianus*) te vinden (IKSE, 1995). Ook doortrekkende ganzen, Rietgans (*Anser fabalis*), Kolgans (*A. albifrons*), Brandgans (*Branta leucopsis*) en Grauwe gans (*A. anser*), kunnen in grote getalen aanwezig zijn.

Een voor vogels belangrijk deel van het Elbe-estuarium is de overgangszone naar de Waddenzee, ongeveer beginnend bij rivierkilometer 680. Vanaf hier en verder de Waddenzee in liggen belangrijke natuurrreservaten. Hier broeden soorten als de Scholekster (*Haematopus ostralegus*), Kluut (*Recurvirostra avosetta*), Bontbekplevier (*Charadrius hiaticula*) en Kievit (*Vanellus vanellus*) (Rasmussen, 2000). De zeldzame Kemphaan (*Philomagus pugnax*) broedt nog op de zuidoever ten westen van Freiburg. Regionaal is dit het belangrijkste broedgebied van de Grutto en voor de gehele Waddenzee het belangrijkste broedgebied van de zeldzame Lachstern (figuur 19).

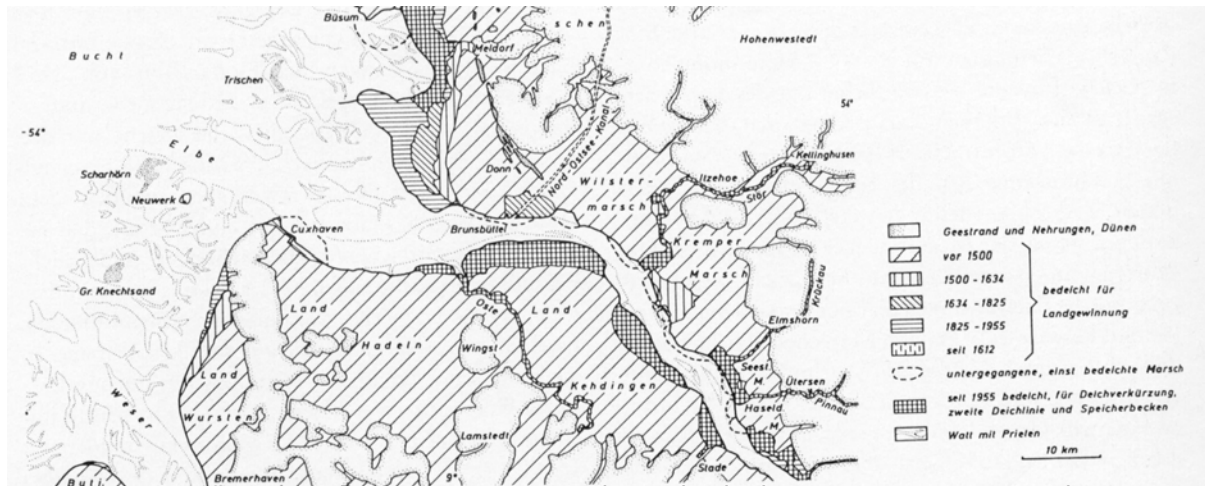
Figuur 19

Verspreiding van het aantal broedparen van de Lachstern over het Waddenzeegebied (uit Rasmussen et al., 2000).



3.6 menselijke ingrepen in het estuarium

landwinning



Figuur 20
Landwinning en verlies in het Elbe-estuarium (uit DHBM, 1992).

De eerste sporen van bewoning in de op- en aanwassen van het estuariene gebied van de Elbe gaan terug tot in de prehistorie. Echter van permanente bewoning is pas sprake na de systematische bedijkingen tussen de 11^e en 13^e eeuw (DHBM, 1992). Het overgrote deel van de toenmalige schorren zijn bedijkt in de periode voor 1500, waarbij ook omvangrijke duingebieden buiten het bereik van de zee zijn komen te liggen. Deze landwinningen hadden vooral tot doel land voor land- en akkerbouw te winnen. Meer en meer raakte de uitstroom van de Elbe beknelde. Ook in de 20^{ste} eeuw is men doorggegaan met het winnen van land of is er op andere wijze verlies opgetreden van schorren, intergetijdengebied of ondiep water. De afname heeft proportioneel het sterkst landinwaarts plaatsgevonden. In totaal is in deze periode 66% van het buitendijkse gebied, 11% van het intergetijdengebied en 27% van het oppervlak water bij GLW verloren gegaan.

havenontwikkeling en vaargeulverdieping

De ontwikkeling van de haven van Hamburg gaat terug tot het jaar 1065 toen op de as van de oorspronkelijke handwerkers- en koopmansnederzetting een burcht ter verdediging tegen de slaven werd gebouwd (ARGE-ELBE, 1984). Allereerst werd in de directe omgeving in de rivierloop ingegrepen door de noordelijke loop van de Elbe tot hoofdstroom om te vormen (het gebied tussen de twee riviertakken moet er ongeveer uit hebben gezien als vroeger de Biesbosch in Nederland). Tussen de 15^e en 17^e eeuw ontstond een goed bevaarbare Elbe die aansloot op de haven van Hamburg die toen nog aan het zijriviertje de Alster gelegen was.

Tot aan het begin van de 19^e eeuw was de vaardiepte geen beperkende factor voor de scheepvaart. Ondieptes in de rivier werden tijdens vloed genomen en schepen met een maximale diepgang van 3,5 meter konden Hamburg probleemloos bereiken. Gemiddeld was de stroomgeul bij laagwater tot aan de monding zo'n 3 meter diep. Plaatselijk waren er zowel diepere als ondiepere delen.

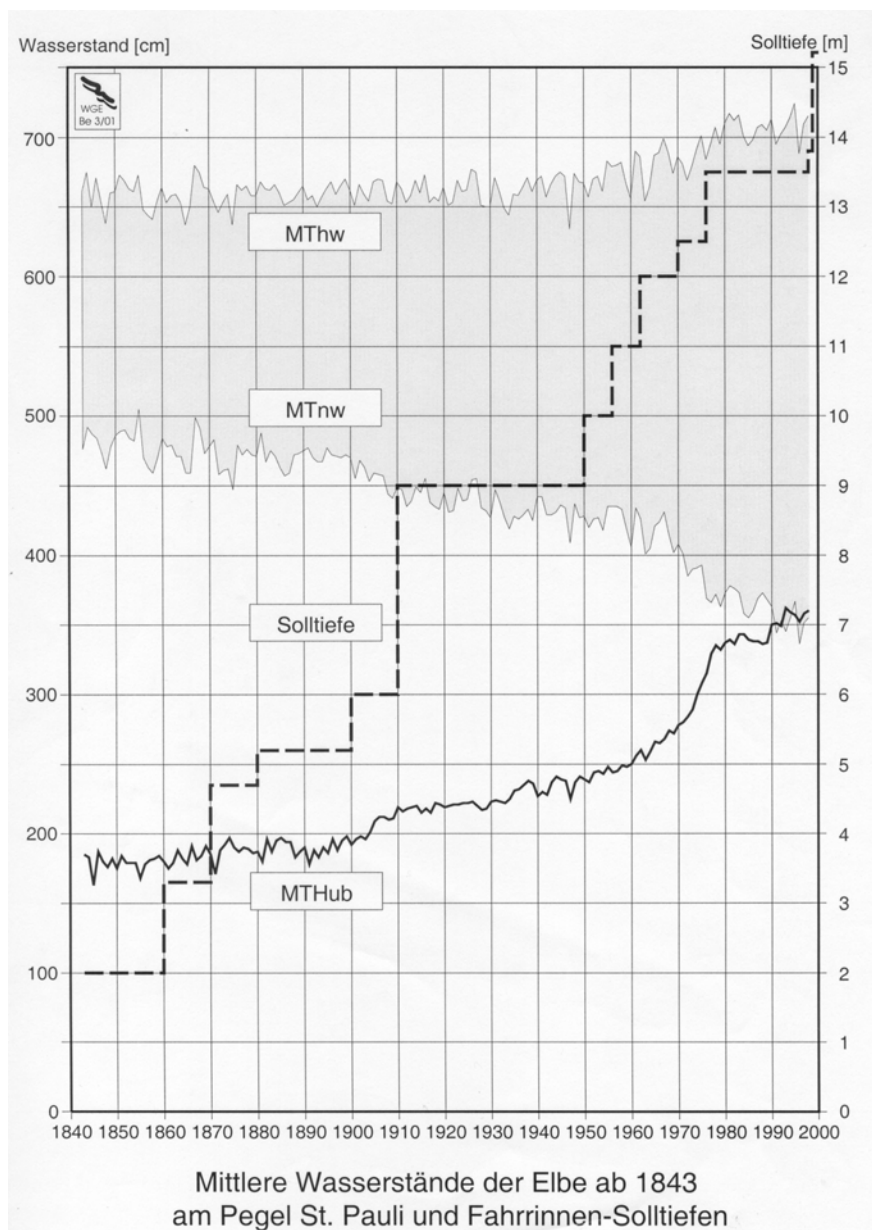
De eerste reguleringsmaatregelen vonden in het midden van de 17^e eeuw plaats en bestonden uit het vastleggen met stenen van aan erosie onderhevige oevers. Door de toename van de handel nam het scheepvaartverkeer op de Elbe steeds meer toe en ook werden de

schepen steeds groter. Rond 1840 kon nog 1/3 van alle schepen ongehinderd door de getijden Hamburg bereiken. Begonnen werd de vaargeul tot 5,3 meter uit te baggeren. De steeds groter wordende schepen eisten een steeds grotere diepgang en dit heeft ertoe geleid dat de huidige vaargeul door baggerwerkzaamheden op 13,5 meter wordt gehouden. De toename van de vaardiepte in de loop van de 19^e en 20^{ste} eeuw is grafisch weergegeven in figuur 21
Om sedimentatie in het havengebied tegen te gaan is de vaargeul op verschillende plaatsen vernauwd.

Figuur 21

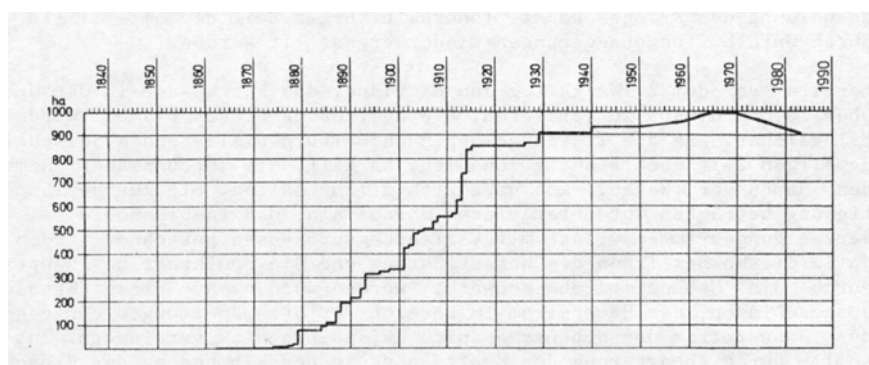
Verloop van de vaargeuldiepte in de tijd en de daarmee gepaard gaande verandering van de waterstanden ongeveer ter hoogte van Hamburg (ARGE-ELBE, 2001).

MThw = gemiddeld hoogwater
MTnw = gemiddeld laagwater
MTHub = gemiddelde getijslag
Solltiefe = vaargeuldiepte



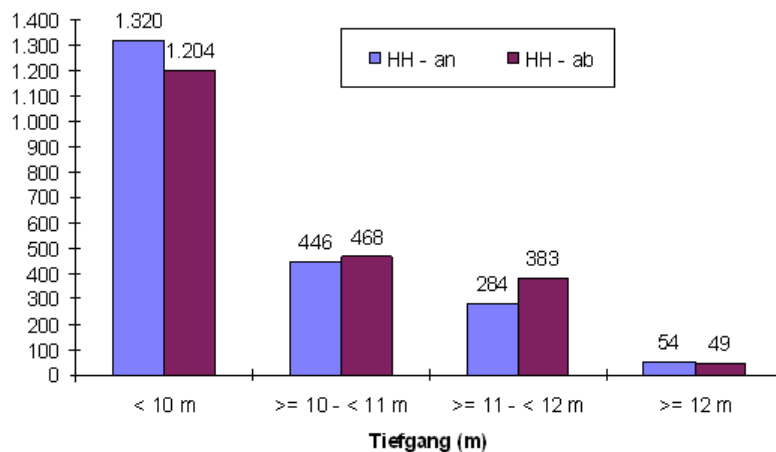
Vanzelfsprekend gingen vaargeulverdieping en havenontwikkeling hand in hand. Het eerste echte havenbekken met laad- en loswallen werd in 1866 opgeleverd. Vanaf dat moment zette zich een exponentiële groei in die tot aan de jaren '30 van de vorige eeuw heeft geduurd. In figuur 22 is de havenontwikkeling weergegeven als de toename van het nat oppervlak in de stad Hamburg. Dit staat tot op zekere hoogte in verhouding met het totale oppervlak aan havengebied. Het huidige oppervlak van het havengebied bedraagt 7.425 ha, daarvan is 3.118 ha wateroppervlak en 879 ha reservegebied (zie bijlage 3). De oevers van de havens bestaan overwegend uit steile kademuren.

Figuur 22
Toename van het
havengebied van Hamburg
in de loop der tijd (uit
ARGE-ELBE, 1984).



**Anzahl Containerschiffe (1997) nach tatsächlichen
Tiefgängen (HH ankommend und abgehend)**

Figuur 23
Aantal containerschepen
gerangschikt naar diepgang
welke naar en vanaf
Hamburg in 1997 van de
Elbe gebruik maakte.



Met het groeien van de haven van Hamburg maar ook die van bijvoorbeeld Cuxhaven en de doorvaart via het Noord-Oostzeekanaal is het Elbe-estuarium het drukste van de wereld geworden met in 1995 zo'n 50.000 scheepvaartbewegingen, waarvan 13.000 van en naar Hamburg. In figuur 23 worden wat statistieken gegeven van het aantal containerschepen dat in 1997 van en naar Hamburg voer met hun bijbehorende diepgang.

gevolgen van de vaargeulverdieping en havenuitbreiding

waterstanden

De ingrepen in de rivier zijn niet zonder gevolgen geweest. Zo heeft de vaargeulverdieping geleid tot lagere laagwater- en hogere hoogwaterstanden. Rond 1840 bedroeg de gemiddelde getijslag bij Hamburg 1,8 meter, hedentendage is deze verdubbeld en bedraagt 3,5 meter (figuur 21, ARGE-ELBE, 2001).

In 1962 werd het water in het Elbe-estuarium tot zo'n grote hoogte opgestuwd dat op 60 plaatsen de dijken braken. Dit kostte aan meer dan 300 mensen in de omgeving van Hamburg het leven. De vaargeulverdieping heeft mogelijkwijze ertoe bijgedragen dat deze ramp plaats kon vinden. Na de ramp is de lengte van dijken verkort en zijn de dijkruinen verhoogd. Door de dijkverkorting zijn belangrijke natuurgebieden aan de invloed van het getijde onttrokken.

verblijftijd

Door de vergrote hydraulische doorsnede van het estuarium is de verblijftijd van het estuarium instromende water langer geworden. Door de goede menging en het geringe doorzicht is licht een beperkende factor om algenbloei te laten ontstaan.

stroomsnelheid

De stroomsnelheden zijn in de verdiepte vaargeul toegenomen en aan de randen juist afgenomen. Hierdoor sedimenteert er meer materiaal aan de randen en is er een toenemende mate van kanalisering van de vaargeul. Ondiepwatergebieden slibben op en worden omgezet in wadden.

brakwatergrens

Door het verder binnendringen van de zouttong is het zoetwatergetijdengebied 20 km stroomopwaarts verschoven en dus over een gelijke lengte van het estuarium verdwenen (Bergemann, 1995).

zuurstofconcentratie

Door de vernauwing en verdieping van de rivier in het havengebied van Hamburg, maar ook door de langere verblijftijd van het water, vindt er veel zuurstofverbruik plaats hetgeen leidt tot lage zuurstofgehalten na Hamburg. Nadat de rivier zich verbreedt, neemt gaande richting zee het zuurstofgehalte weer toe. Dit effect is goed te zien in figuur 24.

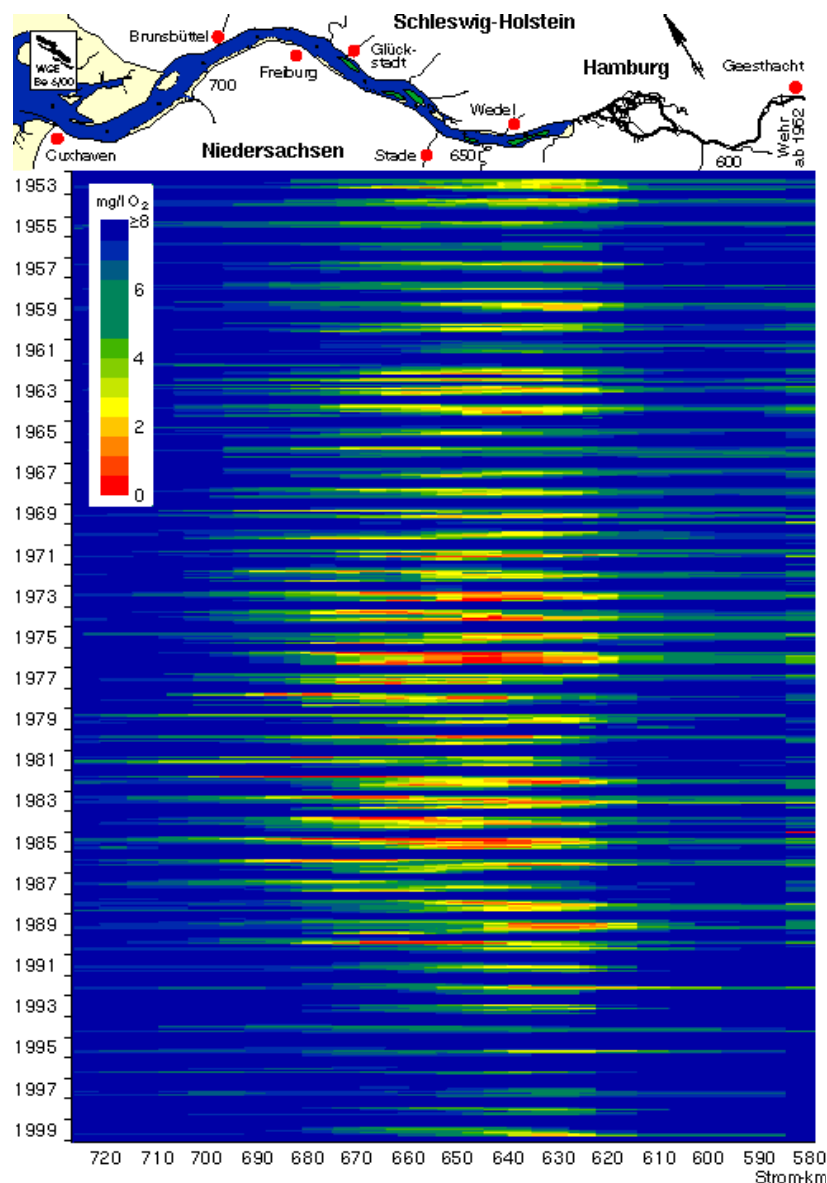
visserij

Het Elbe-estuarium was vroeger het meest visrijke van Europa. Door de vaargeulverdieping zijn ook grote oppervlakten ondiep water verloren gegaan. Dit werd vooral veroorzaakt door erosie als gevolg van de lagere laagwaterstand, maar ook door sedimentatie door de veranderde stroomsnelheden. In de vorige eeuw is het ondiep wateroppervlak tussen Cuxhaven en Hamburg met 26% afgenomen en is het oppervlak van het belangrijkste paaigebied in het Elbe-estuarium zelfs gehalveerd. Hierdoor zijn de kansen voor vis verminderd en mede hierdoor is de omvang van de vispopulaties teruggelopen (Möller, 1989).

De aantasting van paai- en opgroeigebieden heeft ook zijn weerslag gehad op de beroepsvisserij tussen Hamburg en Cuxhaven. Rond 1900 werd er met 90 motorboten, 134 zeilboten en 116 sloepen en 602 kleinere boten gevist. Dit leverde aan 1650 mensen werk. Ook waren 140 beroepsvissers vanaf de kant met werpnetten actief. In 1989 waren nog maar 8 boomkorschepen en 65 bootjes van part-timevissers geregistreerd (Möller, 1989). 100 jaar geleden waren soorten als Steur

(*Acipenser sturio*), Zalm (*Salmo salar*) en Fint commercieel nog interessant. Hedentendage zijn dit alleen nog Spiering en Aal (*Anguilla anguilla*).

Figuur 24
Het zuurstofgehalte in het Elbe-estuarium van 1953-1999.
(ARGE-ELBE, 2000).

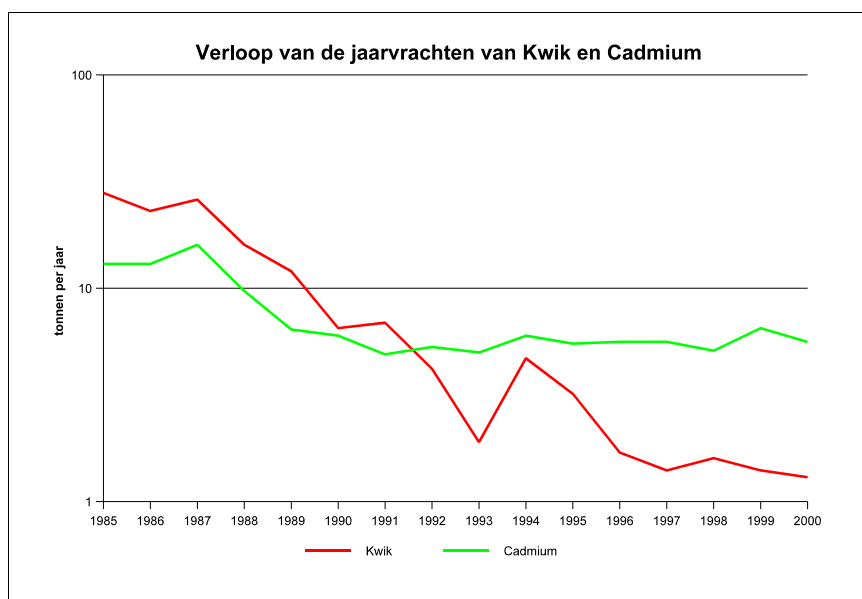


Sauerstoffgehalte der Tideelbe von 1953 bis 1999 verontreiniging

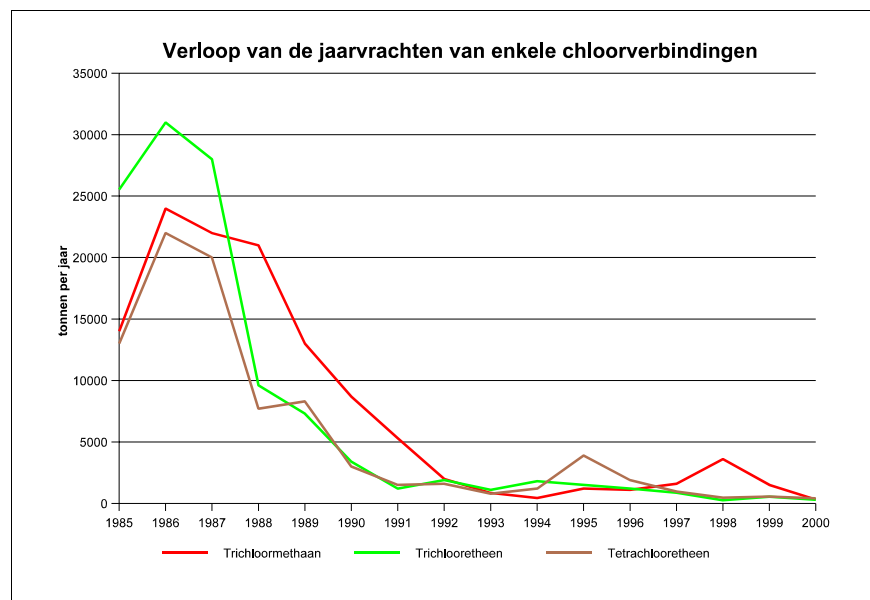
Ten tijde van de DDR behoorde de Elbe tot de meest verontreinigde rivieren van Europa. Het sluiten van de vele fabrieken die ongezuiverd afvalwater in de Elbe loosden heeft een direct effect gehad op de concentraties van zware metalen, PCB, PAK, et cetera. Dit laat zich goed aflezen van figuur 25 en figuur 26.

Al deze verontreinigingen komen terecht in het voedselweb en hopen zich op in de toppredatoren. In 1999 zijn bij Snoekbaars (*Stizostedion lucioperca*), Paling en Brasem (*Abramis brama*) vanaf Dresden tot aan Hamburg de concentraties van bovengenoemde verontreinigingen bepaald. In het estuariene deel van de rivier werd alleen bij de paling gevangen in het Hamburgse havengebied voor kwik en PAK's de norm voor menselijke consumptie overschreden (Gaumert et al., 2000).

.....
Figuur 25
Jaarvrachten kwik en cadmium in de Elbe (data ARGE-ELBE).



.....
Figuur 26
Jaarvrachten van enige chloorverbindingen in de Elbe (data ARGE-ELBE).



3.7 ecologische knelpunten en oplossingen

zuurstofgehalte

In het voorgaande is de scherpe daling van het zuurstofgehalte direct na het havengebied van Hamburg ter sprake gekomen, alsmede de oorzaak ervan. Hiervoor is momenteel geen oplossing voor handen.

vismigratie

Om het voor vissen mogelijk te maken de stuw bij Geesthacht te passeren, zijn in 1962 en 1985 vispassages aangelegd. Deze bleken echter niet naar wens te functioneren. In 1998 is een nieuwe vistrap in gebruik genomen en deze blijkt naar wens te functioneren (Schubert & Hagge, 2000).

uitbreiding faciliteiten Airbus

Voor de bouw van de Airbus A3XX heeft DASA behoefte aan uitbreiding. Een van de alternatieven voor de uitbreiding behelst het opspuiten van een groot deel van het Mühlenberger Loch. Zoals gezegd is dit het grootste zoetwaterwad van Europa en opspuiten zou onherstelbare natuurschade opleveren.

Om dit te compenseren wordt onder andere gedacht aan het ontpolderen van een nabijgelegen eiland en dit door afgraven om te zetten in zoetwatergetijdengebied. Tegen deze plannen wordt door verschillende natuurbeschermingsorganisaties vanwege de unieke ecologische waarde veel oppositie gevoerd. Doch ondanks het feit dat het gebied sinds 1998 een beschermd Europees vogelgebied is en tevens in 1998 aangemeld is als een gebied dat in potentie valt onder de Habitat-richtlijn zijn hun bezwaarschriften ongegrond verklaard (Verwaltungsgericht Hamburg, 2001).

3.8 natuurontwikkeling

natuurgebieden

Op nationaal niveau kunnen natuurgebieden in Duitsland op grond van de aanwezige natuurwaarden een natuurbeschermingsstatus krijgen, in opklimmende volgorde van belangrijkheid is dat *Landschaftschutzgebiet*, *Naturschutzgebiet* en *Nationalpark* (Paalvast & Postma, 1997).

Van de beschermde natuurgebieden langs het Elbe-estuarium (zie bijlage 4) van Geesthacht tot ongeveer km 710 hebben er 42 de status van *Naturschutzgebiet* (of krijgen deze op korte termijn) en 10 die van *Landschaftschutzgebiet*. De natuurgebieden behorende tot het estuarium in de Waddenzee hebben de status van *Nationalpark*. Het totale oppervlak bedraagt 5.741 km² waarvan 5.247 km² in de Waddenzee is gelegen (IKSE, 1997).

natuurherstel en natuurontwikkeling

Voor de gehele Elbe zijn zeer veel ideeën ontwikkeld om enerzijds natuur te herstellen of anderzijds nieuwe natuur te ontwikkelen. Ook voor het Elbe-estuarium zijn allerlei voorstellen uitgewerkt (ARGE-ELBE, 1991). Enkele daarvan zijn gerealiseerd, andere liggen nog op de plank en weer anderen zijn afgewezen (Bergemann, pers. meded.). In de laatste categorie is door natuurbeschermingsorganisaties het weer aantakken van een oude loop van de Elbe verhinderd.

Een groot binnenkort te realiseren herstelproject (Bergemann, pers. meded.) betreft een bedijkt voormalig brakwaterschor met bijbehorend krekensysteem van naar schatting 24 km². Door een doorlaat in de dijk te maken wordt het brakwaterschor, van de Haseldorfer Binnenelbe aan de noordoever tussen km 646 en km 654, nieuw leven ingeblazen (ARGE-ELBE, 1991). Andere projecten zijn wat kleinschaliger doch hebben zeker een ook een belangrijke waarde met name voor jonge vis in die delen van het estuarium waar hoge stroomsnelheden op kunnen treden.

vogel- en habitatrichtlijn

Om het voortbestaan van de natuurgebieden langs het Elbe-estuarium veilig te stellen is een aantal bij het Bundesamt für Naturschutz aangemeld als gebied dat kan vallen onder de vogel- en habitatrichtlijn. Voor de regio Hamburg alleen al gaat het hierbij om 15.616 ha waarvan 11.350 ha wad en ondiep water omvat (Die Grünen, 2001). Ook grote delen van het estuarium in de Waddenzee zijn om die reden aangemeld.

beleid en doelstellingen

Deze zijn conform de kaderrichtlijn water en worden op dit moment door de Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe in Hamburg (ARGE-ELBE) voor het stroomgebied van de Elbe uitgewerkt.

4 Het estuarium van de Seine

In bijlage 5 is een samenvattende tabel opgenomen.

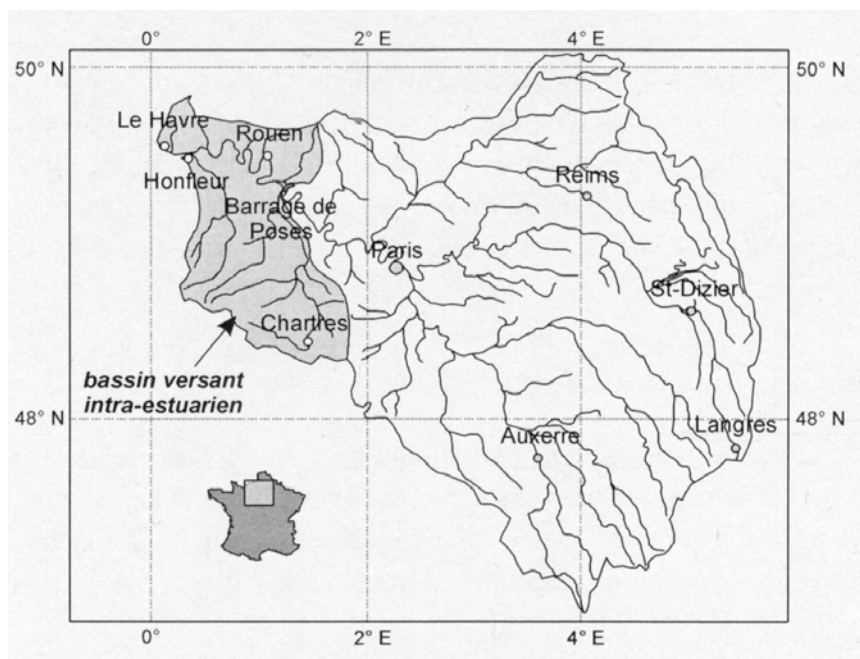
4.1 stroomgebied en begrenzing van het estuarium

De Seine ontspringt op het plateau van Langres niet ver van de stad Dijon gelegen in Bourgondië. In deze omgeving op hetzelfde plateau ligt tevens de oorsprong van de Maas. De afstand die de Seine aflegt, alvorens in het Kanaal uit te monden, bedraagt 776 km. Vanaf Parijs, waar de kilometrering (pk = point kilométrique) richting zee begint, is het 365 kilometer naar de zee en vanaf Rouen 125 km.

Het stroomgebied (figuur 27) heeft een totaal oppervlak van 78.650 km². Tot aan het begin van het estuarium omvat het gebied dat op de Seine afwatert 66.870 km². Water vanuit 11.780 km², 15% van het totale oppervlak van het stroomgebied, vloeit dus direct in het estuarium,

.....

Figuur 27
Het stroomgebied van de Seine in Frankrijk (uit Guézennec, 1999).

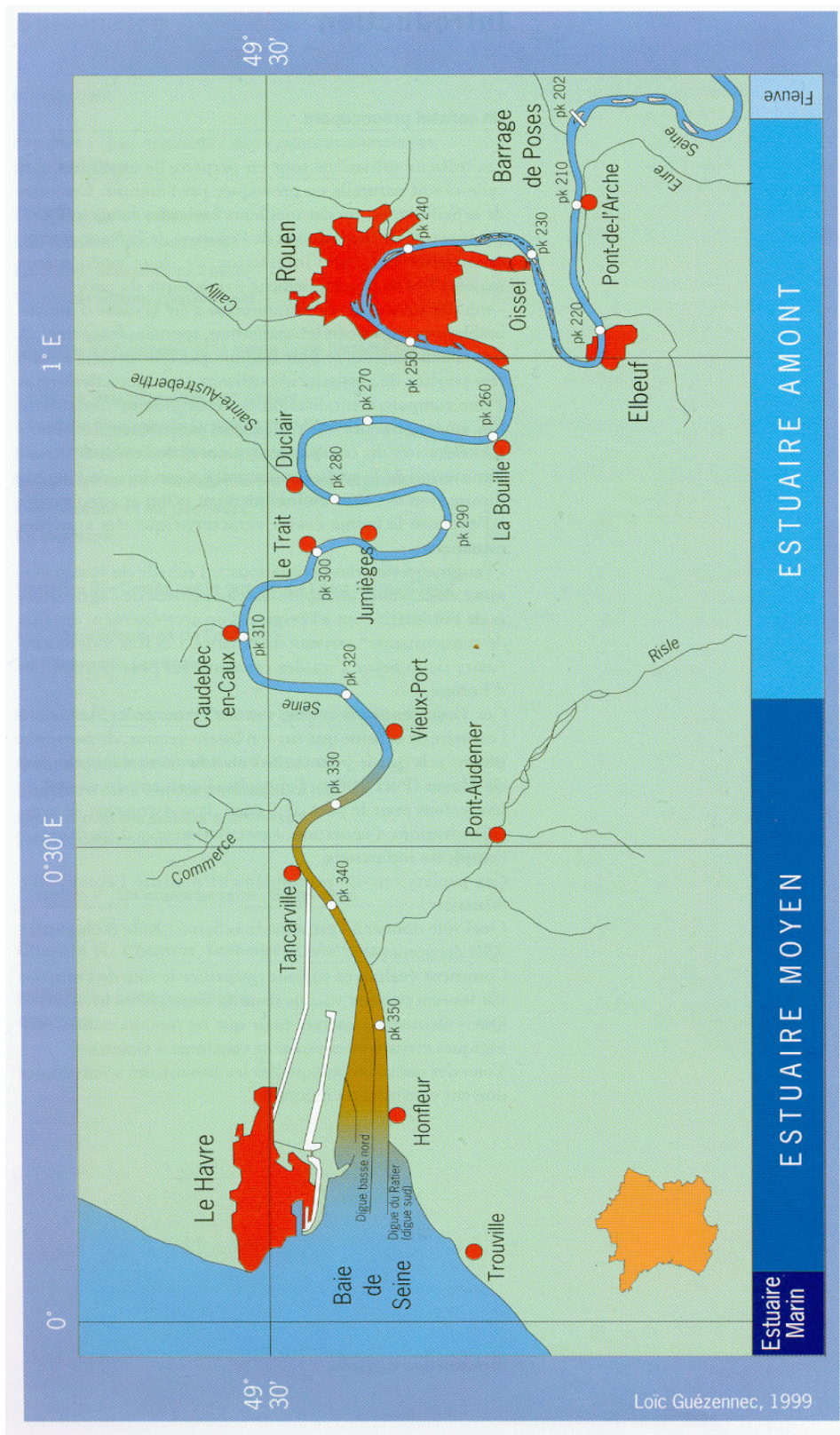


Op grond van de definitie van Fairbridge (1980) deelt Guézennec (1999) het Seine-estuarium in drie sectoren (zie figuur 28).

