

Het Schelde estuarium herleeft?

Tom Maris & Patrick Meire



Schelde estuarium

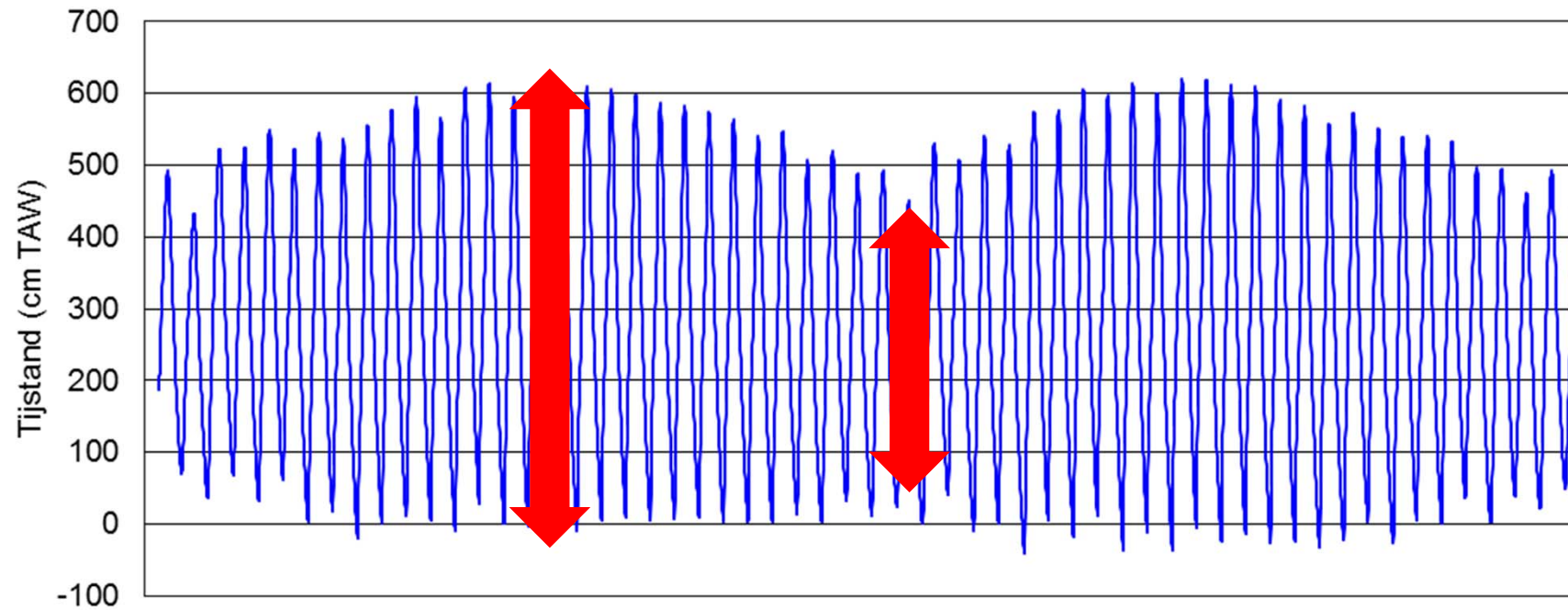


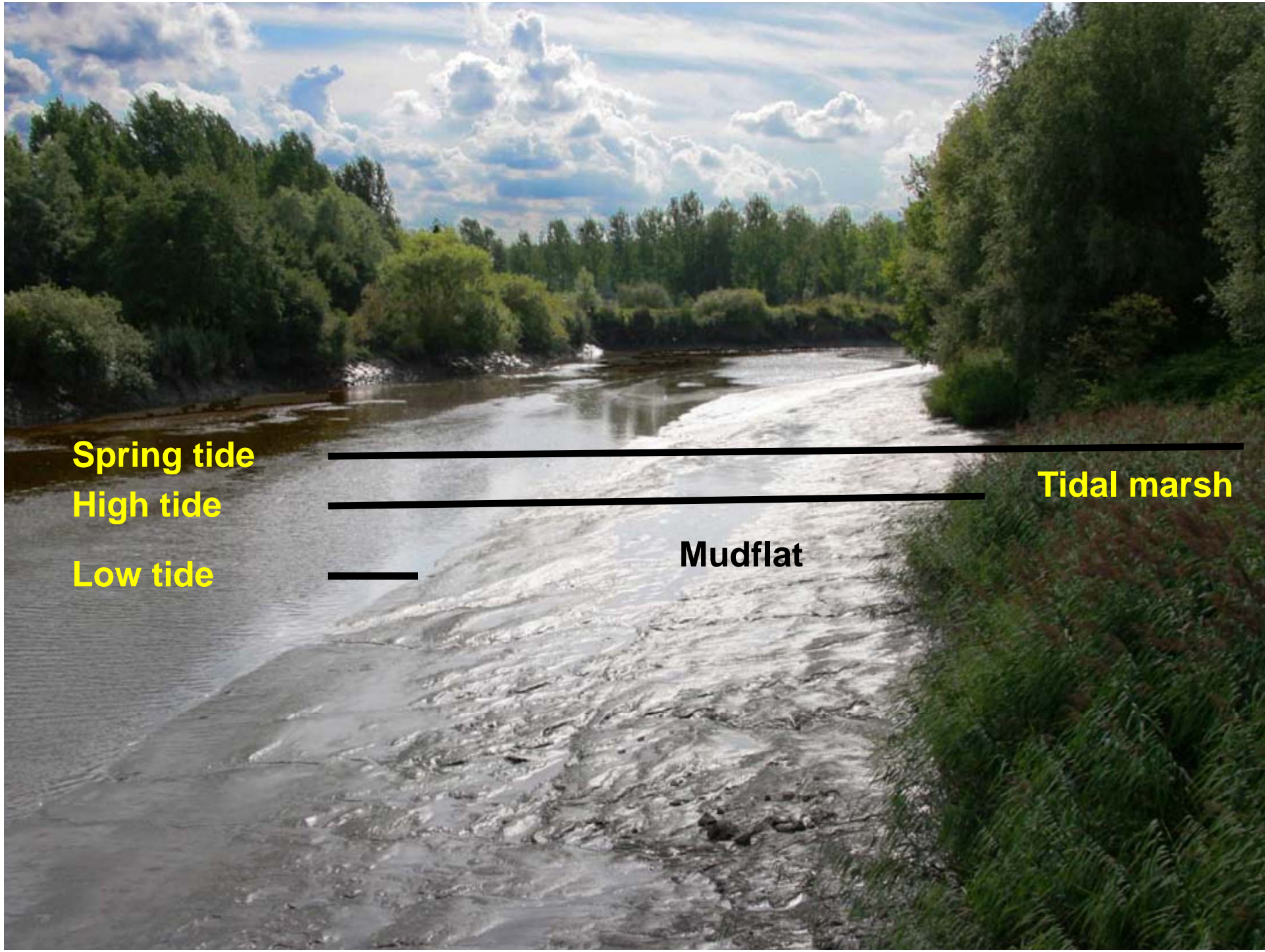
Schelde
355 km bron - monding
21.863 km²
10,5 miljoen mensen



Getij aan Durmemonding

Springtij **Doodtij**





Spring tide

High tide

Low tide

Tidal marsh

Mudflat

Schelde estuarium: Zeeschelde



WESTERSCHELDE

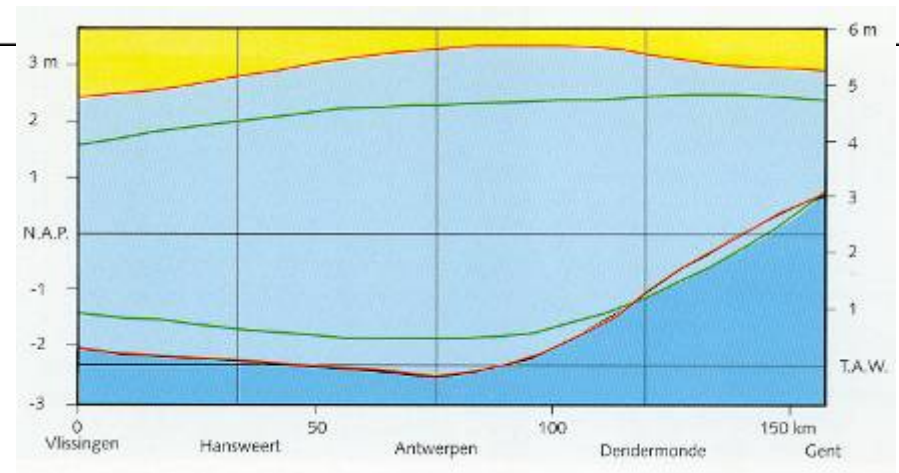
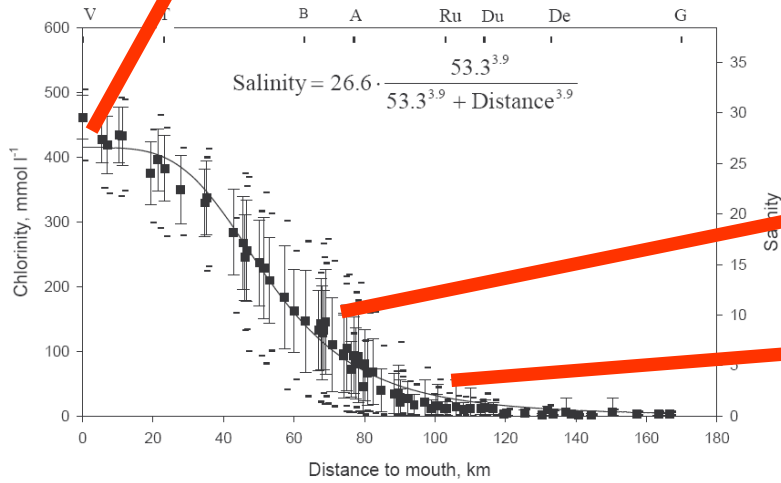
Vlissingen

THE NETHERLANDS

Antwerpen

ZEESCHELDE

Gent



ZOUT



BRAK

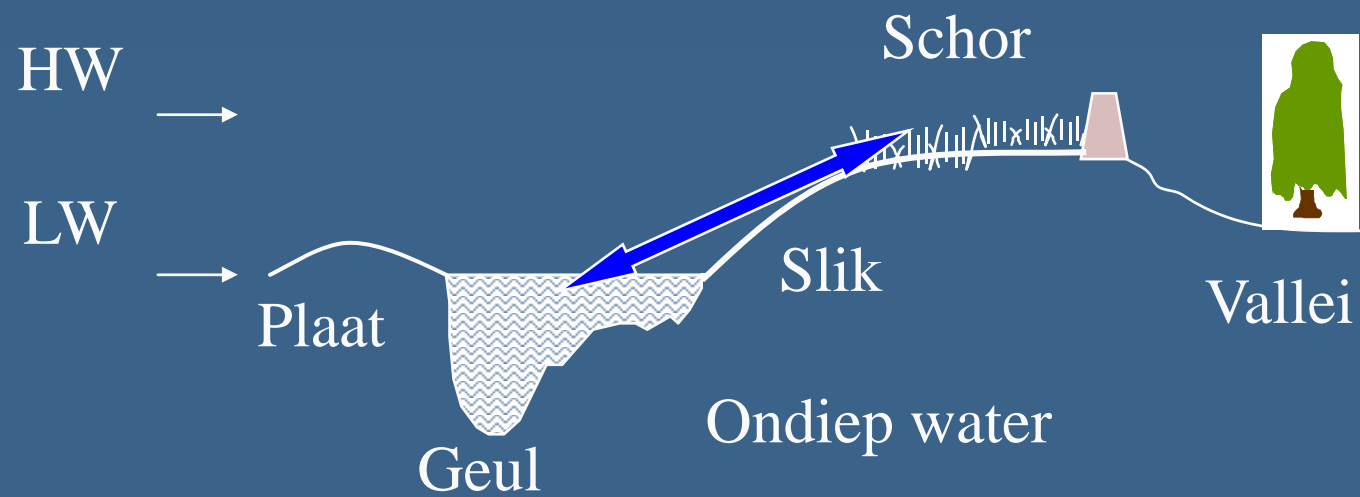


ZOET



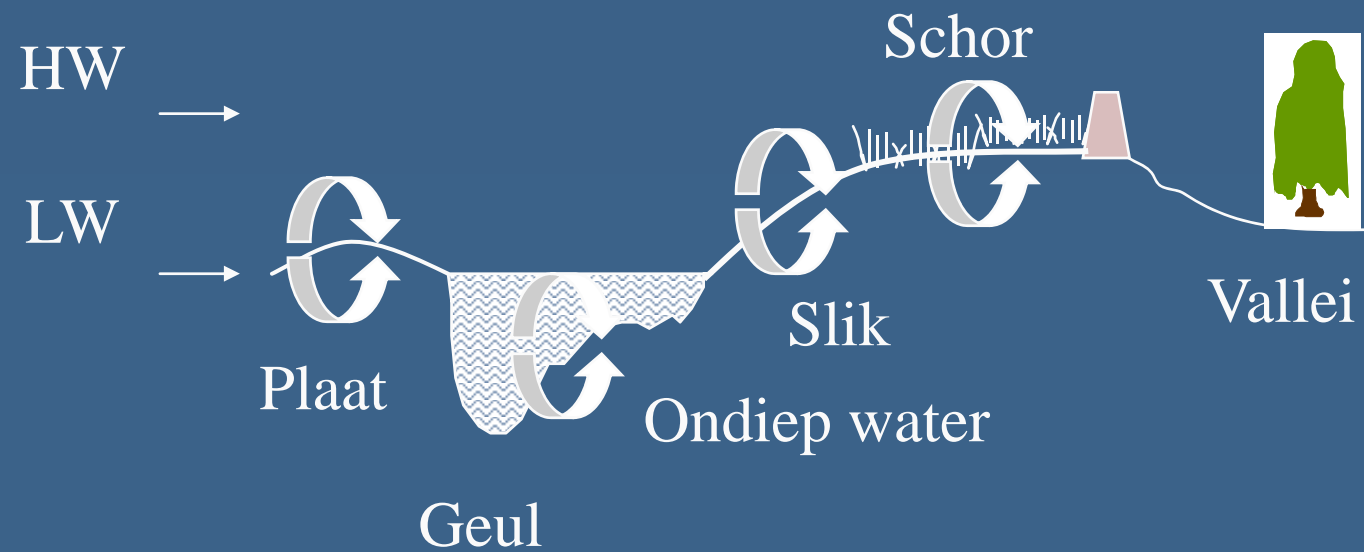
Structurele biodiversiteit

Verticale gradiënt



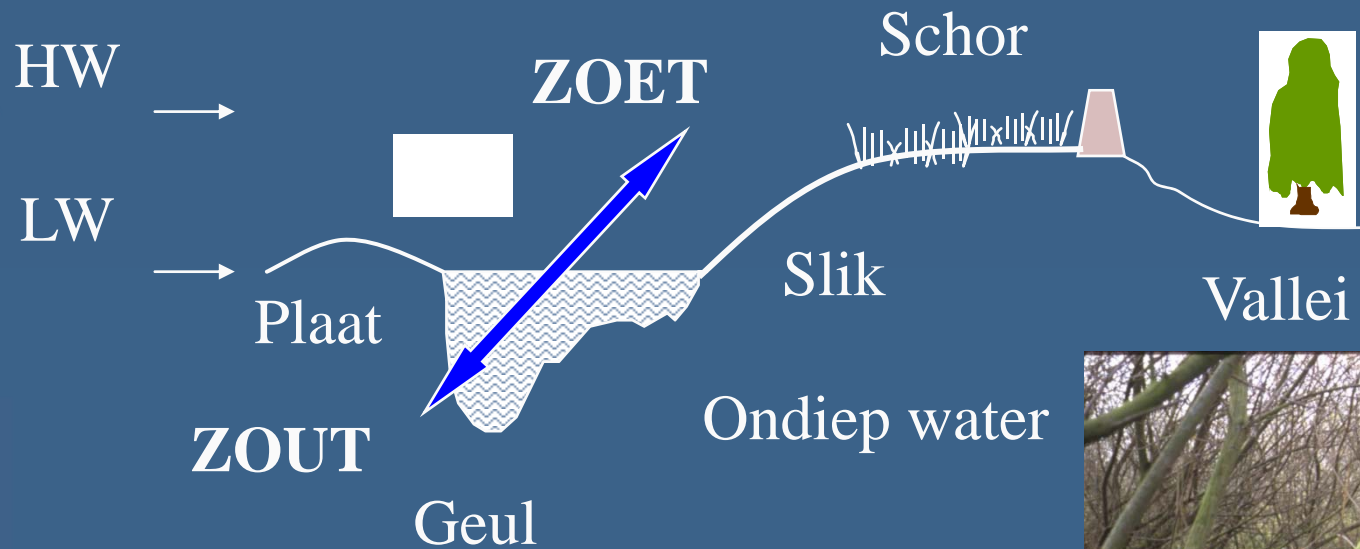
Structurele biodiversiteit⁹

Interne gradiënt



Structurele biodiversiteit¹⁰

Horizontale gradiënt



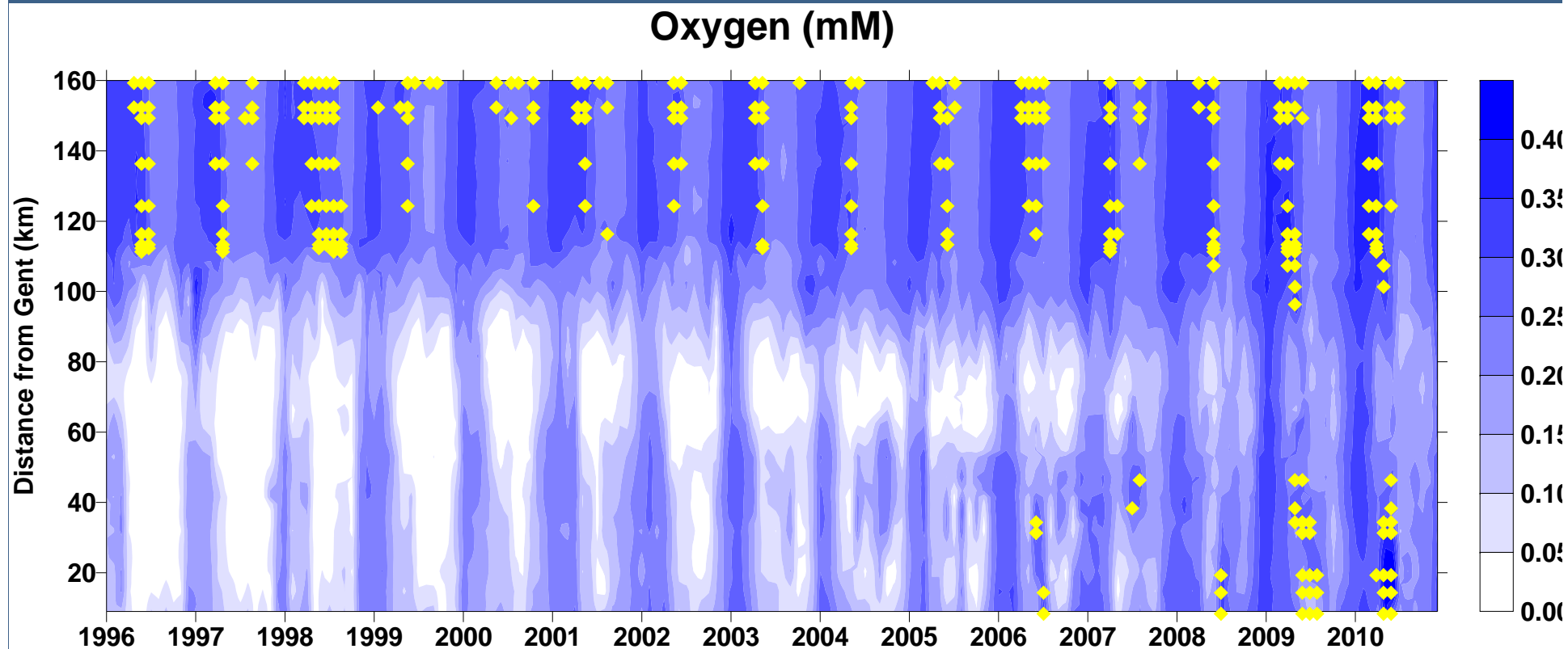


Zoetwatergetijden gebied

- Zeer zeldzaam habitat op Europese schaal
- Elbe, Seine, Loire, Gironde
- Quasi afwezig in de UK!

- Overgangsgebied tussen de rivier en het mariene deel van het estuarium.

IMPROVING WATER QUALITY?