- het lage estuarium of mariene deel. Dit is het oostelijk deel van de Seinebaai stroomafwaarts van Honfleur (pk 364,77).
- het middenestuarium dat het gebied omvat waar zoet- en zoutwater mengen. Deze zone loopt van Honfleur tot aan de plaats Vieux-Pont (pk 324). Deze grens is een gemiddelde daar in relatie tot de rivierafvoer en het getij deze sterk van plek kan wisselen.
- het hoge estuarium of zoetwatergetijdengebied. Dit deel van het estuarium is zoet en begint bij de plaats Vieux-Pont en eindigt abrupt bij de stuw van Poses (pk 202)

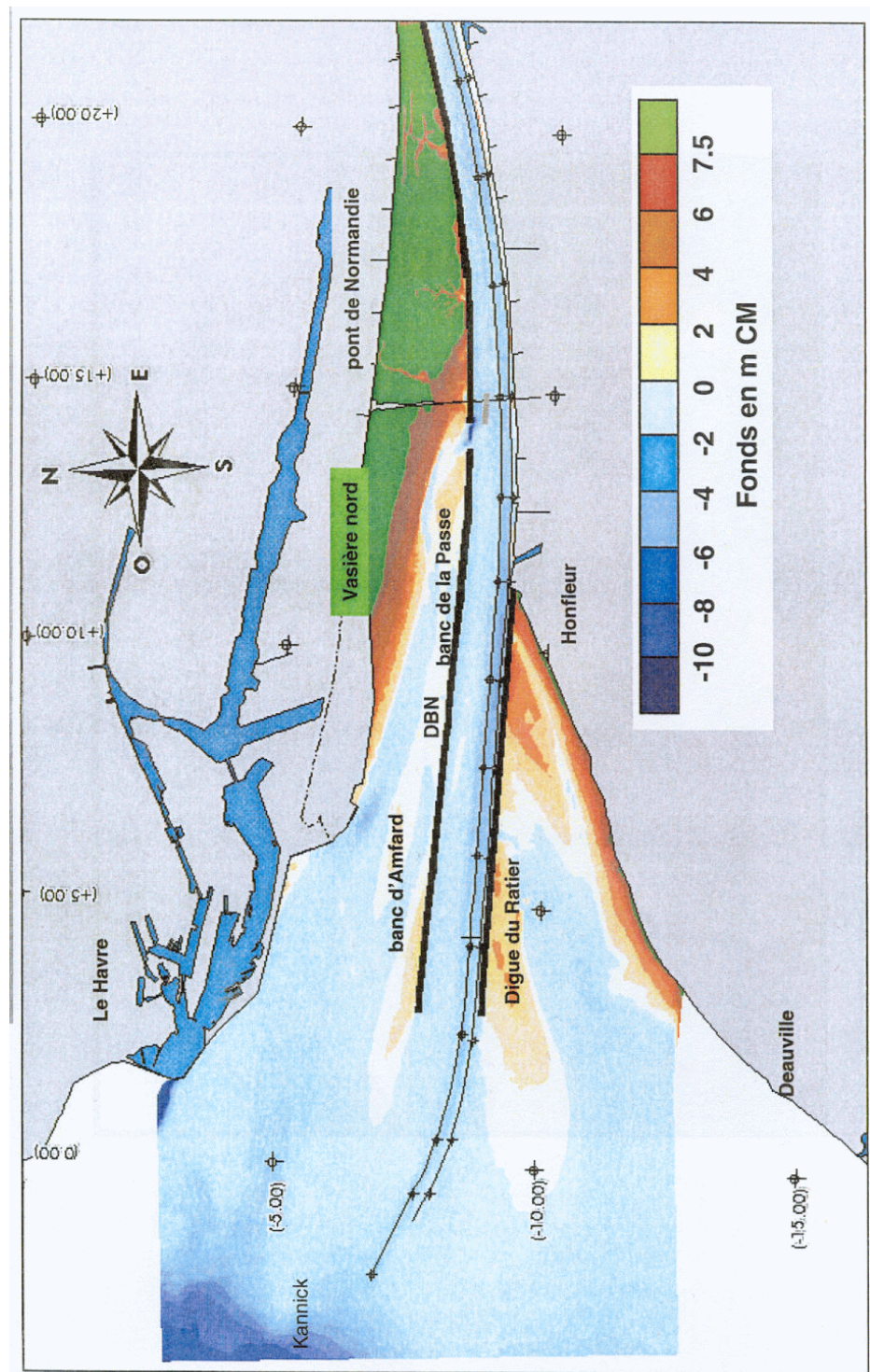
De totale lengte van het estuarium bedraagt naar schatting 180 km.

Figuur 28
Het estuarium van de Seine
(uit Guézennec et al., 1999).



Figuur 29

Bathymetrie van het mondingsgebied van het Seine-estuarium (Hamm et al., 2001).



Het estuarium heeft een oppervlak van 54.7000 ha (Port Autonome du Havre, 2000). 51.700 ha is water en zo'n 3.000 ha intergetijdengebied (slikken en platen) en schorren. Voorts is er 1.040 ha opgespoten terrein met een vegetatie die een duidelijke relatie vertoont met de estuariene dynamiek en 5.920 ha bedijkte (voormalige) schorren die extensief beweid worden met uitzondering van 1.100 ha die in gebruik zijn als cultuurground.

4.2 morfologie

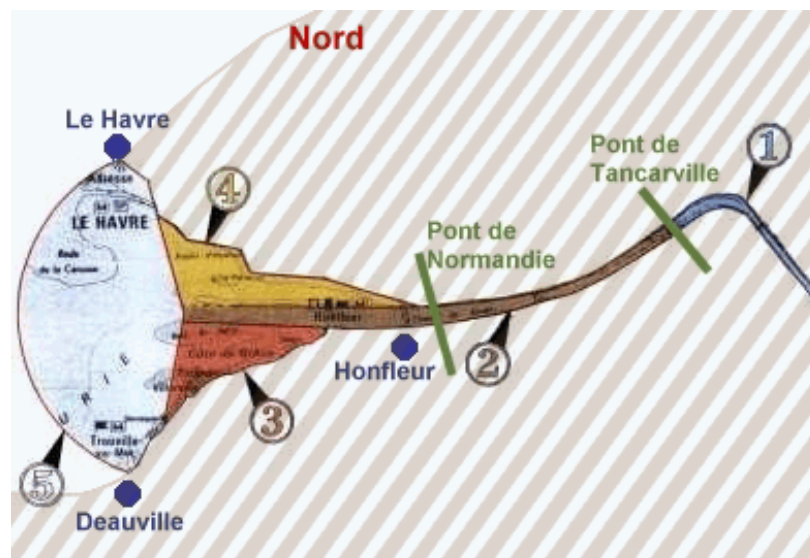
① (zie figuur 30) vanaf de stuw van Poses tot aan Tancarville wordt het estuarium van de Seine over 140 km gekarakteriseerd door 8 diep in het krijtsteen ingeslepen meanders (figuur 28). De rivier is er volledig vastgelegd en omvat vrijwel alleen de circa 10 meter diepe vaargeul, die door baggeren op diepte wordt gehouden.

② tussen Tancarville en Honfleur ligt de vaargeul (Kanaal van Rouen) tussen dijken en niet overstroombare geleidingsdammen ingeklemd (zie ook figuur 28 en 29). ④ tussen pk 346 en pk 360 ligt er aan de rechteroever achter de dijk (Digue basse du nord) een slikken- en schorrenstelsel (Fosse Nord) dat richting Honfleur steeds zandiger wordt. De maximale breedte hiervan is ongeveer 1.500 m. Parallel aan de vaargeul loopt in dit gebied een nevengeul, die ontstaan is door een gat dat gemaakt is in de dijk even stroomafwaarts van de Pont de Normandië. Ook na Honfleur blijft de vaargeul ingeklemd tot deze uitmondt in de Seinebaai ⑤. ③ achter de zuidelijke geleidingsdam (Digue du Ratier) vindt men een uitgestrekt zandig intergetijdengebied. De turbiditeitszone van het Seine-estuarium ligt volledig in de met ② in figuur 30 aangeduide zone.

⑤ het mondingsgebied van de Seine is een ondiepwatergebied met een slikkige zandbodem. Er doorheen loopt de vaargeul (kanaal van Rouen) die door voortdurend baggeren op diepte wordt gehouden.

Tussen Honfleur en le Havre zijn er 3 belangrijke geulen te onderscheiden. Voor de scheepvaart is er de vaargeul tussen de twee geleidingsdammen. Verder is er ten noorden van deze vaargeul een restant van de vaargeul uit de jaren 50, die momenteel sterk aan het verzanden is en een soortgelijke geul ten zuiden van de huidige vaargeul.

Figuur 30
Indeling van het Seine-estuarium in 5 zones.



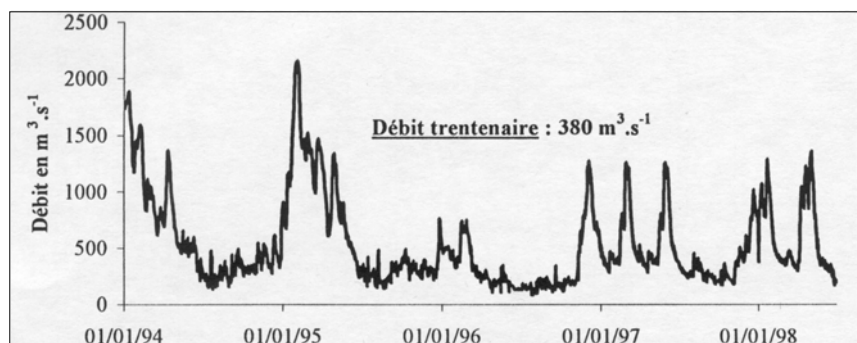
4.3 hydrodynamiek

rivierafvoer

De Seine is een echte regenrivier waarvan de afvoerpieken getemperd worden doordat het regenwater in het stroomgebied gemakkelijk in de poreuze ondergrond van kalksteen door kan dringen. De gemiddelde afvoer bedraagt $380 \text{ m}^3/\text{s}$ bij de stuw van Poses (figuur 31). Tijdens langdurige en hevige regenval kan de afvoer oplopen tot boven de $2800 \text{ m}^3/\text{s}$, terwijl in droge perioden deze tot rond de $75 \text{ m}^3/\text{s}$ kan dalen.

Figuur 31

Afvoer van de Seine bij de stuw van Poses (uit Mouny, 1998).



getijden

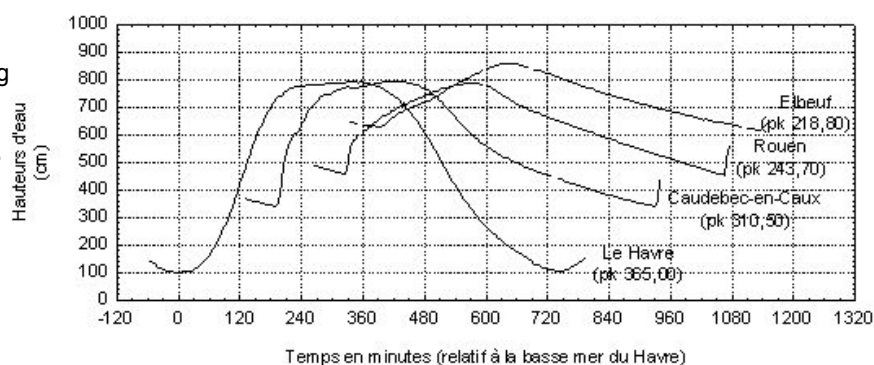
De getijgolf vanaf de Atlantische Oceaan heeft bij springtij een amplitude van 3 m wanneer deze het Kanaal (La Manche) binnenloopt. Richting het Nauw van Calais neemt de amplitude toe tot zo'n 8 meter. In het mondingsgebied van de Seine is de getijslag dan 7 meter. Tijdens springtij stijgt het water bijzonder snel en dit veroorzaakt een vloedgolf (*fr. mascaret*). De regulering van de rivier heeft echter het effect van de vloedgolf sterk gereduceerd. De vloedgolf kan 3 meter hoog worden en daarbij een gemiddelde snelheid van 7 m/s bereiken. Het watervolume dat tijdens springtij het estuarium stroomopwaarts van Le Havre binnendringt bedraagt 380 miljoen m^3 . Bij doodtij bedraagt de getijslag 3 meter.

De gemiddelde getijslag ligt bij Le Havre rond de 5 meter en neemt stroomopwaarts af tot enkele decimeters bij de stuw van Poses. Bij Rouen bedraagt deze toch nog 2 meter.

Stroomopwaarts verandert niet alleen de amplitude van de getijgolf, maar ook de vorm ervan wordt anders. Dit laat zich aflezen aan figuur 32.

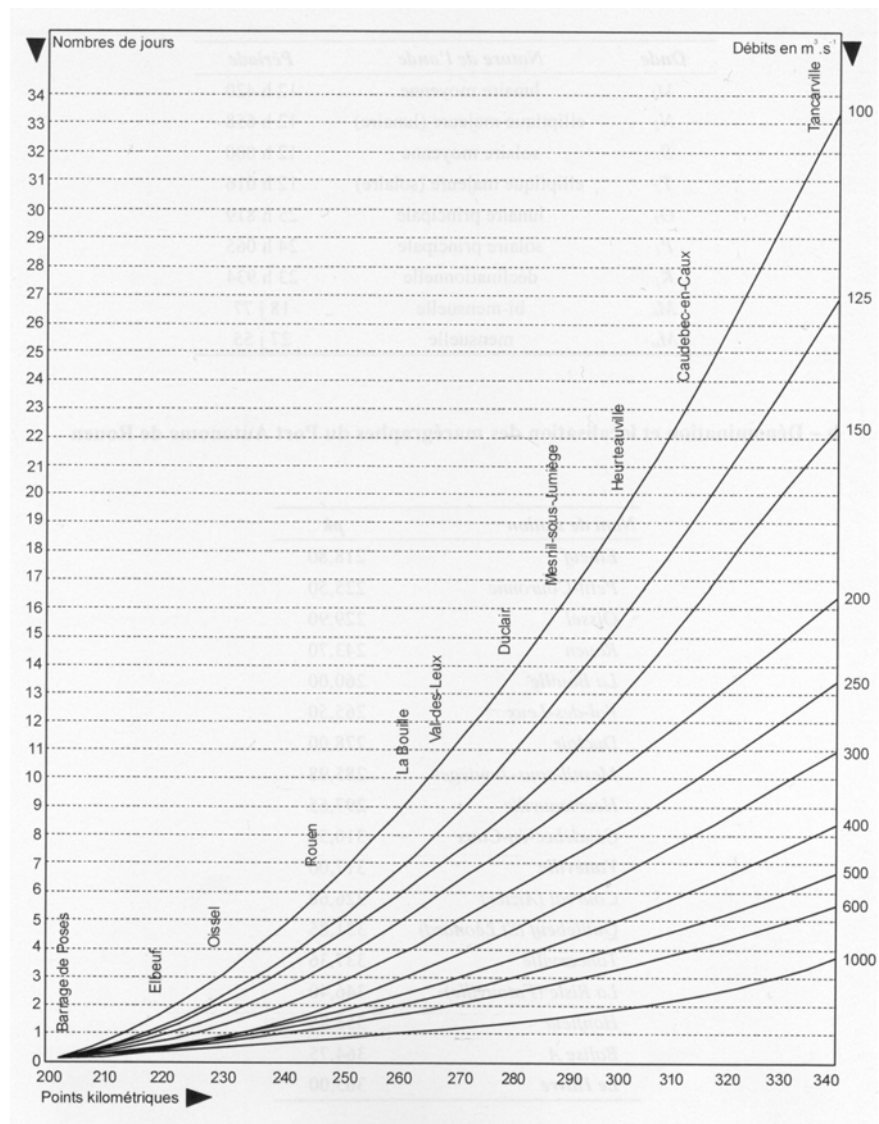
Figuur 32

Stroomopwaartse verandering van de getijgolf in het Seine-estuarium tijdens springtij en een afvoer van $200 \text{ m}^3/\text{s}$ op 5 mei 1996 (uit Guézennec, 1999).



Figuur 33

Verblijftijd van het water in het estuarium van de stuw van Poses en Tancarville (uit Guézennec, 1999).



verblijftijd

De verblijftijd van het water is afhankelijk van de afvoer van de rivier bij de stuw van Poses en bedraagt slechts enkele dagen bij hoge afvoer tot enige weken bij een lage afvoer. Dit is weergegeven in figuur 33 voor het traject vanaf de stuw tot aan Tancarville.

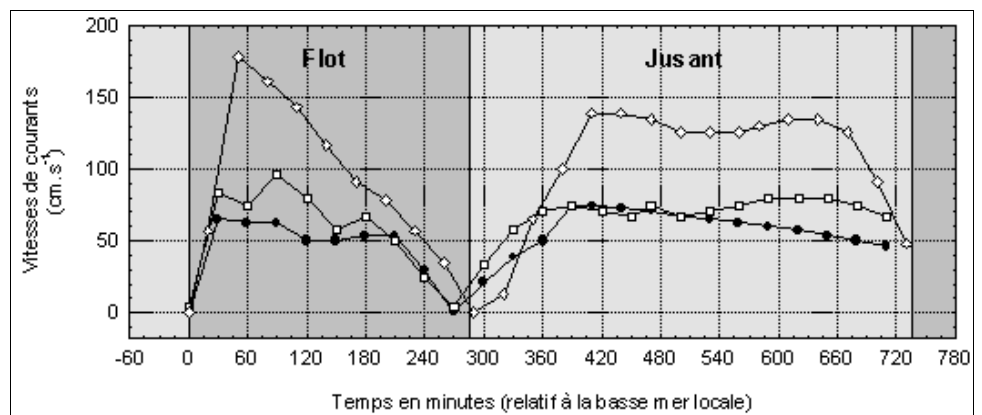
stroomsnelheden

Gevolgen van de verandering van de vorm van de getijkromme in het kanaal van Rouen zijn de verschillen in stroomsnelheden die er tijdens eb en vloed op verschillende locaties optreden. Deze zijn het hoogst nabij de monding en dan met name tijdens vloed. De maximale vloedstroomsnelheid bedraagt 1,8 m/s en de minimale ebstroomsnelheid 1,4 m/s. In figuur 34 zijn deze stroomsnelheden weergegeven tijdens de duur van een getijde op een drietal locaties.

Het (via een numeriek model berekend) verloop van de eb- en vloedstroomsnelheden aan de bodem over de lengte-as van het estuarium is te zien in figuur 35.

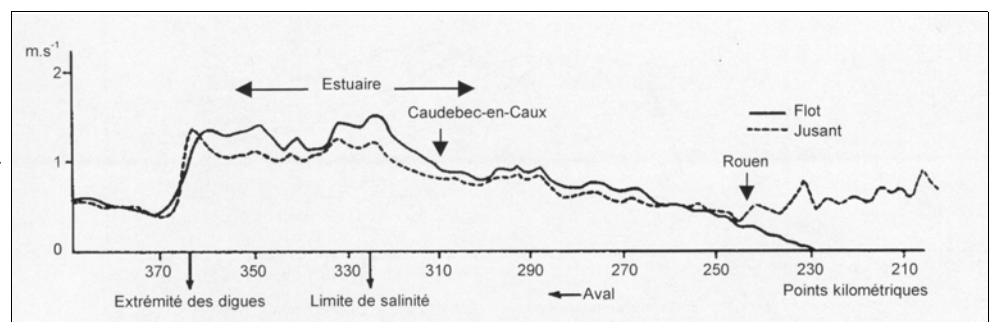
Figuur 34

Verloop van de stroomsnelheden op een drietal locaties in het Seine-estuarium onder gemiddelde omstandigheden. $\diamond$ =pk 318, $\square$ =pk 270, $\bullet$ =pk243. Vitesse de courants = stroomsnelheden, Temps en minutes (relatif à la basse mer locale) = tijd ten opzichte van het plaatselijke tijdstip van laagwater, flot = vloed, jusant = eb (uit Guézennec, 1999).



Figuur 35

Modelmatig berekende maximale stroomsnelheden aan de bodem over de lengte van het estuarium tijdens eb en vloed (uit Guézennec, 1999).



4.4 zoutdynamiek

De zoutgradiënt in het estuarium van de Seine wisselt dagelijks met het getij, gedurende de seizoenen door de wisseling in rivierafvoer en tweemaandelijks ten gevolge van spring- en doottij. Sinds het gereedkomen van de kanalisatie in 1964 ligt de zoutgrens gemiddeld door het jaar genomen bij pk 347 (tussen Honfleur en Tancarville). Bij vloed schuift deze gemiddeld zo'n 20 kilometer verder de rivier op. Bij lage afvoer en bij eb ligt de uiterste grens bij Vieux-Port (pk 324) (Mouny, 1998).

Er is sprake van stratificatie bij vloed en dan vooral bij hoge afvoer, terwijl bij lage afvoeren de verticale variatie in saliniteit gering is (<http://www.univ-lehavre.fr/cybernat/pages/seine.htm>). Bij vloed en bij hoge afvoer heeft de zoutindringing de vorm van een wig.

Abournou en Dauvin (1997) delen het estuarium als volgt op in saliniteitszones (zie hiervoor ook figuur 28):

limnetisch	vanaf de stuw bij Poses tot pk 250 bij Rouen
oligohalien	vanaf pk 250 tot aan Caudebec en-Caux (pk 311)
meso-polyhalien	vanaf pk 311 tot aan de Pont de Tancarville (pk 337)
polyhalien	vanaf pk 337 tot aan de grens met zeewater in de Seinebaai

In het voorjaar tijdens hoge afvoeren begint de oligohaliene zone pas bij de Pont de Tancarville (pk 337) (Mouny et al, 1996) en onder meer gemiddelde omstandigheden bij Caudebec-en-Caux (pk 311).

De maximale zoutgradiënt heeft een lengte van zo'n 140 km.

4.5 biodiversiteit

vegetatie

Waterplanten zijn in het estuarium van de Seine vanaf de stuw bij Poses tot aan Tancarville uiterst zeldzaam (Lasnier, 1998) een fenomeen dat verband houdt met de morfologie van het estuarium. Alleen stroomopwaarts van Rouen kan wel eens een plukje Waterpest (*Elodea sp.*) worden gevonden. Filamentueuze algen is vrijwel het enige dat er te vinden is.

Op de oevers komen soms bomen voor zoals de Wilg (*Salix spp.*), Els (*Alnus glutinosa*) en Vlier (*Sambucus nigra*). Typische (zeer algemene) oeverplanten die men kan vinden zijn Wolfspoot (*Lycopus europaeus*), Geoord helmkruid (*Scrophularia auriculata*), Liesgras (*Glyceria maxima*), Gele lis (*Iris pseudacorus*), Harig wilgenroosje (*Epilobium hirsutum*) en Grote kattenstaart (*Lythrum salicaria*), maar ook brandnetels en eiken.

De belangrijkste estuariene vegetatie (uitgezonderd duinen) ligt achter de Digue basse du nord (Besnard, 1998). Het is een omvangrijk schorren- en slikkengebied (frans voor schor is schorre en voor slik slikke). Het schorregebied is zo'n 7 km lang en maximaal 900m breed. Bijzondere elementen in dit schorregebied zijn de oude bomkraters (figuur 36) uit de Tweede Wereldoorlog. De opbouw is overeenkomstig de Nederlandse schorren, maar door de grotere getijslag zijn de zones breder. Naast de pioniersvegetaties met Langarige zeekraal (*Salicornia europaea*) en Engels slijkgras (*Spartina anglica*), vindt men er de grootse aaneengesloten rietvelden van Frankrijk. Van zeegras wordt geen melding gemaakt.

Van de laatste wordt 150 ha sinds 1990 om opslag van wilgen te voorkomen extensief met Camarguepaarden beweide.

In het aansluitende opgespoten terrein worden 6 grote vegetatie-eenheden onderscheiden:

..... Figuur 36

Gezicht op het schorren- gebied achter de Digue basse du nord. Goed zichtbaar zijn de bomkraters (uit Besnard, 1998).

- a. zilte dijkvegetatie van hard substraat
- b. zilte slikgraslanden
- c. riet- en biezenvelden
- d. ruderales vegetaties
- e. wilgenbos
- f. duinvegetatie



De flora omvat 225 soorten waaronder 68 voor de regio bijzondere soorten zoals Zeekool (*Crambe maritima*), Groenknolorchis (*Liparis loeselii*), *Orchis laxiflora*, Bitterkruidbremraap (*Orobanche picridis*) en Moeraslathyrus (*Lathyrus palustris*).

Op de harde substraten van de baai van de Seine komen in het intergetijdengebied 69 wiersoorten voor. De meest dominante zijn algemene soorten als Gezaagde zeeëik (*Fucus serratus*), Donker buiswier (*Polysiphonia nigrescens*), Zeesla (*Ulva spp.*) en Plat darmwier (*Enteromorpha compressa*) (Duhamel, 1994).

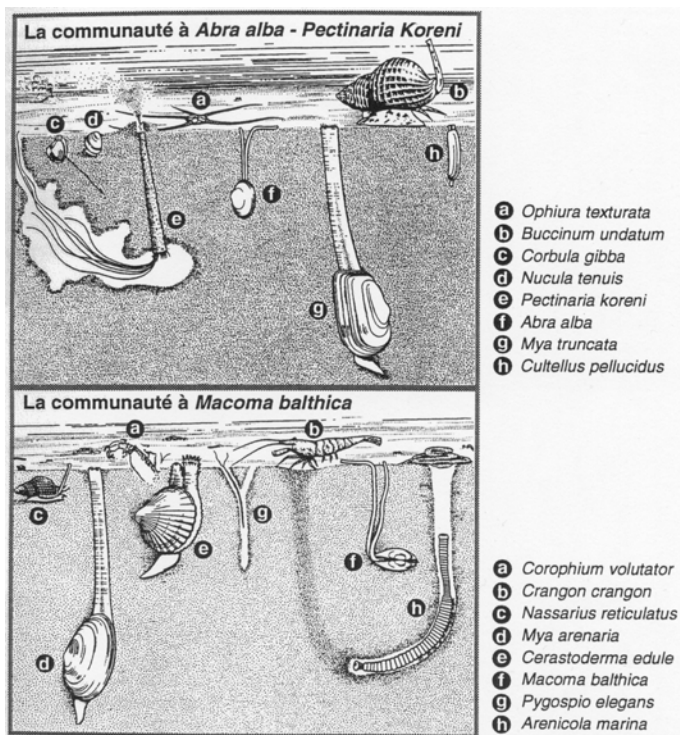
macrofauna

Door Lasnier (1998) is het zoetwaterbenthos van de Seine tussen de stuw bij Poses en Caudebec en-Caux op 22 locaties in 1998 geïnventariseerd. Daarbij trof zij 55 soorten aan. Kenmerkend voor elke locatie was de aanwezigheid van zoetwaterpissebedden van het geslacht *Asellus*, andere Crustacea waren in mindere mate aanwezig. Van het geslacht *Gammarus* werden op 10 locaties individuen aangetroffen. Op één locatie na was de Driehoeksmossel overal aanwezig en deze is op de harde substraten van de Seine te vinden vanaf Poses tot even voor Tancarville. Voor wat betreft de soortenrijkdom scoren de weekdieren in het zoete deel van het Seine-estuarium het hoogst. Vanaf de stuw tot aan Caudebec en-Caux neemt de dichtheid van het benthos toe (Costil, 1998). Opvallend is een aanzienlijk rijkere macrofaunagemeenschap stroomopwaarts van Rouen vergeleken met die stroomafwaarts. Na Rouen is er een extreme verarming, waarvan de oorzaak gezocht moet worden in de watervervuiling (Lasnier, 1998).

In de waterkolom zijn met name copepoden dominant aanwezig. In de oligohaliene zone domineert in de waterkolom de copepode *Eurytemora affinis*, het belangrijkste voedsel voor diverse andere organismen waarvan de aasgarnalen en steurgarnalen de belangrijkste zijn (Abarnou & Dauvin, 1997). Naarmate het water zouter wordt, gaan de copepoden van de genera *Acartia* en *Temora* domineren, maar ook allerlei andere soorten. (Mouny & Dauvin, 1998). Het suprabenthos (de dieren in de 1 meter van de waterkolom vanaf de bodem) wordt in het meso- en polyhaliene deel van het Kanaal van Rouen naast grondels, gedomineerd door de aasgarnalen, *Neomysis integer* en *Mesopodopsis slabberi* en de decapoden *Palaemon longirostris* (Langneussteurgarnaal) en *Crangon crangon* (Gewone garnaal). In de baai van de Seine is de suprabenthosgemeenschap door het hogere zoutgehalte aanzienlijk rijker (Abarnou & Dauvin, 1999).

Figuur 37

De levensgemeenschappen *Abra alba*-*Pectinaria koreni* en *Macoma balthica* (naar Thorson, 1979 uit Anonymus, 1995).



In de baai van de Seine zijn de belangrijkste bodemdiergemeenschappen (zie figuur 37) die van *Abra alba* (Witte dunschaal, een tweekleppige) en *Pectinaria koreni* (Goudkammetje, een borstelworm) voor het sublitoraal en *Macoma balthica* (Nonnetje, een tweekleppige) voor het intergetijdengebied (Desprez, M., et al., 1992, Dauvin et al., 1993). Afhankelijk van de samenstelling van het zacht substraat kunnen ook zeeduizendpoten of slijkgarnalen domineren (Abarnou & Dauvin, 1999). In totaal worden in het sublitoraal en het intergetijdengebied resp. 68 en 66 soorten gevonden (Duhamel, 1994).

vissen

In het zoete deel van het estuarium tussen Poses en Rouen komen slechts 9 zoetwatervissoorten voor en bij Rouen slechts 2. De dichtheid is er bovendien bijzonder laag. De soorten die over het gehele traject kunnen worden gevonden zijn Alver (*Alburnus alburnus*) en Snoekbaars (Abarnou & Dauvin, 1997). Het geringe aantal soorten en de geringe biomassa worden veroorzaakt door de slechte waterkwaliteit en de periodiek lage zuurstofconcentraties.

Op het traject Rouen-Caudebec, de oligohaliene zone, komen 12 vissoorten voor. Hieronder bevinden zich enige estuariene en mariene soorten. De meest voorkomende soort is de Driedoornige stekelbaars. Alle gevangen vissen waren klein van stuk en de biomassa was zeer laag, ook hier speelt de abominabele kwaliteit van het water de vissen parten (Abarnou & Dauvin, 1997).

In het meso- tot polyhaliene traject, tussen Caudebec en Honfleur komen 11 vissoorten voor, met als meest constante soort de Paling. Juveniele mariene soorten komen er in grote getalen voor. De belangrijkste vertegenwoordiger onder de juvenielen is de Zeebaars (*Dicentrarchus labrax*). Op de bodem domineren het Dikkopje (*Pomatoschistus minitus*) en de Brakwatergrondel (*P. microps*) (Abarnou & Dauvin, 1997).

Na Honfleur neemt het aantal soorten sterk toe. In de baai van de Seine komen 49 vissoorten voor, 2 zijn estuarien, 6 zijn trekvis en de overige zijn mariene vissoorten (Abarnou & Dauvin, 1997). Het estuariene deel van de baai is buitengewoon belangrijk als opgroeigebied voor diverse jonge vissoorten (Morin et al., 1999). Vooral de intergetijdengebieden spelen een belangrijke rol, jonge vis is er vooral op zoek naar Slijkgarnaal (*Corophium spp.*) en Zeeduizenpoot (*Nereis diversicolor*).

vogels

De Seinebaai is het gehele jaar door een belangrijke pleisterplaats van een groot aantal vogelsoorten (255 soorten, 20.000 individuen). In de wintermaanden overschrijden verschillende soorten er de 1%-norm. Als overwinteringsgebied is het estuarium van internationaal belang voor de Kluut, Bergeend (*Tadorna tadorna*) en Pijlstaarteend (*Anas acuta*). Het slikken- en schorregebied van de Fosse Nord is buitengewoon belangrijk voor vogels. In totaal komen er 157 soorten voor. Van nationaal belang zijn er onder andere Woudaapje (*Ixobrychus minitus*), Roerdomp (*Botaurus stellaris*), Lepelaar (*Platalea leucocordia*), IJseend (*Clangula hyemalis*), Bruine kiekendief (*Circus aeruginosus*) en de zeer zeldzame Waaierstaartrietzanger (*Cisticola juncidis*) (Besnard, 1998, Port Autonome du Havre, 2000).

Van het traject Seinebaai tot aan de stuw bij Poses zijn geen gegevens over de vogels gevonden. Het staat echter buiten kijf dat die er wel zijn.

Aangenomen moet worden dat, buiten het gebruik van vernoemd traject als rustplaats (meedobberen), het als foerageeromgeving voor watervogels niet interessant is.

andere diersoorten

De Fosse Nord is ook van belang voor allerlei andere diersoorten dan vissen en vogels (Besnard, 1998).

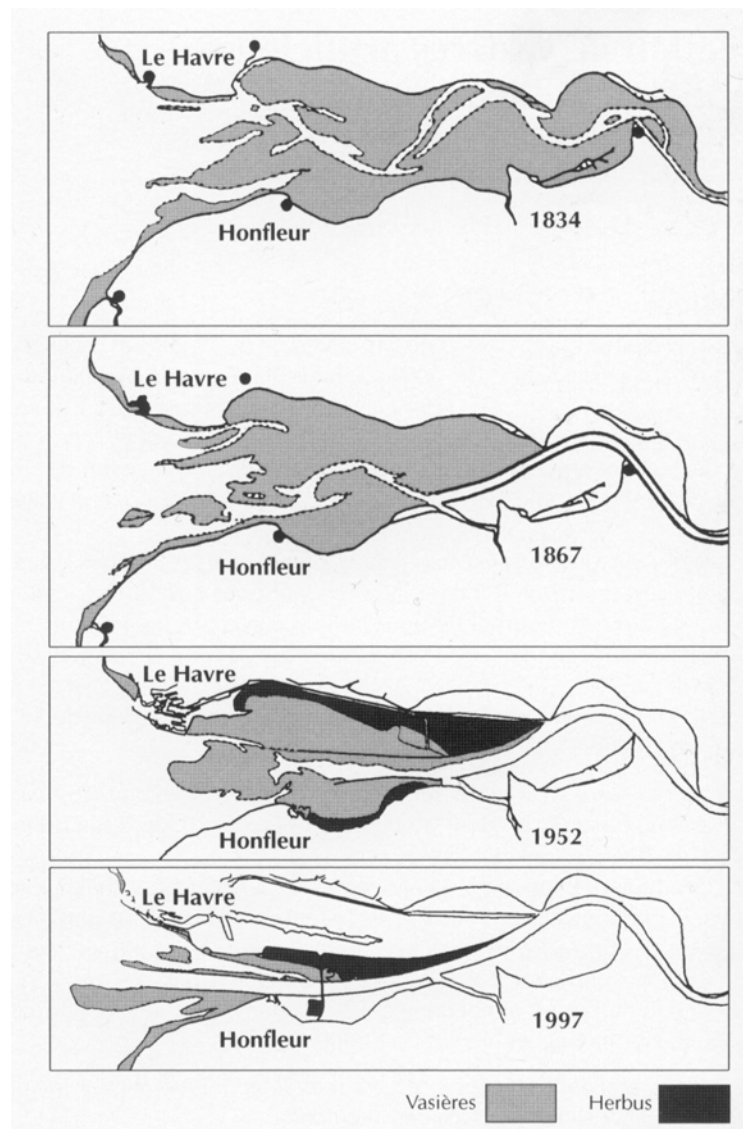
In het gebied komen 15 zoogdiersoorten voor. Ondanks de afwezigheid van schuilplaatsen worden er regelmatig drie soorten vleermuizen waargenomen. Een voor Frankrijk belangrijke soort die er voorkomt is de Bunzing (*Putorius putorius*).

5 amfibieën- en 3 reptielensoorten zijn in het gebied aanwezig. Zij alle genieten een beschermde status.

Onder de insecten zijn de vlinders met 119 soorten het best vertegenwoordigd. Hieronder bevindt zich een aantal uiterst zeldzame soorten.

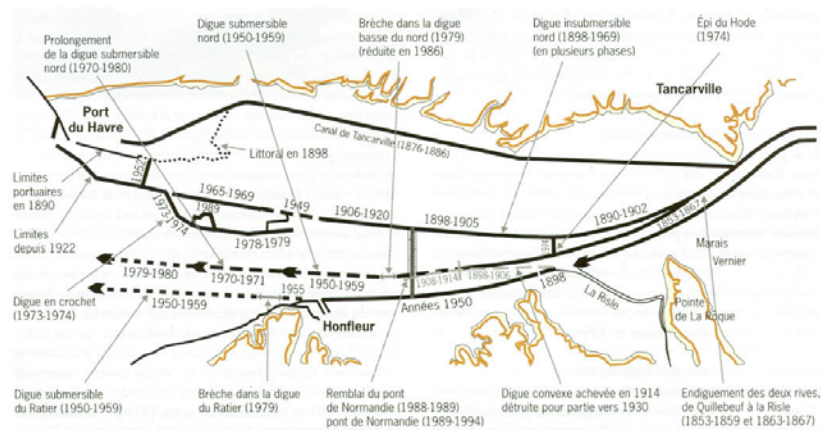
.....
Figuur 38

Achteruitgang van de intergetijdengebieden in het Seine-estuarium (uit Auger & Verrel, 1997). vasières = slikken, herbus = begroeiing.

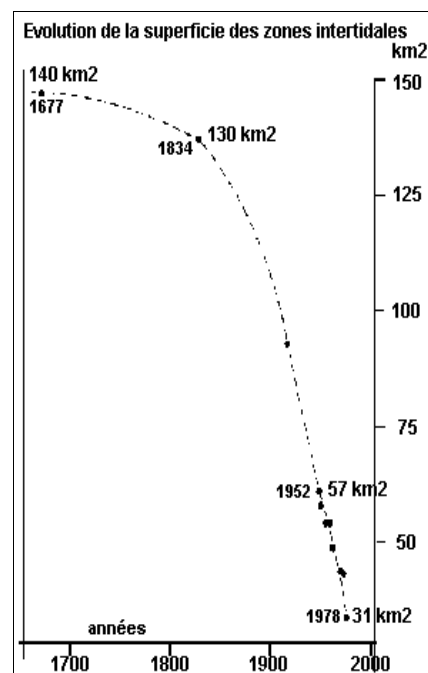


Op een enkele bedijking in de 17^e eeuw na is men in het midden van 19^e eeuw flink van start gegaan met het ingrijpen in de loop van de rivier (Lesueur, 1999) . De belangrijkste reden om de rivier te gaan bedijken was om Rouen beter voor zeeschepen toegankelijk te maken, maar ook om land te winnen voor industrie en haven in de omgeving van le Havre (zie figuur 39) en de groei van de bevolking. Tot het aanleggen van de haven van le Havre werd in 1517 besloten door François de Eerste. Vanaf die tijd tot aan het midden van de 19^e eeuw is het estuarium nauwelijks aangetast. Daarna is echter zo veel intergetijdengebied verloren gegaan, dat er nu nog slechts 22% van over is (van 14.000 ha eind 17^e tot nog maar 2900 ha in 2000, Port Autonome du Havre, 2000). Dit is weergegeven in figuur 40.

Figuur 39
Bedijkingen ten behoeve van
de haven van le Havre en het
Kanaal van Rouen (uit
Lesueur, 1999).



Figuur 40
Afname van het
intergetijdengebied in het
estuarium van de Seine in de
loop der tijd (uit Auger &
Verrel, 1997).



Het havengebied heeft een totaal oppervlak van 6.415 ha. Hiervan is 2.014 ha in gebruik. Het overige gebied (4.398 ha) dient als reserve en heeft de functie als nomadennatuur.

De eerste verdieping van de vaargeul tot 4,5 m tot aan Rouen vond plaats tussen 1896 en 1920. Hierna zijn in het mondingsgebied verschillende dijken en geleidingswerken aangelegd (figuur 39) en is men doorgegaan met baggeren. De huidige vaargeuldiepte is 10 m. In de nabije toekomst zal een verdere verdieping tot 10,3 m plaatsvinden. De vaargeul is minimaal 120 m breed.

scheepvaart

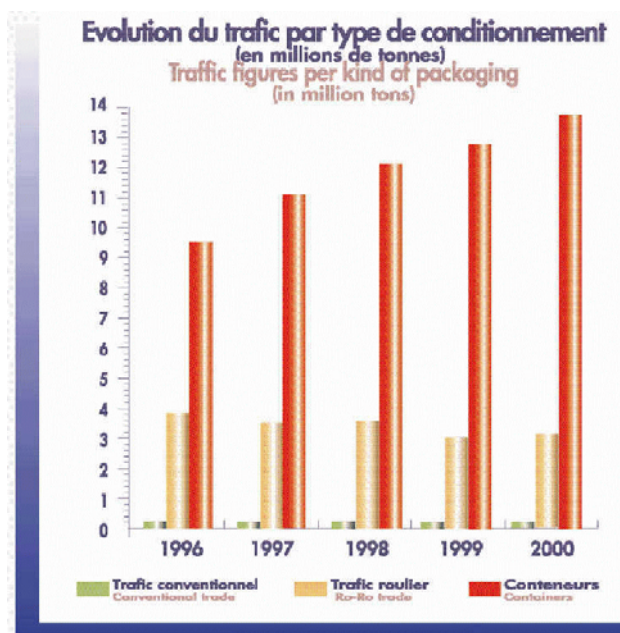
Jaarlijks leggen er in de haven van Rouen tussen de 3500 en 4000 zeeschepen aan. Dit betekent dat er tussen 7000 en 8000 scheepvaartbewegingen per jaar zijn. Hierbij is de binnenvaart niet meegeteld. De maximale lengte dat een schip mag hebben om naar Rouen te mogen varen bedraagt 280 m.

De haven van Le Havre is de grootste van Frankrijk en de vijfde van Europa. In 1966 legde er het eerste containerschip aan en sindsdien is de overslag van containers alleen maar gegroeid en groeit nog steeds (figuur 41). In de haven van Le Havre werden in 2000 7333 schepen aan 44% daarvan was containerschepen (figuur 42) en deze namen 81% van de omzet voor hun rekening (www.havre-port.fr).

.....

Figuur 41

Ontwikkeling van de container- en andere vormen van goederenoverslag (www.havre-port.fr).

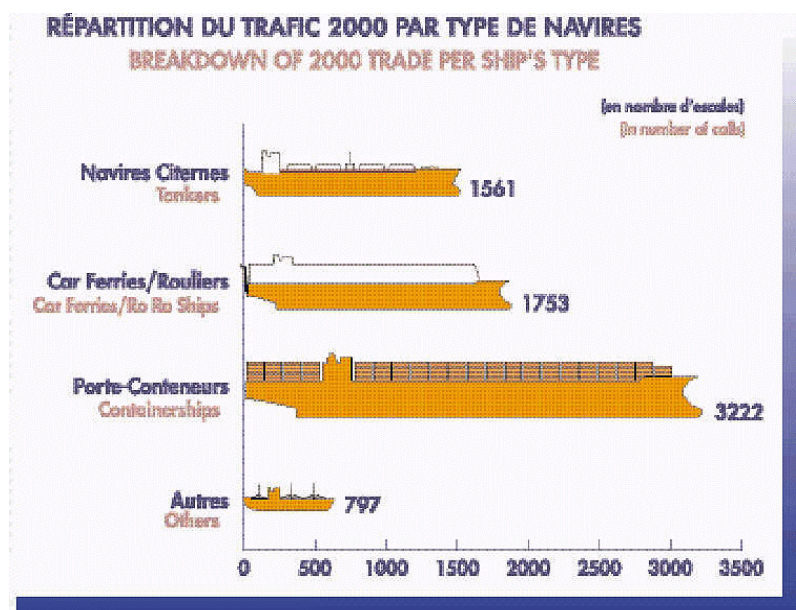


Om aan de vraag om ruimte ten gevolge van de groei te kunnen voldoen, gaat de haven op korte termijn uitbreiden. De havenuitbreiding moet op een wijze tot stand komen dat de natuurfunctie van het estuarium geen geweld wordt aangedaan. Om hieraan te kunnen voldoen heeft een uitgebreide milieueffectrapportage plaatsgevonden (Port Autonome du Havre, 2000).

.....

Figuur 42

Aantal schepen dat in 2000 de haven van Le Havre aandeed (www.havre-port.fr).



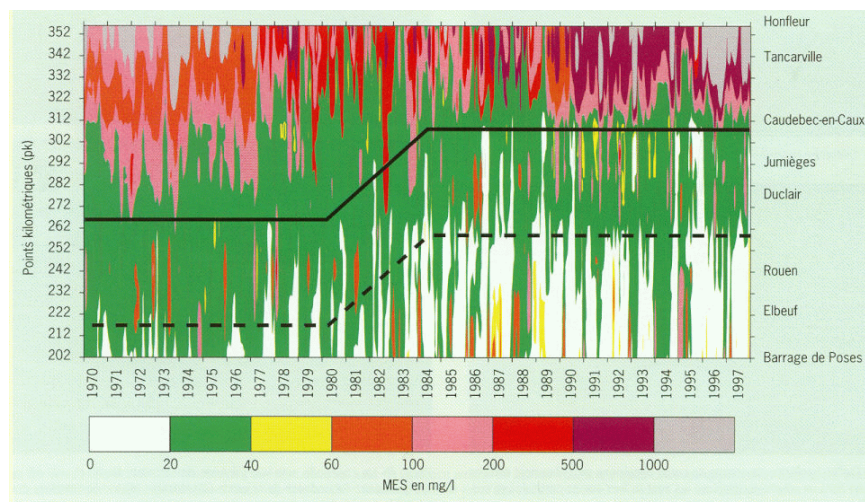
brakwatergrens

Door de kanalisatie bovenstrooms en de versmalling van de monding door de geleidingswerken benedenstrooms is de zoutindringing de afgelopen 20 jaar 50 km meer stroomafwaarts komen te liggen (Duhamel, 1994, Guézennec, 1999, Dupont et al., 2001). Daarmee is de turbiditeitszone met zo'n 50% ingekort. Dit is goed te zien in figuur 43. Het belangrijkste gevolg van het verschuiven en het inkorten van de turbiditeitszone is een versterkte schorvorming boven de Digue du Nord en het daardoor verdwijnen (verzanden) van de voor jonge vis belangrijke slikken en slibrijke ondiepwatergebieden (zie ook paragraaf 4.7).

.....

Figuur 43

Verschuiving van de turbiditeitszone ten gevolge van de kanalisatie van Seine. mes = gesuspendeerd materiaal (uit Dupont et al., 2001).

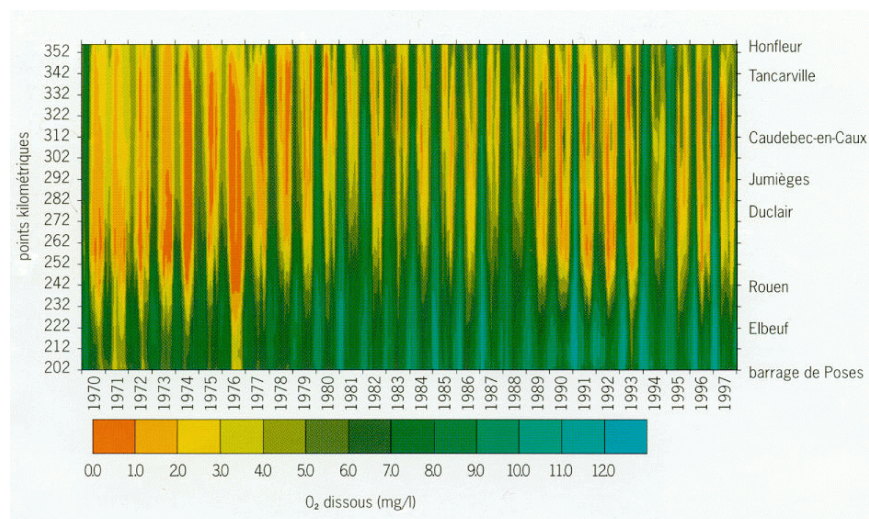


zuurstofconcentratie

In het stroomgebied van de Seine wonen 16 miljoen mensen waarvan 12 miljoen in de regio Parijs. 40% van de industriële activiteit van Frankrijk vindt hier plaats. De Seine wordt hierdoor zwaar belast met organische stof en andere stoffen die veel zuurstof vragen bij heterogene afbraak. De belangrijkste oorzaak van het tekort aan zuurstof in het water is de lozing van ammonium door de waterzuiveringsinstallaties. De omzetting ervan door nitrificerende bacteriën onttrekt vooral bij lage afvoer van de rivier vrijwel al het zuurstof aan het water (Billen et al., 1999). Bij hoge afvoeren die in de winter plaatsvinden is er minder vaak sprake van een

Figuur 44

Zuurstofverzadiging van het water van de Seine in de periode 1970 tot en met 1997. dissous = opgelost (uit Guézennec et al., 1999).



zuurstoftekort. In figuur 44 is het zuurstofverzadigingsniveau van het Seinewater tussen Poses en Honfleur over de periode 1970 tot en met 1997 weergegeven. Te zien valt aan deze figuur dat er ten opzichte van de zeventiger jaren weliswaar enige verbetering is opgetreden, maar dat het verzadigingsniveau toch nog steeds zeer kritisch is.

verontreiniging

Het Seine-estuarium behoort tot de vervuilde estuarium van Europa en is wellicht zelfs het meest vervuilde. Of het nu gaat om zware metalen, PCB's of PAK's dan wel bacteriën en virussen de Seine scoort ver boven de kritische niveaus (Servais et al., 1999, Boust et al., 1999, Chiffolleau et al., 1999, Cossa & Ficht, 1999, Tronczynski et al., 1999, Abarnou et al., 2000). Dit heeft zijn weerslag op niet alleen op het aantal soorten organismen dat er voorkomt (vooral benedenstrooms Rouen), maar op het gehele Seine-ecosysteem. Vooral de toppredatoren hebben het zwaar te verduren en dit komt tot uitdrukking in bijvoorbeeld de vele tumoren en aandoeningen van bacteriële en virale aard die bij de bot worden gevonden (Burgeot et al., 1999).

4.7 ecologische knelpunten en oplossingen

De belangrijkste ecologische knelpunten zijn de huidige morfologie van vooral het bovenstroomse estuarium en de waterkwaliteit. Teneinde hier oplossingen voor te kunnen vinden, zijn sinds 1955 allerlei interdisciplinaire onderzoeksprogramma's gestart. Daarnaast heeft Frankrijk binnen de Europese Unie zich verplicht de lozingen op het kanaal te verminderen. Om dit laatste te controleren, maar ook om oplossingen te vinden voor de problemen die zich hier bij voor doen, is in 1995 het

wetenschappelijk programma Seine-Aval met een totaal budget voor 5 jaar van ruim 7 miljard gulden van start gegaan (Guézennec, 1999). Binnen de betrokken organisaties, waarvan de Agence de l'Eau Seine-Normandie als stroomgebiedsbeheerder de belangrijkste is, wordt, ook in relatie tot de Kaderrichtlijn Water, hard gewerkt aan maatregelen die er voor moeten zorgen dat in het Seinestroomgebied weer een gezond en duurzaam functionerend estuarien ecosysteem ontstaat (pers. meded. Heri Andriamahefa, Agence de l'Eau Seine-Normandie).

zuurstofgehalte

Om het zuurstofverzadigingsniveau van de rivier te verbeteren wordt vooral gewerkt aan de verbetering van de afvalwaterzuiveringsinstallaties en dan wel in het bijzonder die van Parijs. Rond 2004 moeten bij de afvalwaterzuiveringsinstallatie de nitrificatie-eenheden in werking zijn. Gelijktijdig moet ook de fosfaatconcentratie in het water worden teruggebracht (Billen et al., 1999).

De te lage zuurstofgehalten gedurende 6 maanden per jaar worden als de belangrijkste barrière gezien voor trekvis als Zalm en Paling.

4.7 natuurontwikkeling

natuurherstel

In het gebied van de Fosse Nord is na de bedijking de schorvegetatie flink toegenomen (Laseur, 1999). Dit is een gevolg van de verhoogde sedimentatie door de aanleg van de geleidingsdammen en de verplaatsing en verkorting van de turbiditeitszone in westwaartse richting. Tussen 1978 en 1985 breidde het schor zich uit met een snelheid van 50 tot 150 m per jaar. Hiermee is het begroeid oppervlak in die periode met 4 km² toegenomen oftewel 58 ha per jaar. Tussen 1985 en 1994 heeft het schor zich nog eens 500 m naar het zuiden toe uitgebreid. Groei per jaar in deze periode zo'n 21 ha, waardoor het schor nog eens 1,9 km² is gegroeid. De groei van het schor is ten koste gegaan van het kale slik dat 90 ha kleiner is geworden en daardoor steeds zeldzamer in het Seine-estuarium. Gezien het belang van deze gebieden voor jonge vis is om verdere opslibbing en dus verdere successie tegen te gaan in 1990 een gat in de geleidingswerken gemaakt. Of dit daadwerkelijk resultaat zal hebben, is afwachten. De uitbreiding van het schor is weliswaar langzamer maar zet zich nog steeds voort

natuurontwikkeling- en behoud

Als compensatie voor de aanleg van de Pont de Normandie is even stroomopwaarts ervan in 1990 een slikkig intergetijdengebied van 25 hectare aangelegd. De aanleg had tot doel een foerageergebied voor vogels en vissen te creëren (Bessineton, 1997). Gedurende de afgelopen 10 jaar is daar nog slechts 10 hectare van overgebleven (Bessineton, interview 2001). Om het voortbestaan van het slik veilig te stellen zal er in de Digue du Nord ter compensatie voor de uitbreiding van de haven van le Havre bovenstrooms een tweede doorstroomopening worden gemaakt, waarop een nog te graven geul zal worden aangesloten (Port Autonome du Havre, 2000).

Compenserende en mitigerende maatregelen in relatie met de uitbreiding van de haven van le Havre betreffen ondermeer de aanleg en het onderhoud van broed- en rustgebieden voor steltlopers zoals de Kluut (Port Autonome du Havre, 2000). Het leeuwendeel wordt gerealiseerd ten noorden van het Kanaal van Rouen, een klein deel, de aanleg van een drietal eilanden, ten zuiden ervan (zie ook bijlage 6).

In de baai van de Seine is een areaal van 3.800 ha als natuurgebied aangewezen (Bessineton, 1997). Het totale natuurgebied onder invloed van de estuariene dynamiek is daarmee verdubbeld en is na de Camargue (Rhônedelta) het grootste natte natuurgebied van Frankrijk geworden. Het moet het voortbestaan van het ecosysteem van schorren en slikken waarborgen.

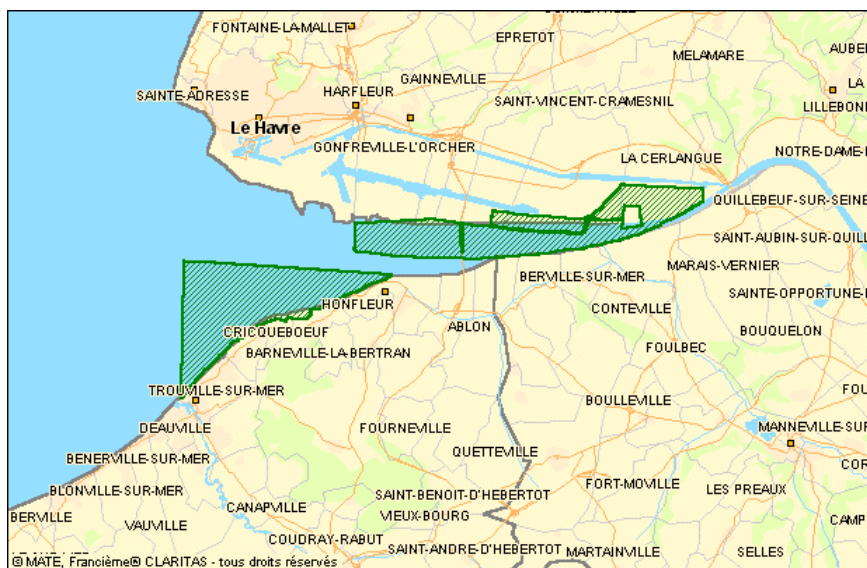
Natuurontwikkeling en -herstel heeft voor wat het estuarium betreft uitsluitend plaatsgevonden in de Seinebaai en de omgeving van de monding. Op dit moment wordt de kwaliteit van alle waterlopen en de activiteit van de mens in het stroomgebied van de Seine in kaart gebracht zodat duidelijk wordt waar de belangrijkste knelpunten zich bevinden en maatregelen genomen kunnen worden om deze op te lossen (pers. meded. Heri Andriamahefa).

vogel- en habitatrichtlijn

In de baai van de Seine is een gebied (figuur 45) met een oppervlakte van 6.569 ha aangewezen als "site Natura 2000" en valt daarmee onder de vogel- en habitatrichtlijn (<http://natura2000.environnement.gouv.fr/sites/FR2300121.html>). Delen van dit gebied hadden reeds een beschermde status.

Ook langs het Estuaire Moyen van de Seine (zie figuur 46) is een groot oppervlak (12.371 ha) de status van "site Natura 2000" ten deel gevallen. Het betreft een verscheidenheid aan vochtige ecotopen die weliswaar

Figuur 45
Gebied (groen gearceerd) in de baai van de Seine dat is aangewezen als een "site Natura 2000".

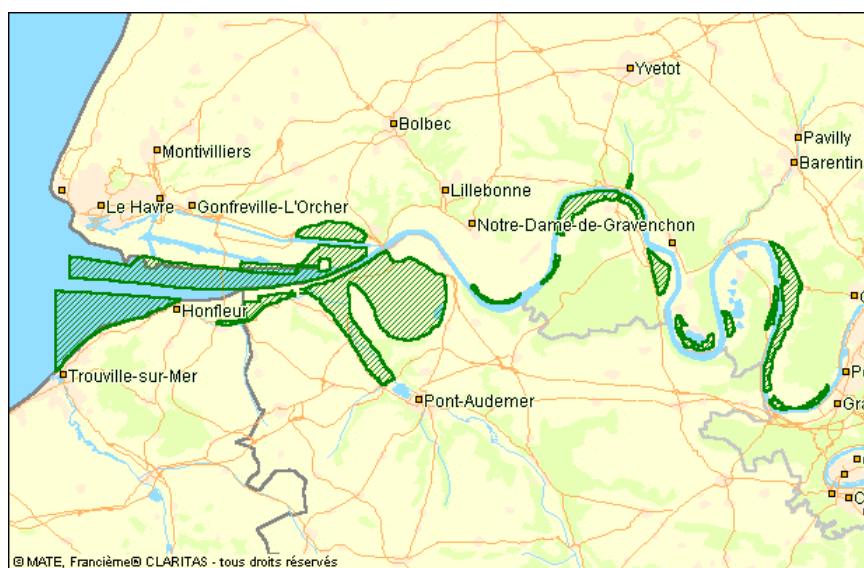


niet meer onder invloed van het getij staan, maar die bijzonder belangrijk zijn voor vogels.

Bovenstrooms Rouen tot aan de stuw van Poses is een relatief klein gebied van 344 ha als "site Natura 2000" aangewezen.

.....
Figuur 46

Gebied (groen gearceerd) in
het Estuaire Moyen van de
Seine dat is aangewezen als
een "site Natura 2000".



5 Het estuarium van de Taag

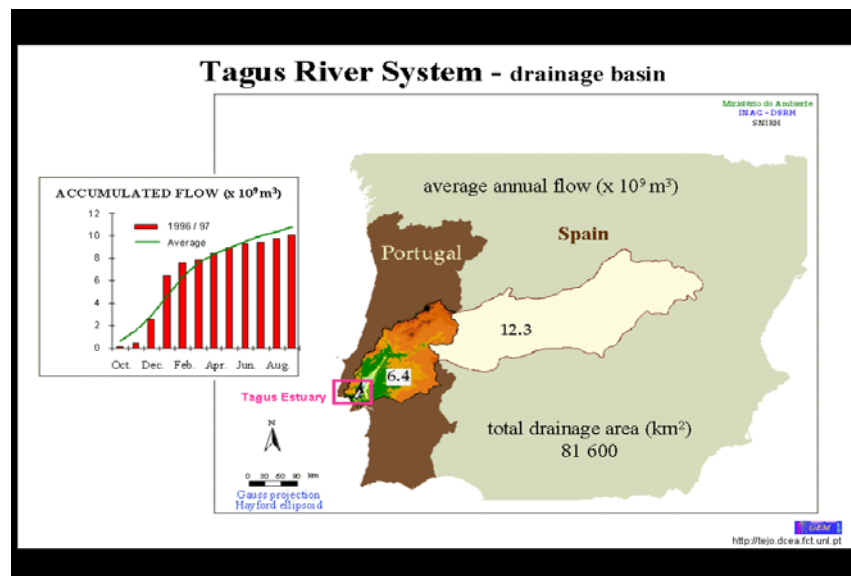
In bijlage 7 is een samenvattende tabel opgenomen.

5.1 stroomgebied en begrenzing van het estuarium

De Taag (in het Portugees Tejo) ontspringt op de Serrania de Cuenca (1.590 m) in Spanje en draineert een stroomgebied met een oppervlakte van 81.525 km², waarvan 2/3 in Spanje gelegen is. De rivier is met een lengte van 1.070 km (inclusief het estuarium) de langste van het Iberisch schiereiland.

.....

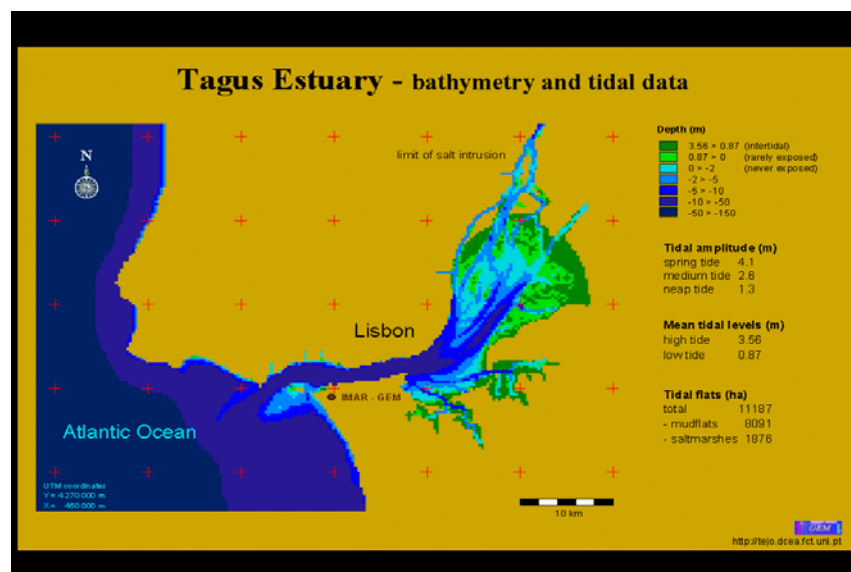
Figuur 47
Het stroomgebied van de Taag (uit Ferreira et al, 2000).



Gelezen van de kaart begint het estuarium zo'n 14 kilometer voordat de rivier uitmondt in de binnenbaai, de Mar da Palha. Deze baai heeft tot aan de monding van het estuarium in de Atlantische Oceaan een lengte van naar schatting 35 km. De maximale lengte van het estuarium onder normale omstandigheden bedraagt ongeveer 50 km, maar kan bij stormvloed stroomopwaarts toenemen met 30 km tot 80 km (Cabral, 1998).

.....

Figuur 48
Morfologie van het Taagestuarium, bathymetrie en getijdengegevens (uit Ferreira et al, 2000).



5.2 morfologie

Het estuarium van de Taag is peervormig (zie figuur 48), ongeveer 35 km lang (het rivierdeel niet meegerekend), 15 km breed in het noordelijk deel en zo'n 2 kilometer in de monding met de Atlantische Oceaan, ten zuiden van Lissabon. Het totale oppervlak is ongeveer 320 km² en behoort daarmee tot de grootste van Europa. Van dit oppervlak wordt 40% of 112 km² ingenomen door intergetijdengebied waarvan 19 km² bestaat uit schorren en 81 km² uit slikken. De baai is voor het overgrote deel minder dan 5 meter diep, met een gemiddelde diepte van 10 m. Vanaf ongeveer het midden van de baai loopt er een geul die vanaf Lissabon 20 meter diep is. Nabij de monding in de oceaan wordt het diepste punt van 40 meter bereikt (Cabral, 1998, Ferreira et al, 2000). Het estuarium waaiert uit in een onderzeese vallei tot een diepte van 2.000 m (van Westen & Scheele, 1996).

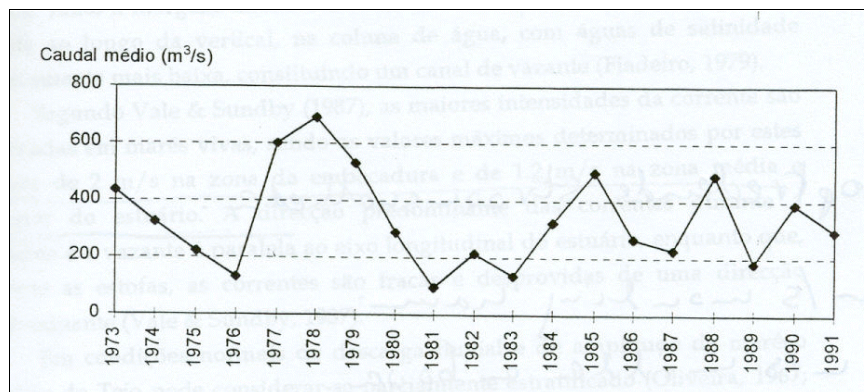
5.3 hydrodynamiek

rivierafvoer

De Taag is een gemengde regen- en smeltwaterrivier. De langjarige gemiddelde afvoer bedraagt 393 m³/s (Cabral, 1998). Enorme verschillen in afvoer kunnen er optreden tussen natte en droge jaren waarbij de hoogste afvoer een factor 17 groter kan zijn dan de laagste afvoer. In 1979 werd de allerhoogste piekafvoer, sinds registraties plaatsvinden, gemeten die 72 keer hoger was dan de gemiddelde langjarige afvoer (Ramos, 1999). In figuur 49 is de gemiddelde afvoer van de Taag per jaar weergegeven. Duidelijk is te zien dat de verschillen tussen de jaren enorm kunnen zijn.

.....
Figuur 49

Gemiddelde afvoer per jaar van de Taag (uit Cabral, 1998). caudal médio = gemiddelde afvoer.

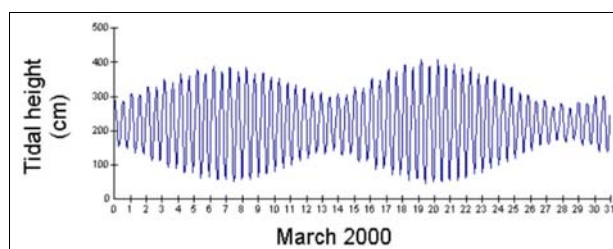


getijden

De gemiddelde getijslag bij Lissabon bedraagt 2,6 meter met daaromheen een variatie met een minimum van 1,3 m bij doortij en een maximum van 4,1 springtij (Ferreira et al., 2000)(zie ook figuur 48 en figuur 50).

.....
Figuur 50

Voorbeeld van het astronomisch getij van het Taagestuarium gedurende de maand maart 2000 (uit Ferreira, 2000).



Door de morfologie van de baai heeft de getijcurve een asymmetrische vorm omdat deze zich sneller vult dan ledigt gedurende een getijcyclus. Bij een afvoer van $300 \text{ m}^3/\text{s}$ onder gemiddelde omstandigheden neemt bij vloed het estuariumvolume toe met $7,5 \cdot 10^8 \text{ m}^3$. Met een gemiddeld laagwatervolume van $19 \cdot 10^8 \text{ m}^3$ geeft dit een totaal gemiddeld estuariumvolume van $26,5 \cdot 10^8 \text{ m}^3$ (Cabral, 1998).

verblijftijd

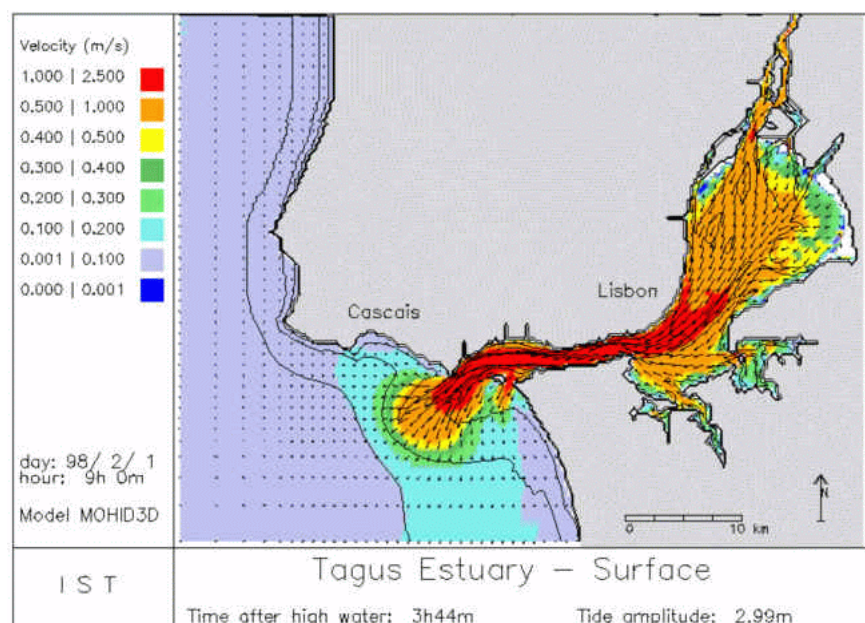
De verblijftijd van het water in de baai (Mar da Palha) is 23 dagen bij een afvoer van $300 \text{ m}^3/\text{s}$, 6 dagen bij een afvoer van $2.000 \text{ m}^3/\text{s}$ en 140 dagen bij een afvoer van $50 \text{ m}^3/\text{s}$ (Cabral, 1998).

De combinatie van een lage gemiddelde diepte, sterke getijstromingen en een beperkte rivierafvoer zorgen voor een goede menging tussen zoet- en zoutwater. Stratificatie is dan ook een zeldzaam verschijnsel en treedt alleen op onder bijzondere omstandigheden zoals extreme afvoeren tijdens perioden met hevige neerslag (Ferreira et al., 2000).

stroomsnelheden

De maximale stroomsnelheden (zie figuur 51) treden in het Taag-estuarium op 3 uur en 3 kwartier na het inzetten van de eb fase (Anonymus, 2000). De hoogste maximale stroomsnelheid bedraagt 2 m/s in het mondingsgebied en $1,2 \text{ m/s}$ in het midden en bovenste deel van het estuarium (Cabral, 1998).

Figuur 51
Modelmatig berekende maximale stroomsnelheden in het Taagestuarium (uit Anonymus, 2000).

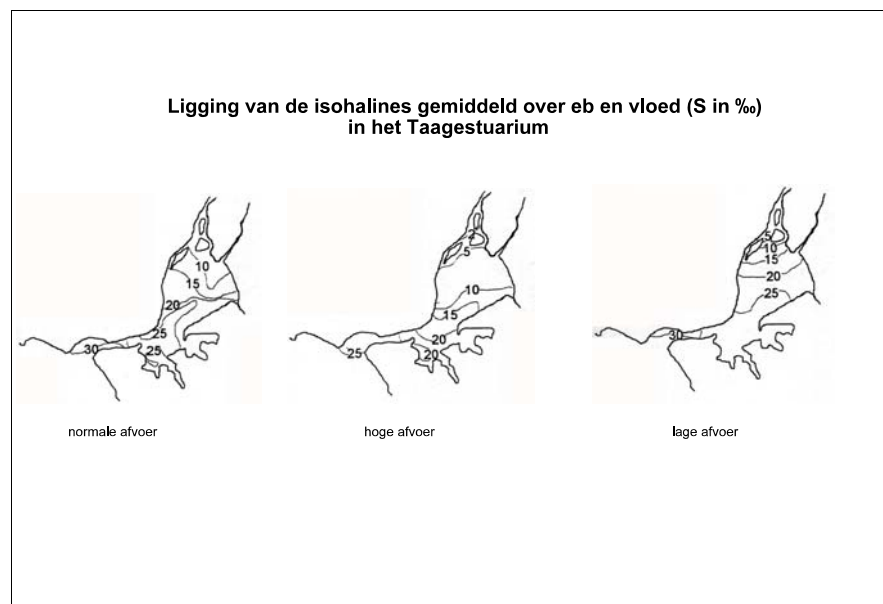


5.4 zoutdynamiek

De ligging van de isohalines in het Taagestuarium is vooral afhankelijk van de fase in de getijcyclus en de rivierafvoer, maar ook van klimatologische factoren zoals wind en regen. In figuur 52 is de ligging van de isohalines gemiddeld over een getijcyclus weergegeven voor een gemiddelde (normale), hoge en lage rivierafvoer. Hier valt van af te lezen dat met name in het midden van het estuarium de fluctuaties in zoutgehalte het grootst zijn. Dat op een locatie (bovenstroomse deel van het estuarium) het zoutgehalte door een jaar heen sterk kan fluctueren is te zien in figuur 53.

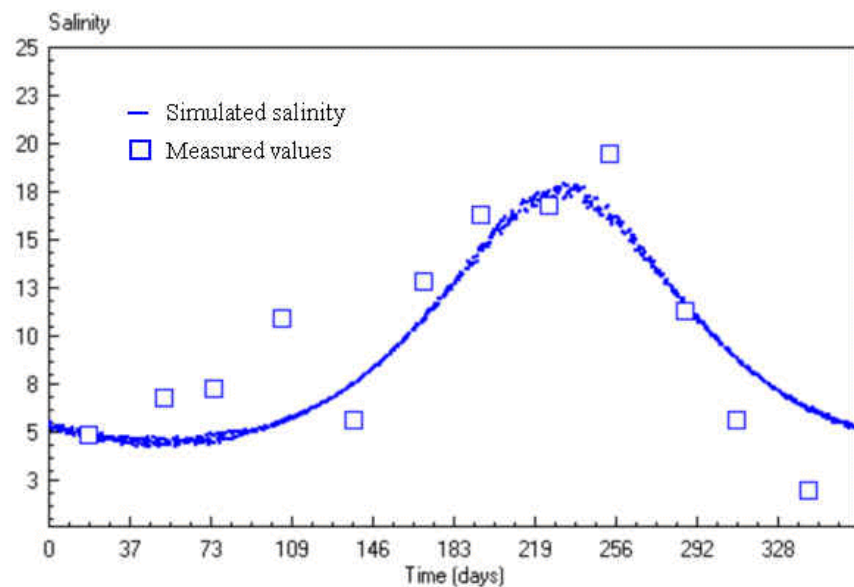
Figuur 52

Ligging van de isohalines gemiddeld over de getijcyclus onder verschillende rivierafvoeren van de Taag (uit Cabral, 1998).



Figuur 53

Modelmatig berekende en gemeten saliniteit op een locatie in het bovenstroomse deel van het Taagestuarium (uit Ferreira, 1995).



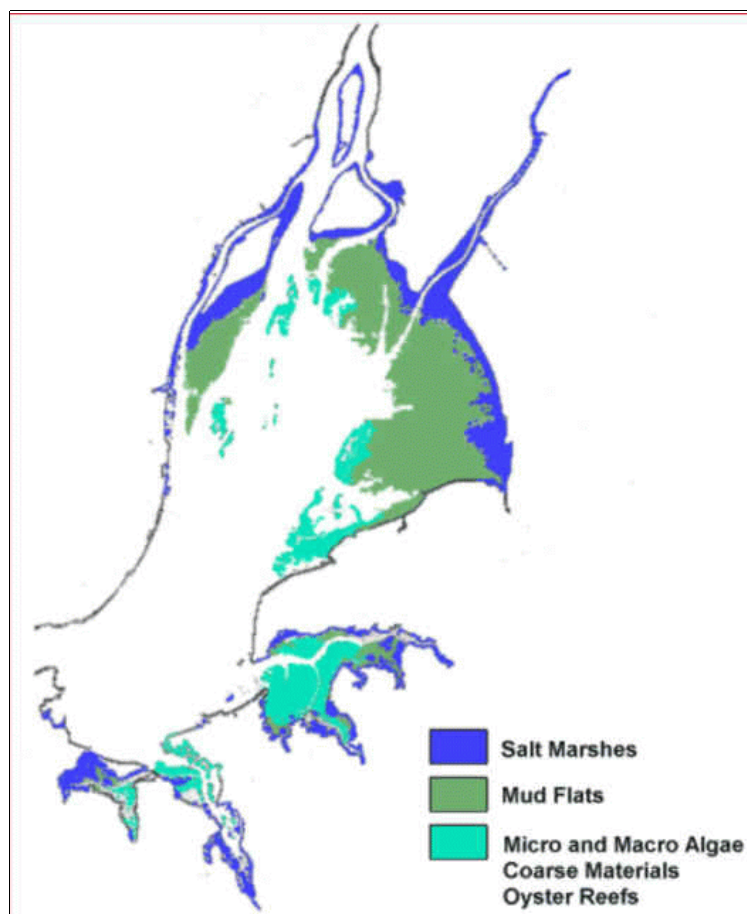
5.5 biodiversiteit

vegetatie

De vegetatie van het Taagestuarium behoort tot een der best bestudeerde van Europa en is wellicht daardoor opgenomen in het programma Eurossam (<http://www.umar6553.univ-rennes1.fr/eurossam>). Dit onderzoeksprogramma is een onderdeel van het “Thematic Network WAtER (Wetland and Aquatic Ecosystem Research)” van het “Environment and Climate programme (DG XII/D-1)” van de Europese Unie.