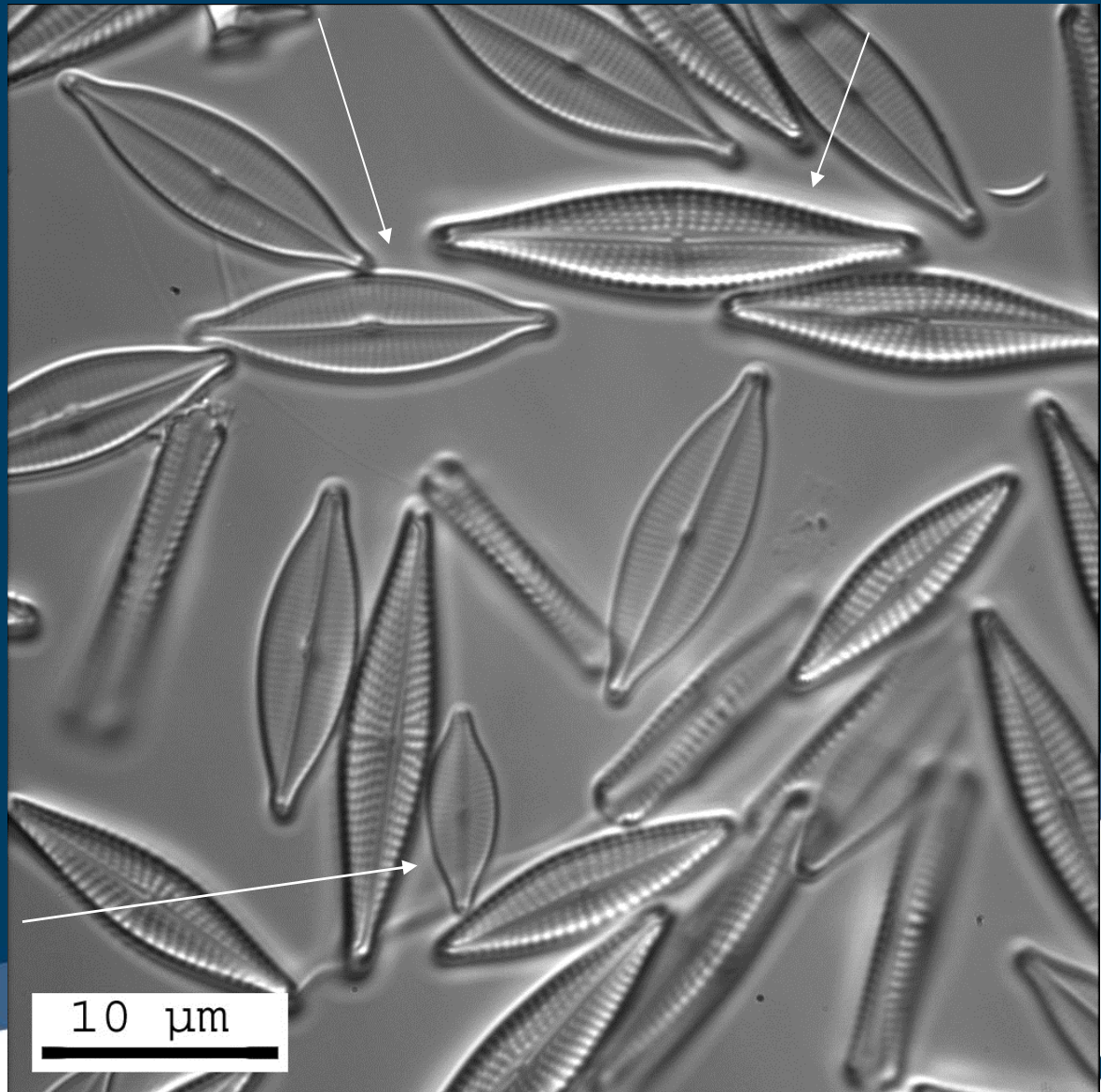
Dominant epipelagic forms from Schelde estuary

Navicula gregaria

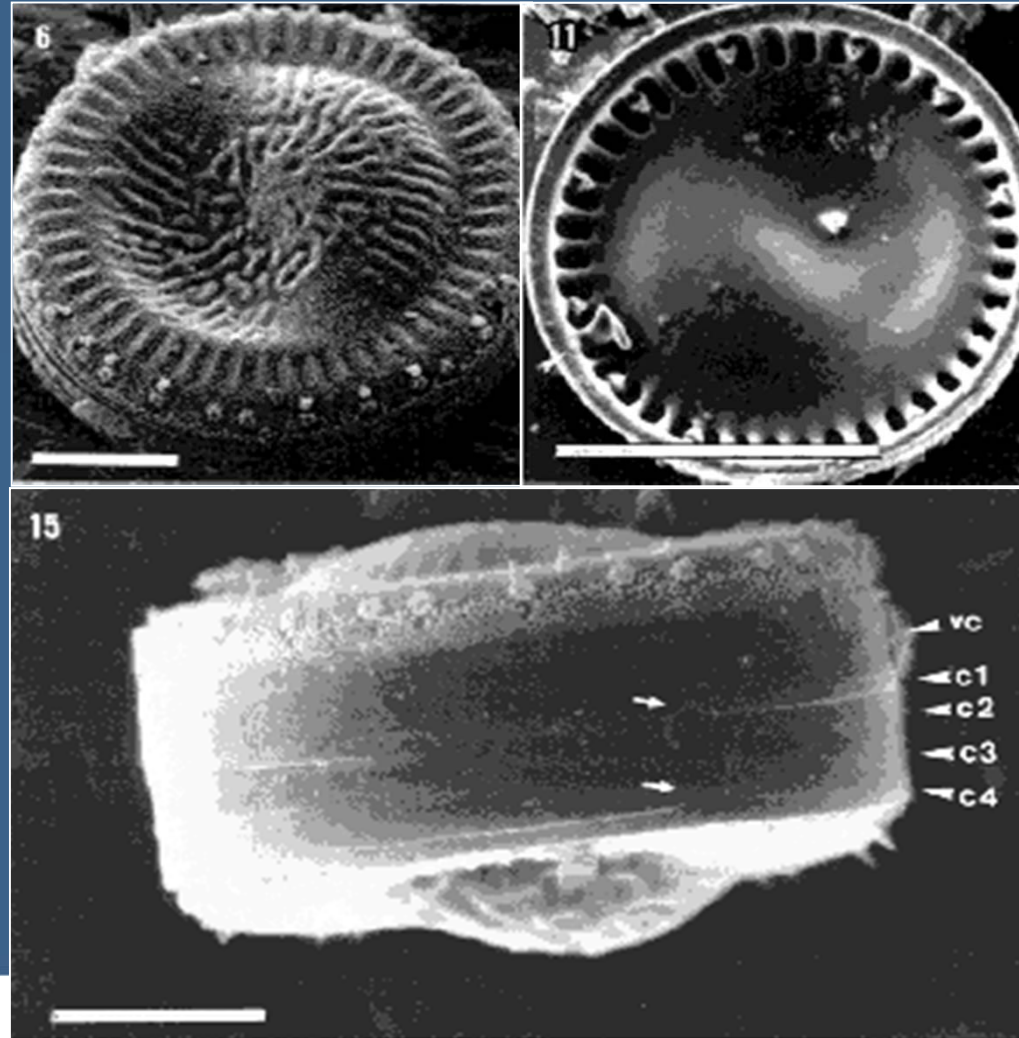
Navicula flanicata



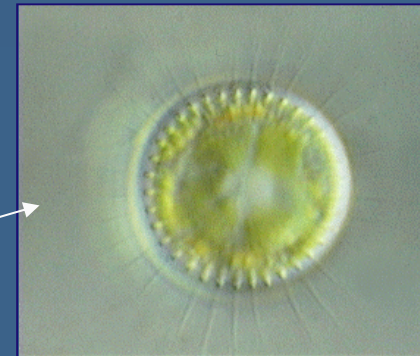
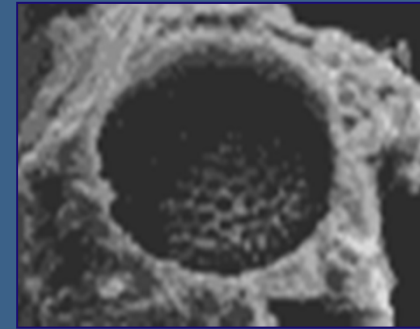
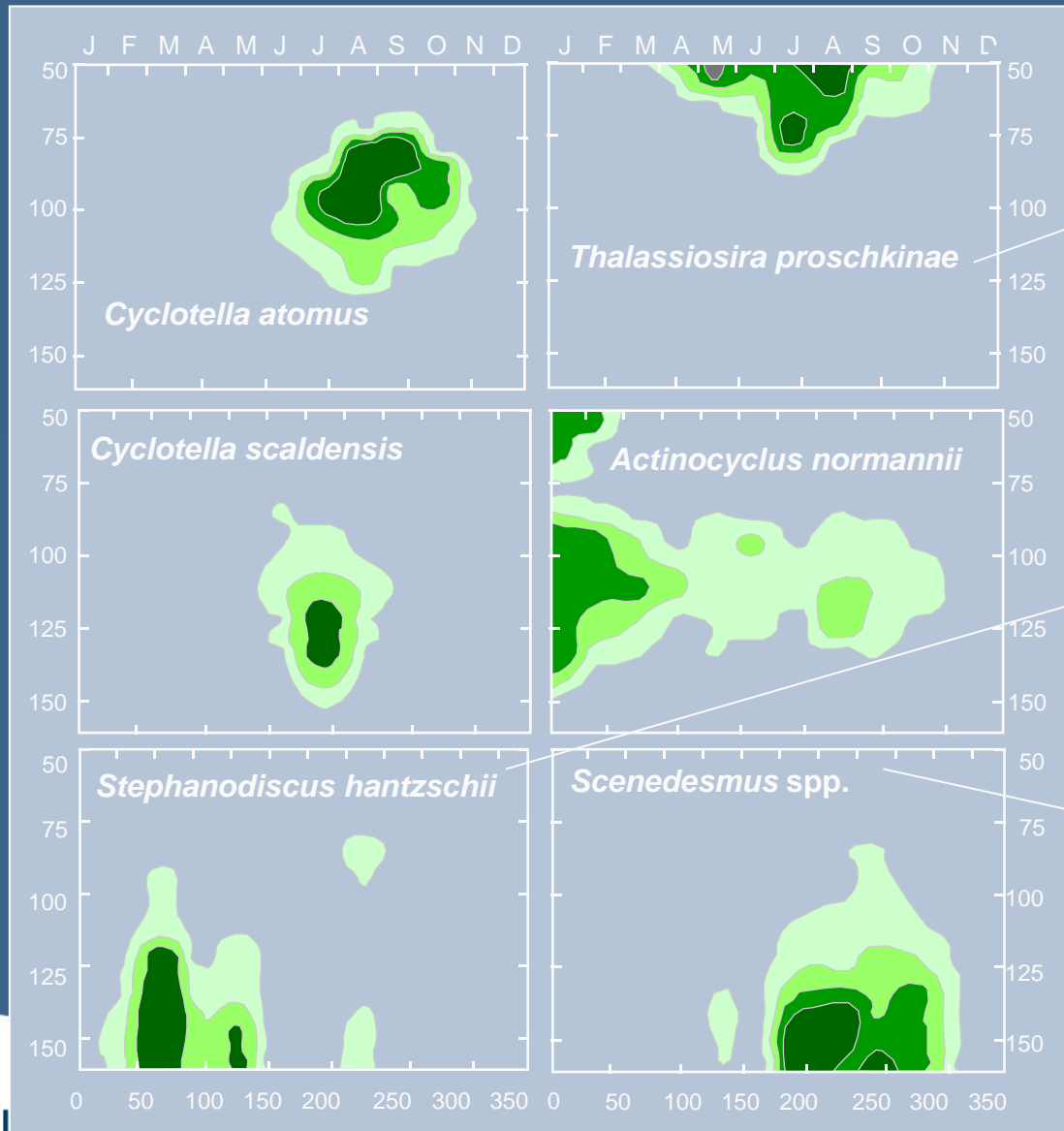
Navicula phyllepta