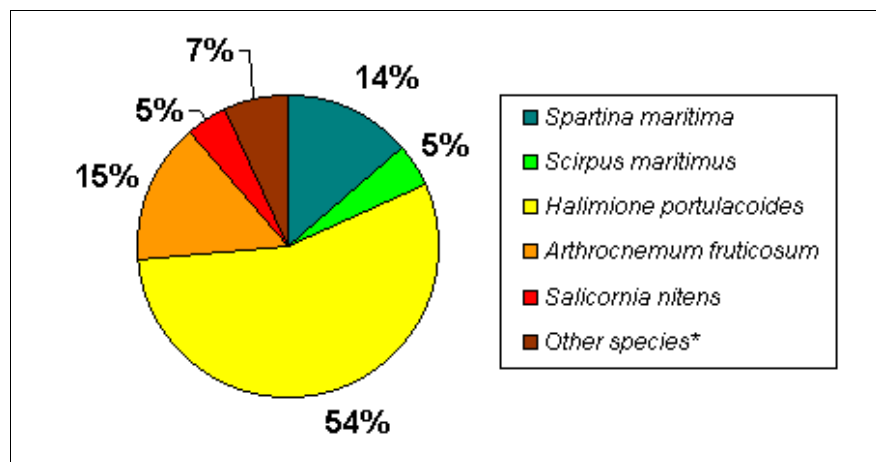
Vanzelfsprekend is de schorvegetatie (figuur 54) een belangrijke karakteristiek van het Taagestuarium. Zij wordt voornamelijk gevonden langs de noord- en zuidzijde van de baai. De zonering en successie is vergelijkbaar met welke wij in Nederland kennen. In het noorden zijn de schorren brak van aard en dit komt tot uitdrukking in de begroeiing die gedomineerd wordt door Heen (*Bolboschoenus maritimus*) en Riet (*Phragmites australis*). Meer naar het zuiden domineren de echte halofyten zoals Klein slijkgras (*Spartina maritima*), *Arthrocnemum perenne* (een soort zeekraal), Gewone zoutmelde (*Atriplex portulacoides*) en Zeeaster (*Aster tripolium*). De Gewone zoutmelde (zie figuur 55) is binnen het schorrenecosysteem de belangrijkste soort (Ferreira et al., 2000) en neemt meer dan 50% van de jaarlijkse primaire productie voor haar rekening.

.....
Figuur 54
Satelietopname van het
Taagestuarium (uit Ferreira,
et al., 2000). Kleuren
geïnverteerd.



.....
Figuur 55

Aandeel in de primaire productie van de belangrijkste plantensoorten binnen het schorrenecosysteem (uit Ferreira et al., 2000).
Halimione = *Atriplex*.



Klein slijkgras is in het Taagestuarium de belangrijkste pionier.

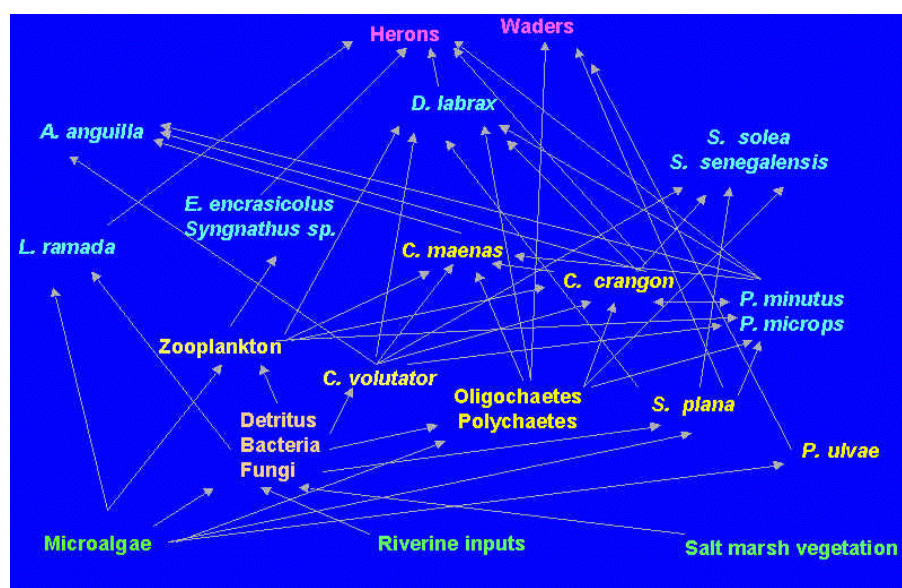
Op het harde substraat komen wervevegetaties voor die eveneens vergelijkbaar zijn met die wij in het Deltagebied in Nederland vinden. Gewoon blaaswier (*Fucus vesiculosus*) is er de meest dominante soort, naast pioniers als Zeesla (*Ulva lactuca*) en Plat darmwier (*Enteromorpha compressa*) (Cabral, 1998). Onder de wieren (fytoplankton daargelaten) is Gewoon blaaswier tevens de belangrijkste primaire producent.

macrofauna

In het intergetijdengebied komen zeepokken (hard substraat), de Zeeduizendpoot (*Nereis diversicolor*), *Cyathura carinata* (een brakwater-pissebed) en *Melita palmata* (een vlokreeft) het meest voor. Slijkgaralen (*Corophium* sp., zie ook figuur 56), platte slijkgapers (*Scrobicularia plana*) en zeeduizendpoten vormen er het belangrijkste voedsel voor tong (Cabral, 2000). De bodemmacrofaunasamenstelling wordt sterk bepaald door de aard van het sediment.

.....
Figuur 56

Vereenvoudigd voedselweb van het Taagestuarium (uit Costa et al., 2000).



In het sublitoraal domineren mosselen, zeepokken, zagers, sponzen, zeerupsen, mosdiertjes en zeepieren (Cabral, 1998).

In het vloedmerk zijn springers (*Talitrus saltator*), *Nerine bonniery* (waarschijnlijk een oude naam voor een polychaet) en havenpissebedden (*Ligia oceanica*) het meest abundant.

Op de bodem en in de waterkolom domineren soorten als de Strandkrab, de Gewone garnaal, de Langneussteurgarnaal en de Gezaagde steurgarnaal (*Palaemon serratus*). De Gewone garnaal en de Brakwateraasgarnaal zijn er het hoofdvoedsel van jonge Ombervis (*Argyrosomus regius*) (Cabral & Ohmert, 2001).

De Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*) is er sinds de 80-er jaren van de vorige eeuw te vinden. Het Taagestuarium wordt gezien als de meest zuidelijke grens van zijn verspreidingsgebied in Europa. Tot op heden lijkt het erop dat behalve aan netten, de Chinese wolhandkrab verder geen schade aanricht. De krab is er lokaal van commercieel belang geworden (Cabral & Costa, 1999).

In het Taagestuarium komen in geringe dichtheden inktvissen voor, zoals de Gewone zeekat (*Sepia officinalis*) en de Achtarm (*Octopus vulgaris*). *Sepioloidei* (een dwerginktvis) is er het meest abundant (Cabral, 1998).

vis

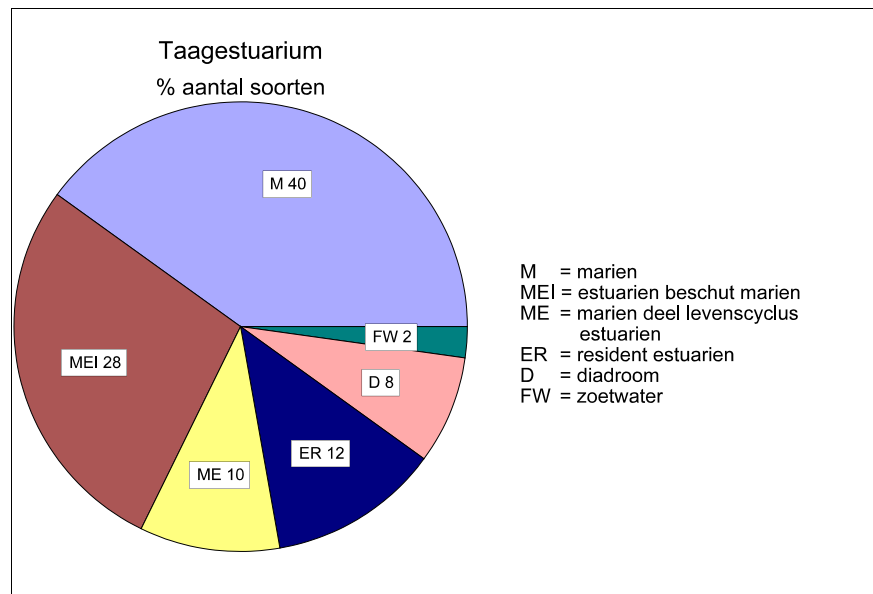
Het Taagestuarium vervult een belangrijke functie als paai-, opgroei- en foerageergebied voor vis. Dit is hem vooral gelegen het grote oppervlak ondiep water, het grote areaal slikken en platen en de schorren. Costa & Cabral (1999) hebben in de periode 1994-1996 42 soorten aangetroffen. Wordt er over een langere periode (1979-1997) gekeken dan komt het totaal op 50 soorten (Cabral et al., 2000, Cabral et al., 2001). Er worden echter duidelijke verschillen in aantal soorten tussen de opeenvolgende jaren gevonden. De verdeling van deze 50 soorten op basis van hun ecologische gilde is weergegeven in figuur 57. Het sterkst in aantal scoren de mariene soorten (M) gevolgd door soorten die voorkomen in estuaria en beschutte mariene gebieden (MEI). Mariene soorten (ME) die gedurende een bepaald deel van hun levenscyclus vrijwel uitsluitend in estuaria te vinden zijn en resident estuariene (ER) soorten, zijn qua soortenaantal ook goed vertegenwoordigd. Diadrome (D) en zoetwatersoorten (FW) komen het minst voor. Paling en dunlipharders (*Liza ramada*) zijn de meest algemene trekvissen (D) en andere trekvissen als Fint en Elft (*Alosa alosa*), maar ook de Zeevrijs (*Petromyzon marinus*) komen nauwelijks meer voor (Cabral, 1998, Costa & Cabral, 1999).

Een aantal soorten springen er qua dichtheid duidelijk uit (Cabral, 1998). Het meest abundant zijn het Dikkopje en de Brakwatergrondel, beide zeer algemene estuariene soorten. Het estuarium van de Taag is ook zeer belangrijk als kinderkamer voor Tong (*Solea solea* en *S. senegalensis*). Andere soorten die in grote dichtheden voor kunnen komen zijn dunlipharders en zeebaarsen. Voor Tong en Zeebaars zijn de slikken met aanliggende schorren zeer belangrijke foerageergebieden.

.....

Figuur 57

Procentuele verdeling van het aantal vissoorten op basis van hun ecologische gilde in Taagestuarium (naar Cabral et al., 2000).



vogels

Het grote oppervlak aan slikken, platen, ondiep water en schorren maken het Taagestuarium bijzonder aantrekkelijk voor watervogels. Alle Europese steltlopers en andere waadvogels kunnen er worden aangetroffen. Meer dan 240 vogelsoorten verblijven er of doen het gebied voor langere of kortere tijd aan (www.eurobirding.co.uk/tagus_estuary.HTM). In de winter verblijven er rond de 120.000 vogels.

Onder de broedvogels bevinden zich reigersoorten zoals het Woudaapje, de Kleine zilverreiger (*Egretta garzetta*) en de Purperreiger (*Ardea purpurea*), roofvogels zoals de Bruine en de Grauwe kiekendief (*Circus pygargus*), de Steltkluut (*Himantopus himantopus*), de Vorkstaartplevier (*Glareola pratincola*) en de Dwergstern (*Sterna albifrons*).

Onder de doortrekkende waadvogels vindt men de Krombekstrandloper (*Calidris ferruginea*), de Tureluur (*Tringa totanus*) en de Grutto, die er met duizenden tegelijk aanwezig kunnen zijn. Andere gasten zijn de Lepelaar en de Flamingo (*Phoenicopterus ruber*).

Verschillende soorten ganzen en eenden overwinteren in het estuarium. In de winter bevindt zich er ongeveer een kwart van de Europese klutenpopulatie.

Kokmeeuwen (*Larus ridibundus*), grutto's en kleine mantelmeeuwen (*Larus fuscus*) zijn de vogels die er in de winter in de grootste aantallen verblijven, resp. 50.000, 35.000 en 20.000 stuks (Cabral, 1998).

5.6 menselijke ingrepen in het estuarium

ontwikkeling rond het estuarium

Zoals bij alle andere grote Europese estuaria staat het Taagestuarium onder grote druk van de mens. De mens heeft zich rond het estuarium gevestigd en delen van de schorren ingepolderd en omgezet in landbouwgrond. Delen van het intergetijdengebied en ondiep watergebied werden bedijkt en omgevormd tot zoutpannen. Beschut gelegen in de baai en dicht bij de monding in de Atlantische Oceaan ontwikkelde Lissabon zich tot een metropool en wereldhaven. Door de gunstige ligging van de haven van Lissabon heeft ook de industrie zich goed kunnen ontwikkelen. Gepaard aan deze ontwikkelingen nam ook de bevolkingsdichtheid rond het estuarium flink toe en bedraagt nu zo'n 2,5 miljoen mensen.

havenontwikkeling en vaargeulverdieping

Lissabon is een hele oude havenstad welke in 1200 voor Christus door de Feniciërs is gesticht. Rond 1500 was het de belangrijkste haven van de wereld, hetgeen een gevolg was van de ontdekking- en kolonisatiedrift der Portugezen. Nu is de haven van Lissabon de belangrijkste van Portugal.

De haven is voor het belangrijkste deel gelegen aan de noordoever van de nauwe monding (straat) van het Taagestuarium (zie figuur 58). Dit deel van het estuarium is zo'n 13 kilometer lang en 1,5 km breed. De diepte van de vaargeul van zee naar Lissabon bedraagt 14 meter en er zijn plannen deze tot 17 meter te verder te verdiepen en van 200 tot 250 m te verbreden.

De belangrijkste haven op de zuidoever is de marinebasis (zie figuur 59).

Figuur 58

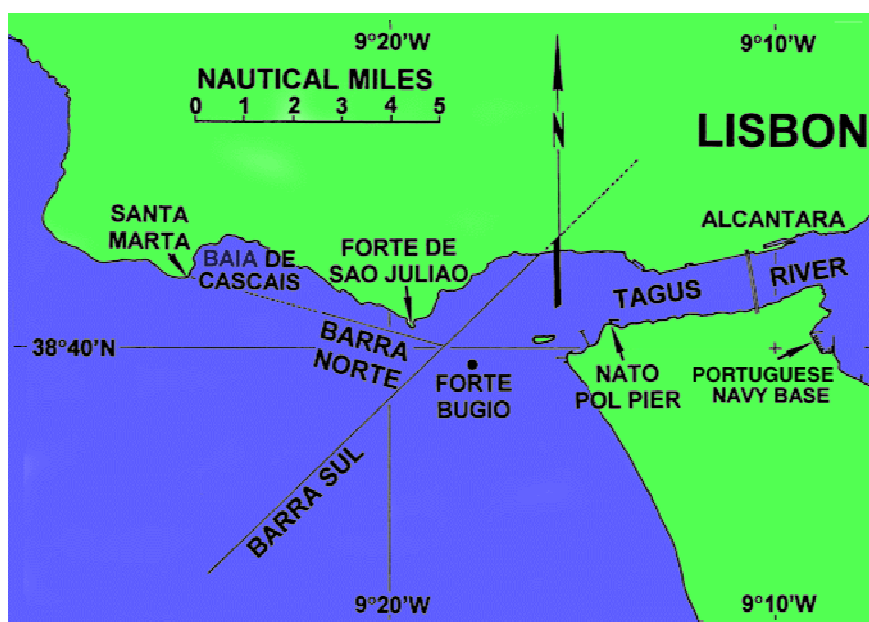
Ligging van de voornaamste havens van Lissabon (vette letters) rond de monding van het Taagestuarium (www.portodeliboa.com).



De haven van Lissabon is bereikbaar vanaf zee via twee vaargeulen (zie figuur 59). De Barra Sul is de hoofdvaargeul en tevens de diepste en geeft toegang tot de Taag vanuit het zuidwesten. De Barra Norte, die vanuit het westen toegang geeft, is ondieper en is bedoeld voor schepen met een diepgang van minder dan 6,5 m. Beide geulen verenigen zich tussen de twee in de monding gelegen forten.

Er is een totale lengte van 16 kilometer aan kades, met een toelaatbare diepgang van 4 tot 17 meter bij laagwater. Het oppervlak (nat oppervlak niet meegerekend) beschikbaar voor de overslag van goederen e.d. bedraagt zo'n 100 ha, waarvan circa 25% is bebouwd. 33 hectare is in gebruik voor de containeroverslag.

.....
Figuur 59
 De toegang tot het
 havengebied van Lissabon
 (www.nrlmry.navy.mil).
 barra = vaargeul.

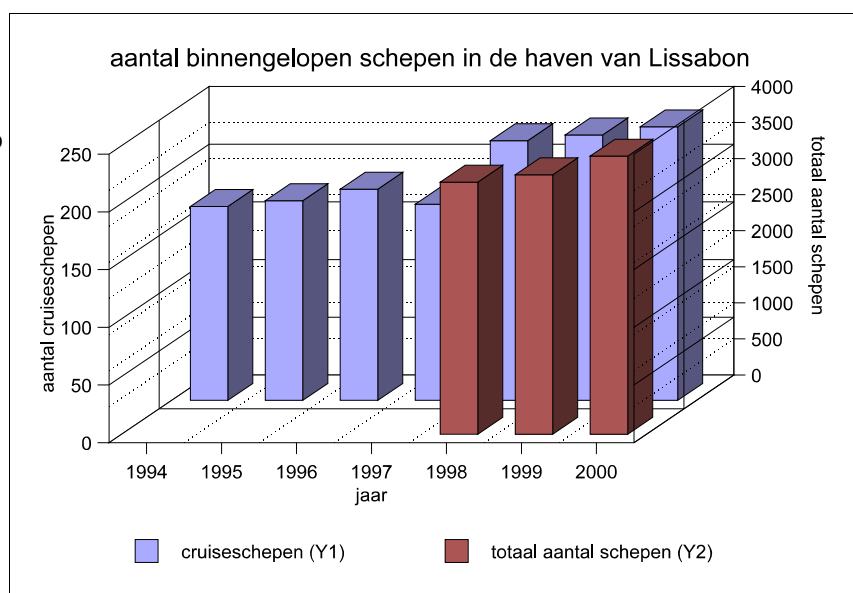


In de periode 1997 tot 2000 is de haven uitgebreid (naar schatting met zo'n 10 ha) en deels gemoderniseerd voor met name de overslag van containers.

scheepvaart

Lissabon is een belangrijke aanlegplaats voor cruiseschepen. Sinds 1998 is het zelfs de belangrijkste haven van Europa voor dit type schepen. Het aantal cruiseschepen dat Lissabon aandoet, is sinds 1994 met zo'n 50% toegenomen (zie figuur 60). In 2000 deden in totaal 3855 schepen de haven van Lissabon aan. In dit aantal zijn de vissersschepen niet meegerekend.

.....
Figuur 60
 Aantal binnengelopen schepen
 in de haven van Lissabon (naar
 gegevens van Administração do
 Porto de Lisboa,
www.portodelisboa.com).



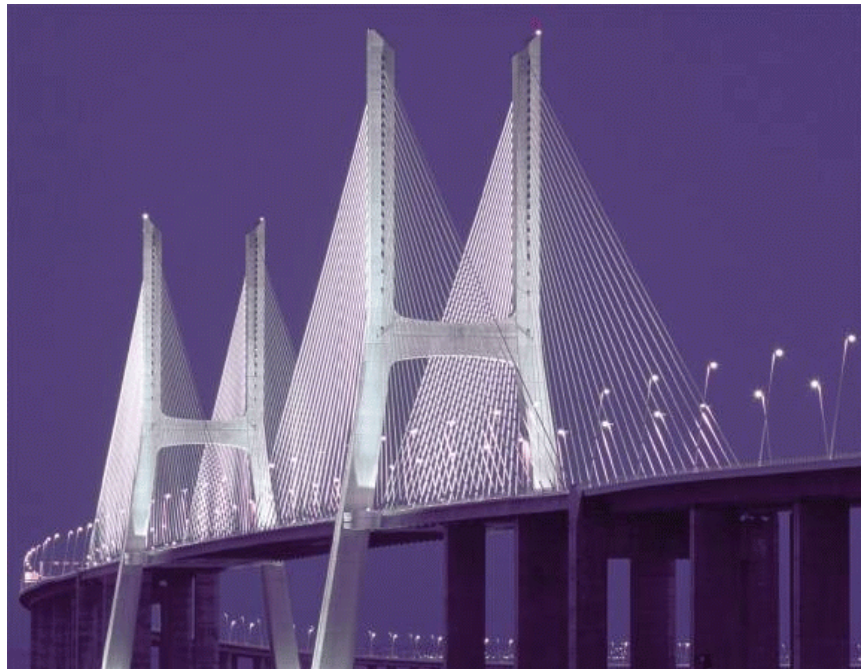
de Vasco da Gama brug

Tot 1998 werden de noord- en zuidoever ter hoogte van Lissabon verbonden door de brug "Ponte 25 de Abril" vernoemd naar de revolutie van 1974 die een einde maakte aan bijna 50 jaar dictatuur en uitbuiting van de bevolking in Portugal en die in de koloniën. Dat Portugal nu een stabiele democratie is, valt echter niet af te leiden aan de procesgang voorafgaand aan de aanleg van de tweede brug over de Taag, gereedgekomen in 1998, 500 jaar na de geboorte van de beroemde Portugese ontdekkingsreiziger Vasco da Gama. Voordat deze brug (figuur 61) de "Ponte Vasco da Gama" werd aangelegd, heeft er een uitvoerig milieueffectonderzoek plaatsgevonden. Drie locaties werden onderzocht waarbij gekeken zou worden of deze zouden voldoen aan de volgende doelstellingen (de Melo, 2000):

- vermindering van de verkeersdruk op de bestaande brug
- voorzien in een noord-zuidverbinding rond Lissabon

Gekozen werd uiteindelijk voor het duurste alternatief dat bovendien niet beantwoordde en beantwoordt aan de geformuleerde doelstellingen (de verkeersdruk is op de Ponte 25 de Abril alleenmaar toegenomen). Hoewel de conclusie van het onderzoek luidde dat dit alternatief buitengewoon schadelijk is voor de natuur, is het er van bovenaf doorgedrukt, waarbij nationale en internationale regelgeving met voeten is getreden. Tot op heden zijn de motieven onduidelijk (de Melo, 2000). Tijdens de aanleg vonden overtredingen van diverse aard plaats. Zo hebben er constructiewerkzaamheden in de zoutpannen tijdens het broedseizoen van de flamingo's plaatsgevonden, is er gebaggerd tijdens opkomend water, is verontreinigd slib gedumpt in verboden gebied, et cetera.

.....
Figuur 61
Ponte de Vasco da Gama
(www.znyx.com/corporate/bridge.htm).



Hoewel de aannemers van het project spreken van een van de juwelen van infrastructurele ontwikkeling, het is met ruim 17 km de langste brug van Europa, hangt het als een zwaard van Damocles boven de internationale ecologische infrastructuur. De Ponte Vasco da Gama loopt dwars door één van Europa's belangrijkste wetlands (welke valt onder de Vogelrichtlijn), aan wiens grenzen nu een ongecontroleerde urbanisatie plaatsvindt. Zo is er op de oostoever een compleet nieuwe voorstad uit de grond gestampt met het gevaar dat deze zich als een olievlek gaat uitbreiden.

ingrepen in de bovenloop van de Taag

In het stroomgebied van de Taag is door de mens stevig ingegrepen. Voor de opwekking van elektriciteit en irrigatie (vooral in Spanje), maar ook om de rivierafvoer te controleren, zijn 141 (waarvan 7 grote) dammen aangelegd. Het meest ingrijpend is mogelijk wel het aquaduct, de "Acueducto Tajo-Segura", dat aangelegd is tussen de Taag en de Segura in de 30er jaren met het doel 600 miljoen m³ water per jaar aan de Taag te onttrekken (Schollemma, 2001).

gevolgen van vaargeulverdieping en rivierregulatie

waterstanden

Hoewel hierover geen literatuur is gevonden (die er ongetwijfeld zal zijn), zal de verdieping van de toegang vanaf zee naar de binnenbaai, de Mar da Palha, geleid hebben tot een vergroting van de getijslag en dan vooral stroomopwaarts, doordat er een groter volume in en uit het estuarium kan stromen. Enerzijds zal de verdieping van de vaargeul voor een stroomopwaartse erosie hebben gezorgd. Anderzijds kan er door de vergrote getijslag meer intergetijdengebied zijn ontstaan.

verblijftijd

Ook hier is geen literatuur over gevonden. Indien het estuariumvolume is toegenomen zal wellicht de verblijftijd ook zijn toegenomen.

brakwatergrens

Door de vele dammen en dammetjes die in de bovenloop zijn gemaakt, is de natuurlijke afvoer en het natuurlijke debiet ongetwijfeld veranderd, waardoor, zeker in de droge perioden, de brakwatergrens meer stroomopwaarts zal liggen dan vroeger het geval zal zijn geweest. Een sterkere invloed van de zee door een ruimer instroomprofiel zal dit effect zeker hebben versterkt.

vis

De verminderde afvoer en de afvoerregulering in combinatie met habitatdegradatie hebben geleid tot het verdwijnen van soorten die in het verleden in grote getale het estuarium bevolkten. Voorbeelden daarvan zijn de Steenbolk (*Trisopterus luscus*) en de Sprot (*Sprattus sprattus*). Andere meer opportunistische soorten zijn daarentegen juist in aantal toegenomen, zoals de Brakwatergrondel en het Dikkopje (Costa et al., 1996).

Een ander gevolg van de verminderde afvoer en de afvoerregulering is de gewijzigde ruimtelijke spreiding van de visgemeenschappen over het estuarium en de sterke achteruitgang van de diadrome vissoorten Fint en Zeepril (Costa & Cabral, 1999).

visserij

Het Taagestuarium is een belangrijk gebied voor de lokale vissers. In 1997 waren er 1.048 vergunningen uitgegeven om met een of ander vistuig in het estuarium te mogen vissen (Cabral, 1998). Er is echter een zeer slechte controle van overheidswege, waardoor er met illegale methoden op grote schaal glasaal, Zeebaars, Tong en jonge Ombervis wordt gevangen. Daar komt nog bij dat het verbod om in de periode maart-juli met de boomkor te vissen niet wordt nageleefd. Het resultaat van dit alles is een gewijzigde en overbeviste visstand (Costa & Cabral, 1999).

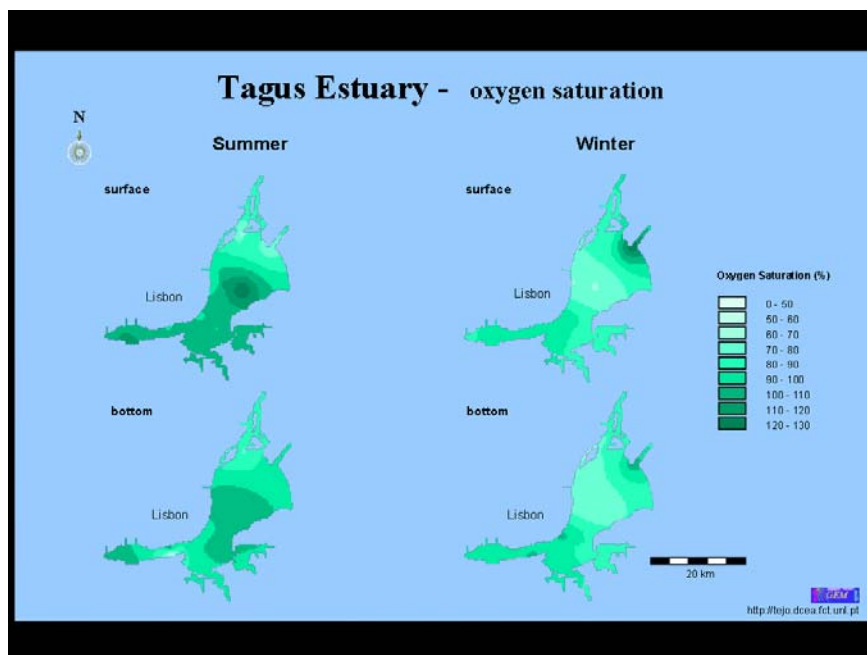
Een veelgebruikt vistuig is het kieuwnet en hierin sterven grote aantallen alken (*Alca torda*) die aangetrokken worden door de klemzittende vis (Gubbay & Knapman, 1999.).

zuurstofconcentratie

Extreem lage zuurstofconcentraties treden in het Taagestuarium niet op. In de winter wordt het zuurstofgehalte vooral bepaald door het mengen van het water en de lage watertemperatuur, terwijl dit in de zomer voornamelijk het proces van fotosynthese is. In de zomerperiode treedt een zekere mate van zuurstofstratificatie op doordat de fotosynthese zich in de bovenste laag van het water afspeelt (Ferreira et al., 2000). In figuur 62 is de zuurstofverzadiging van het bodem- en bovenwater in de winter en zomer weergegeven.

..... Figuur 62

Weergave van de zuurstofverzadiging van het bodem- en bovenwater onder zomer- en wintercondities volgens modelberekeningen (uit Ferreira et al., 2000).



verontreiniging

Aan en rond het estuarium zijn honderden grote en kleine bedrijven gevestigd (over een oeverlengte van circa 32 km) en het noordelijk deel grenst aan een gebied met intensieve landbouw. In totaal wonen er zo'n 2,5 miljoen mensen rond het estuarium waarvan bijna 1 miljoen in Lissabon (gegroeid in de periode 1960-1980 van 500.000 tot 1.000.000) en het is nog maar sinds kort dat afvalwater wordt gezuiverd (Cabral et al., 2001). Van de estuarium in Portugal is de Taag daardoor de meest vervuilde, vooral wat betreft zware metalen (OSPAR, 2000). De vervuiling heeft onder andere geleid tot het verdwijnen van de oesterkwekerijen (door anti-fouling), eens een zeer belangrijke bron van inkomsten, en

verslechtering van de kwaliteit van mosselen en slijkgapers (*Strobicularia plana*), beide geliefde producten op de dis van de Portugezen, door een regelmatige overschrijding van de grenswaarden voor fecale streptococcon (Ferreira et al., 2000).

5.7 ecologische knelpunten en oplossingen

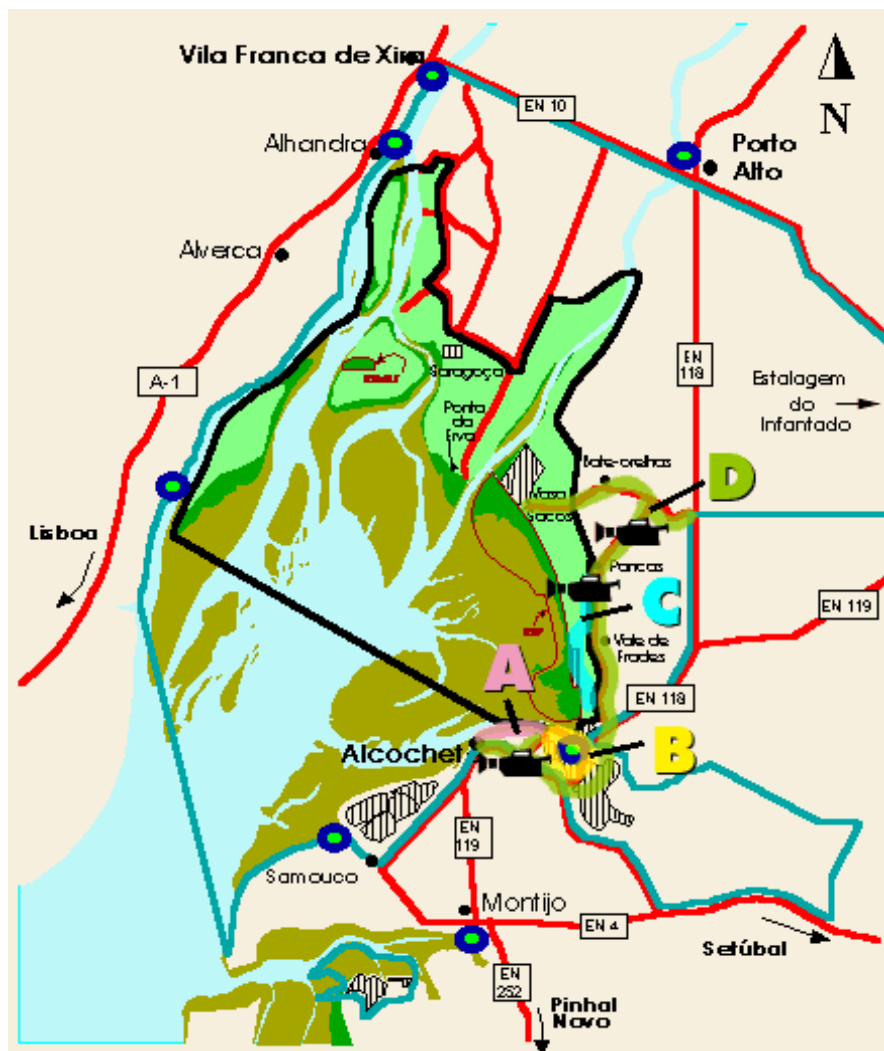
In Portugal wordt op het moment van schrijven gewerkt aan wat men zou kunnen noemen een “Nota Waterhuishouding”. Onduidelijk is of hierin een herstel van estuariene gradiënten is opgenomen. Echter Portugal en Spanje zijn aangesloten bij de EU en derhalve gebonden aan de “Kaderrichtlijn Water”.

vismigratie

Voor trekvis is het door de rivierregulatie onmogelijk de Taag op te zwemmen. Het is niet duidelijk of hier op de korte termijn oplossingen voor zullen worden gevonden.

Figuur 63

Het natuurreservaat “Reserva Natural do Estuário do Tejo” in het noorden van het Taagestuarium (uit www.infordesporto.pt/tejo/index.asp). zwarte lijn = begrenzing natuurreservaat, blauwgroene lijn = begrenzing Natura 2000.



tourisme

Een stad met een historie als Lissabon blijft “terecht” een belangrijk reisdoel voor veel mensen. Het oude Lissabon en het estuarium hebben veel te bieden. Ondernemers echter, en wie geeft ze ongelijk, zien in deze toestroom een bron van inkomsten. Dit, helaas in combinatie met de ontsluiting van het gebied door de “Ponte Vasco da Gama”, vormt een ernstige bedreiging voor de natuur in het Taagestuarium. Vooralsnog lijkt het erop dat Niet Gouvernementele Organisaties als “G.E.O.T.A.” (<http://despodata.pt/geota/ingles/english.htm>) de enigen zijn die zich daadwerkelijk opwerpen om de teloorgang van het Taagestuarium een halt toe te roepen.

5.8 natuurontwikkeling

natuurgebieden

In het Taagestuarium ligt in het noorden een gebied van 14.650 ha groot (figuur 63), het “Reserva Natural do Tejo” dat in 1976 een beschermde status volgens de Ramsar conventie heeft gekregen.

vogel- en habitatrichtlijn

Deels ter compensatie van de bouw van de “Ponte Vasco da Gama” is het “Reserva Natural do Tejo” met ruim 30.000 ha uitgebreid tot een natuurgebied dat valt onder de Habitatrichtlijn (blauwgroene lijn in figuur 63).

6 Het estuarium van de Humber

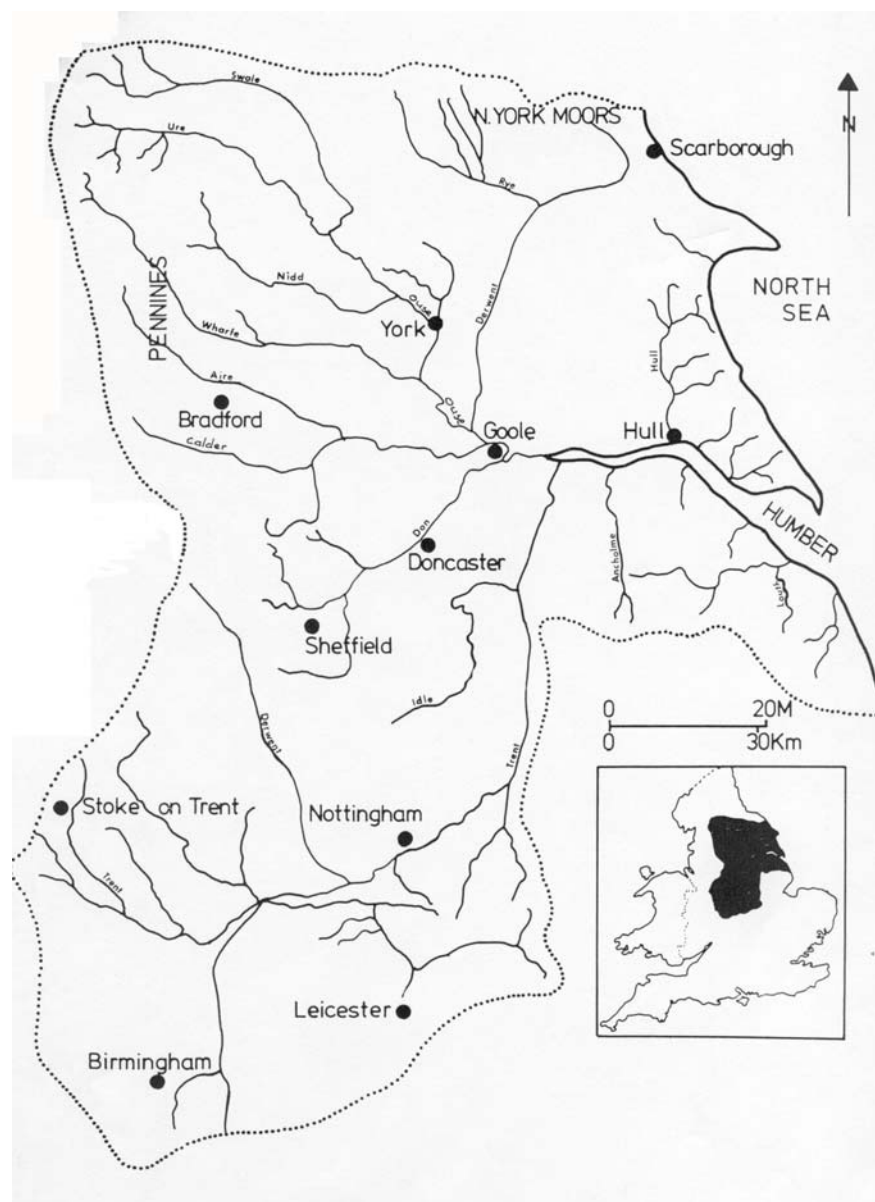
In bijlage 8 is een samenvattende tabel opgenomen.