Cyclotella scaldensis, een nieuwe diatomeeënsoort¹⁵

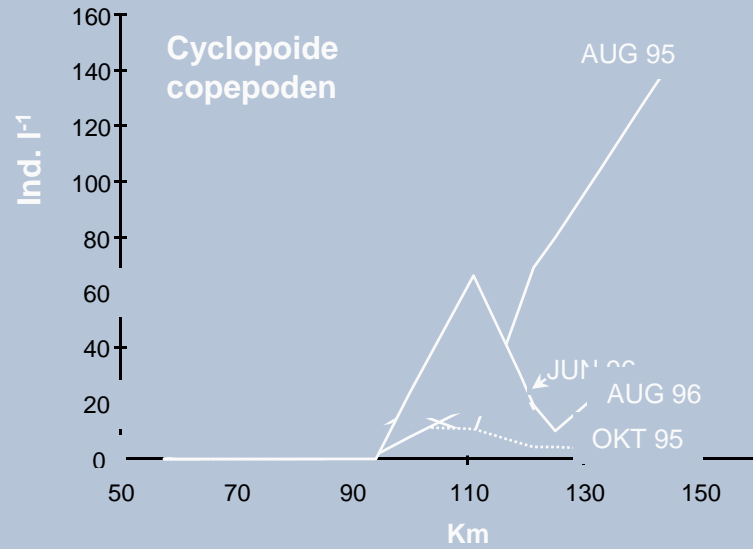
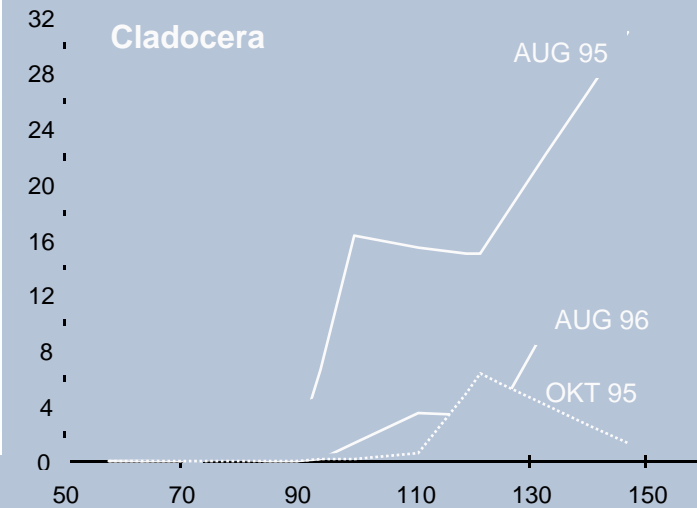
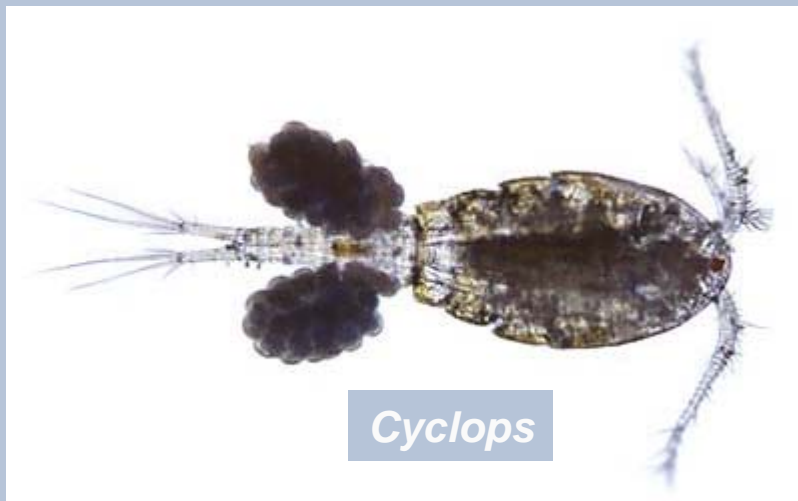


Het fytoplankton van de Zeeschelde



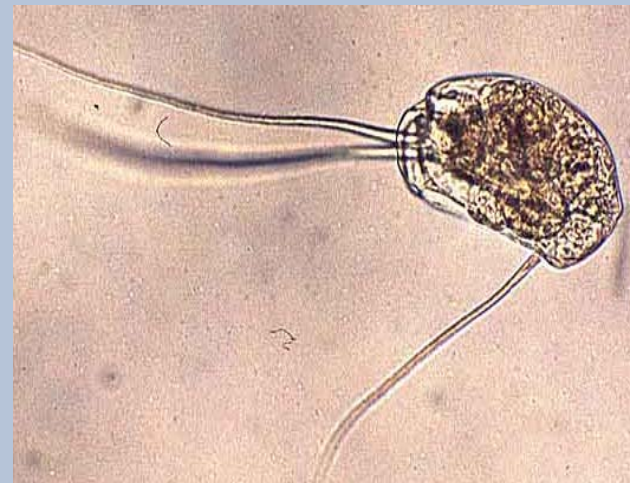
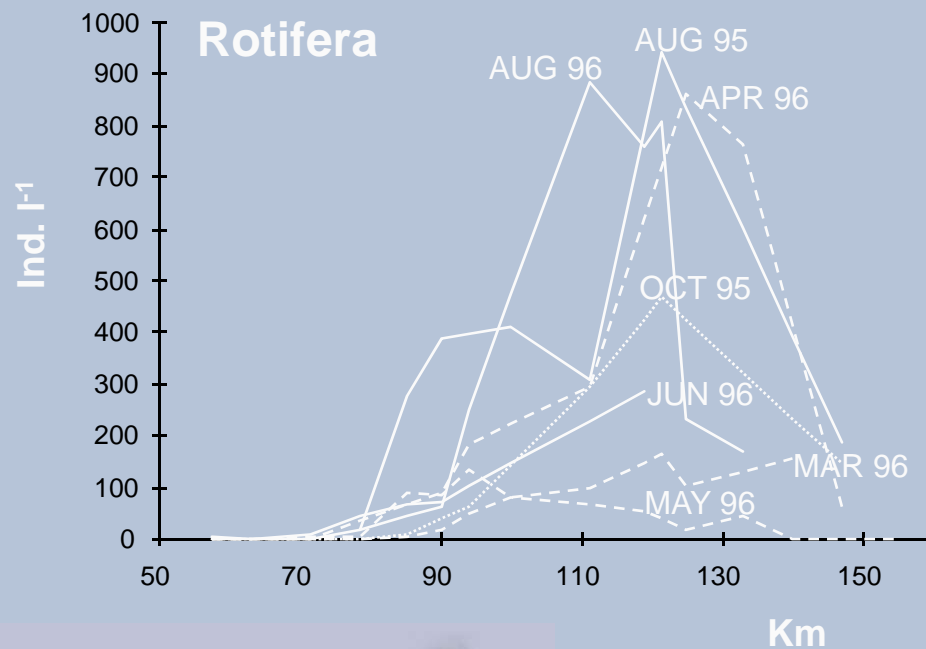
Zoöplankton: rivier

verdwijnt na import in het estuarium



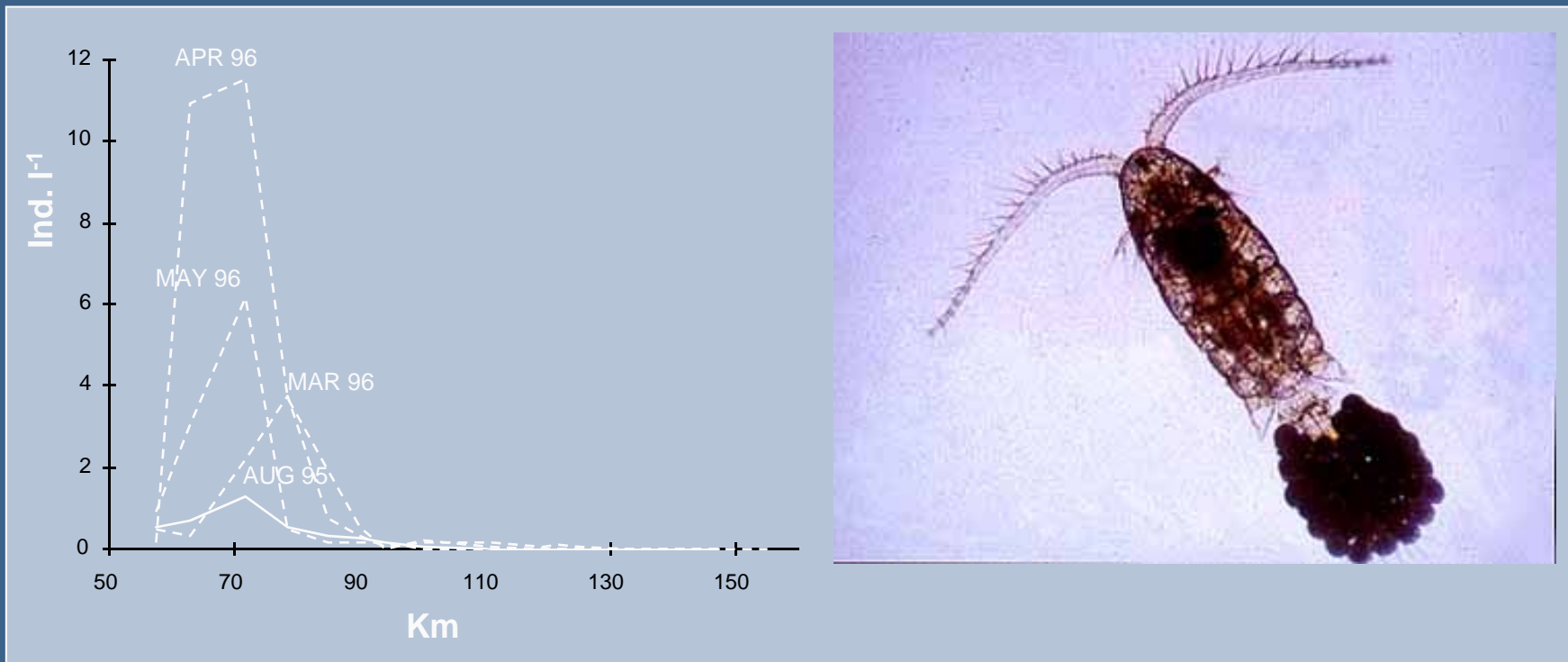
Zoöplankton: zoetwatergetijdengebied

Korte retentietijd, dominantie van rotiferen (korte generatietijd)

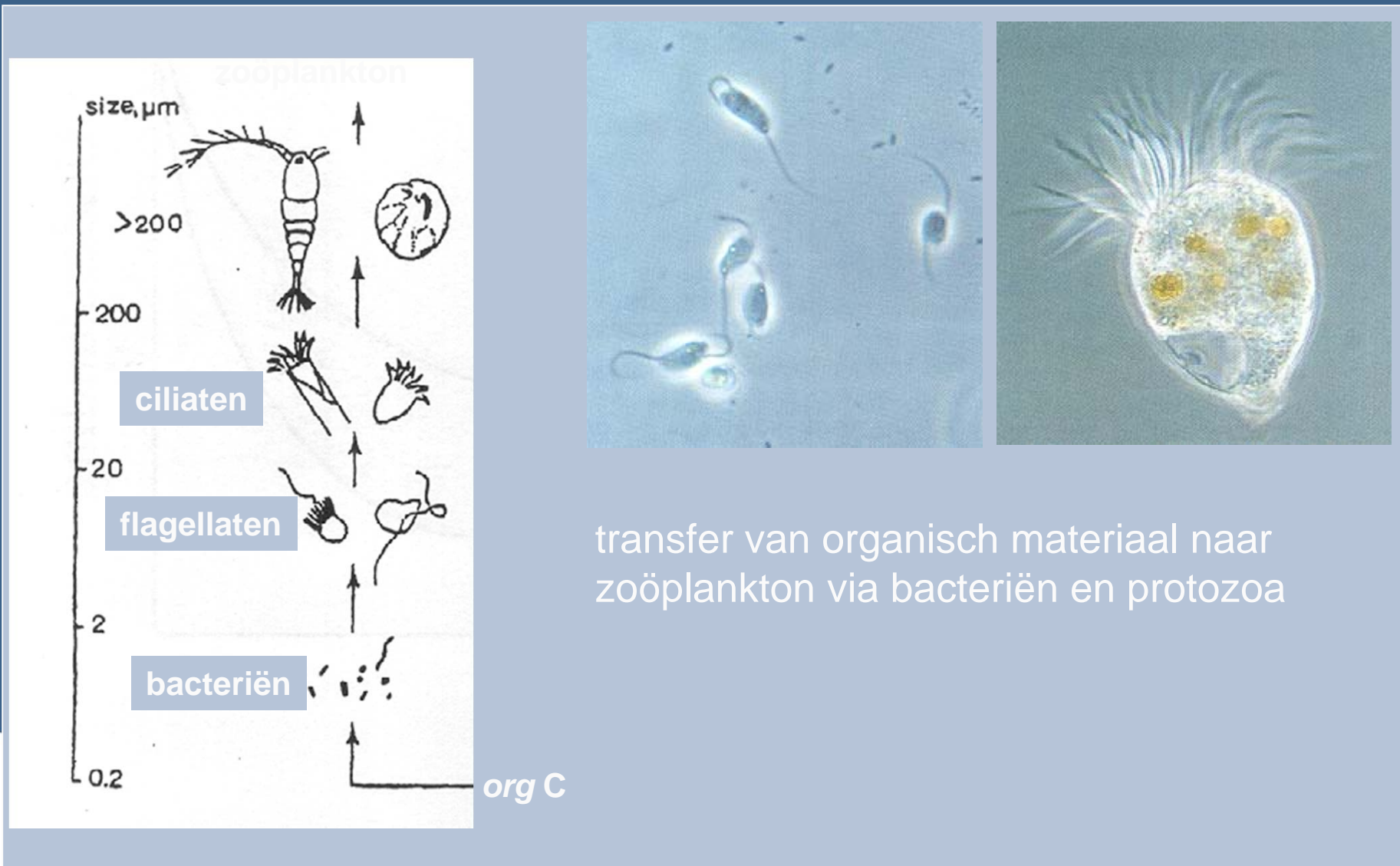


Zoöplankton: brakwater

Calanoide copepoden, bvb. *Eurytemora affinis*



Het microbiële voedselweb



transfer van organisch materiaal naar
zoöplankton via bacteriën en protozoa



Eenden



Ganzen





Steltlopers





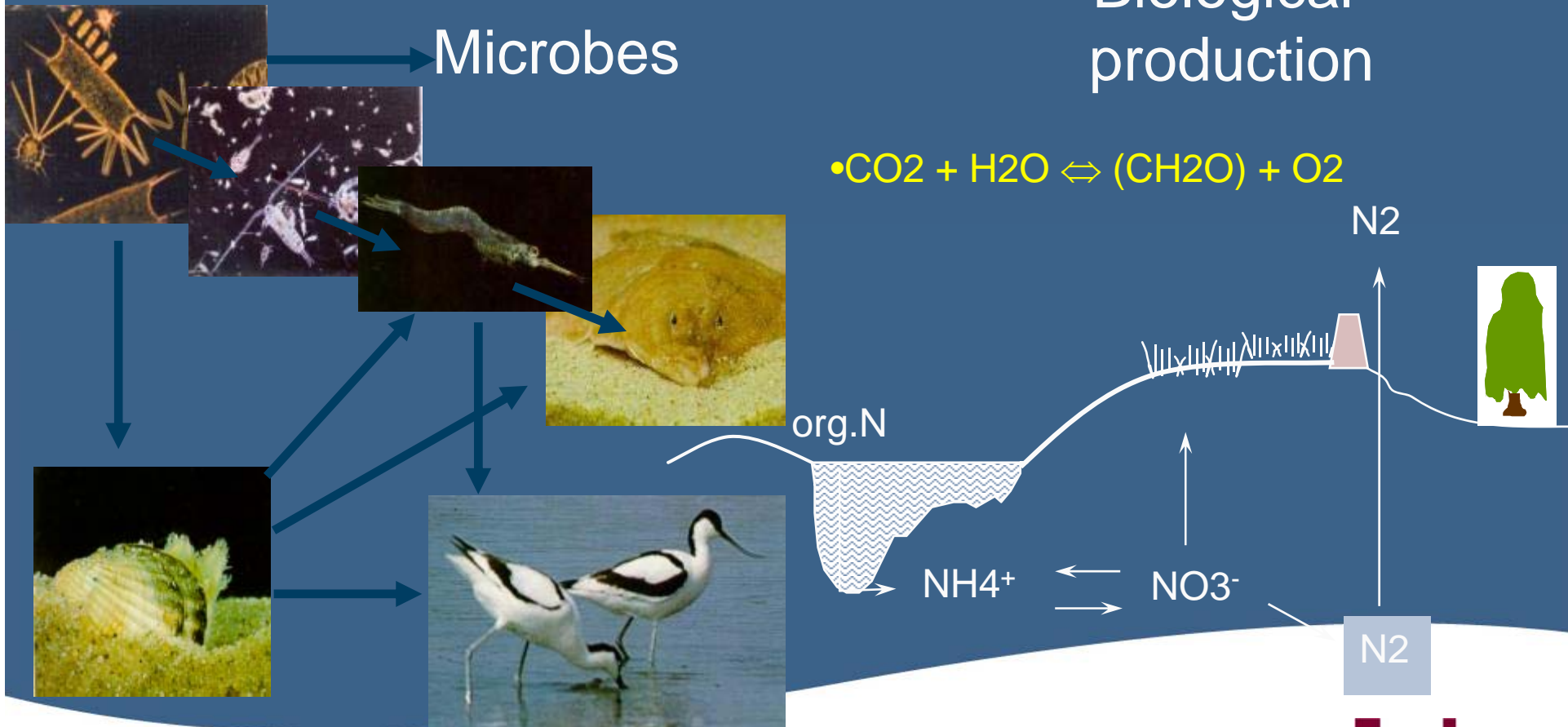
Universiteit Antwerpen





Functional biodiversity

Biological production



ECOSYSTEMS AND HUMAN WELL-BEING

VOLUME I

CURRENT STATE AND TRENDS



Findings of the Condition and Trends Working Group

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT



ECOSYSTEM SERVICES

Provisioning

- FOOD
- FRESH WATER
- WOOD AND FIBER
- FUEL
- ...

Supporting

- NUTRIENT CYCLING
- SOIL FORMATION
- PRIMARY PRODUCTION
- ...

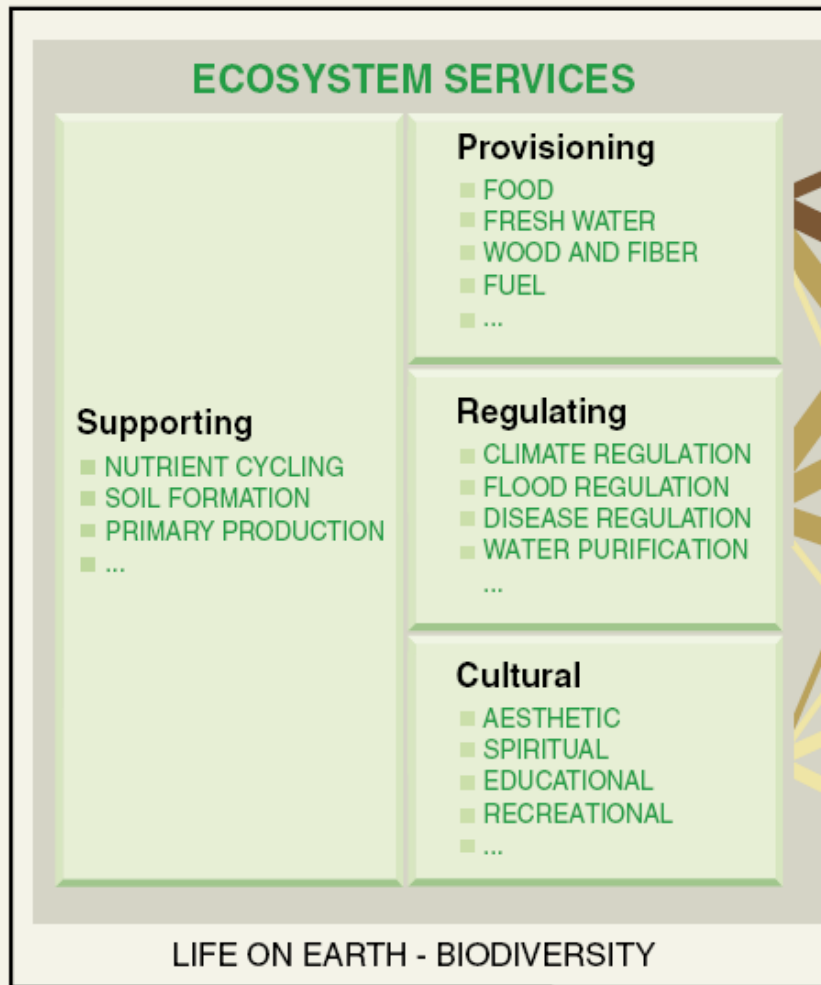
Regulating

- CLIMATE REGULATION
- FLOOD REGULATION
- DISEASE REGULATION
- WATER PURIFICATION
- ...