6.1 stroomgebied en begrenzing van het estuarium

De “River Humber” is het meest benedenstroomse estuariene gebied van een aantal grotere en kleinere rivieren, waarvan de Trent (286 km) en Ouse (73 km + Ure 111 km) de belangrijkste zijn (zie figuur 64). Het water dat uiteindelijk van deze rivieren in het Humberestuarium stroomt, is afkomstig van een stroomgebied met een oppervlakte van 24.240 km² en dat is ongeveer 20% van het oppervlak van Engeland.

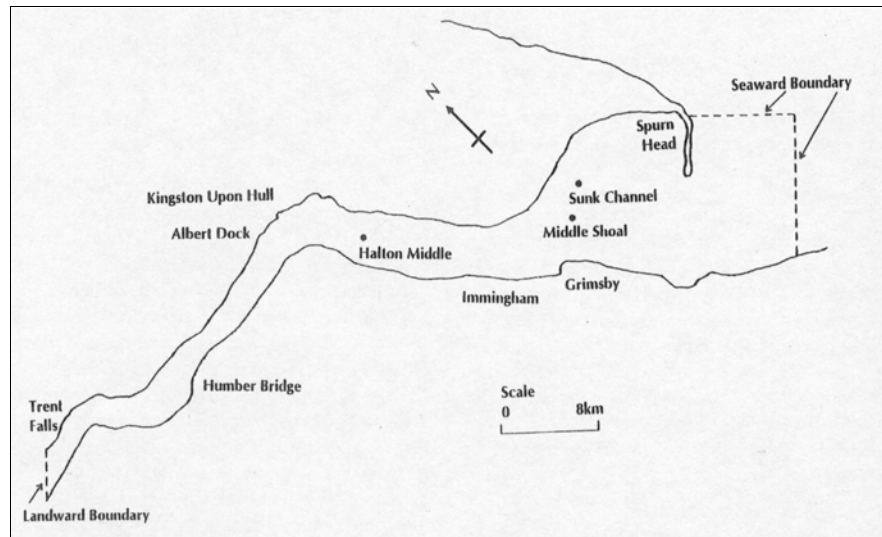
Figuur 64

Het stroomgebied van de Humber (uit Anonymus, 1979).



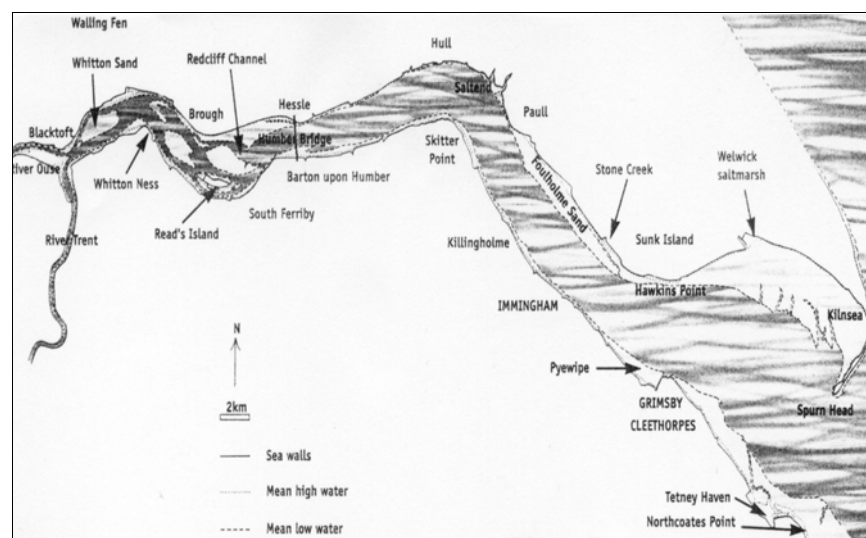
Door de verscheidenheid aan wateren die uitmonden in de Humber is het lastig de begrenzingen van het estuarium aan te geven. Algemeen wordt een grens van 10 km zeewaarts na Spurn Head aangehouden (figuur 65). Echter door diverse auteurs wordt aangegeven dat de werkelijke zeewaartse begrenzing van de Humber in estuariene zin nooit goed is beschreven.

Figuur 65
Begrenzing van het Humber estuarium (uit Falconer et al., 2000).



De Trent Falls worden meestal als de landwaartse begrenzing beschreven. Dit is het punt waar de rivier de Trent uitmondt in de rivier de Ouse en de rivier richting zee vervolgens de Humber wordt genoemd. De lengte van de Humber bedraagt 62 km. Het getij loopt echter ver de verschillende rivieren en riviertjes op. In vrijwel alle gevallen tot aan een stuw. Voor wat betreft de rivieren de Trent en de Ouse heeft het Humberestuarium daarmee een lengte van respectievelijk 120 km en 110 km.

Figuur 66
Ligging van de intergetijden-gebieden langs de Humber (uit Stapleton, 1994).



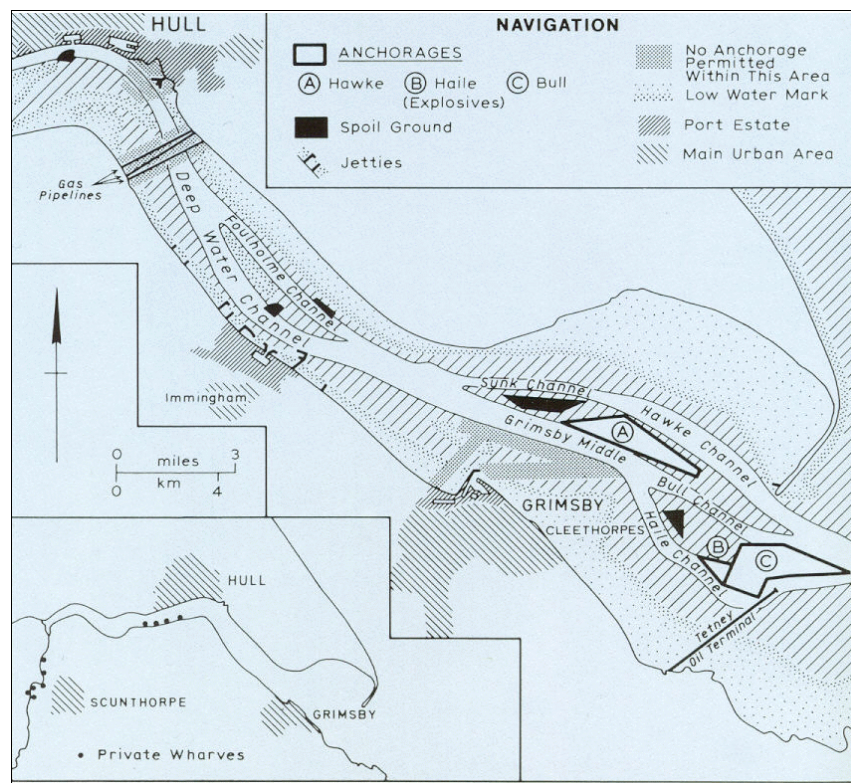
6.2 morfologie

De Humber is een laagland estuarium met een typische trechtervorm. Bij Spurn Head, een strandhaak, is het estuarium 12,9 km breed met een doorstroomopening van circa 8 km. Bij de Trent Falls is de breedte 1,6 km. Het oppervlak bedraagt zo'n 30.000 ha waarvan ongeveer de helft bij laag water bestaat uit slikken, platen en schorren (Cadée, 1994). In figuur 66 is de ligging van het intergetijdengebied langs de Humber weergegeven.

Afgezien van de vaargeulen is het estuarium erg ondiep, gemiddeld niet meer dan 4 m. De grootste diepte bij Spurn Head, de toegang tot de Humber, bedraagt 15 meter bij laagwater. Deze doorgang heet de "New Sand Hole" en splitst zich in een drietal geulen, resp. Hawke Road, Bull Channel en Haile Channel (zie figuur 67). De diepten variëren er van 9 m tot 16 m bij laagwater (Anonymus, 1979).

Figuur 67

Kaart met de vaargeulen in de Humber (uit Anonymus, 1987).



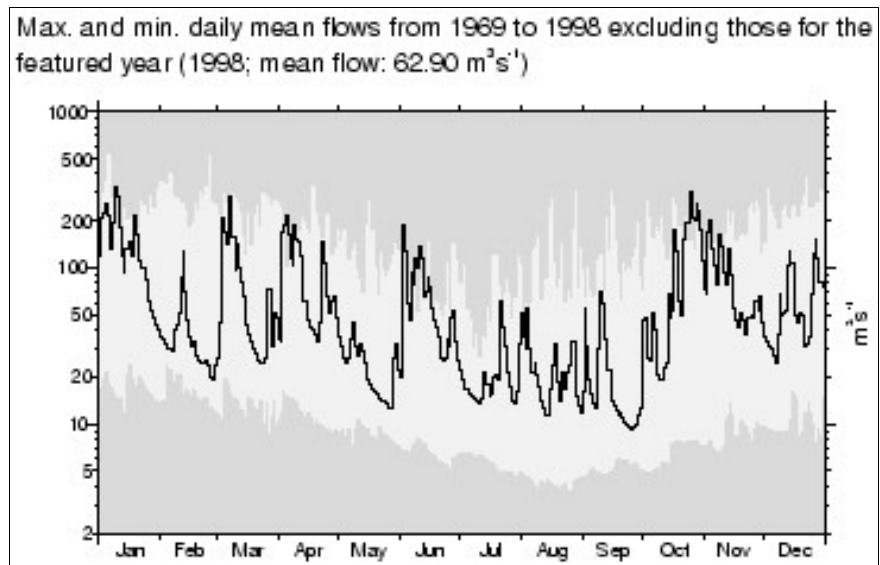
6.3 hydrodynamiek

rivierafvoer

Alle rivieren die hun water afvoeren in de Humber zijn regenrivieren, hetgeen betekent dat bij regenval de afvoerhoogten snel kunnen stijgen. In de figuren 68 en 69 zijn de gemiddelde dagelijkse afvoeren voor de rivieren Ouse en Trent weergegeven. De gemiddelde afvoer ten opzichte van de omvang van het estuarium is laag, en gemeten over de afgelopen 40 jaar bedraagt deze circa 230 m³/s (gesommeerde data van The National River Flow Archive, www.nwl.ac.uk/ih/nrfa/index.htm). 10% van de afvoeren ligt boven de 497 m³/s en 5% is lager dan 56 m³/s.

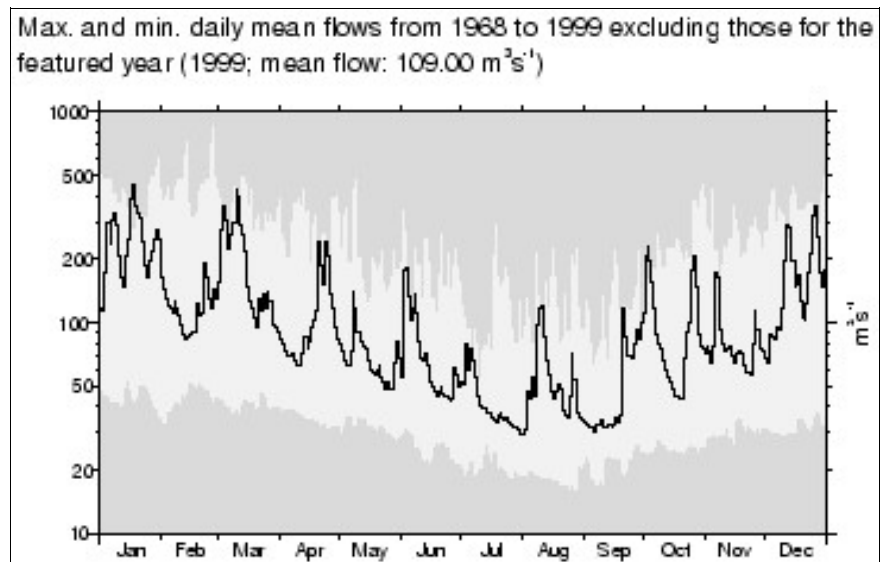
.....
Figuur 68

Gemiddelde dagelijkse afvoer van de rivier de Ouse over de periode 1969-1998
(<http://www.nwl.ac.uk/ih/nrfa/index.htm>).



.....
Figuur 69

Gemiddelde dagelijkse afvoer van de rivier de Trent over de periode 1968-1999
(<http://www.nwl.ac.uk/ih/nrfa/index.htm>).

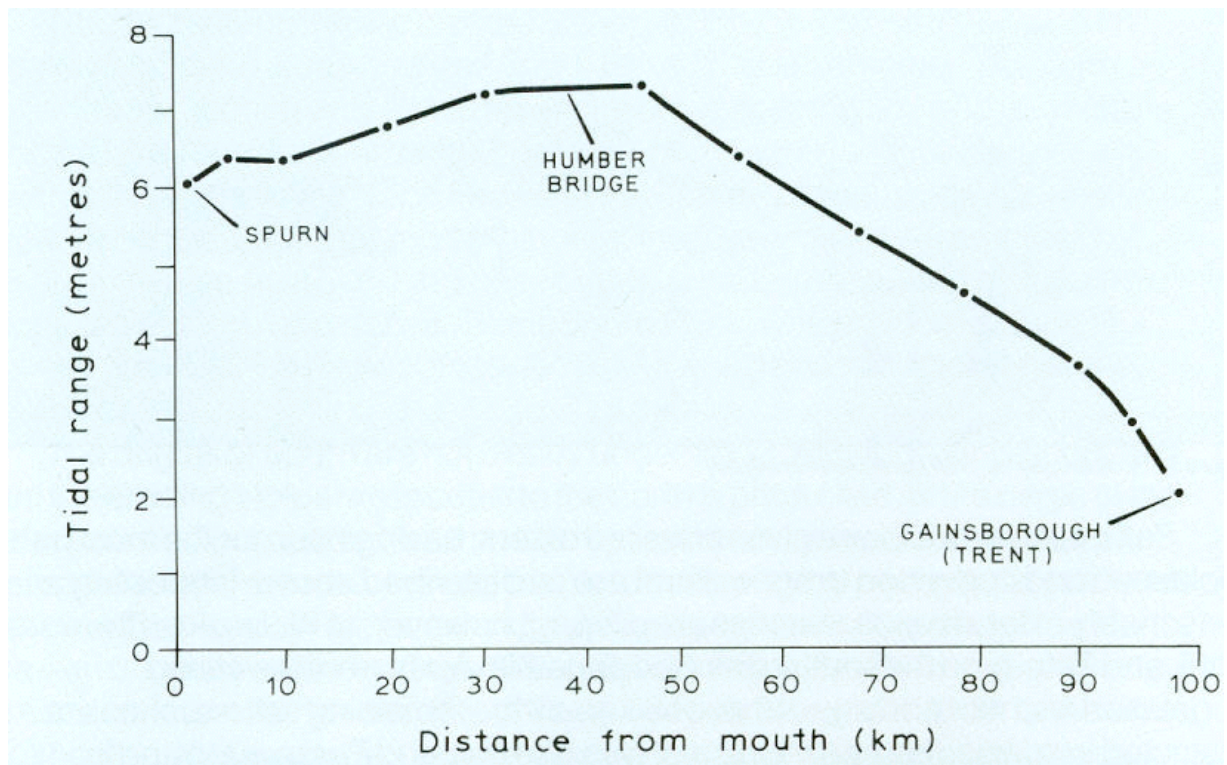


getijden

Het getij in het Humberestuarium is in hoofdzaak de drijvende kracht achter de morfodynamische, hydrologische en daarmee de ecologische processen (IECS, 1994a). Dit staat in contrast tot de open kustzone waar de golfwerking het meest dominant is. In de monding van de Humber heeft de getijgolf een lengte van 500 km en een amplitude van 6 m. Het estuarium binnenlopend ondergaat de getijgolf een serie veranderingen, die een effect hebben op de processen en daarmee de vorm van het estuarium. Terwijl het getij de baai binnenloopt neemt de getijslag toe omdat het estuarium landinwaarts vernauwd. Bij Spurn Head bedraagt de getijslag 6,5 m en bij Saltend 7,4 m (ten oosten van Hull) bij springtij. Bij doottij is de getijslag bij Saltend 3,9 m (IECS, 1987). Hierna neemt de getijslag stroomopwaarts steeds verder af. Het verloop van de getijslag over een afstand van 100 km vanaf de monding tot op de rivier de Trent is te zien in figuur 70. Onder extreme omstandigheden kan de getijslag oplopen tot boven de 8 meter. De gemiddelde getijslag bij Immingham nabij de monding bedraagt 4,7 m (Uncles et al., 2000).

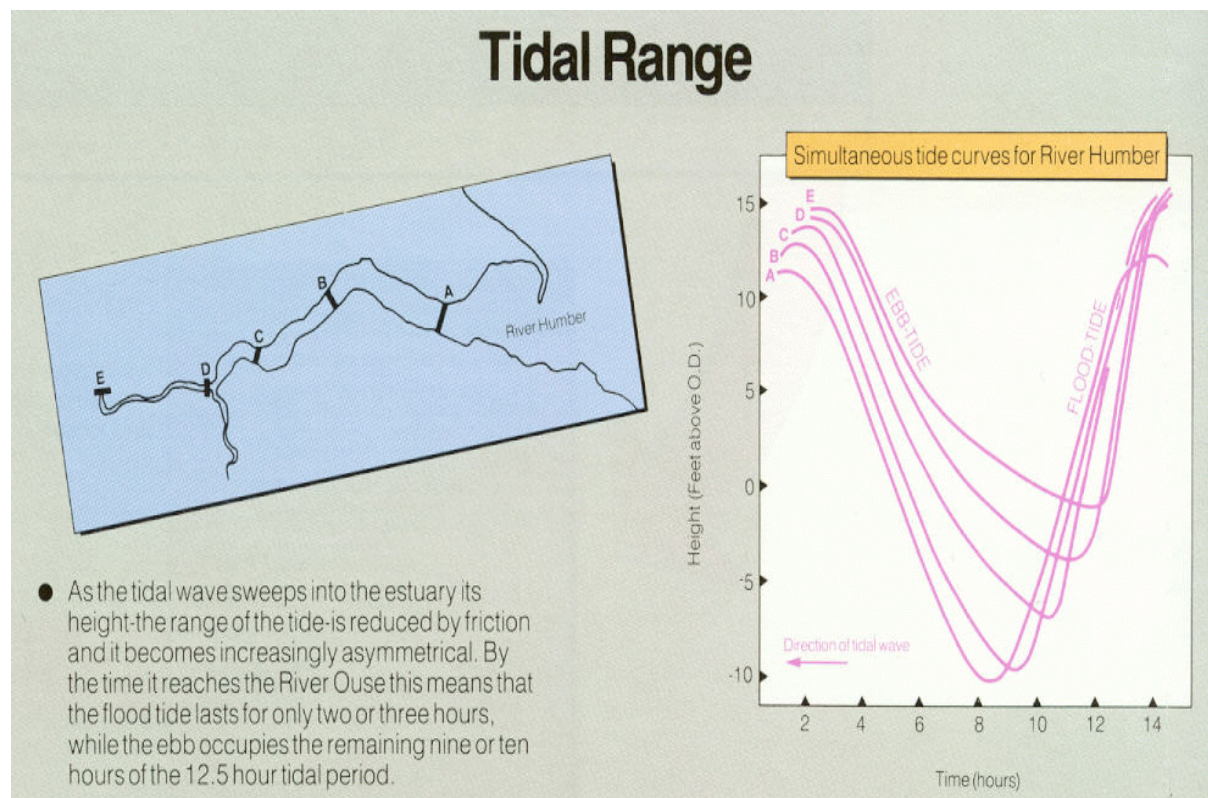
Figuur 70

Verloop van de getijslag over de lengteas van het Humberestuarium (uit IECS, 1984).



Figuur 71

Getijkrommen op verschillende plaatsen langs het Humberestuarium (uit IECS, 1984).



In het mondingsgebied duurt zowel de eb- als vloedfase precies de helft van 12,5 uur, verder landinwaarts wordt de ebphase steeds langer en neemt de vloedfase evenredig af. 110 km landinwaarts duurt de ebphase 10 uur en de vloedfase slechts 2,5 uur, hetgeen aangeeft dat de vloedstromen aanzienlijk sterker zijn dan de ebstromen (zie figuur 71). Dit is een van de hoofdredenen dat het estuarium vooral gevuld is met zeesediment.

Gedurende springtij stroomt er 160 miljoen m³ water in en uit het estuarium, waarbij maximale vloeddebieten van meer dan 100.000 m³ per seconde optreden (IECS, 1987). Bij doortij bedraagt het in- en uitstromende volume 100 miljoen m³ (Jones in Anonymus, 1979).

verblijftijd

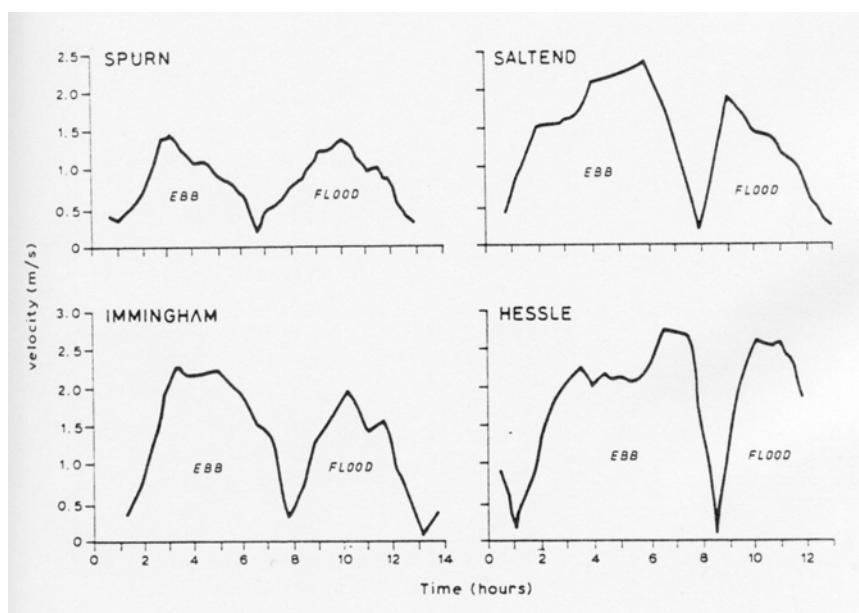
In geen der rapportages over de Humber die ter beschikking stond en waarin de fysica ter sprake kwam, werd iets over verblijftijd vermeld.

stroomsnelheden

Het grote verschil in hoog- en laagwater in het Humberestuarium is er verantwoordelijk voor dat de stroomsnelheden sterk op kunnen lopen. Maxima van 2 tot 3 m treden algemeen op gedurende springtij (IECS, 1987). De stroomsnelheden voor een viertal locaties zijn weergegeven in figuur 72.

Figuur 72

Stroomsnelheden gedurende een getijdencyclus op vier locaties in de Humber (uit Anonymus, 1987).



6.4 zoutdynamiek

Het Humberestuarium is over het algemeen goed gemengd waarbij over de verticaal er geen grotere saliniteitsverschillen optreden dan 5‰ S. Over de lengte van het estuarium is een lange gradiënt waarvan de lengte varieert in afhankelijkheid van getijfase, springtij, doortij en rivierafoer. Onder gemiddelde omstandigheden ligt het zoutgehalte, in de monding bij hoogwater tussen 33-34‰ S, bij Hull op 22‰ S, bij de Trent Falls op 3‰ S (IECS, 1987). De grens met zoetwater ligt onder gemiddelde omstandigheden 20 km stroomopwaarts in de rivier de Ouse (Uncles et al., 2000). De lengte van de zoutgradiënt bedraagt dan

zo'n 80 km. Bij laagwater onder gemiddelde omstandigheden verschuift de grens met het zoetwater naar schatting 15 km stroomafwaarts. Van Hull tot aan Spurn Head is het estuarium polyhalien.

6.5 biodiversiteit

vegetatie

Het belangrijkste schorrengebied van de Humber bevindt zich langs de noordoever in de luwte van de strandhaak bij Spurn Head nabij de monding. Het heeft een lengte van ongeveer 9 km en een maximale breedte van ongeveer 600 meter. De vegetatieopbouw is vergelijkbaar met die van de schorren in Nederland. Naast verschillende zoutplanten zoals Engels slijkgras (*Spartina anglica*) en Langarige zeekraal, komen er ook verschillende brakwatersoorten voor, waaronder Echt lepelblad (*Cochlearia officinalis*). Ongeveer op gelijke hoogte maar dan op de zuidoever ligt eveneens een schorrengebied met een lengte van zo'n 7 km en eveneens maximaal 600 m breed.

Vanaf Stone Creek tot aan Brough (zie figuur 66) is er over een afstand van zo'n 30 km geen intergetijdenvegetatie van betekenis. Wel zijn er omvangrijke slikken. Pas na Brough zijn er weer getijdenvegetaties en deze bestaan vooral uit uitgestrekte rietvelden, welke zich in de rivieren Ouse en Trent tot 1 à 2 km uitstrekken.

Op de slikken van de Humber komen twee zeegrassoorten voor *Zostera marina* en Klein zeegras (*Z. noltii*) (Davison & Hughes, 1998). Niet gevonden is welk oppervlak zij innemen.

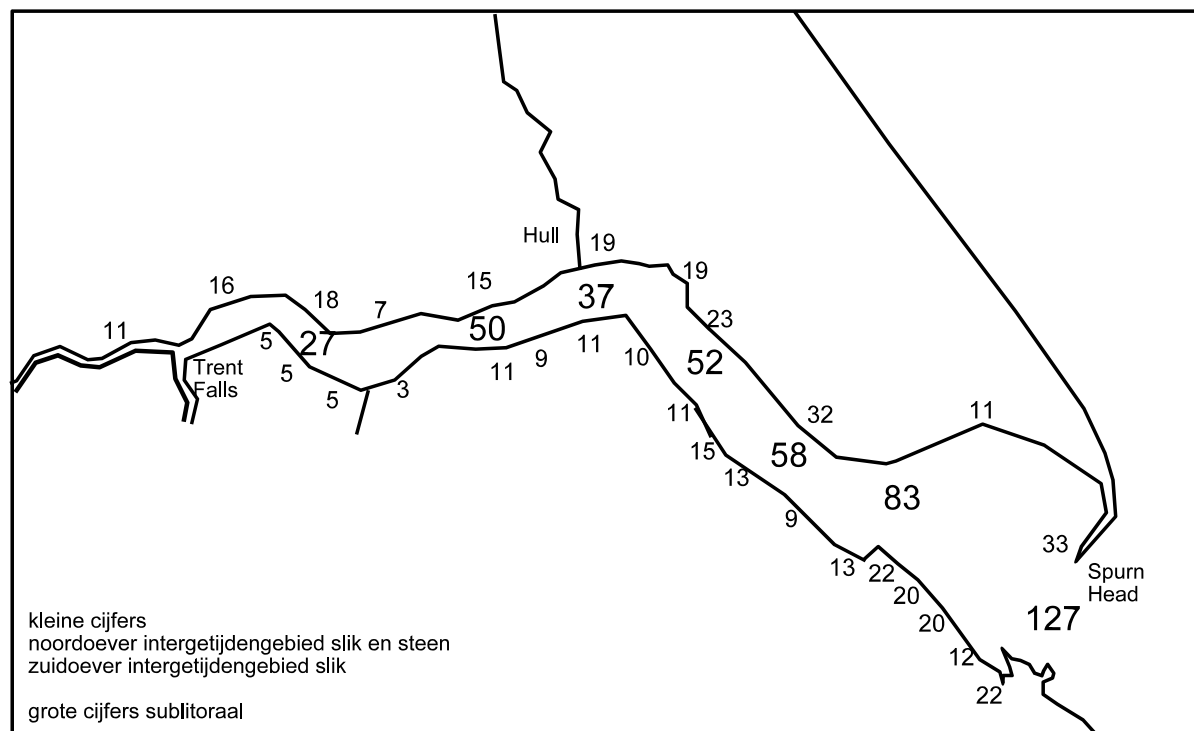
Vrijwel de gehele kustlijn van de Humber is in de bovenste zone van het intergetijdengebied verdedigd met hard substraat. Hierop is van de monding stroomopwaarts een typische verdeling van wieren waarneembaar (Wilkinson et al., 2000), die te vergelijken is met die in de omgeving van de Nieuwe Waterweg. Naarmate het zoutgehalte afneemt, neemt ook het aantal soorten af. Tussen 1982 en 1996 was er een aanzienlijke toename in het aantal wiersoorten, hetgeen werd toegeschreven aan de afname van de vervuiling die zeer ernstig was in de periode hieraan voorafgaand. Toch is het aantal soorten gering en dit wordt toegeschreven aan de hoge turbiditeit van het water en het feit dat het harde substraat veelal bestaat uit een smalle strook hoog gelegen in het intergetijdengebied. Zeer algemeen zijn er groenwieren als Klein darmwier (*Blidingia marginata* en *B. minima*), Echt darmwier (*Enteromorpha intestinalis*) en *Rosenvingiella polyrhiza*. Roodwieren worden, omdat deze zich beperken tot de laagste delen van de intergetijdenzone, nauwelijks gevonden.

macrofauna

Typisch voor estuarium in de gematigde streken is de toename van het aantal macro-evertebraten gaande van brak naar zout. Dit is weergegeven in figuur 73. Een gebied waar erg veel evertebratensoorten worden aangetroffen, is het intergetijdengebied achter de strandhaak van Spurn Head (zie ook figuur 66). Hier worden meer dan 180 soorten aangetroffen in of op de slikken, zandbanken en schorren (Anonymus, 1986, Anonymus, 1987).

De karakteristieke levensgemeenschap op deze locatie is die van het Nonnetje (*Macoma balthica*), waarvan ook de Kokkel (*Cerastoderma edule*) en zeeduizendpoten (*Nereis spp.* en *Nephtys spp.*) deel van uitmaken. Op weer andere locaties wordt de bodemlevensgemeenschap

hoofdzakelijk gedomineerd door wormen van het geslacht *Lumbricillus* en *Manayunkia* en nematoden.



Figuur 73

Toename van het aantal macrofaunasoorten van het brakke deel naar het zoute deel van de Humber (naar Anonymus, 1986).

Zoals in de andere Europese estuaria vormen in de waterkolom de crustaceeën de hoofdmoot van de macrofauna. In het oligo - tot polyhaline deel van het estuarium is dat vooral de Brakwateraasgarnaal, wiens rol in het polyhaline deel door andere aasgarnalen wordt overgenomen (Jones, 1988).

De aasgarnalen, maar ook andere crustaceeën en polycheten (zie figuur 74), zijn zeer belangrijk in de visvoedselweb (Elliott & Marshall, 2000) en voor sommige juveniele platvis het enige voedsel (Procter, 2000).

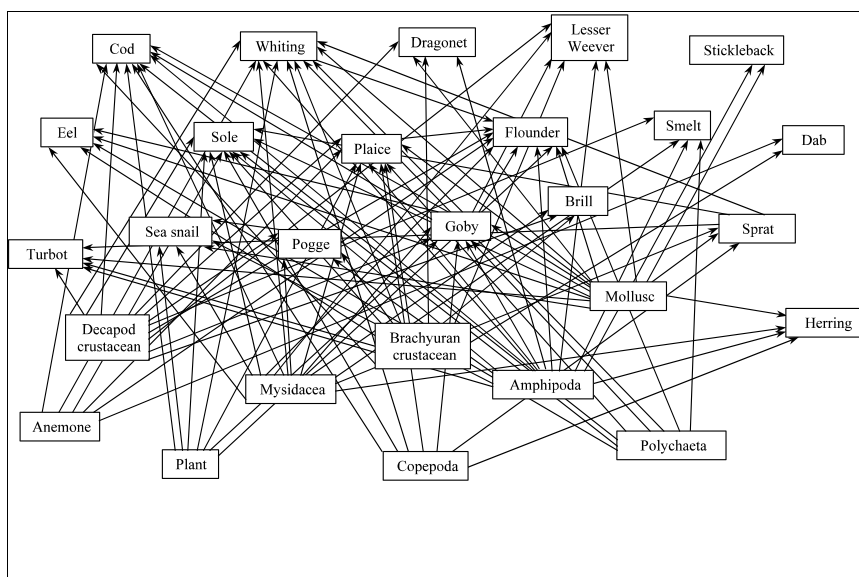
vis

De visgemeenschap van de Humber is een duidelijke weerspiegeling van de heersende omgevingsfactoren en is typisch voor een goed gemengd, ondiep estuarium met zijn karakteristieke uitgestrekte bij laagwater droogvallende slikken en platen. De belangrijkste componenten zijn de juveniele mariene vissoorten en de seizoensmigranten (Elliott & Marshall, 2000).

Voorals sinds 1988 worden jaarlijks de vispopulaties gemonitord door op verschillende diepten te vissen (Rogers et al., 2000). Grondels (*Pomatoschistus spp.*) zijn qua aantal absoluut dominant in het estuarium, gevolgd door Wijting, Tong en Bot (Elliott & Marshall, 2000, Rogers et al., 2000). Qua biomassa is de volgorde Tong, Wijting, Bot en grondels. Het belang van het estuarium voor grondels valt duidelijk af te lezen aan figuur 75. Goed is te zien dat de grootste dichtheden voorkomen in de estuaria.

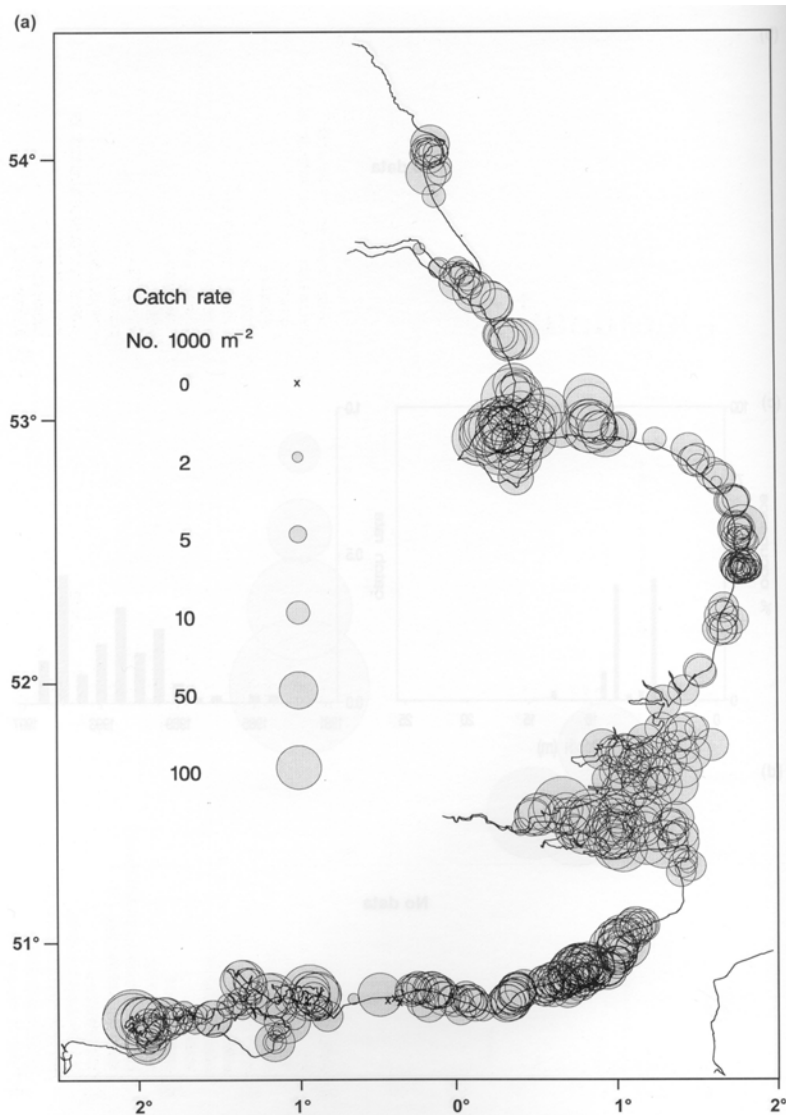
Figuur 74

Visvoedselweb in de Humber
(naar Marshall, 1995 uit Elliott
& Marshall, 2000).



Figuur 75

Het voorkomen van grondels
aan de oost- en zuidkust van
Engeland in de periode 1981-
1997 (uit Rogers et al., 1998).

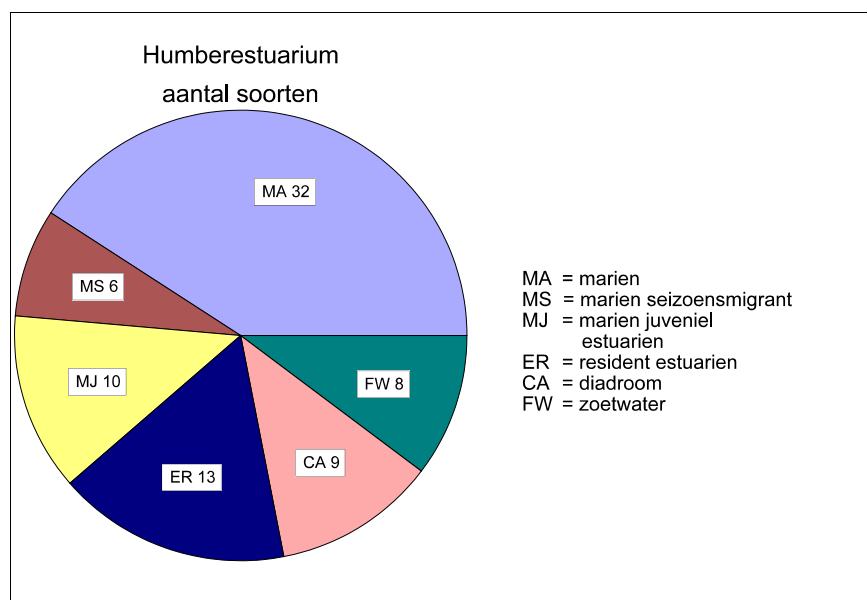


In het estuarium van de Humber (niet meegeteld de Ouse, Trent en andere rivieren die erop uitkomen) zijn tot op heden 81 verschillende soorten aangetroffen (Elliott pers. meded). In figuur 76 is de verdeling van de vissoorten op basis van hun "ecologisch gilde" weergegeven. Voor de figuur zijn de gegevens uit Elliott & Marshall (2000) gebruikt. Op het moment dat zij hun artikel schreven waren er 78 vissoorten in de Humber gesignaleerd. Opvallend is daarbij dat vooral de mariene soorten (MA) die geen specifieke estuariene behoeften hebben goed vertegenwoordigd zijn en het estuarium benutten om zich er te voeden. Voor 10 mariene soorten, waaronder verschillende platvissoorten, zeebaars en wijting vormt het estuarium de kinderkamer.