Cultural

- AESTHETIC
- SPIRITUAL
- EDUCATIONAL
- RECREATIONAL
- ...

LIFE ON EARTH - BIODIVERSITY



CONSTITUENTS OF WELL-BEING



Source: Millennium Ecosystem Assessment

ARROW'S COLOR
Potential for mediation by socioeconomic factors

- Low
- Medium
- High

ARROW'S WIDTH
Intensity of linkages between ecosystem services and human well-being

- Weak
- Medium
- Strong

Ecological functioning versus Economy

“Goods and services”

(Costanza et al., Nature 1997)

Habitat	Value per ha (\$/ha/j)	total value (\$/j x 10 ⁹)
Sea	577	20.949
Estuaries	22.832	4.110
Land	804	12.319
Forest	969	4.706
wetlands	14.875	4.879
Arable land	92	128
Total		33.268



Zalmmousse op een bed van veldsla



Normandische tongfilets met aardappelpuré



Jaffa-fondanttaart



Zalmmousse op een bed van veldsla

	ingrediënten
1	veldsla
2	korianderblaadjes
3	selderblaadjes
4	sjalotjes
5	komkommer
6	citroen
7	Zwarte peper
8	Olijfolie → olijven
9	Gerookte zalm
10	Zure room → koeien

Normandische tongfilets met aardappelpurée

	ingrediënten
11	tongfilets
12	Visbouillon → verschillende soorten
13	Witte wijn → druiven
14	mosselen
15	garnalen
16	champignons
17	Bloem → graan
18	Eieren → kippen
19	citroen
20	peterselie
21	Aardappelen

Jaffa-fondanttaart

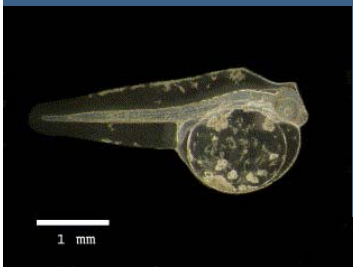
	Ingrediënten
22	Poedersuiker → suikerbiet
23	cacao
24	maïzena
25	walnoten
26	sinaasappelen

+ aperitief, koffie etc. → al snel zo'n 30 soorten nodig!

	ingrediënten	Prijs/kg/L
1	veldsla	12 €
2	korianderblaadjes	1,5 €
3	selderblaadjes	1 €
4	sjalotjes	1,5 €
5	komkommer	1 €
6	citroen	2 €
7	Zwarte peper	15 €
8	Olijfolie → olijven	8 €
9	Gerookte zalm	25 €
10	Zure room → koeien	2,5 €

	ingrediënten	Prijs/kg/l
11	tongfilets	30 €
12	Vishouilles → verschillende soorten	2 €
13	Witte wijn → druiven	5 €
14	mosselen	10 €
15	garnaalen	20 €
16	champignons	4 €
17	Bloem → graan	1 €
18	Eieren → kippen	0,20 €
19	citroen	2 €
20	peterselie	5 €
21	Aardappelen	1 €

	Ingrediënten	
22	Poedersuiker → suikerbiet	1,5 €
23	cacao	7 €
24	maïzena	1 €
25	walnoten	6 €
26	sinaasappelen	2 €



1 Dag



2 dagen



6 dagen



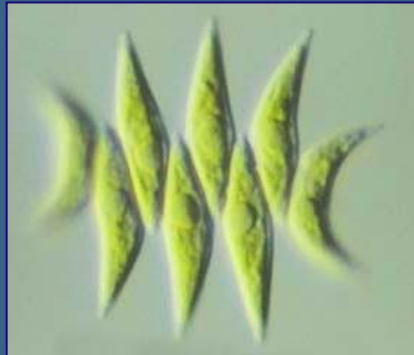
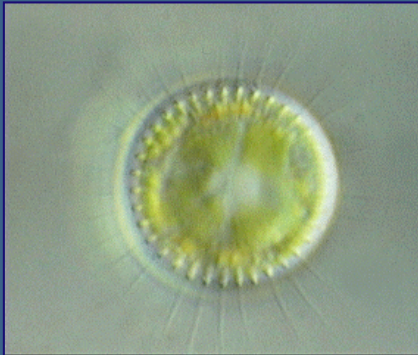
19 dagen



28 dagen



- Tijdens de verschillende groeifazen heeft de tong behoefte aan verschillende soorten voedsel
- Van fytoplankton tot wormen, schelpdieren en crustacea.



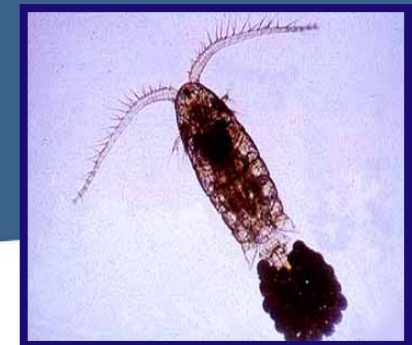
Plankton



Bosmina
University of



Daphnia



kokkel



nonnetje



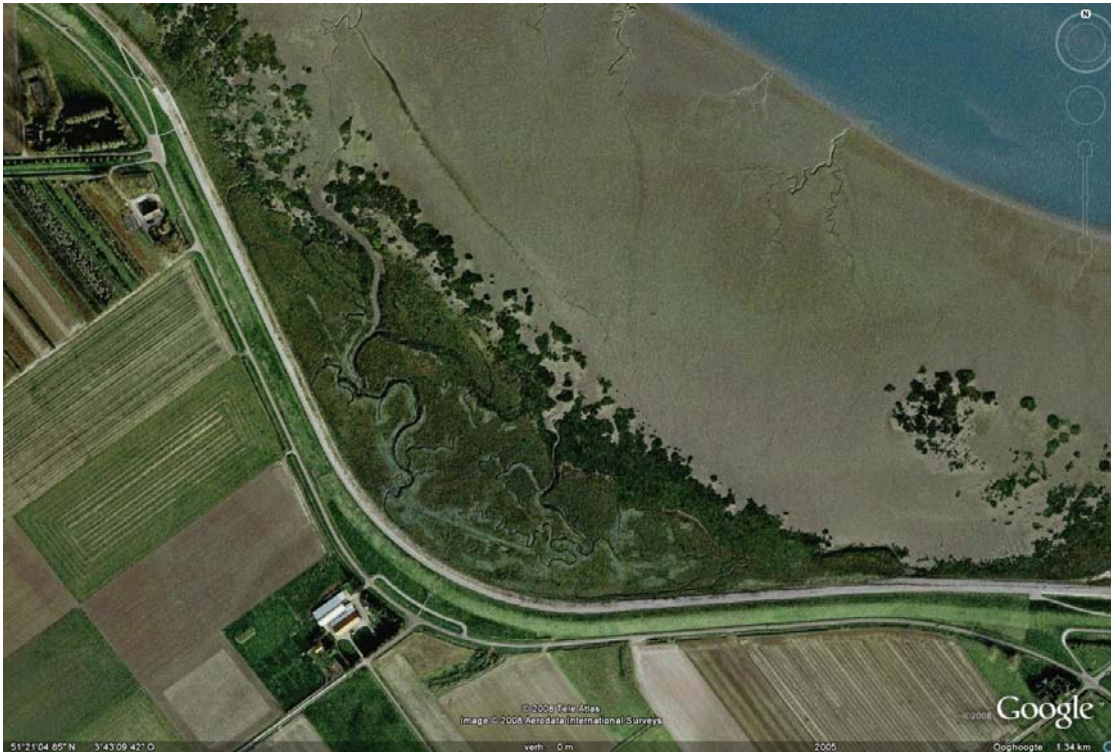
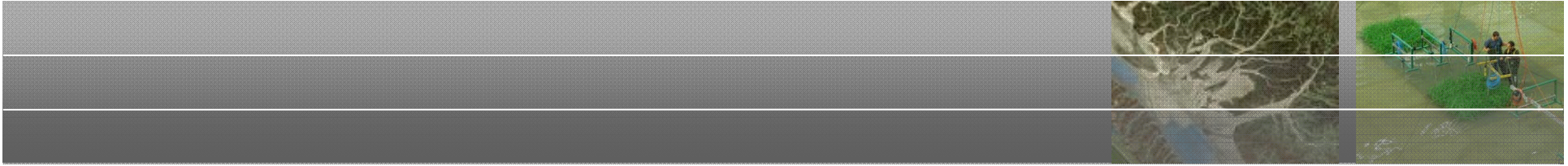
MOLLUSCA



slijkgaper

strandgaper

- Het dieet van een gemiddelde juvenile tong en garnaal bestaat uit zo'n 25 soorten, over de ganse levensloop loopt dat op tot meer dan 70
- Al die soorten stellen op zich weer specifieke eisen aan het milieu waar ze voorkomen en hebben op hun beurt weer andere soorten nodig om van te leven!