Onder de trekvisen bevindt zich de Zalm waarvan men vermoedt, dat door de inspanning verricht door de Environment Agency, deze voor het eerst in 70 jaar weer terugkeert in de rivier de Trent (McHarg, 2001).

Figuur 76

Verdeling van het aantal in het estuarium gevangen vissoorten naar hun ecologisch gilde (bewerkt naar Elliott & Marshall, 2000).



vogels

Het Humberestuarium is buitengewoon belangrijk voor vogels en behoort tot de top 5 van het Verenigd Koninkrijk en tot de top 10 van Europa voor wat betreft een aantal soorten. Dit is vooral gelegen in het feit dat het een lang en uitgestrekt estuarium is met voedselrijke slikken, maar ook vanwege de ligging op de doortrekroute van veel vogelsoorten (Archer, 2000). Daarnaast biedt het een mild klimaat waardoor het intergetijdengebied in de winter minder vaak bevroert en daardoor een veel zekerdere voedselbron blijft dan de meer noordelijke gebieden. Daarnaast is er buiten de estuariene invloed een omgeving met een verscheidenheid aan biotopen die een sterke aantrekkingskracht op verschillende vogels uitoefenen. Het gaat hierbij om rietvelden, brakke en zoute stagnante wateren, duinen en grasland.

Vooraf in de winter is het aantal vogels indrukwekkend met een gemiddelde van zo'n 170.000 individuen, waaronder 147.000 waadvogels. De Humber is dan ook van nationale en internationale betekenis

en veel soorten overschrijden er de 1%-norm. Bijvoorbeeld van de Kanoetstrandloper (*Calidris canutus*), die broedt op Groenland en in het oosten van Canada, verblijven s'winters wel 34.000 individuen, hetgeen bijna 10% van de Oostatlantische populatie is. Ook de Tureluur bereikt er indrukwekkende aantallen en de populatie omvat meer dan 4.600 individuen, dit is 3,1% van de Oostatlantische populatie een ruime overschrijding van de norm. Andere soorten die in de winter de 1%-norm overschrijden zijn Kievit (*Vanellus vanellus*), Goudplevier (*Pluvialis apricarius*), Bonte strandloper (*Calidris alpina*), Bergeend (*Tadorna tadorna*), Rotgans (*Branta bernicla*), Zilverplevier (*Pluvialis squatarola*) en Rosse grutto.

De verschillende habitats rond het estuarium zijn ook belangrijk voor broedvogels. In de uitgestrekte rietvelden in het bovenstroomse deel van de Humber broedt bijvoorbeeld 16% van de totale Britse populatie van het Baardmannetje (*Panurus biarmicus*).

zeezoogdieren

Op de zuidoever aan de zeezijde van het Humberestuarium bij Donna Nook bevindt zich een kolonie grijze zeehonden (*Halichoerus grypus*) (Environment Agency, 1999a). In het seizoen 1998/99 produceerden de zeehonden een totaal van 465 pups (Palmer, 1999) en in het seizoen daaropvolgend iets meer dan 500 (IECS, 2000). De zeehonden, waaronder ook de Gewone zeehond (*Phoca vitulina*), trekken regelmatig het estuarium op en worden zelfs tot ver op de rivieren Ouse en Trent waargenomen (Palmer, 1999).

In het mondingsgebied huizen ook bruinvissen (*Phocoena phocoena*) en verschillende walvissoorten zwemmen met een zekere regelmaat de Humber op. De laatste, meestal dwergvinvissen (*Balaenoptera acutorostrata*) zwemmen veelal hun dood tegemoet omdat ze gedesoriënteerd raken en stranden (Palmer, 1999).

6.6 menselijke ingrepen in het estuarium

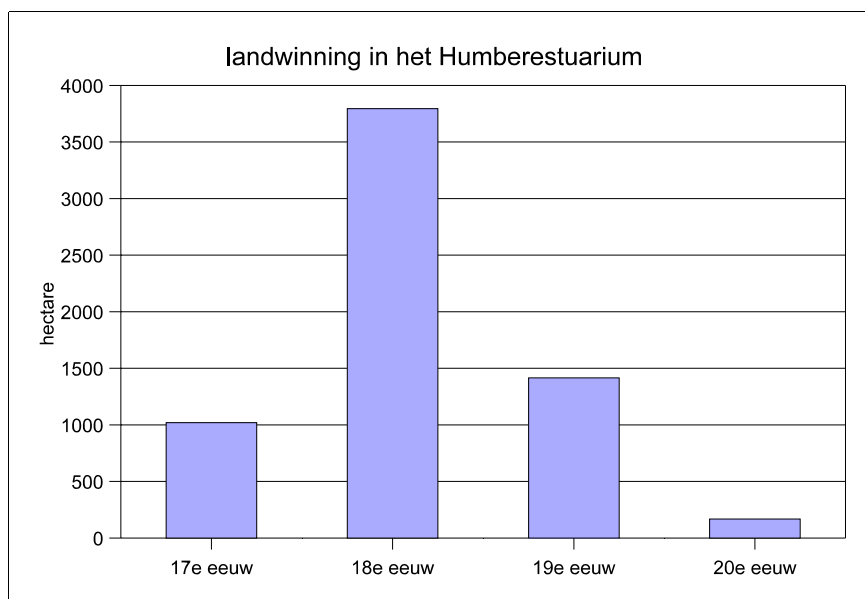
landwinning

Geschat wordt dat de helft van het oorspronkelijke intergetijdengebied opgeëist is voor landbouw, urbanisatie en havenontwikkeling (IECS, 2000).

In de vroege Middeleeuwen was er nauwelijks bewoning rond de Humber. Kleine stukken schor werden ten behoeve van landbouw in de 11^e en 12^e eeuw aan het estuarium omtrokken (Jones, 1988). Pas in de 17^e eeuw werden de zaken goed aangepakt en is ruim 1000 ha ingepolderd (zie figuur 77). In de twee eeuwen die daarna volgden werd nog eens 5000 ha "geclaimd". Twee methoden werden gehanteerd. Enerzijds het opwerpen van dammen en wegpompen van het water. Anderzijds door bij hoogwater het sedimentrijke water van de Humber binnen te laten, het sediment te laten bezinken en het water bij eb langzaam weg te laten stromen, het zogenaamde warping. Er werd echter niet altijd gewonnen vaak werd ook verloren. Zo is een van de eerste havens aan de Humber, Ravenser Odd rond 1360 in het water verdwenen (Jones, 1988). Maar ook tijdens de stormvloed van 1953 is een groot gebied onder water gekomen waarbij zo'n 300 mensen om het leven zijn gekomen (Stapleton, 1994) en 90 ha permanent door de zee werd opgeëist (IECS, 1994b).

Figuur 77

Landwinning in het Humberestuarium gedurende de laatste 4 eeuwen (naar gegevens uit IECS, 1994).



havenontwikkeling en vaargeulonderhoud

Aan de Humber liggen 3 havensteden. Van monding stroomopwaarts zijn dat aan de zuidoever Grimsby en Immingham, ongeveer halverwege de noordoever Kingston upon Hull of kortweg Hull (zie figuur 65). Aan het Ouse-estuarium wat een voortzetting van de Humber is ligt een vierde havenstad, Goole (zie figuur 64). Al deze havens zijn ontstaan aan getijdenkreeken of getijdenrivieren. Zo ligt Hull aan de rivier de Hull.

Hull wordt meestal aangegeven als de oudste havenstad aan de Humber. Toch moet dit Grimsby zijn, omdat deze stad 8 eeuwen eerder in 866 door Deense kolonisten aan een getijdenkreek is gesticht. In de loop der eeuwen (vooral sinds het midden van de 19^e eeuw) is Grimsby uitgroeit tot een van de grootste vissershavens van de wereld (Jones, 1988).

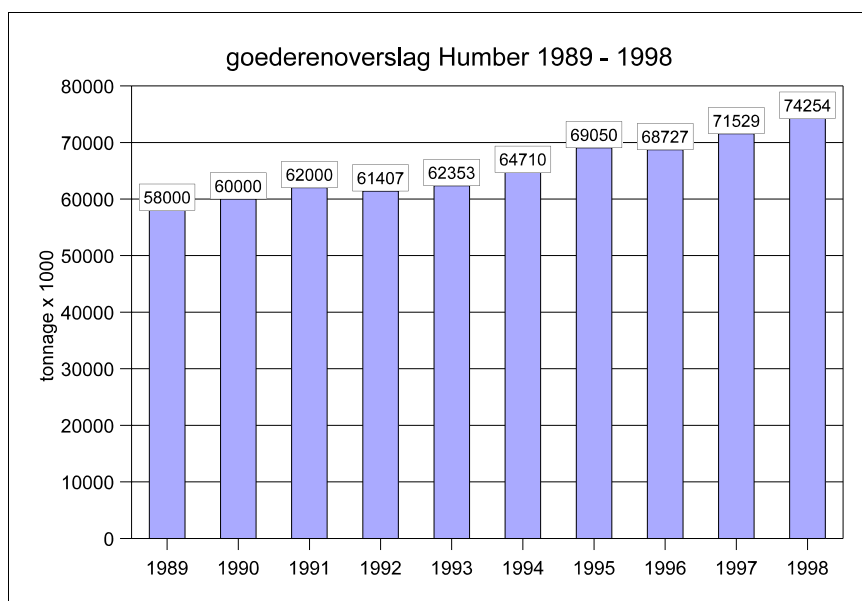
Weliswaar is niet gevonden wat de dimensies van de verschillende haveninstallaties zijn, toch kan er in grove lijnen wel een beeld van worden geschetst. De belangrijkste liggen aan de zuidoever bij Immingham en strekken zich westwaarts uit over een lengte van zo'n 20 km. Hier kunnen de grootste schepen aanmeren. Meer stroomopwaarts neemt de diepgang af en Hull en Goole kunnen alleen door de "kleinere" schepen worden bereikt. Het belang van de havens voor Groot-Brittannië blijkt uit het feit dat 13% van de handel via de Humber wordt aan- en afgevoerd en er jaarlijks meer dan 50.000 scheepvaartbewegingen bij Spurn Head worden geteld (DETR, 2000). In de periode 1989-1998 is de overslag aan goederen met 28% gestegen (figuur 78). De havens van Grimsby & Immingham zijn de, op Londen na, grootste van het Verenigd Koninkrijk en op tonnageschaal 5 maal groter dan Hull (Stationery Office, 2000).

In de Humber zijn vaargeulen gegraven om de havens bereikbaar te maken. Voor het laatst is de vaargeul naar Hull in de periode 1992-93 verdiept voor Ro/Ro (roll on/roll off) scheepvaart (<http://www.abports.co.uk/environment/72.asp>). Om de vaargeulen op diepte te houden wordt er jaarlijks gebaggerd. Enige baggerstatistieken zijn weergegeven in figuur 79.

.....

Figuur 78

Goederenoverslag in de havens aan de Humber (uit ABP, 2000).

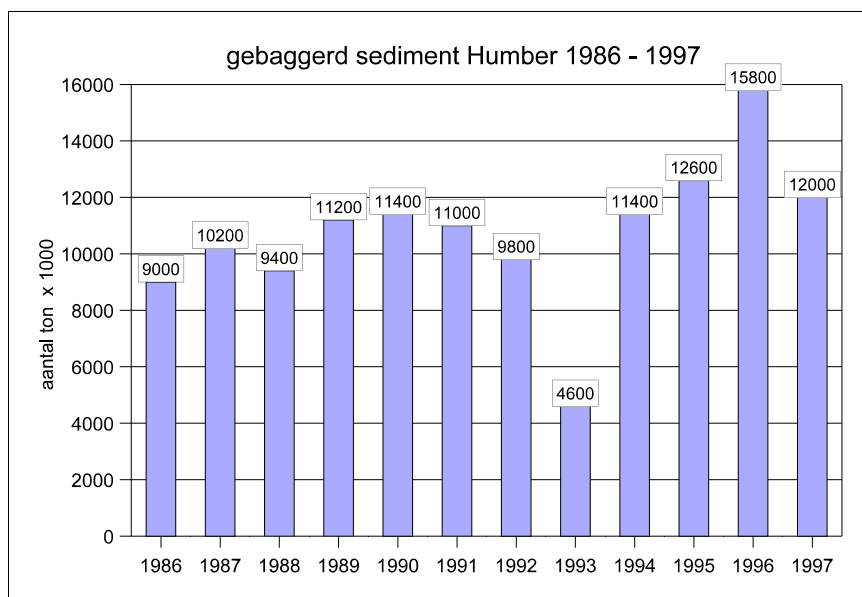


.....

Figuur 79

Baggerstatistiek van de Humber over de periode 1986-97 (bron

<http://www.abports.co.uk/environment/72.asp>.)



ingrepen in de aanvoerende rivieren

Aan alle rivieren die in de Humber uitmonden is door de mens flink gesleuteld. Zo bevinden zich honderden stuwen in het stroomgebied en zijn grote delen gekanaliseerd. Dit begon reeds in de 17^e eeuw waarbij Nederlandse ingenieurs werden gevraagd om te helpen het land te draineren (Environment Agency, 1997). Hierbij werd in de natuurlijke loop van de rivieren ingegrepen. Toen de industrie zich in het begin van de 18^e eeuw begon te ontwikkelen werden grote delen voor de scheepvaart gereed gemaakt. Rond 1850 begon de watervervuiling in te zetten en aan het begin van de 20^{ste} eeuw was een rivier als de Don een stinkend open riool. In 1947 werd vastgesteld dat de Don en Aire volkomen visloos waren.

gevolgen van vaargeulverdieping en rivierregulatie

waterstanden

Pas recent is men middels computermodellen tot het inzicht gekomen dat de oplopende getijslag van de monding richting Hull waarschijnlijk niet natuurlijk is, maar het gevolg van baggeren in de monding, het bedijken van grote stukken intergetijdengebied en vaargeulverdieping (IECS, 1994). Om in de toekomst te voorkomen dat de getijslag verder toeneemt en daarmee het gevaar van overstromingen, wordt voorgesteld om tot ontpoldering en het herstel van intergetijdengebied over te gaan. De Engelsen gebruiken hiervoor de term "managed retreat".

baggeren

Het effect van resuspensie van fijn sediment heeft in de Humber nauwelijks consequenties omdat de Humber van nature een zeer hoge turbiditeit kent (ABP Research, 1999). Het opgebaggerde sediment wordt, om het sedimenttekort niet te ver op te laten lopen, in het estuarium zelf weer verspreid op een wijze waarbij de levensgemeenschappen niet of nauwelijks schade ondervinden.

verblijftijd

Hierover zijn geen gegevens gevonden.

brakwatergrens

Ook hierover zijn geen gegevens gevonden, maar gezien de vermoedelijke toename van de getijslag door menselijk toedoen zal deze ongetwijfeld landinwaarts zijn verschoven.

vis

De ingrepen in de rivieren die uitkomen in de Humber zijn niet zonder gevolg geweest. De vele stuwen maakten vistrek onmogelijk en de watervervuiling ruimde op vele plaatsen het natuurlijk aquatisch ecosysteem volledig op.

visserij

Ooit werd er door de lokale bevolking volop op de Humber gevist (Radcliffe, 2000). De belangrijkste visgronden lagen echter in het buitenestuarium. Op de rivieren werd vooral op zalm en zeeforel gevist, doch deze visserij is om eerder beschreven redenen verdwenen.

Tot aan 1 mei 1993 werd er nog volop op Kabeljauw (*Gadus morhua*) en Tong in de Humber gevist. Door de introductie van een vergunningensysteem is deze visserij sterk teruggelopen.

Het gebruik van kieuwnetten is op de Humber onder de in 1986 tot stand gekomen Salmon Act in principe verboden, dit om de zalm te beschermen. Een aanpassing van deze wet in 1998 laat een beperkt gebruik onder bepaalde voorwaarden voor een periode van 5 jaar toe.

Traditioneel wordt er ook op garnalen gevist en dan vooral in het mondingsgebied. Door de jaren heen fluctueerde de vangsten, waarmee natuurlijk ook de inkomsten pieken en dalen kenden. Nu echter staat deze vorm van visserij onder druk in verband met de enorme bijvangst aan juveniele vis.

Ooit werden er commerciële oesterbanken geëxploiteerd. Deze zijn na het uitbreken van ziektes opgeheven en de exploitanten zijn op een andere locatie met hun activiteiten verder gegaan.

Enige jaren geleden is er op mosselen gevist. Deze visserij was echter door de ondermaatsheid van de mosselen geen lang leven beschoren. Commercieel worden er nog wel kokkels geraapt, dit echter wordt streng gecontroleerd. In totaal zijn er 35 kokkelvisserij actief en deze mogen niet meer dan 5 kilo per dag rapen (McCandless, 2001).

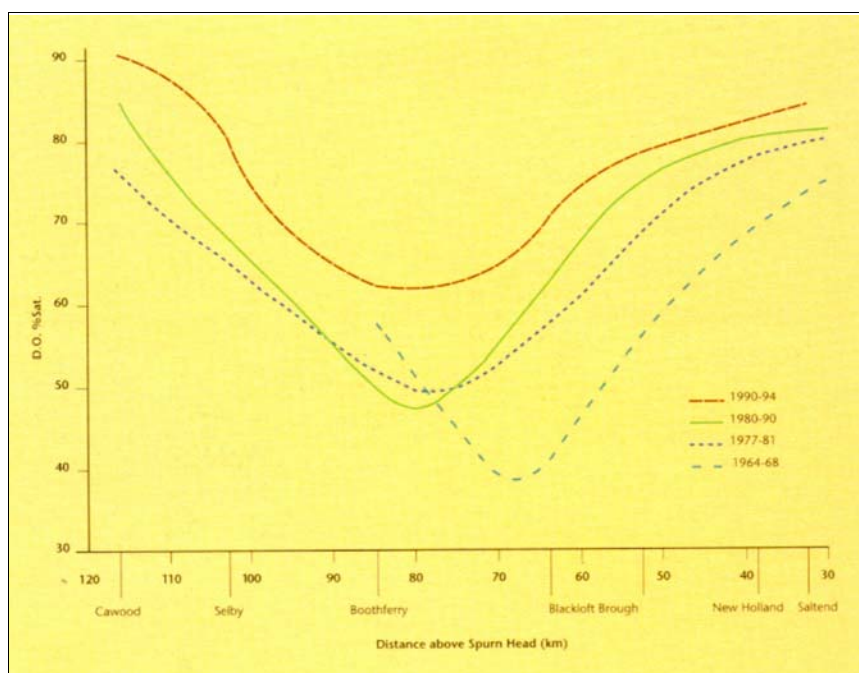
zuurstofconcentratie

Hoewel het Humberestuarium goed gemengd is, kunnen er in de zomerperiode, voor weliswaar slechts enkele uren van een getijcyclus daar waar het turbiditeitsmaximum optreedt, zeer lage zuurstofverzadigingsniveaus tot volledige zuurstofloosheid optreden (Uncles et al., 2000). Dit doet zich vooral voor op de getijdenrivieren. Het voorkomen van lage zuurstofverzadigingsniveaus in de turbiditeitszone is een natuurlijk fenomeen, maar dit wordt versterkt door verontreiniging met organisch materiaal.

De afgelopen decennia is echter fors geïnvesteerd door overheid, industrie en drinkwaterbedrijven in het stroomgebied, waardoor het zuurstofgehalte sterk is toegenomen (figuur 80) en waardoor tevens een belangrijke barrière voor trekvis is weggenomen (Environment Agency, 1999a).

Figuur 80

Verloop van het zuurstofgehalte vanaf de rivier de Ouse richting monding van de Humber (uit Environment Agency, 1999a).



verontreiniging

Volgens de Environment Agency wordt de milieukwaliteit van het Humberestuarium steeds beter. Werd de norm in 1996 noch door 3 zware metalen overschreden, in 1999 vond dit op enkele locaties alleen nog door koper plaats (Environment Agency, 1999b en 2000a). Het is slechts een lichte mate van verontreiniging waarvoor slijkgarnalen een tolerantie hebben ontwikkeld (Jones, et al., 2000). Dit geldt niet voor de Zeeduizendpoot, doch die heeft een zekere mate van tolerantie voor arseen opgebouwd. De verspreiding van arseen in de sedimenten van de Humber is variabel en de concentratie ervan vaak tijdelijk verhoogd

op plaatsen waar wel eens een lozing in het verleden heeft plaatsgevonden.

6.7 ecologische knelpunten en oplossingen

waterkwaliteit

De waterkwaliteit is de afgelopen 25 jaar sterk verbeterd door de reeds eerder vermelde investeringen en zal in de toekomst nog verder verbeteren door de aanvoer van nutriënten en pesticiden vanuit de landbouw terug te dringen.

vismigratie

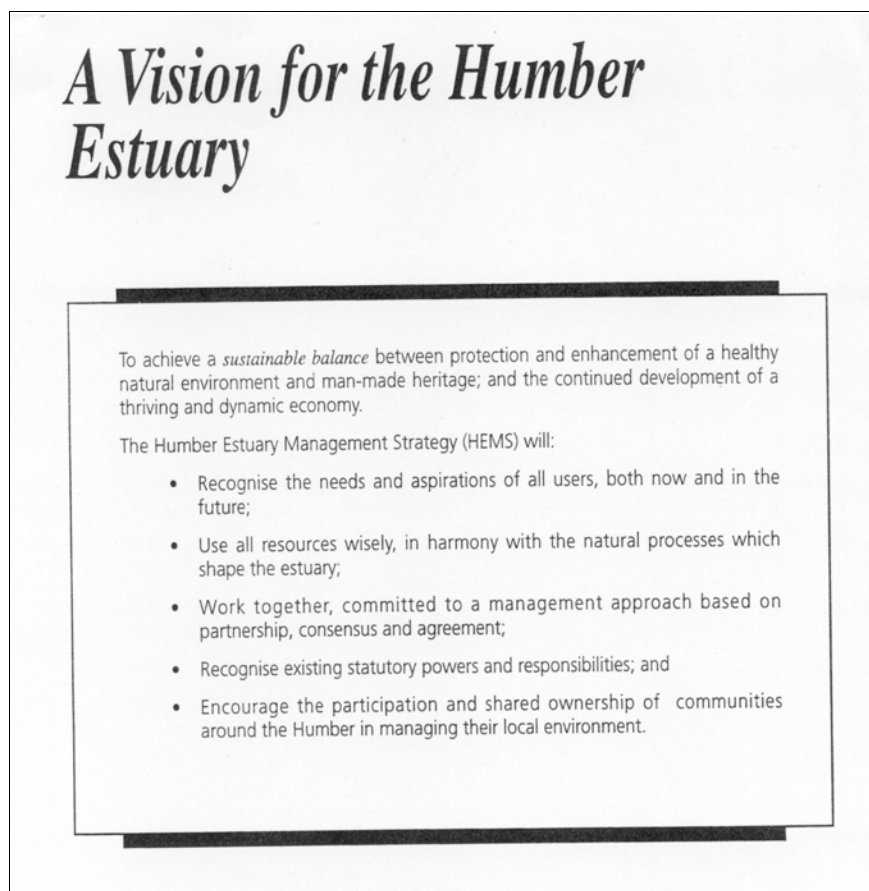
Op dit moment wordt in het stroomgebied van de Trent en de Ouse hard gewerkt om naast een verdere verbetering van de waterkwaliteit, de natuurlijke loop van de rivieren te herstellen en fysieke barrières weg te nemen (Axford, 2001, McHarg, 2001).

6.8 natuurontwikkeling

natuurgebieden

Alle schorren, slikken en platen en voor een deel ook het water hebben de status van Sites of Special Scientific Interest (SSSI), sommige tevens een Ramsar- en SPA-status (Special Protection Area). De bestaande gebieden zullen worden uitgebreid met het overige deel van de Humber met uitzondering van stroken die van strikt economisch belang zijn (Environment Agency, 2000a). De havenautoriteiten, ABP (Associated British Ports) dragen hun steentje bij door de aankoop van

.....
Figuur 81
Doelstellingen uit het HEMS
(uit Anonymus, 1996).



gronden en deze al dan niet om redenen van compensatie of mitigatie in natuurgebied om te zetten (DETR, 2000).

vogel- en habitatrichtlijn

Volgens de Environment Agency (2000a) zal vrijwel het gehele Humberestuarium door de regering als een natuurgebied vallende onder de vogel- en habitatrichtlijn in 2001 bij de Europese commissie worden aangemeld (zie bijlage 9).

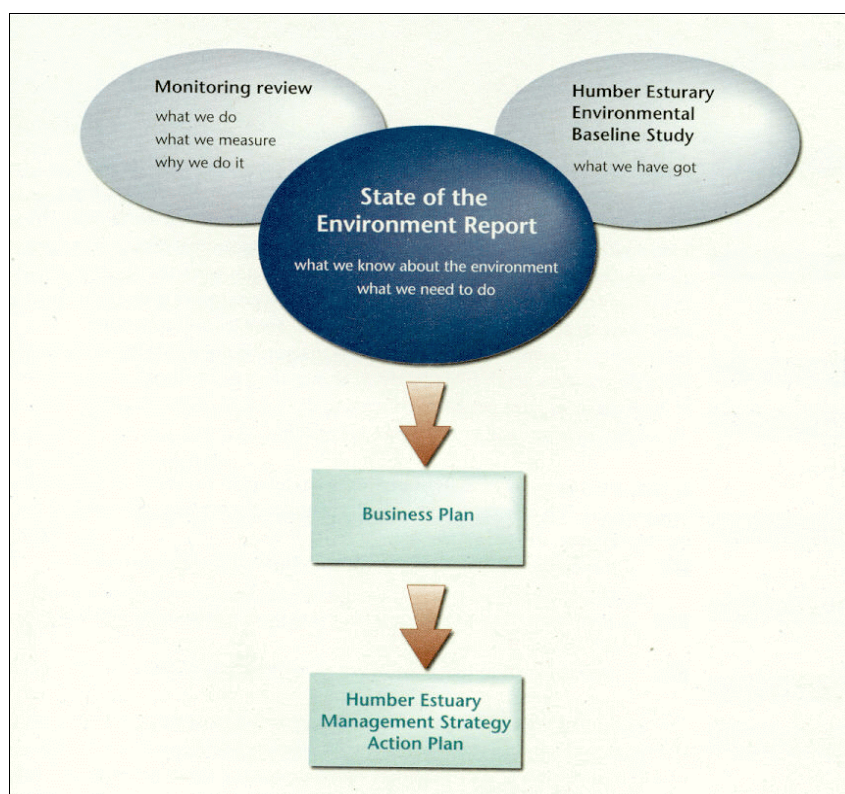
6.9 beleid

De eerste stappen tot een integraal beheer van het Humberstroomgebied werden in 1952 gezet door de betrokken waterschappen met het oprichten van het "Humber Consultative Committee" (Edwards & Barham, 2000). Dit schiep voor de waterschappen een platform waar allerlei zaken die met water te maken hadden, konden worden besproken. Uit dit platform is uiteindelijk de Environment Agency geëvolueerd die kort gezegd de taak heeft het integraal waterbeheer vorm te geven. Zo ook dat van de Humber. Hiervoor zijn de zogenaamde Catchment Management Plans (stroomgebiedsbeheersplannen, CMP) opgesteld. Deze kwam voor de Humber in 1994 gereed en hieruit is het Humber Estuary Action Programme voortgekomen, waarin de speerpunten staan geformuleerd.

Het beheer van de Humber is complex omdat er een verscheidenheid van gouvernementele en nongouvernementele organisaties en beheerders bij betrokken zijn. Om tot een integraal beheer te komen en dit proces in goede banen te leiden is door een consortium van belanghebbenden de "Humber Estuary Management Strategy" (HEMS) ontwikkeld (zie figuur 81).

Figuur 82

Schema voor de ontwikkeling van het Humber Estuary Management Strategy Action Plan (uit Environment Agency, 1999a).



De HEMS heeft geen officiële status en vervangt geen regionale plannen, structuur- of districtsplannen en vormt geen nieuwe machtstructuur (Evens, 2000). Het is een aanvulling op het beleidsraamwerk waarbinnen de verschillende officiële instanties werken, door voort te bouwen op de bestaande beleids- en beheersstructuren voor het estuarium en deze te ondersteunen en te informeren. In de stuurgroep zitten de volgende organisaties:

- Associated British Ports (ABP)
- English Nature
- Humber Forum
- Royal Society for the Protection of Birds (RSPB)
- British Association for Shooting and Conservation
- Humber Chamber of Commerce
- Sports Council
- Environment Agency
- North East Sea Fisheries Committee
- National Farmers Union
- de betrokken County Council
- Kingston upon Hull City Council

De HEMS moet het volgende opleveren:

- een estuariumbreed raamwerk waarbinnen het huidige en toekomstige gebruik wordt gestuurd en gecoördineerde besluitvorming stimuleert
- overeenkomstige uitgangspunten voor het beheer van het estuarium waarbij de wensen van de mens verenigbaar zijn met de noodzaak van het behoud van de natuurlijke rijkdom van de Humber
- het beïnvloeden en het herzien van ontwikkelingsplannen
- het bewustzijn en het begrip versterken van zaken die de Humber betreffen
- richtlijnen die de kans op conflicten minimaliseren
- een actieplan voor implementatie
- de communicatie verbeteren tussen de belangrijkste beheerders van het estuarium, de gebruikers en de belangengroepen
- verbindingen leggen tussen de HEMS en andere projecten in de Humber om efficiënter te werken en dubbelwerk te voorkomen.

Om dit alles te verwezenlijken zijn werkgroepen opgericht die elk een aspect van het estuarium hebben belicht, zoals landbouw, visserij, cultuurhistorie, bescherming tegen overstroming, natuurbescherming en industrie en handel.

In 1995 werd duidelijk dat het CMP van de National River Authority, dat nu het Environment Agency is, in feite gelijk was aan het HEMS en zijn de krachten gebundeld door de twee initiatieven in elkaar te laten overgaan. In 1998 publiceerde de Environment Agency zijn Humber Action Plan dat het CMP vervangt en waarin de taken zijn geformuleerd die voor de Agency voortvloeien uit de HEMS. In 1999 publiceerde de Environment Agency (zie ook figuur 82) het rapport the "State of Environment". Een ander product dat in 2000 het daglicht heeft mogen aanschouwen, is het "Humber Estuary Shoreline Management Plan" een integraal plan voor de verdediging van de kustlijn van het Humberestuarium (Environment Agency, 2000b).

Het resultaat van de integrale benadering middels de HEMS heeft ook geleid tot de ontwikkeling van de "ABP's Humber Ports and Estuary

Strategy" (HPES), waarin de havenautoriteiten hun doelstellingen formuleren en waarin de integrale benadering van het estuarium is vormgegeven (ABP Research, 2000).

7 Het St. Croix-estuarium

De beschrijving van het St. Croix Estuarium is afkomstig uit hoofdzakelijk twee rapportages van het St. Croix Estuary Project (SCEP, 1997a en 1997b) en hieraan wordt alleen op deze plek gerefereerd. Deze rapporten geven slechts ten dele antwoord op de in hoofdstuk 2 vermelde vragen. De ontbrekende gegevens zijn wel aangevraagd, doch zijn niet beschikbaar of er is nimmer een reactie gekomen. Ook het internet heeft hier geen oplossing voor geboden.

In bijlage 10 is een samenvattende tabel opgenomen.

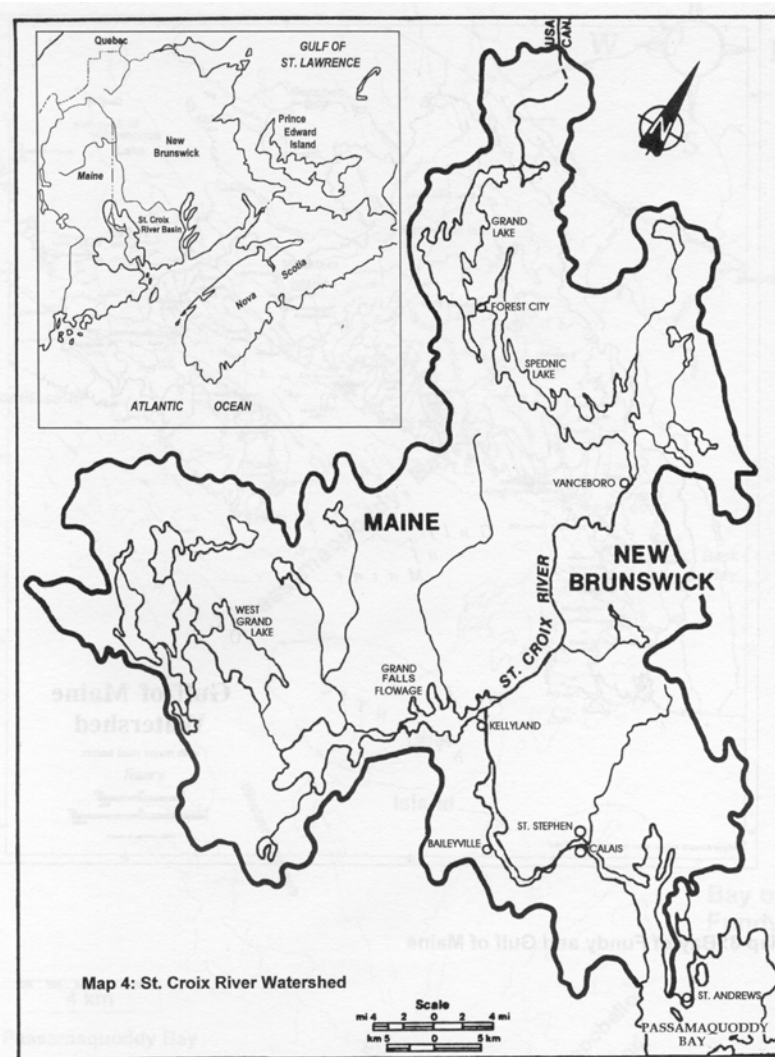
7.1 stroomgebied en begrenzing van het estuarium

Het stroomgebied van de St. Croix Rivier ligt voor 40% in Canada en voor 60% in de Verenigde Staten van Amerika. Het oppervlak omvat 4.230 km². De St. Croix Rivier en het midden van het estuarium vormen een deel van de grens tussen Canada en de VS. De maximale hoogte is 377 m. De rivier heeft vanaf haar bron tot aan de uitmonding van het estuarium in de Passamaquoddy Bay een lengte van 185 km (figuur 83). De Passamaquoddy Bay staat via de Bay of Fundy in verbinding met de Gulf of Maine en vervolgens de Atlantische Oceaan.

.....

Figuur 83

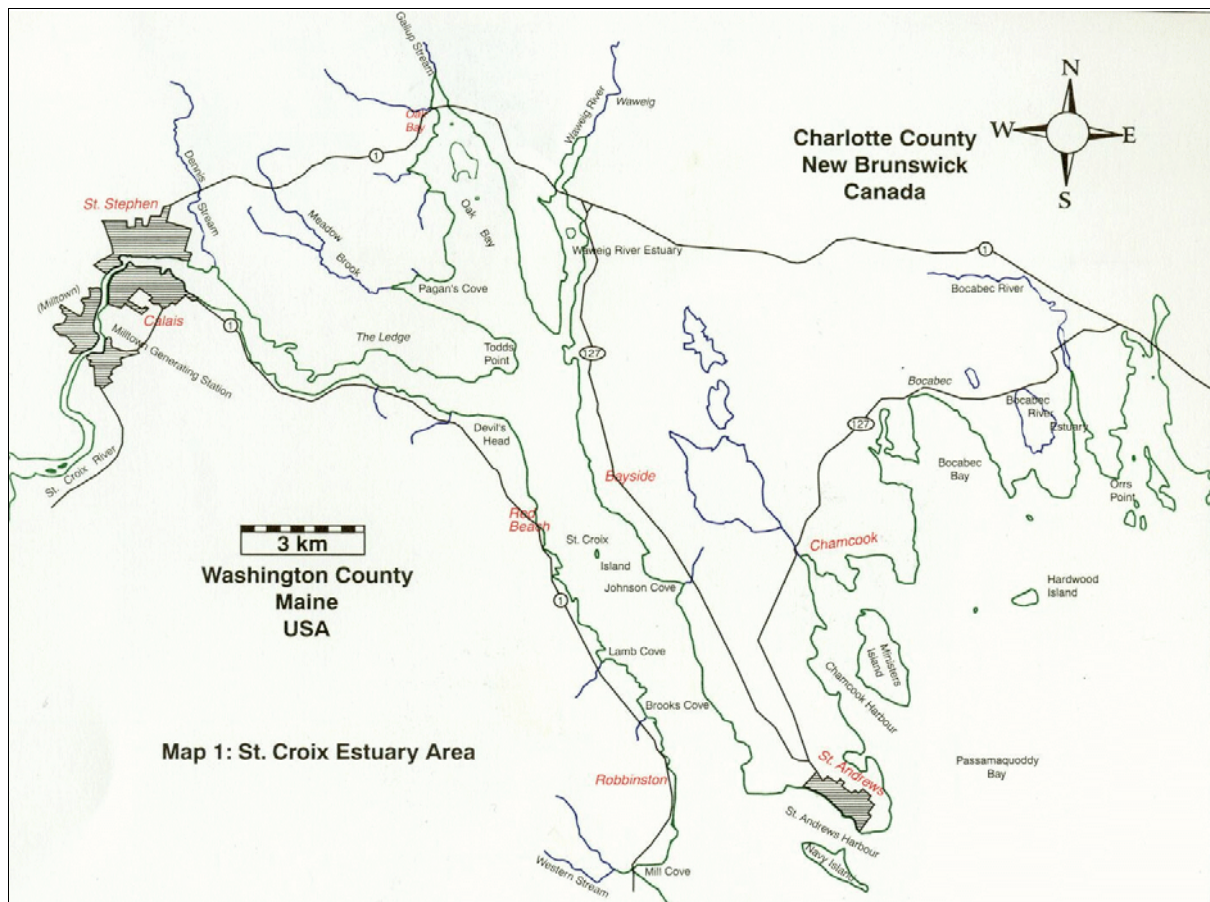
Het stroomgebied de St. Croix Rivier.



Figuur 84

Het estuarium van de St. Croix Rivier.

Volgens Jeff Hughes van het SCEP strekt het estuarium zich uit van de lijn St. Andrews en Mill Cove aan de Passamaquoddy Bay tot aan de dam in de St. Croix Rivier in Calais (Milltown Generating Station, zie figuur 84). Het estuarium heeft daarmee een lengte van ongeveer 24 km.



7.2 morfologie

Tussen St. Andrew en Mill Cove (zie figuur 84) is het estuarium op zijn breedst en wel 4,8 km. Na ongeveer een kleine 2 km stroomopwaarts vernauwd het zich tot naar schatting 1.500 m en behoudt deze breedte over een afstand van circa 12 km. Hierna splitst het estuarium in de Oak Bay, waarin een klein aantal beken uitmonden en de voortzetting van het St. Croix-estuarium. Vanaf dit punt, bij Devil's Head, is het estuarium 1.100 m breed en vernauwd zich vervolgens geleidelijk richting Calais en St. Stephen tot 100 à 200 meter. Hier heeft het estuarium een trompetvorm.

Het intergetijdengebied bestaat voor het overgrote deel uit natuurlijk hard substraat. Doch in de relatief beschutte gebieden zijn er slikken en platen vooral in het bovenstroomse deel van het estuarium en in Oak Bay. De lokaal voorkomende stranden bestaan overwegend uit keien en grind. Schorren zijn een zeldzaam verschijnsel en dit vindt zijn oorzaak in de relatief steile oevers.

Bij laag water heeft het estuarium bovenstrooms een diepte van 1 m en neemt stroomafwaarts toe tot 25-33 m. Het bodemprofiel is onregelmatig en bestaat overwegend uit rots.

7.3 hydrodynamiek

rivierafvoer

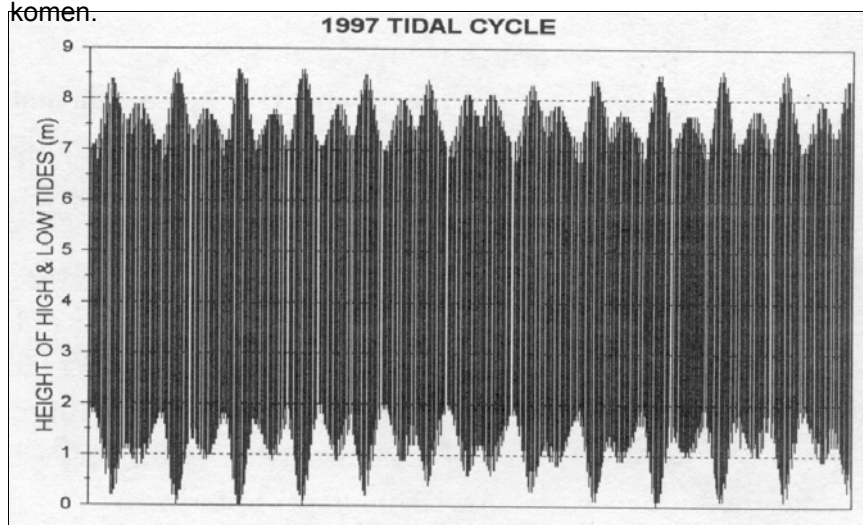
De St. Croix rivier is een regenrivier die snel op regenval kan reageren. De gemiddelde jaarlijkse afvoer wordt geschat op tussen de 72,7 m³/s en 88,6 m³/s. De dagelijkse afvoer heeft een range met een minimum van 21,4 m³/s en een maximum van 578 m³/s afhankelijk van het seizoen.

getijden

Het St. Croix-estuarium kent een behoorlijke getijslag van gemiddeld 6 meter bij St. Andrew aan de monding. Bij doodtij bedraagt deze 5 m en bij springtij 8,3 m (figuur 85). Bij stormvloed kan hier nog 1 m bovenop komen.

.....
Figuur 85

Het getij in 1997 in de monding van het St. Croix-estuarium.



stroomsnelheden

De enige mededeling die hier over wordt gedaan, is dat er ten gevolge van het grote getijverschil sterke getijstroom optreden.

verblijftijd

De gemiddelde verblijftijd van het water bedraagt 8 dagen

7.4 zoutdynamiek

Geen gegevens over isohalines in het St. Croix-estuarium zijn verkregen. Vermoedelijk is de zoutgradiënt gezien de geringe gemiddelde rivierafvoer vrijwel evenlang als het estuarium zelf, dat wil zeggen ongeveer van Calais tot aan St. Andrew. Het traject met het laagste zoutgehalte zal zich in het bovenstroomse traject tussen Calais en Devil's Head bevinden.

Een lichte stratificatie treedt erop in het bovenste deel van het estuarium maar deze wordt snel door de turbulentie ten gevolge van de sterke getijstroom teniet gedaan.

7.5 biodiversiteit

vegetatie

Zoals gezegd zijn de schorren een vrij zeldzaam verschijnsel, doch op kleine schaal zijn ze wel degelijk aanwezig.

Qua opbouw zijn ze gelijk aan de Noordepartese met dezelfde of overeenkomstige soorten en structuurkenmerken. Wat in het St. Croix-estuarium ontbreekt is zeekraal.

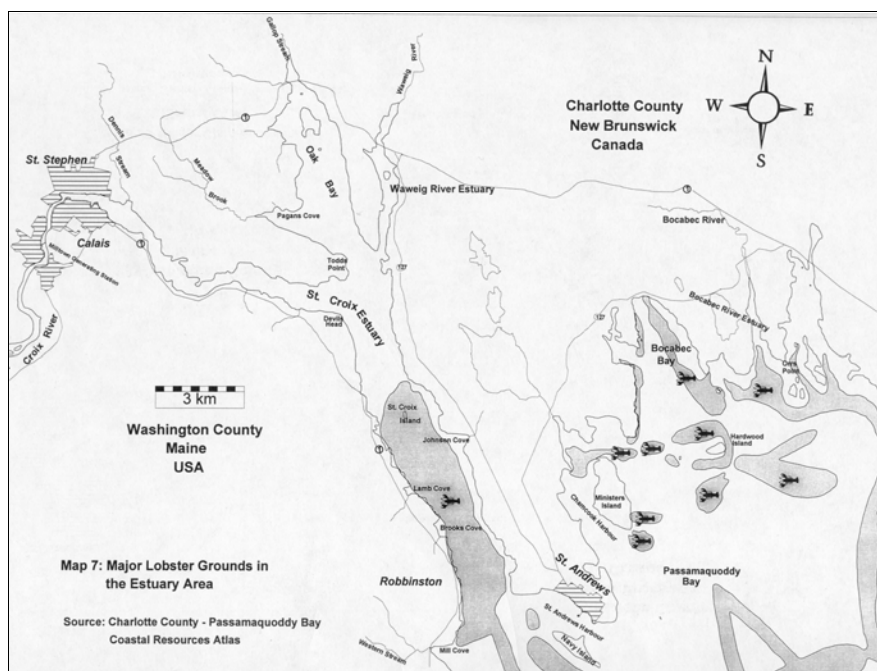
Wieren zijn van bijzonder belang in het estuarium. Dit jaar zijn er 33 soorten tijdens de bemonsteringscampagnes waargenomen (Jeff Hughes, pers.) Door vrijwel het gehele estuarium zijn de paarse kalkalgen van het geslacht *Lithothamnion* te vinden die als dikke plakken over de rotsen liggen. In zeer grote dichtheden zijn knots- (*Ascophyllum nodosum*) en blaaswieren aanwezig. De Knotswiervelden hebben een bijzondere ecologische waarde en geschat wordt dat 31 vissoorten en 26 vogelsoorten in meer of mindere mate van dit wier afhankelijk zijn. Naast vissen en hun larven huizen er bij vloed in deze intergetijdenwouden ook zeer veel evertrebraten. Bij eb schuilen er veel intergetijdensoorten om uitdroging te voorkomen. De losgeslagen afstervende delen vormen een belangrijke bron van voedsel voor het zoöplankton waarvan weer de gehele levensgemeenschap profiteert. Tenslotte belanden afgebroken stukken Knotswier en andere wieren in het vloedmerk waar zij een belangrijke voedselbron vormen voor wormen, insecten en springers.

Zeegras wordt uitsluitend lokaal gevonden.

macrofauna

Meer dan 150 macrofaunasoorten worden in het estuarium gevonden. 21 soorten komen in grote dichtheden voor zoals sponzen, zeepokken, alikruiken, zee-egels, keverslakken en dergelijke. Van commercieel belang zijn mosselen, St. Jakobsschelpen, kokkels, en strandgapers.

Figuur 86
Kreeftgronden in het St. Croix-estuarium.



Een economisch zeer belangrijke soort is de Amerikaanse kreeft (*Gomarus americanus*). In figuur 86 zijn de kreeftgronden van het St. Croix-estuarium weergegeven. Hieruit kan worden afgeleid dat dat deel van het estuarium een saliniteit heeft van boven de 20 ‰ S en het water van een goede kwaliteit is.

vis

In het estuarium zijn in totaal 106 vissoorten waargenomen. Ongeveer de helft daarvan is algemeen, de andere helft komt zo nu en dan voor of is zeldzaam. Verschillende trekvissen komen er voor zoals Zalm en Amerikaanse aal (*Anguilla rostrata*). 57 soorten brengen hun gehele levenscyclus in het estuarium door, bijvoorbeeld de Atlantische haring (*Clupea harengus*). Algemene migranten zijn de Atlantische makreel, *Raja erinacea* (een rog) en de Koolvis (*Pollachius virens*).

vogels

Het St. Croix-estuarium is een belangrijk foerageer-, verzamel- en overwinteringsgebied voor verschillende eendensoorten, ganzen, kustvogels en meeuwen. Zo'n 225 soorten komen regelmatig in het gebied voor. De belangrijkste oorzaken voor deze verscheidenheid zijn de diversiteit in habitats en het klimaat. Het feit dat de zomers in deze regio vrij koel zijn, nodigt sub-arctische soorten uit in het gebied te broeden. De relatief warme winters op zijn beurt lokt veel vogels die normaliter zuidelijker overwinteren. Met de andere baaien en estuaria is het St. Croix-estuarium een belangrijke stop op de trek van een groot aantal soorten.

Soorten die er broeden zijn de Geelsnavelduiker (*Gavia adamsii*), de aalscholver *Phalacrocorax auritus*, diverse ganzen en eenden, de Witkoparend *Haliaeetus leucocephalus*, de sperwer *Accipiter striatus*, de Amerikaanse valk *Falco sparverius*, diverse spechten en vliegenvangers, uilen, nachthavikken enzovoort.

zoogdieren

In de buurt zijn verschillende foerageergebieden van walvissen, dolfijnen, bruinvissen en zeehonden. Alleen de laatste twee komen in het St. Croix-estuarium voor. Zeehonden worden het gehele jaar waargenomen terwijl de Bruinvis in de zomer en de herfst het estuarium binnentrekt om op haring en makreel te jagen.

Rond het estuarium leven 47 landzoogdieren, die in grote variëren van spitsmuis tot Zwarte beer (*Ursus americanus*).

7.6 menselijke ingrepen in het estuarium

historische ontwikkelingen

Oorspronkelijk werd het gebied bewoond door indianen waarvan bepaalde stammen er visten, jaagden en op beperkte schaal landbouw bedreven en weer anderen jaagden op bruinvissen, zeehonden en walvissen. Ook werden er strandgapers verzameld, kreeften gevangen en zeevogeleieren geraapt. Met de komst en expansie van de kolonisten nam dit af, maar sommige indianen hielden hun traditionele levensstijl vol tot 1940.

De eerste kolonisten uit Europa arriveerden in het laatste deel van de 18^e eeuw en begonnen als snel de omgeving economisch, cultureel en landschappelijk naar hun hand te zetten. Vanaf die tijd tot aan het begin van de 20^{ste} eeuw vormden, visserij, bosbouw, scheepsbouw en de rederijen de hoeksteen van de koloniale economie.

De bossen leverden volop hout en er ontstonden verschillende zagerijen aan de oevers van de St. Croix. Tussen 1840 en 1870 werd er vanuit het gebied meer hout verscheept dan uit welke andere haven in Noord-Amerika ook. Behalve zeeschepen werden er in dezelfde periode ook veel kleine vissersboten gebouwd en de vishandel ging floreren. Dit alles leidde tot een groei van de bevolking en hedentendage leven er tussen de 20.500 en 23.000 mensen rond het estuarium. St. Stephen en Calais zijn de grootste steden met respectievelijk 5000 en 4000 inwoners op afstand gevolgd door St. Andrews met 1.650 inwoners.

gebruik van het estuarium

afvalwaterlozing

Al het afvalwater, met uitzondering van de septic tanks, komt via 17 afvalwaterzuiveringsinstallaties in het estuarium. In totaal gaat het om 117 m³ per dag.

landgebruik

Echte wildernis rond het estuarium bestaat niet meer. Er is een mozaïek ontstaan van bossen, landbouwgrond, dorpen, landelijke residenties en industrie.

havenactiviteit

De belangrijkste haven is de Bayside Marine Terminal. Naast handel en industrie is sinds de laatste jaren de cruisevaart op de regio toegenomen. De eerste havenkade kwam in 1967 gereed en had een lengte van 91 meter. In 1989 werd hieraan 152 meter toegevoegd en de capaciteit bedraagt nu 320 schepen per jaar. Deze capaciteit wordt echter bij lange na niet benut. In 1995 en 1996 liepen er respectievelijk 63 en 85 schepen de haven van Bayside binnen.

aquacultuur

De aquacultuur is van groot belang voor de regio en in de Passamaquoddy Bay (Passamaquoddy is indiaans voor Koolvisbaai of Koolvisvissers) zijn verschillende zalmkwekerijen. De zalmen worden gehouden in kooien.

In het St. Croix-estuarium zelf is alleen een broedhuis en wel in Oak Bay en deze levert 350.000 smolts per jaar.

Om niet alleen van de zalmkweek afhankelijk te zijn, wordt succesvol geëxperimenteerd met andere vissoorten.

Niet ver buiten het estuarium worden op het land zee-egels gekweekt.

visserij

De visserij is van buitengewoon belang voor de lokale economie en is de afgelopen 2 decennia alleen nog maar gegroeid. De visserij en ook de aquacultuur wordt door lokale marienbiologische instituten wetenschappelijk ondersteund, zoals het aan de monding gelegen St. Andrews Biological Station.

De belangrijkste soorten voor de visserij in het St. Croix-estuarium zijn:

- St. Jakobsschelp. Dit is een belangrijke bron van inkomsten voor de regio. Opmerkelijk bij deze visserij is het verschil in regelgeving. In het Canadese deel mag er jaarrond worden gevestigd, terwijl dit in het Amerikaanse alleen van november tot midden april is toegestaan.
- Kreeft. De vangsten van deze soort zijn door de jaren heen stabiel en dit komt door de controle en strikte naleving van de regelgeving.
- Strandgaper. Deze worden met de hand uitgestoken. Aan de VS-kant is het verboden vanwege mogelijke contaminatie, maar aan de Canadese kant is het onder voorwaarden beperkt toegestaan.
- Haring. De haringvisserij geschiedt er met behulp van speciale vallen, de zogenaamde "hearing weirs". Dit zijn hartvormige afzettingen van sparrenstokken met daarin netten. In de bovenzijde van het hart zit een opening waardoor de vissen naar binnen kunnen zwemmen. De vissen worden gevangen door de netten binnen te halen.

sportvisserij

Sportvisserij is een zeer belangrijke vorm van recreatie. Op diverse soorten wordt gevestigd, zoals Zalm, Beekforel, Koolvis, Makreel, Fint en dergelijke, maar ook op Kreeft.

Een geheel vrije vorm van visserij is het rapen van de Gewone alikruik (*Littorina littorea*). Deze zeer wijdverspreide soort is niet inheems, maar 150 jaar geleden geïntroduceerd en heeft de inheemse soort *Littorina palliata* volledig verdrongen (DFO Science, 1998).

oogsten van zeewier

Sinds 1995 wordt er commercieel Knotswier geoogst. De producten die hier uit worden gehaald, komen terecht in voedingsmiddelen voor mens en dier, cosmetica, medicijnen, verf, kunstmest en textiel.

Het oogsten gebeurt met een driejaarlijkse cyclus. Met de oogst worden tevens veel alikruiken gevangen en deze worden met andere organismen weer over het geoogste veld verspreid.

tourisme

Het tourisme is belangrijk voor de regio. Het is sterk gericht op natuurbeleving. Belangrijke activiteiten zijn duiken, kanovaren en zeilen. Er wordt gezwommen doch op de meeste plaatsen is het water daarvoor te koud.

effecten van menselijke activiteiten

vis en visserij

In het midden van de 19^e viel het reeds op dat er een terugval in de zalmstand was en deze werd toegeschreven aan de verschillende dammen die er in de rivieren werden gemaakt. Tot 1825 waren deze dammen voorzien van vispassages, maar hierna werd in de benedenloop een niet passeerbare dam gebouwd en dat in de St. Croix Rivier deed de Fint en de Gaspereau (*Alosa pseudoharengus*), die in zeer grote aantallen de rivier optrokken, volledig de das om.

Vissen op St. Jakobsschelpen zou schade toebrengen aan vooral de zeewiervegetatie waar de larven van deze dieren hun eerste levensstadia doorbrengen. Hoe minder larven, hoe minder schelpen. Vissers schrijven het teruglopen van de haringstand toe aan het oogsten van Knotswier (Percy, 2000).

baggeren

In het St. Croix-estuarium is op zeer kleine schaal bij de aanleg van een haven gebaggerd. Dit heeft geen gevolgen gehad voor de levensgemeenschappen (Jeff Hughes, pers. meded.). Baggeren voor de scheepvaart is gezien de diepte van het estuarium niet nodig.

7.7 ecologische knelpunten en oplossingen

Als belangrijkste knelpunt voor het St. Croix-estuarium wordt de belasting met fecale streptococci gezien. Hiervoor zullen in de toekomst maatregelen worden genomen (Jeff Hughes, pers. meded.).

7.8 natuurontwikkeling

natuurgebieden

Zo'n 38 locaties rond het estuarium worden aangemerkt als bijzondere habitats en dienen een natuurbeschermingsstatus te krijgen. Op dit moment is men bezig met de aankoop van een 120 hectare groot terrein en dit zal tot natuurpark worden verheven (Jeff Hughes, pers. meded.).

natuureducatie

Natuureducatie wordt door verschillende instanties voor allerlei leeftijdsgroepen gestimuleerd. Verschillende organisaties ondernemen projecten en maken programma's om hun steentje bij te dragen. Leerlingen van scholen en high school students worden geënthousiasmeerd om mee te draaien in monitoringsprojecten. Ook volwassen vrijwilligers doen hier aan mee.

7.9 beleid

Verschillende internationale, federale, regionale, provinciale en staatsinstanties, maar ook de lokale overheden spelen een rol in of dragen verantwoordelijkheid in het beleid en het beheer van het estuarium. Het internationale karakter van het gebied (het is voor een deel van de VS en een deel van Canada zie ook paragraaf 7.1) maakt het raamwerk waarbinnen besluitvorming plaats moet vinden nog complexer dan dat het onder de jurisdictie van één land zou vallen. Twee internationale organisaties spelen voor het St. Croix-estuarium een sleutelrol in beleidszaken.

De "International Joint commission" (IJC), die in 1909 in relatie tot de "Boundary Waters Treaty Act" werd opgericht. Het kan gezien worden als een gemeenschappelijk waterschap.

De "St. Croix International Waterway Commission" (SCIWC), een permanente internationale organisatie van Maine (VS) en New Brunswick (Canada) en die een lange termijnbeheersplan voor het St. Croix-estuarium moet maken en anderen moeten helpen bij de implementatie ervan.

What is the Atlantic Coastal Action Program (ACAP)?

In 1991, faced with an urgent need to restore damaged coastal environments, Environment Canada initiated ACAP, the Atlantic Coastal Action Program, as a means of mobilizing local communities to address their own environmental and developmental challenges.

The Atlantic Coastal Action Program is a community-based program that relies on local involvement and support. ACAP involves 14 sites across Atlantic Canada - two in Newfoundland, two in Prince Edward Island, five in Nova Scotia, and five in New Brunswick. Each site has formed an incorporated, non-profit organization with its own Board of Directors, and each site maintains a full-time paid Coordinator and an office. While Environment Canada contributes to project funding, community stakeholders contribute most of the resources through volunteer labor, in-kind contributions, and financial support.

The vision

ACAP envisions Atlantic Canada as a prosperous, diversified region of healthy, vibrant, sustainable, coastal communities that will retain their lives and livelihoods for generations to come.

The mission

ACAP helps communities to define common objectives for environmentally appropriate use of their resources and to develop plans and strategies that will help achieve them.

The approach

In the past, the development of government-formulated coastal zone management plans have met with limited success since these plans were not community driven. The ACAP process represents a great step forward in the involvement of community interests. Indeed, the fundamental basis for ACAP is the recognition that local communities are the best and most effective proponents for effective action leading to sustainable development.

bron: http://www.ns.ec.gc.ca/community/acap/index_e.html

Reeds in de 60er en 70er jaren bemerkte de Canadese regering dat er onder de bevolking ongerustheid begon te ontstaan over de kwaliteit

van het milieu. Bewust van de noodzaak om aangetaste kustgebieden te herstellen, heeft de overheidsorganisatie "Environment Canada" het "Atlantic Coastal Action Program" (ACAP) opgesteld als instrument om lokale gemeenschappen hun wensen op het gebied van milieu en ontwikkeling uit te werken. Het is een programma dat leunt op lokale betrokkenheid en de steun van de bevolking.

Het "St. Croix Estuary Project" maakt deel uit van een totaal van 14 ACAP-projecten langs de Atlantische kust van Canada (zie intermezzo) en is in 1992 van start gegaan. Het SCEP is een non-profit en niet-gouvernementele organisatie, die als doel heeft antwoord te geven op lokale milieuvraagstukken en zorg te dragen voor het duurzaam behoud en herstel van ecosystemen. Van het SCEP kan iedereen lid worden. De staf bestaat uit gekozen burgers en vertegenwoordigers van de betrokken gemeenten. Environment Canada en de St. Croix International Waterway Commission zorgen voor algemene begeleiding. Staf en vrijwilligers werken aan een programma dat vier gebieden bestrijkt.

- a. milieubeleid op allerlei gebied
- b. milieumonitoring
- c. gebruik van land, water en natuurlijke rijkdommen en het in kaart brengen ervan
- d. bewustwording- en onderwijsprojecten

Het bijzondere van het SCEP is dat het grensoverschrijdend is. In 1997 is het rapport ***Caring for Our Coast - A Plan for the Community Management of the St. Croix Estuary*** gereed gekomen, waarin een integrale visie van de omwonenden en belanghebbenden is verwoord. In totaal zijn 50 acties geformuleerd die moeten worden ondernomen om tot duurzame ontwikkeling en herstel van het St. Croix-estuarium te komen.

Het product van het SCEP is in 1996 beloond met de ***Visionary Award*** door de "Gulf of Main Council on the Marine Environment".

8 Literatuur

- Abarnou, A., T. Burgeot, M. Chevreuil, F. Leboulenger, V. Loizeau, A. Madoulet-Jaouen & C. Minier, 2000.
Les contaminants organiques: quels risques pour le monde vivant?
Programme scientifique Seine-Aval. Éditions IFREMER. ISBN 2-84433-028-2.
- Abarnou, A. & J.-C. Dauvin, 1997.
Programme Seine-Aval. Edifices biologiques. Exercice 1996.
- Abarnou, A. & J.-C. Dauvin, 1999.
Programme Seine-Aval. Edifices biologiques. Exercice 1998.
- Anonymus, 1979.
The Humber Estuary. A selection of papers on present knowledge of the estuary and its future potential given at two symposia arranged by the Humber Advisory Group and the University of Hull. The Natural Environment Research Council. Public. Ser. N0. 20.
- Anonymus, 1986.
The Humber Estuary. Environmental Background. Institute of Estuarine and Coastal Studies. University of Hull.
- Anonymus, 1987.
The Humber Estuary. Environmental Background. Shell UK.
- Anonymus, 1995.
Port Autonome du Havre. Synthèse des Connaissances sur l'estuaire de la Seine. Ifremer. Chap. 4 Benthos.
- Anonymus, 1996.
Humber Estuary Management Strategy. Consultation draft.
- Anonymus, 2000.
Eurosam. European Salt Marsh Modelling. Part 4. Hydrodynamic models to study intersystem exchange processes. Task 14. Hydrodynamic model at the estuary scale.
<http://www.umar6553.univ-rennes1.fr>.
- ABP Research 1999.
Good practice guidelines for ports and harbours operating within or near UK European marine sites. English Nature, UK Marine SACs Project. pp 120.
- ABP Research, 2000.
ABP's Humber Ports and Estuary Strategy. Associated British Ports. Ref. R. 792.

- Archer, R., 2000.
The Humber Estuary - an internationally important bird area. In:
Jones, N.V. & M. Elliott (eds.), 2000. Coastal Zone Topics: Proces,
Ecology & Management. 4. The Humber Estuary and adjoining
Yorkshire and Lincolnshire Coasts. Estuarine and Coastal Sciences
Association, Hull, UK.
- ARGE-ELBE, 1984.
Gewässerökologische Studie ELBE. Arbeitsgemeinschaft für die
Reinhaltung der Elbe (ARGE-ELBE).
- ARGE-ELBE, 2000.
Sauerstoffgehalte der Tideelbe van 1953 bis 1999. Grafiek.
Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe (ARGE-ELBE).
WGE Be 6/00.
- ARGE-ELBE, 2001.
Mittlere Wasserstände der Elbe ab 1843 am Pegel St. Pauli und
Fahrrinnen-Soltiefen. Grafiek. Arbeitsgemeinschaft für die
Reinhaltung der Elbe (ARGE-ELBE). WGE Be 3/01.
- Auger, C. & J. L. Verrel, 1997.
Les estuaires française. Évolution naturelle et artificielle. Éditions
IFROMER. ISBN 2-905434-95-3.
- Axford, S., 2001.
The Status and future Prospects of Migratory Salmonids in the Ouse,
Wharfe and Derwent. Environment Agency. Fisheries and the
Humber. Humber Estuary Seminar, Thursday 15 November 2001 at
Phoenix House, Leeds. (in press).
- Bergemann, M., G. Blöcker, H. Harms. M. Kerner, R. Meyer-Nehls, W.
Petersen & F. Schroeder, 1996.
Der Sauerstoffhaushalt der Tideelbe. Die Küste. Heft 58: 199-261.
- Bernat, N., B. Köpcke, S. Yasseri, R. Thiel & K. Wolfstein, 1994.
Tidal variation in bacteria, phytoplankton, zooplankton, mysids, fish
and suspended particulate matter in the turbidity zone of the Elbe
estuary; interrelationships and causus. Neth. J. Aqu. Ecol. 28: 467-
476.
- Besnard, B., 1998.
Projet Port 2000. Inventaire faune-flore. Première approche. Port
Autonome du Havre. Service du Développement, de la Gestion de
l'Espace Portuaire et de l'Environnement.
- Bessineton, C., 1997.
La création de vasières artificielles dans l'estuaire de la seine. In:
Auger, C. & J. L. Verrel (eds.), 1997. Les estuaires française.
Évolution naturelle et artificielle. Éditions IFROMER. ISBN 2-
905434-95-3.
- Billen, G. J. Garnier, P. Servais, N. Brion, A. Ficht, S. Even, T. Berthe &
M. Poulin, 1999.
L'oxygène: un témoin du fonctionnement microbiologique.
Programme scientifique Seine-Aval. Éditions IFREMER. ISBN 2-
84433-028-2.

- Boehlich, M. J., 1999.
Einfluß der Oberwassermenge auf die Tidedynamik der Elbe. Dipl.-
Ozeanograph. Vorstellen der Untersuchungsvarianten Erläutern der
Berechnungs- und Analyseergebnisse. Bundesanstalt für
Wasserbau. Abteilung Küste
- Boust, D., J.P. Fischer, B. Ouddane, F. Petit & M. Wartel, 1999.
Fer et manganèse: réactivités et recyclages. Programme
scientifique Seine-Aval. Éditions IFREMER. ISBN 2-84433-028-2.
- Burgeot, T., C. Minier, G. Bocquené, F. Vincent, J. Cachot, V. Loizeau,
A. Jaouen, P. Miramand, T. Guyot, P. Lesueur, E. Rochard & P. Boet,
1999.
Des organismes sous stress. Programme scientifique Seine-Aval.
Éditions IFREMER. ISBN 2-84433-028-2.
- Chiffolleau, J.F., J.L. Gonzalez, P. Miramand & B. Thouvenin, 1999.
Le cadmium: comportement d'un contaminant métallique en
estuaire. Programme scientifique Seine-Aval. Éditions IFREMER.
ISBN 2-84433-028-2.
- Cabral, H.M.R.N., 1998
Utilização do estuário do Tejo como área de viveiro pelos linguados,
Solea solea (L., 1758) e *Solea senegalensis* Kaup, 1858, e robalo,
Dicentrarchus labrax (L., 1758). Dissertação apresentada à
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa para obtenção
do grau de Doutor em Biologia (Ecologia e Biosistemática).
- Cabral, H. N., 2000.
Comparative feeding ecology of two sympatric soles, *Solea solea*
and *Solea senegalensis*, within the nursery areas of the Tagus
estuary. J. Fish Biol. 57: 1550-1562.
- Cabral, H.N. & M.J. Costa, 1999.
On the occurrence of the Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*, in
Portugal (Decapoda, Brachyura). Crustaceana 72: 55-59.
- Cabral, H. N., M. J. Costa & J. P. Salgado, 2001.
Do the Tagus estuary fish community reflect environmental
changes? Clim. Res. (accepted march 20, 2001).
- Cabral, H. N., J. Duque & M. J. Costa, 2000.
Importance of the coastal zone adjacent to the Tagus estuary as a
nursery area for fish. Thalassus, 16: 27-32.
- Cabral, H. N. & B. Ohmert, 2001.
Diet of juvenile meagre, *Argyrosomus regius* within the Tagus
estuary. Cah Biol. Mar. 42: 289-293.
- Cadée, N., 1994.
Typologie van estuariene systemen: Geografische referenties voor
het Schelde estuarium. RIKZ Rapport 94.048. 52p + bijlagen.
- Cossa, D. & A. Ficht, 1999.
La dynamique du mercure. Programme scientifique Seine-Aval.
Éditions IFREMER. ISBN 2-84433-028-2.
- Costil, K., 1998

- Etude du macrozoobenthos de la Seine fluviale dans la région Rouennaise. In: Seine-Aval, 1998. Exercice 1997. Rapport final par laboratoire. Thème Édifices biologiques. Rapport 1997/fin-4. Vol. 1: 48-88.
- Costa, M. J., P. R. Almeida, H. N. Cabral, M. T. Lopes, J. L. Costa, C. Pereira, C. M. Teixeira, M. J. Correia, J. P. Salgado & M. J. Martins, 1996.
Environmental monitoring of the Vasco da Gama bridge (Tagus River: Portugal): macrozoobenthic invertebrates and fish. Proceedings of the 16th Annual Meeting of the International Association for Impact Assessment, June 17-23, Estoril, Portugal, 2: 689-694.
- Costa, M. J., & H. N. Cabral, 1999.
Changes in the Tagus nursery function for commercial fish species: some management perspectives. *Aquat. Ecol.* 33: 287-292.
- Costa, M.J., F. Catarino, J.P Salgado, J. Serôdio, H. Cabral, & M.A Franco, 2000.
Eurosam. European Salt Marsh Modelling. Part 3. Wildlife fauna and integration of organic matter into marine food webs. Task 10. Vertebrate food webs. - Instituto de Oceanografia. - Faculdade de ciências da Universidade de Lisboa.
<http://www.umn6553.univ-rennes1.fr/eurossam>.
- Davison, D.M. & D.J. Hughes, 1998.
ZOSTERA BIOTOPES. An overview of dynamics and sensitivity characteristics for conservation management of marine SACs. Dee Davison Associates. Centre for Coastal and Marine Science. Dunstaffnage Marine Laboratory Prepared by Scottish Association for Marine Science (SAMS) for the UK Marine SACs Project, Task Manager, A.M.W. Wilson, SAMS. Vol.I.
<http://www.english-nature.org.uk/uk-marine/reports/pdfs/zostera.pdf>
- de Melo, J.J., 2000.
The Vasco da Gama Bridge on the Tagus Estuary: A paradigm of bad decision making, but good post-evaluation. *World Transport Policy & Practice*. Volume 6, Number 2: 20-31.
- Desprez, M., G. Bachelet, J.J. Beukema, J.P. Ducrotoy, K. Essink, J. Marchand, H. Michaelis, B. Robineau & J.G. Wilson, 1992.
Dynamique des populations de *Macoma balthica* (L.) dans les estuaires du Nord-Ouest de l'Europe: Première synthèse. In: *Estuaries and coasts*. M. Elliot & J.P. Ducrotoy (Eds). Proc. ECSA 19 Symp. Olsen & Olsen. Fredensburg. Denmark. pp: 159 - 165.
- DETR, 2000.
Modern Ports: A UK Policy. Departement of the Environment, Transport and the Regions.
<http://www.shipping.dtlr.gov.uk/modernports/10.htm>

- DFO Science, 1998.
Periwinkle (*Littorina littorea*). DFO Science Stock Status Report C3-46. Depart. of Fisheries and Oceans, Maritimes Region, Halifax.
- DHBM, 1992.
Die Elbe - Ein Lebenslauf. Hg. vom Deutschen Historischen Museum. 450 Seiten mit ca. 300 Abbildungen Nicolaische Verlagsanstalt Berlin, 1992.
- Die Grünen, 2001.
Umsetzung der FFH-Richtlinie. Informationspapier.
<http://www.voss-naturschutz.de/Downloadtexte>
- Duhamel, S., 1994.
Synthèse des connaissances sur l'estuaire de Seine. Partie: Benthos. Contribution du Groupe d'Etude des Milieux Estuariens et Littoraux à l'étude de l'Ifremer/extension du Port du Havre - Projet 2005. 113 p.
- Dupont, J.P., L. Guézennec, R. Lafite, P. Le Hir, P. Lesueur, 2001.
Matériaux fins: le cheminement des particules en suspension. Programme scientifique Seine-Aval. Éditions IFREMER. ISBN 2-84433-028-2.
- Edwards, A.M.C. & P. Barham, 2000.
Implementing the Humber and coastal Catchment Management Plans. In: Jones, N.V. & M. Elliott (eds.), 2000. Coastal Zone Topics: Proces, Ecology & Management. 4. The Humber Estuary and adjoining Yorkshire and Lincolnshire Coasts. Estuarine and Coastal Sciences Association, Hull, UK.
- Elliott, M. & S. Marshall, 2000.
The biology of fishes in the Humber Estuary. In: Jones, N.V. & M. Elliott (eds.), 2000. Coastal Zone Topics: Proces, Ecology & Management. 4. The Humber Estuary and adjoining Yorkshire and Lincolnshire Coasts. Estuarine and Coastal Sciences Association, Hull, UK.
- Environment Agency, 1997.
Domesday to the dawn of the new millennium. 900 years of the Don fishery.
- Environment Agency, 1999a.
Humber estuary. State of the environment 1998.
- Environment Agency, 1999b.
Humber Estuary. State of the environment 1998. Technical report.
- Environment Agency, 2000a.
Humber Estuary. State of the environment 1999. Technical report update.
- Environment Agency, 2000b.
Planning for the Rising Tides. The Humber Shoreline Management Plan.
- Evans, L., 2000.

- The Humber Estuary Management Strategy. In: Jones, N.V. & M. Elliott (eds.), 2000. Coastal Zone Topics: Process, Ecology & Management. 4. The Humber Estuary and adjoining Yorkshire and Lincolnshire Coasts. Estuarine and Coastal Sciences Association, Hull, UK.
- Falconer, R.A., B. Lin & E. Harrie, 2000.
The role and aspect of mathematical modelling of the Humber Estuary. In: Jones, N.V. & M. Elliott (eds.), 2000. Coastal Zone Topics: Process, Ecology & Management. 4. The Humber Estuary and adjoining Yorkshire and Lincolnshire Coasts. Estuarine and Coastal Sciences Association, Hull, UK.
- Ferreira, J.G., 1995.
Ecwin. An Object-oriented ecological model for aquatic ecosystems. Ecol. Modelling. 79, 21-34.
<http://tejo.dcea.fct.unl.pt/ecomod/people/fo/papers/ecwin/>
- Ferreira, J.G., T. Simas and J.P. Nunes, 2000.
Eurosam. European Salt Marsh Modelling. Task 4. Organic Matter Cycling Models in Estuaries IMAR - Institute of Marine Research. GEM - Geochemical and Ecological Modelling. FCT-UNL - Universidade Nova de Lisboa.
<http://www.umar6553.univ-rennes1.fr/eurossam>.
- Gaumert, T., 1995.
Spectrum und Verbreitung der Rundmäuler und Fische in der Elbe von der Quelle bis zur Mündung. Aktuelle Befunde im Vergleich zu alten Daten. Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe (ARGE-ELBE).
- Gaumert, 2000.
Die Entwicklung des Fischartenspektrums der Elbe mit Berücksichtigung der Neozoen-Problematik. Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe (ARGE-ELBE).
- Gaumert, T., J. Löffler & M. Bergemann, 2000.
Schadstoffe in Elbefischen. Belastung und Vermarktbarkeit. Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe (ARGE-ELBE).
- Gaumert, T. & J. Spieker, 1995.
Makrozoobenthos der Elbe. Arten, Biomasse und Güteklassifizierung. Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe (ARGE-ELBE).
- Gubbay, S. & Knapman, P.A. 1999.
A review of the effects of fishing within UK European marine sites. English Nature (UK Marine SACs Project). 134 p.
- Guézennec, L., L.A. Romaña, R. Goujon & R. Meyer, 1999.
Seine-Aval: un estuaire et ses problèmes. Programme scientifique Seine-Aval. Éditions IFREMER. ISBN 2-84433-028-2.

- Guézennec, L., 1999.
Hydrodynamique et transport en suspension du matériel particulaire fin dans la zone fluviale d'un estuaire macrotidal: l'exemple de l'estuaire de la Seine (France). Thèse de l'Université de Rouen. Agence de l'Eau Seine Normandie.
- Hamm, L., A. Romaña & F. Lerat, 2001.
Maintien des fonctionnalités écologiques dans la vasière nord de l'estuaire de la Seine. Restauration des écosystèmes cotiers. 8 & 9 Novembre 2000, Brest. Mise à Jour 5 Février 2001. SOGREAH, IFREMER, DIREN Haute-Normandie.
- IECS, 1987.
The Humber Estuary. Environmental Background. Institute of Estuarine and Coastal Studies. University of Hull, UK.
- IECS, 1994a.
Humber Estuary & Coast. Institute of Estuarine and Coastal Studies. www.hull.ac.uk/iecs/hucphyas.htm.
- IECS, 1994b
The Humber Estuary, coastal processes and conservation. Institute of Estuarine and Coastal Studies. University of Hull, UK.
- IECS, 1994c.
Humber Estuary & Coast Management Issues. Institute of Estuarine and Coastal Studies. www.hull.ac.uk/iecs/hucphyas.htm.
- IKSE, 1995.
Die Elbe. Erhaltenswertes Kleinod in Europa. Internationale Commission zum Schutz der Elbe.
- Jones, N.V., 1988.
A dynamic estuary. Man, Nature and the Humber. Hull University Press.
- Jones, N.V., S. Nedwell, A.K. Sahu & S.E. Vowles, 2000.
Humber invertebrates and their responses to heavy metals. In: Jones, N.V. & M. Elliott (eds.), 2000. Coastal Zone Topics: Process, Ecology & Management. 4. The Humber Estuary and adjoining Yorkshire and Lincolnshire Coasts. Estuarine and Coastal Sciences Association, Hull, UK.
- Lasnier, S., 1998.
Répartition longitudinale des macroinvertébrés dulcicoles en Seine aval. DESS Environnement, Sols, Eaux continentales et marines. Universités de Rouen et de Caen. Agence de l'Eau Seine-Normandie.
- Lesueur, P. & S. Lesourd, 1999.
Sables, chenaux, vasières...: dynamique des sédiments et évolution morphologique. Programme scientifique Seine-Aval. Éditions IFREMER. ISBN 2-84433-028-2.
- McCandless, D., 2001.

- The Humber's Shellfishery. Environment Agency. Fisheries and the Humber. Humber Estuary Seminar, Thursday 15 November 2001 at Phoenix House, Leeds. (in press).
- McHarg, K., 2001.
The Status and future Prospects of Migratory Salmonids in the Trent. Environment Agency. Fisheries and the Humber. Humber Estuary Seminar, Thursday 15 November 2001 at Phoenix House, Leeds. (in press).
- Möller, H., 1989.
Changes in Fish Stocks and Fisheries: the Lower Elbe River. In: Historical change of Large Alluvial Rivers: Western Europa. Edited by G.E. Petts. John Wiley & Sons, Ltd.
- Mouny, P., Z. Wang & J.C. Dauvin, 1996.
Premières données sur la structure spatio-temporelle du mésozooplancton et du suprabenthos de l'estuaire de la Seine. J. Rech. Océanographique, 21, 3/4: 109-117.
- Mouny, P. & J.C. Dauvin, 1998.
Structure de la communauté mesozooplanctonique et dynamique du copépode *Eurytemora affinis* en estuaire de Seine. In: Seine-Aval, 1998. Exercice 1997. Rapport final par laboratoire. Thème Édifices biologiques. Rapport 1997/fin-4. Vol. 1: 30-47.
- Mouny, P., 1998.
Structure spatio-temporelle du zooplancton et du suprabenthos de l'estuaire de la Seine. Dynamique et rôle des principales espèces dans la chaîne trophique pélagique. Thèse du Muséum National d'Histoire Naturelle. Vol. I et Vol. II.
- Morris, R.K.A., 2000.
English Nature's role in managing the Humber Estuary. In: Jones, N.V. & M. Elliott (eds.), 2000. Coastal Zone Topics: Process, Ecology & Management. 4. The Humber Estuary and adjoining Yorkshire and Lincolnshire Coasts. Estuarine and Coastal Sciences Association, Hull, UK.
- OSPAR, 2000.
Quality Status Report 2000. Region IV. Bay of Biscay and Iberian Coast. OSPAR Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic. XIII, 134 p.
- Paalvast, P. & R. Postma, 1997.
Ecologisch belangrijke gebieden langs de Rijn. Een inventarisatie. Ecoconsult. In opdracht van Rijkswaterstaat, RIZA Arnhem.
- Palmer, P., 1999.
'There be Dragons'.....in the River Trent. The Nottinghamshire Naturalist. <http://website.lineone.net/~notts.naturalist/whales.htm>

Percy, J.A., 2000.

Fishing in Fundy. Harming Seafloor Habitats? Fundy Issues # 14.
<http://www.auracom.com/~bofep/factsheet.htm>

Port Autonome du Havre, 2000.

Étude d'impact réglementaire du projet <<Port 2000>>. Résumé non technique. Woodward-Clyde.

Proctor, N.V., 2000.

The predation of benthic invertebrates by juvenile flatfish on Spurn bight. In: Jones, N.V. & M. Elliott (eds.), 2000. Coastal Zone Topics: Proces, Ecology & Management. 4. The Humber Estuary and adjoining Yorkshire and Lincolnshire Coasts. Estuarine and Coastal Sciences Association, Hull, UK.

Radcliffe, C., 2000.

The commercial fisheries of the Humber Estuary and their historical development. In: Jones, N.V. & M. Elliott (eds.), 2000. Coastal Zone Topics: Proces, Ecology & Management. 4. The Humber Estuary and adjoining Yorkshire and Lincolnshire Coasts. Estuarine and Coastal Sciences Association, Hull, UK.

Ramos, C., 1999.

In: Report on the first meeting of the study group held in the University of Lisbon. Paper sessions. International geographical union study group on environmental change and extreme hydrological events. Newsletter n. 2.
<http://www.mfn.unipmn.it/~cassardo/igu/news2.html>

Rasmussen, L. M., B. Hälterlein, B. J. Koks, P. Potel & P. Südbeck, 2000.

Breeding birds in the Wadden Sea - Result of a total survey in 1966 and of numbers of colony breeding species between 1991 and 1996. Wadden sea Ecosystem No. 10. Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Monitoring and Assessment Group, Joint Monitoring Group of Breeding Birds in the Wadden Sea, Wilhelmshaven, Germany.

Riedel-Lorjé, J.C., S. Nehring, K.-J. Hesse & S. Agatha., 1998.

Ökosystemforschung Wattenmeer - Teilvorhaben Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer. Plankton und Nährstoffe in Brackwasserbecken am Rande des Schleswig-Holsteinisches Wattenmeeres unter besonderer Berücksichtigung der Ciliaten und Dinoflagellaten-Dauerstadien sowie blütenbildender und toxischer Formen. Umweltbundesamt. Teilbericht zum Forschungsvorhaben 108 02 085/01. Texte 69/97. ISSN 0722-186X.

Riedel-Lorjé, J.C. & U. Ehrhorn, 1998.

Kleinlebewesen der Tideelbe. Eine Literaturstudie über Benthos, Aufwuchs, Aggregate und Plankton von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis zur Gegenwart. Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe (ARGE-ELBE).

- Riedel-Lorjé, J.C., N. Möller-Lindenhof & B. Vaessen, 1992.
Salzgehalts- und Trübstoffverhältnisse in dem oberen
Brackwassergebiet der Elbe. Arbeitsgemeinschaft für die
Reinhaltung der Elbe (ARGE-ELBE).
- Rogers, S.I., R.S. Millner & T.A. Mead, 2000.
The distribution and abundance of young fish on the east and south
coast of England (1981 to 1997). Sci. Ser., Tech. Rep., CEFAS,
Lowestoft, (108), 130pp.
- Rogers, S.I., R.S. Millner & T.A. Mead, 2000.
Demersal fish populations of the Humber Estuary and adjoining
coasts. In: Jones, N.V. & M. Elliott (eds.), 2000. Coastal Zone Topics:
Process, Ecology & Management. 4. The Humber Estuary and
adjoining Yorkshire and Lincolnshire Coasts. Estuarine and Coastal
Sciences Association, Hull, UK.
- SCEP, 1997a.
St. Croix Estuary Area. A Profile. St. Croix Estuary Project.
- SCEP, 1997b.
Caring for our Coast. A Plan for Community Management of the St.
Croix Estuary Area. St. Croix Estuary Project.
- Schollema, P.P., 2001.
The Tagus River Basin. www.ywwf.net/article/articleview/220/2/
- Schröder, M. & G. Siedler, 1989.
Turbulent momentum and salt transport in the mixing zone of the
Elbe estuary. Estuarine, Coastal and Shelf Science 28, 615-638.
- Schubert, H.J. & A. Hagge, 2000.
Funktionsüberprüfung der neuen Fischaufstiegsanlage am Elbewehr
bei Geesthacht.
- Seilert, H. & B. Löhlein, 1993.
Biomonitoring des Zoobenthons an ausgewählten Standorten in der
Elbe. Voruntersuchungen zur örtlichen und zeitlichen Variabilität
einschliesslich Bilddokumentation. Arbeitsgemeinschaft für die
Reinhaltung der Elbe (ARGE-ELBE).
- Servais, P., N. Castignolles, F. Petit, I. George, C. Buffet-Janvresse & A.
Ficht, 1999.
Contaminations bactérienne et virale. Programme scientifique Seine-
Aval. Éditions IFREMER. ISBN 2-84433-028-2.
- Stapleton, C.M., 1994.
Humber Estuary and Coast. Humber County Council. University of
Hull. Institute of Estuarine and Coastal Studies.
- Stationery Office, 2000.
Transport statistics. Maritime statistics 1999. Published on behalf of
the Department of the Environment, Transport and the Regions.
<http://www.transtat.detr.gov.uk/shipping/maritm00.htm>

- Thiel, R., 2001.
Spatial gradients of food consumption and production of juvenile fish in the lower River Elbe. *Large Rivers* Vol. 12. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 135/2-4: 441-462.
- Thiel, R. & I.C. Potter, 2001.
The ichthyofaunal composition of the Elbe Estuary and analyses in space and time. *Marine Biology* 138: 603-616.
- Tronczynski, J., C. Munsch & K. Moisan, 1999.
Les contaminants organiques qui laissent des traces: sources, transport et devenir. Programme scientifique Seine-Aval. Éditions IFREMER. ISBN 2-84433-028-2.
- Uncles, R.J., J.A. Stephens & R. Parker, 2000.
The Ouse Estuary - a precursor to variability in the Humber. In: Jones, N.V. & M. Elliott (eds.), 2000. *Coastal Zone Topics: Processes, Ecology & Management*. 4. The Humber Estuary and adjoining Yorkshire and Lincolnshire Coasts. Estuarine and Coastal Sciences Association, Hull, UK.
- Van Westen, C.-J. & R.J. Scheele, 1996.
Planning Estuaries. NATO. Challenges of modern society. Volume 20. Plenum Press. New York and London. ISBN 0-306-45361-4.
- Verwaltungsgericht Hamburg, 2001.
Beschluss des Verwaltungsgerichts Hamburg vom 15. Januar 2001 betreffend die Frage der Antragsbefugnis von Naturschutzverbänden gegen den Planfeststellungsbeschluss "DA-Erweiterung A3XX" (15 VG 3932/2000).
- Wilkinson, M., T.C. Telfer & I. Fuller, 2000.
The distribution of attached intertidal macroalgae in the Humber Estuary and changes following abatement of severe industrial pollution. In: Jones, N.V. & M. Elliott (eds.), 2000. *Coastal Zone Topics: Processes, Ecology & Management*. 4. The Humber Estuary and adjoining Yorkshire and Lincolnshire Coasts. Estuarine and Coastal Sciences Association, Hull, UK.

9 Internetsites

Navolgend worden internetsites vermeld die belangrijke informatie verschaffen over de besproken estuarium. Dit is slechts een greep uit de sites die bezocht zijn en het resultaat van vele uren noest surfen over het internet.

Elbe

Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe

<http://www.arge-elbe.de/>

monitoring e.d.

<http://www.elbis.de/galerie/galerie.html>

rivernet elbe

<http://www.rivernet.org/elbe/elbcart1.htm>

ecologie

<http://elise.bafg.server.de/>

vaargeulverdieping

<http://www.rettet-die-elbe.de/elbvertiefung/elbtief.htm>

<http://www.cux.wsd-nord.de/htm/pfb/ht/pfb-ht-framet.asp>

getijden

<http://www.bsh.de/aktdat/gezeiten/html/peno.htm>

<http://www.hamburg.baw.de/scn/sc3-2000a/node1.htm>

<http://www.hamburg.de/fhh/behoerden/wirtschaftsbehoerde/service/>

haven

<http://www.hafen-hamburg.de/html-engl/home.htm>

vis

http://www.elbis.de/galerie/g_fische.html

vogels

<http://www.ornithologie-hamburg.de>

vegetatie

http://gfesun1.gkss.de/projekt/elbe_roehricht/

Seine

saliniteit

<http://www.univ-lehavre.fr/cybernat/pages/seine.htm>

Agente de l'Eau

<http://www.eau-seine-normandie.fr/fra-siteAESN.htm>

getijden

<http://www.ifremer.fr/lpo/cours/index.html>

haven

<http://www.seine-maritime.pref.gouv.fr/DATEF/port2000/>

www.havre-port.fr

rivierafvoer

<http://aesn.brgm.fr/bulletin2/debits.html>

natura 2000

<http://natura2000.environnement.gouv.fr/sites/FR2300121.html>

vis

http://www.peche.org/agenceseaux/etat_peuplement.htm

hydrologie

http://seine-aval.crihan.fr/rubriques/estuaire_seine/rubriques/hydrologie/hydrologie.html

Taag

hydrologie

http://www-dh.lnec.pt/net/ao/abstracts/obf97_av.html

<http://www-dh.lnec.pt/net/af/films/films.htm>

<http://www.inag.pt/>

<http://www.ywwf.net/article/articleview/220/2/>

vogels

http://www.eurobirding.co.uk/tagus_estuary.HTM

milieubeweging

<http://despodata.pt/geota/ingles/english.htm>

schorren

<http://www.umr6553.univ-rennes1.fr/eurossam/>

<http://tejo.dcea.fct.unl.pt/eurosam/index.htm>

haven

<http://www.portodelisboa.com/ingles/index.html>

Vasco da Gamabrug

<http://despodata.pt/geota/ingles/newbridg.htm#4>

<http://www.znyx.com/corporate/bridge.htm>

natuurreservaat

www.infordesporto.pt/tejo/index.asp

Humber

havens

<http://www.shipping.dtlr.gov.uk/modernports/index.htm>

<http://www.shipping.dtlr.gov.uk/modernports/10.htm>

<http://www.transtat.detr.gov.uk/shipping/maritm00.htm>

ramsar

<http://www.jncc.gov.uk/ids/ramsar/supplmnt/default.htm>

toegang Humber

<http://www.maib.detr.gov.uk/sd/9702/p7.htm>

afvoer

<http://www.nwl.ac.uk/ih/nrfa/index.htm>

habitats

www.earth.cf.ac.uk/teaching/modules/ms2022/ukhabitatnotes.pdf

SACs

<http://www.english-nature.org.uk/uk-marine/reports/reports.htm>

zeezoogdieren

<http://website.lineone.net/~notts.naturalist/whales.htm>

statistiek

<http://www.statistics.gov.uk/default.asp>

<http://www.transtat.detr.gov.uk/shipping/maritm00.htm>

St. Croix

Bay of Fundy

<http://www.auracom.com/~bofep/factsheet.htm>

visserij en dergelijke

http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/CSAS/English/Index_e.htm

milieu

<http://www.ns.ec.gc.ca/organization/>

http://www.ns.ec.gc.ca/community/acap/index_e.html

St. Croix project

<http://www.scep.org/>

Bijlagen

Bijlage 1

Onderstaand de personen die benaderd en/of bezocht zijn en die tevens hun medewerking hebben verleend. Personen die wel benaderd, maar die geen informatie hebben geleverd, zijn niet opgenomen.

Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe (ARGE-ELBE)

Michael Bergemann

Thomas Gaumert

Wassergütestelle Elbe

Neßdeich 120/121

21129 Hamburg

Duitsland

Tel. 040 - 42854 7770

Fax 040 - 42854 7778

email michael.bergemann@arge-elbe.de

email thomas.gaumert@arge-elbe.de

Dr. Ralf Thiel

German Oceanographic Museum

Am Katharinenberg 14/20

18439 Stralsund

Duitsland

Tel.: 03831-265035

Fax.: 03831-265060

Email: Ralf.Thiel@meeresmuseum.de

Henrique Cabral

Departamento de Zoologia e Antropologia / Instituto de Oceanografia

Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

R. Ernesto de Vasconcelos

1749-016 Lissabon

Portugal

Telephone: 351 21 750 00 00

Fax: 351 21 750 00 09

e-mail: hcabral@fc.ul.pt

Station Marine de Wimereux

Prof. Dr. Jean Claude Dauvin

28 Avenue Foch

F-62930 Wimereux

Frankrijk

Tel.: 00 33 3 21 99 29 20

Agence de l'Eau Seine Normandie

Roland Goujon

4 Rue du Grand Feu

Rouen

Frankrijk

tel.: 00 33 2 35 63 61 37

e-mail: goujon.roland@aesn.fr

Prof. Dr. Jean Pierre Berton
Université de Tours
Faculté des Sciences et Techniques
Parc de Grandmont
37200 Tours
Frankrijk
tel.: 00 33 2 47 36 71 36
e-mail: ihce@univ-tours.fr

Jeff Hughes
St. Croix Estuary Project
P.O. Box 394
Calais
Maine 04619
Canada
e-mail: scepnet1@nbnet.nb.ca

M. Sanchez
Université de Nantes
Faculté des Sciences et des Techniques
2 rue de la Houssinière
44322 Nantes Cedex 3
Frankrijk
e-mail: martin.sanchez@physique.univ-nantes.fr

Catherine Mennesson-Boisneau
Mst IMACOF
Université de Tours
Parc Grandmont
37200 Tours
Frankrijk
e-mail: boisneau@univ-tours.fr

Mike Elliott
Sue Read
Krystal Hemingway
Nick Cutts
Krysia Mazik
Institute of Estuarine and Coastal Studies
University of Hull
Hull
HU6 7RX
Verenigd Koninkrijk
Tel: 00 44 1482 465667/5661
e-mail: iecs@hull.ac.uk

Tony Edwards (Humber Strategies Manager)*
Karen McHarg
Stephen Axford
Environment Agency
*1 Viking Close
Great Gutter Lane
Willerby
Hull
HU10 6DE
Verenigd Koninkrijk
Tel: 00 44 1482 651 446
e-mail: tony.edwards@environment-agency.gov.uk

Richard Millner
CEFAS
Lowestoft Laboratory
Pakefield Road
Lowesoft
Suffolk
NR33 0HT
Verenigd Koninkrijk
tel: 00 44 1502 524434
e-mail: r.s.millner@cefas.co.uk

Bijlage 2

samenvattende tabel Elbe

samenvattende tabel Elbe-estuarium			
Oppervlakte van het stroomgebied	148.286 km ²	Lengte van de rivier	1091 km
bron	Reuzengebergte Tsjechië	stroomt door	Tsjechië, Duitsland
lengte estuarium	179 km	oppervlakte tussen Hamburg en Cuxhaven	32.334 ha
oppervlakte buitendijksgebied tussen Hamburg en Cuxhaven	7.271 ha	oppervlakte slikken en platen tussen Hamburg en Cuxhaven	19.297 ha
oppervlakte water bij GLW tussen Hamburg en Cuxhaven	5.767 ha	diepte vaargeul	13,5 m
gemiddelde afvoer bij Cuxhaven Geesthacht	880 m ³ /s 696 m ³ /s	gemiddelde getijslag bij Cuxhaven	3 m
gemiddelde getijslag bij Hamburg	3,65 m	stroomsnelheid bij Freiburg max. vloed gem. vloed	142 cm/s 99 cm/s
stroomsnelheid bij Freiburg max. eb gem. eb	127 cm/s 92/s	maximale lengte zoutgradiënt	100 km
vegetatie	belangrijke zoetwatergetijden- vegetatie	macrofauna	belangrijkste groep Crustacea
vis	69 soorten	vogels	belangrijk watervogelgebied met name het mondingsgebied
verlies buitendijksgebied 20 ^e eeuw tussen Hamburg en Cuxhaven	21.431 ha	verlies slikken en platen 20 ^e eeuw tussen Hamburg en Cuxhaven	21.674 ha
verlies water bij GLW 20 ^e eeuw tussen Hamburg en Cuxhaven	7.825 ha	oppervlakte havengebied nat droog	3.118 ha 4.307 ha
scheepvaartbewegingen totaal Hamburg	50.000 13.000	gevolgen vaargeulverdieping havenuitbreiding	toename getijslag langere verblijftijd hogere stroomsnelheden stroomopwaartse verschuiving brakwatergrens lager O ₂ -gehalte water vervuiling
ecologische knelpunten	O ₂ -gehalte water verlies zoetwaterwad door uitbreiding DASA		
natuurontwikkeling natuurbehoud	veel plannen enkele meest als compensatie uitgevoerd grote gebieden aangemeld voor natura 2000		

Bijlage 3

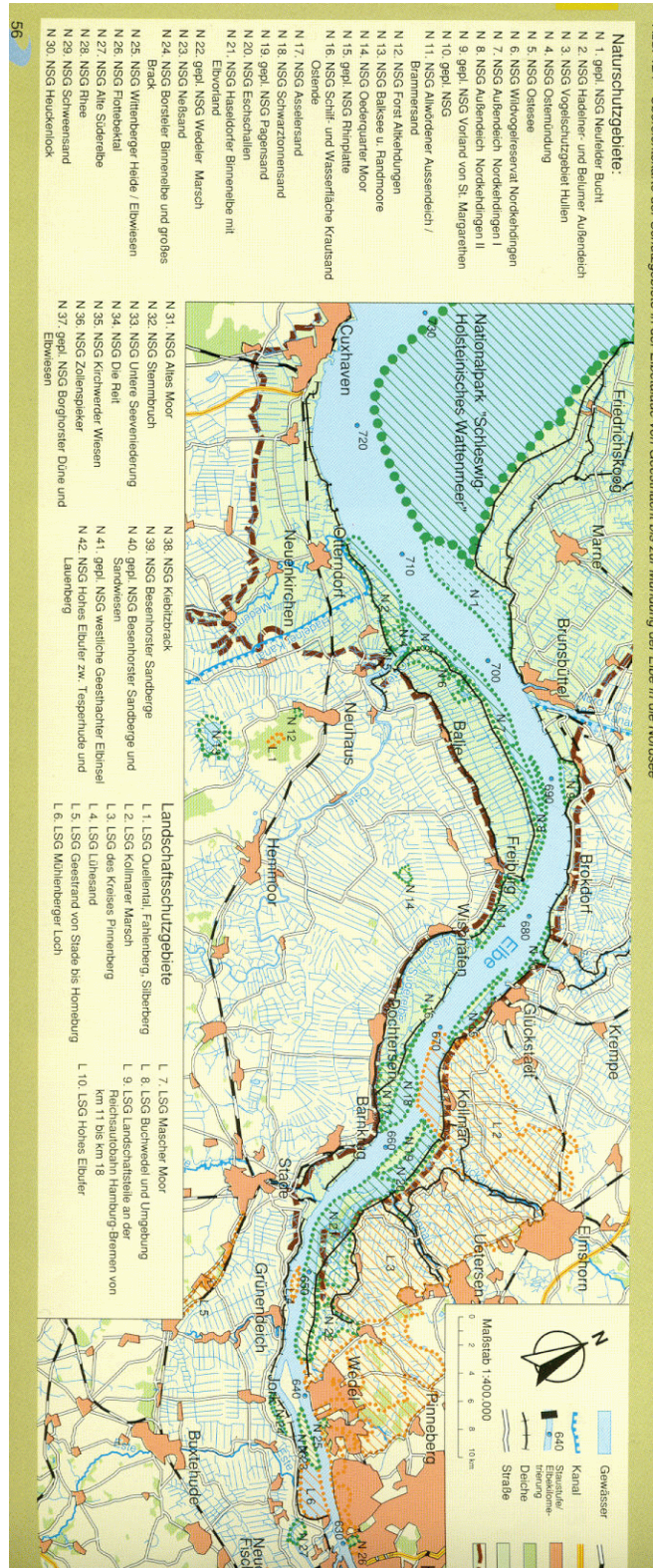
Oppervlakte van het Hamburgse havengebied en de verdeling van de activiteiten.

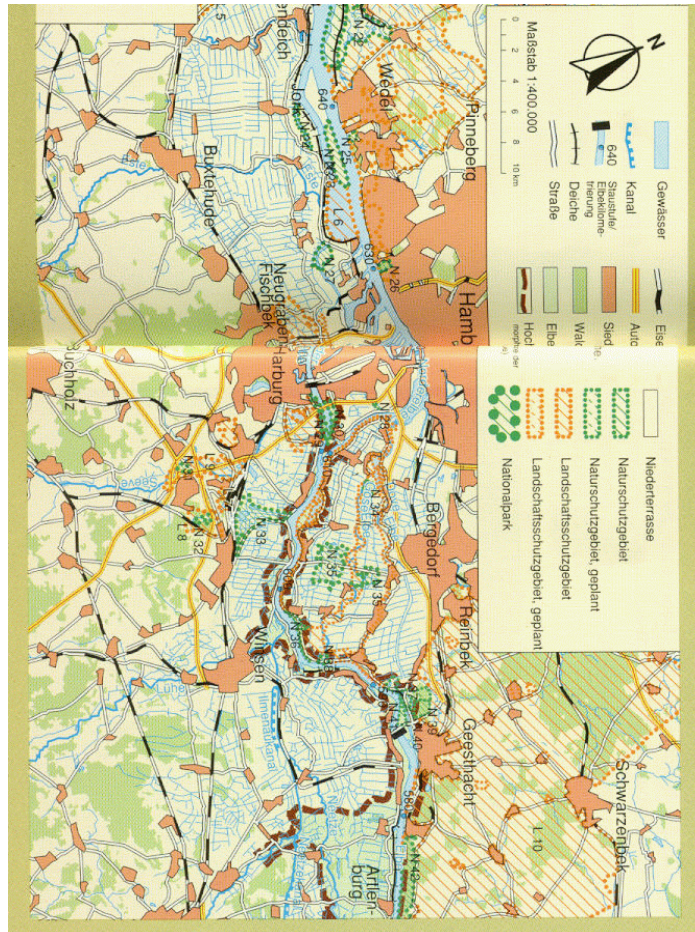
zie <http://www.hafen-hamburg.de/html-engl/home.htm>

PORT AREA		
Port utilized area:	complete:	ca. 7.425 ha
	- Land area:	ca. 4.307 ha
	- Water area:	ca. 3.118 ha
	complete:	ca. 6.506 ha
	- Land area:	ca. 3.428 ha
	- Water area:	ca. 3.078 ha
Port extension area:	- Free Port area:	ca. 1.620 ha
	complete:	ca. 879 ha
	- Port use in preparation:	ca. 215 ha
THE LAND IN THE UTILIZED PORT AREA USED AS FOLLOWS:		
complete:	ca. 3.428 ha	(100%)
General cargo incl. containers	ca. 704 ha	(21%)
Bulk cargo handling	ca. 307 ha	(10%)
Raw material and oil-processing industry	ca. 644 ha	(19%)
Other industrial and business enterprises	ca. 528 ha	(15%)
Transport infrastructure	ca. 488 ha	(14%)
Public utilities and waste disposal, port administration	ca. 119 ha	(3%)
Green areas in utilized Port area	ca. 154 ha	(4%)
Undeveloped land (incl. 16 available sites totalling approx 54 ha)	ca. 203 ha	(6%)
Port extension Altenwerder (under construction) (add. Green area 45 ha / Other area 31 ha)	ca. 205 ha	(8%)

Bijlage 4

Ligging van de natuurgebieden langs het Elbe-estuarium.





Bijlage 5

Samenvattende tabel Seine-estuarium

samenvattende tabel Seine-estuarium			
oppervlakte van het stroomgebied	78.650 km ²	Lengte van de rivier	776 km
bron	Plateau van Langres	stroomt door	Frankrijk
lengte estuarium	180 km	oppervlakte	54.700 ha
oppervlakte intergetijdengebied en schorren	2.900 ha	oppervlakte water bij GLW	51.700 ha
oppervlakte opgespoten terrein en overige terreinen	6.960 ha	diepte vaargeul	10 m
gemiddelde afvoer bij de stuw van Poses	380 m ³ /s	gemiddelde getijslag le Havre Rouen	5 m 3 m
stroomsnelheid bij de monding max. vloed max. eb	180 cm/s 140 cm/s	maximale lengte zoutgradiënt	140 km
vegetatie	beperkt schorregebied 225 plantensoorten	macrofauna aanwezigheid	slecht in zoet goed in brak en zout
vis in Seinebaai	49 soorten	vogels in Seinebaai	225 soorten 20.000 individuen
verlies intergetijdengebied sinds 1677	11.000 ha	oppervlakte havengebied le Havre / Rouen in gebruik reserve	6.415 ha / 3.354 ha 2.014 ha / 2.166 ha 4.398 ha / 1.187 ha
aantal schepen per jaar le Havre Rouen	circa 7.000 circa 4.000	gevolgen aanleg kanaal van Rouen havenuitbreiding	langere verblijftijd hogere stroomsnelheden stroomafwaartse verschuiving brakwatergrens lager O ₂ -gehalte water vervuiling
ecologische knelpunten	O ₂ -gehalte water verlies slik	natuurontwikkeling natuurbehoud	compensatie in verband met uitbreiding haven aanleg slik herstel dynamiek 19.000 hectare natura 2000

Bijlage 6

Compenserende en mitigerende maatregelen in het Seine-estuaire.



Bijlage 7

Samenvattende tabel Taagestuarium

samenvattende tabel Taag-estuarium			
oppervlakte van het stroomgebied	81.525 km ²	Lengte van de rivier	1.070 km
bron	Serrania de Cuenca	stroomt door	Spanje, Portugal
lengte estuarium	50 km	oppervlakte	32.000ha
oppervlakte intergetijdengebied en schorren	11.200 ha	oppervlakte water bij GLW	20.800 ha
gemiddelde diepte	10 m	diepte vaargeul	20 m
gemiddelde afvoer	393 m ³ /s	gemiddelde getijslag Lissabon	2,6 m
stroomsnelheid bij de monding max. vloed max. eb	?? cm/s 200 cm/s	maximale lengte zoutgradiënt	??
vegetatie	1.900 ha schorren-gebied	macrofauna aanwezigheid	zoet onbekend goed in brak en zout
vis	50 soorten	vogels in Mar da Palha = estuarium	240 soorten 120.000 individuen
verlies intergetijdengebied	??	oppervlakte havengebied Lissabon	133 ha droog oppervlak
aantal schepen per jaar Lissabon	circa 3.900	gevolgen ingrepen bovenloop	verdwijnen vissoorten
ecologische knelpunten	vistrek	natuurontwikkeling natuurbescherming	compensatie 30.000 ha vogel-habitatrichtlijn

Bijlage 8

Samenvattende tabel Humberestuarium

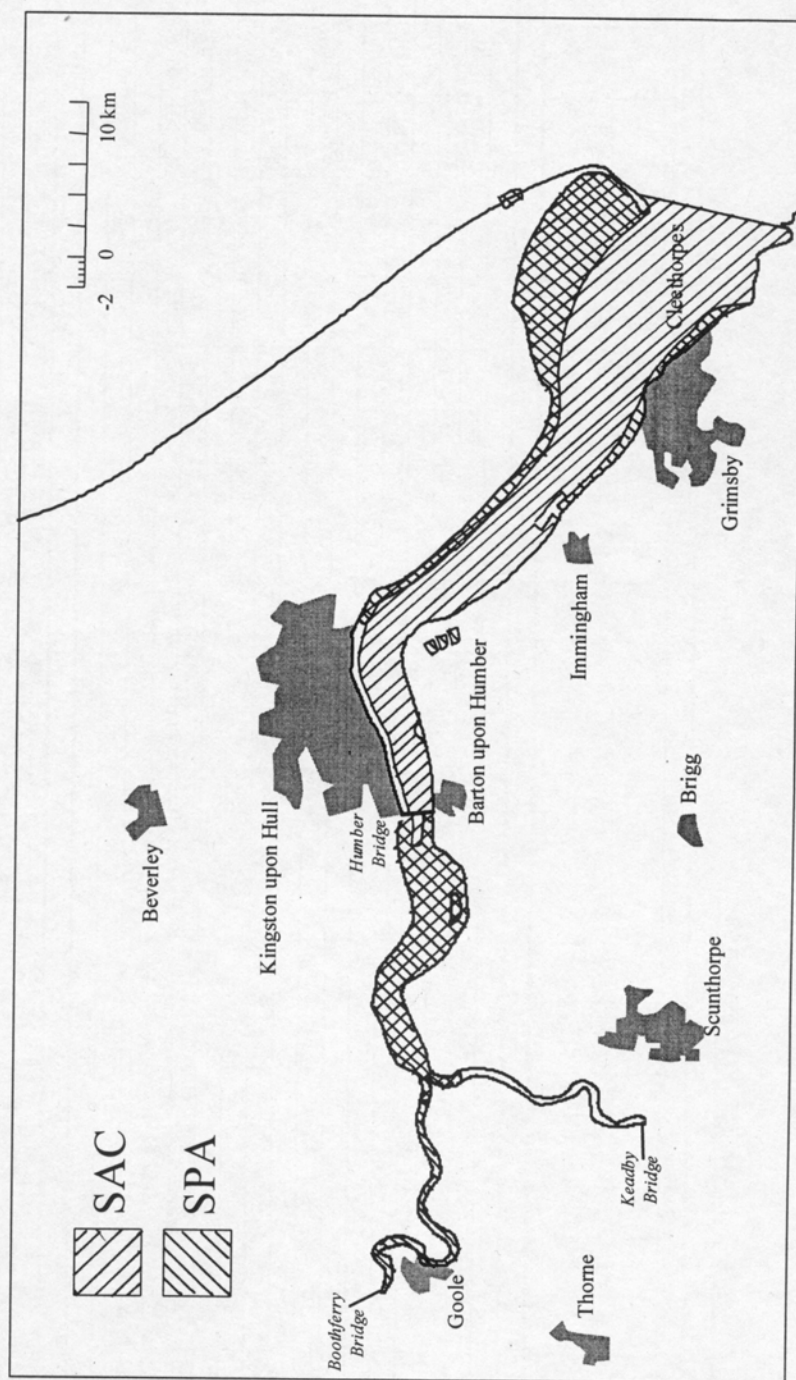
samenvattende tabel Humber-estuarium			
oppervlakte van het stroomgebied	24.240 km ²	Lengte van de rivier Humber + Trent Humber + Ouse + Ure	348 km 246 km
bron	diverse	stroomt door	Engeland
lengte estuarium Humber + Trent Humber + Ouse	100 km 120 km	oppervlakte	30.000 ha
oppervlakte intergetijdengebied en schorren	circa 15.000 ha	oppervlakte water bij GLW	15.000 ha
gemiddelde diepte minus vaargeulen	4 m	diepte vaargeul	9-16 m
gemiddelde afvoer Trent Ouse	109 m ³ /s 63 m ³ /s	gemiddelde getijslag Immingham springtij Saltend	4,7 m 7,4 m
stroomsnelheid bij de monding max. vloed max. eb	300 cm/s 250 cm/s	maximale lengte zoutgradiënt	80 km
vegetatie	beperkt schorren-gebied	macrofauna aanwezigheid	onbekend in zoet goed in brak en zout
vis	81 soorten	vogels in Humber	170.000 individuen
zeezoogdieren	500 pups Gewone zeehond in 1999/2000	verlies intergetijdengebied sinds 17 ^e eeuw	6.000 ha
aantal schepen per jaar bij Spurn Head	circa 50.000	gevolgen inpolderingen en vaargeulverdieping	vergroete getijslag
ecologische knelpunten	O ₂ -gehalte in getijdenrivieren	natuurontwikkeling natuurbehoud	gehele Humber wordt natuurgebied helpt onder natura 2000 voorstellen tot ontpoldering (managed retreat)
ontwikkeld beleid	Humber Estuary Management Strategy Humber Estuary Shoreline Management Plan ABP's Humber Ports and Estuary Strategy		

Bijlage 9

HUMBER CONSERVATION SITES

Main Designated Conservation Sites

The candidate Special Area of Conservation (SAC) and proposed extension to the existing Special Protection Area (SPA) will be submitted by the UK Government to the European Commission during 2001.



Bijlage 10

Samenvattende tabel St. Croix-estuarium

samenvattende tabel St. Croix-estuarium			
oppervlakte van het stroomgebied	4.230 km ²	Lengte van de rivier	185 km
bron		stroomt op de grens	Main, Verenigde Staten New Brunswick, Canada
lengte estuarium	24 km	oppervlakte	?? ha
oppervlakte intergetijdengebied en schorren	?? ha	oppervlakte water bij GLW	?? ha
diepte bovenstrooms	1 m	diepte geul	25-33 m
gemiddelde afvoer bij Calais	73-88 m ³ /s	gemiddelde getijslag St. Andrew	6 m
stroomsnelheid bij de monding max. vloed max. eb	???	maximale lengte zoutgradiënt	?? km
vegetatie	beperkt schorren-gebied uitgestrekte Knotswiervegetaties	macrofauna aanwezigheid	zeer goed
vis	106 soorten	vogels	225 soorten
zeezoogdieren	zeehond bruinvis		
verlies intergetijdengebied	onbekend	havengebied Bayside	240 m kade capaciteit 320 schepen/jaar
aantal schepen per jaar Bayside	60-90	gevolgen aanleg havens baggeren	onbekend
ecologische knelpunten	belasting met fecale streptococci	natuurontwikkeling	aankoop 120 ha
beleid	regionale programma's om tot herstel en duurzame van het ecosysteem te komen, integrale benadering met intensieve participatie van inwoners en belanghebbenden		