Bv. Paulinaschor, Westerschelde

Kwelders

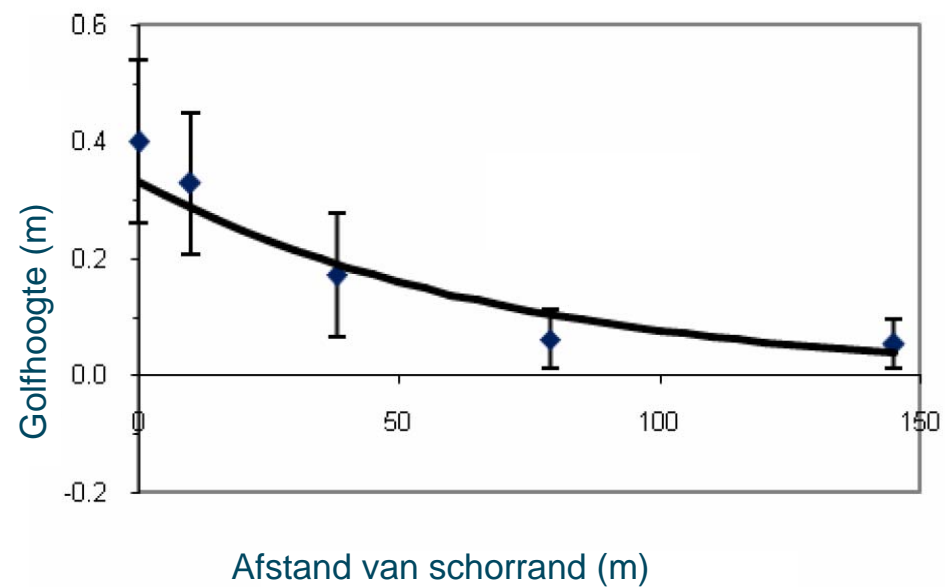


Schorren



Wisselwerking waterstroming en kustvegetatie draagt bij tot Kustverdediging

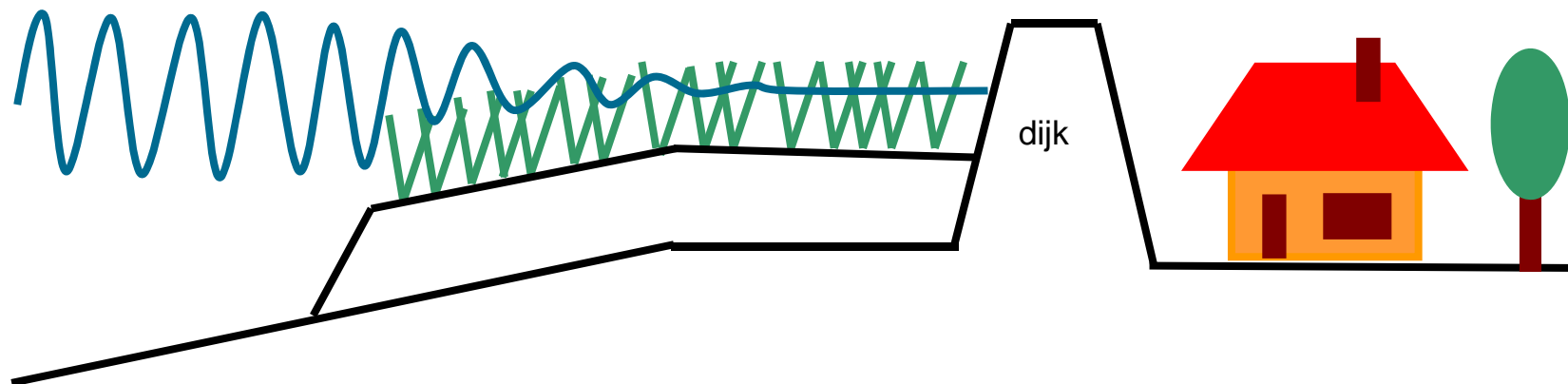
2) Kustvegetatie dempt golfenergie





Wisselwerking waterstroming en kustvegetatie draagt bij tot Kustverdediging

Kustvegetatie kan de kost voor bouw en onderhoud van zeekeringen met
1/3 reduceren (Turner & Dagley 1993)



Percentage of the load that reaches the North Sea

1974 Billen et al. 1985	1985 Soetaert & Herman, 1995	2002 Cox et al. in prep.
48% 55.000 t	77% 66.000	74% 70.000
27.500	49.500	51.800

RISK OF EUTROFICATION, POLLUTION

Eutrophication



Phaeocystis sp. blooms:

“foam algae”

Gonyaulax sp. blooms

Toxic “red tides”



@ PJS Franks

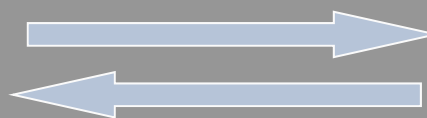
ECOSYSTEM MANAGEMENT
RESEARCH GROUP

Rol van schorren

Uitwisseling tussen
schor en pelagiaal



150 – 300 ton BSi



100 – 200 ton Si



HT →

LT →

Schor

Tidal
flat

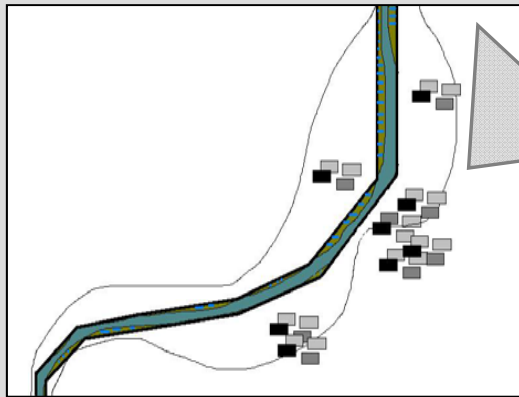
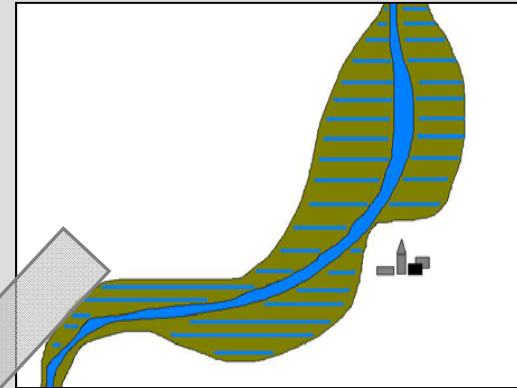
Struyf et al. 2005

Schelde: verstoord estuarium

Functie

Drijvende krachten:

- Natuurlijke fenomenen
- Inpolderen - baggeren
- Vervuiling
- Klimaatsverandering



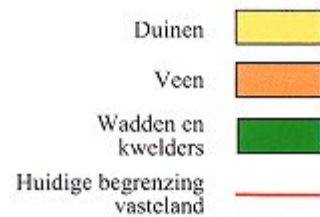
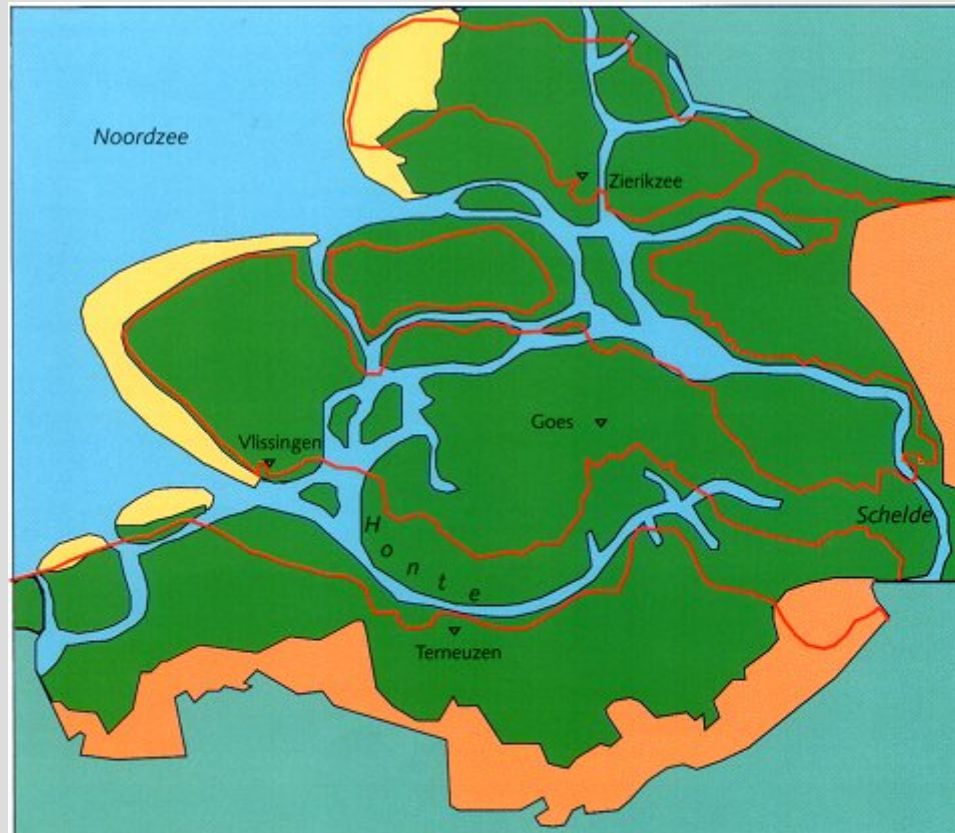
verlies aan
ecosysteem functies

Impact op:

- veiligheid
- economie
- ecologie

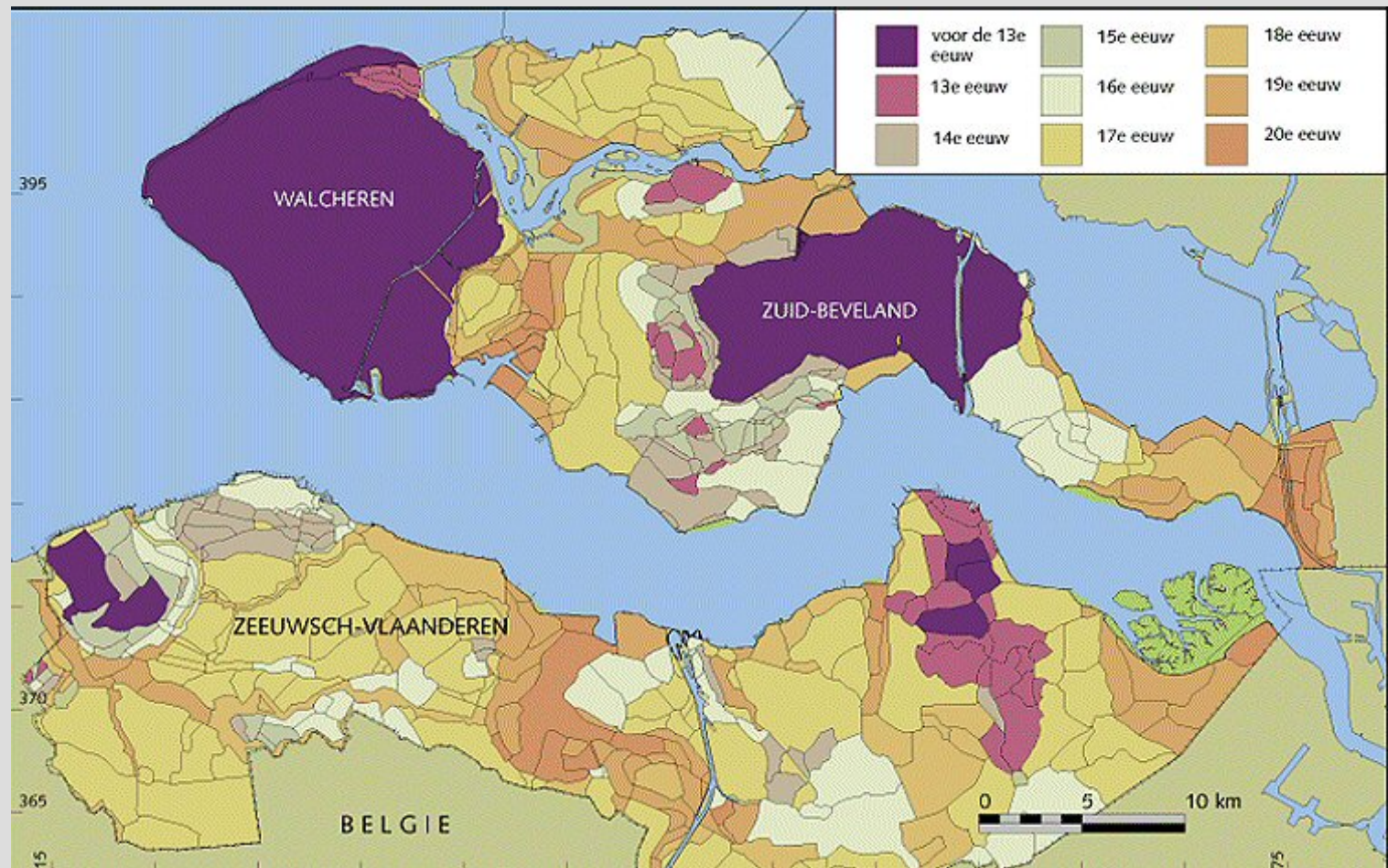
Structuur

Schelde: verstoord estuarium



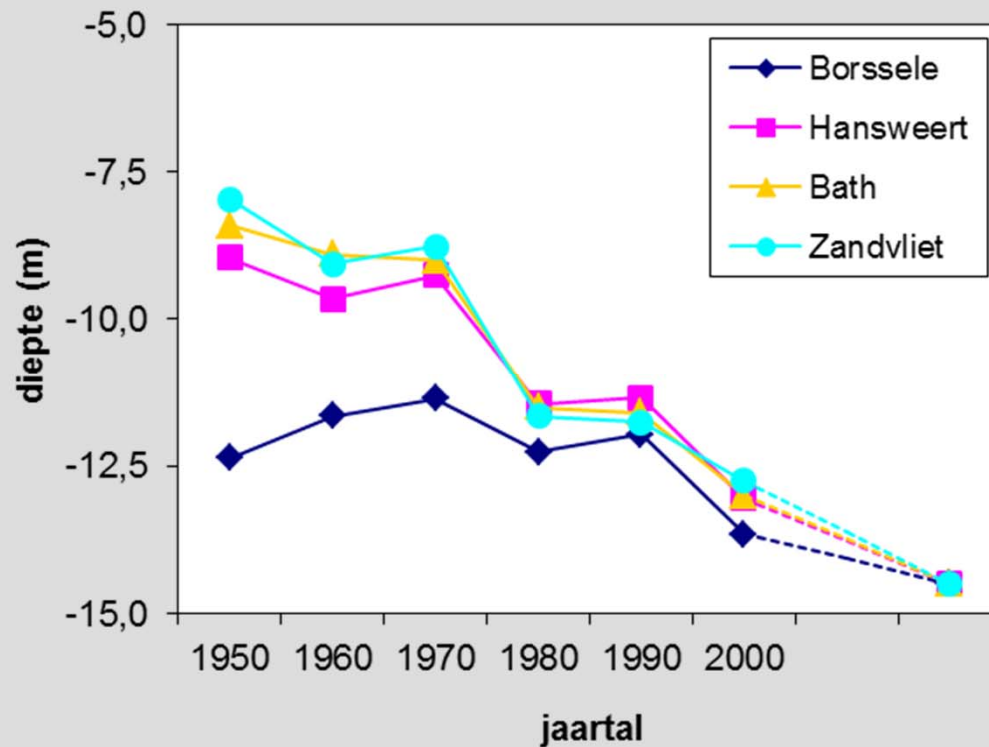
Schelde: verstoord estuarium

Inpolderingen en baggerwerken

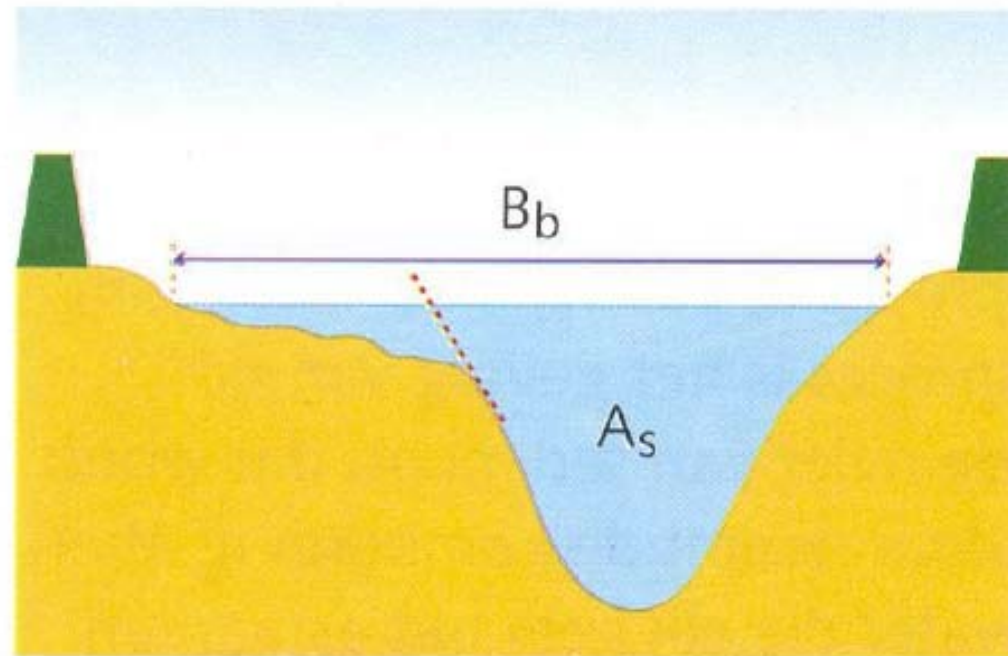


Schelde: verstoord estuarium

Inpolderingen en baggerwerken

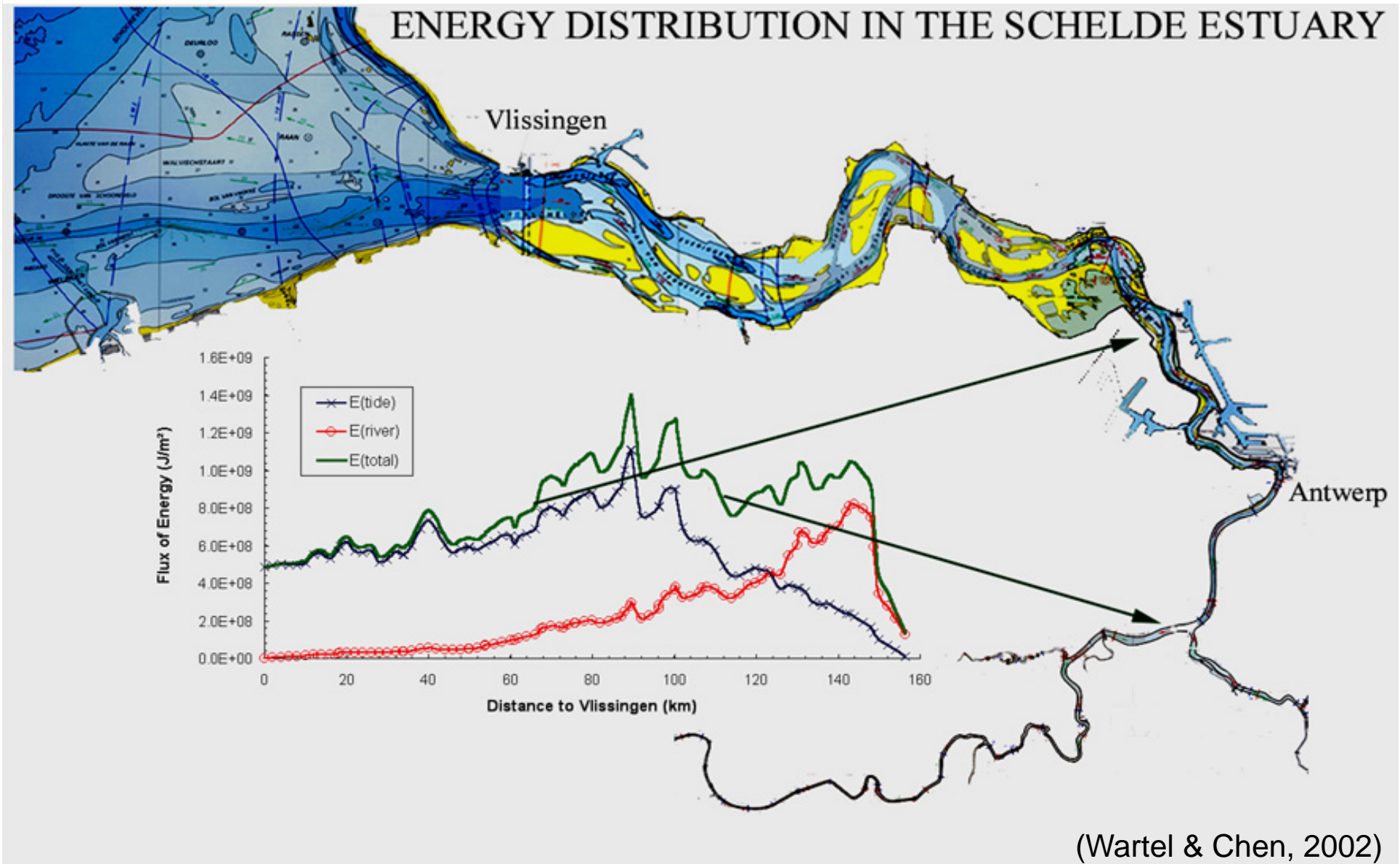


Schelde: verstoord estuarium

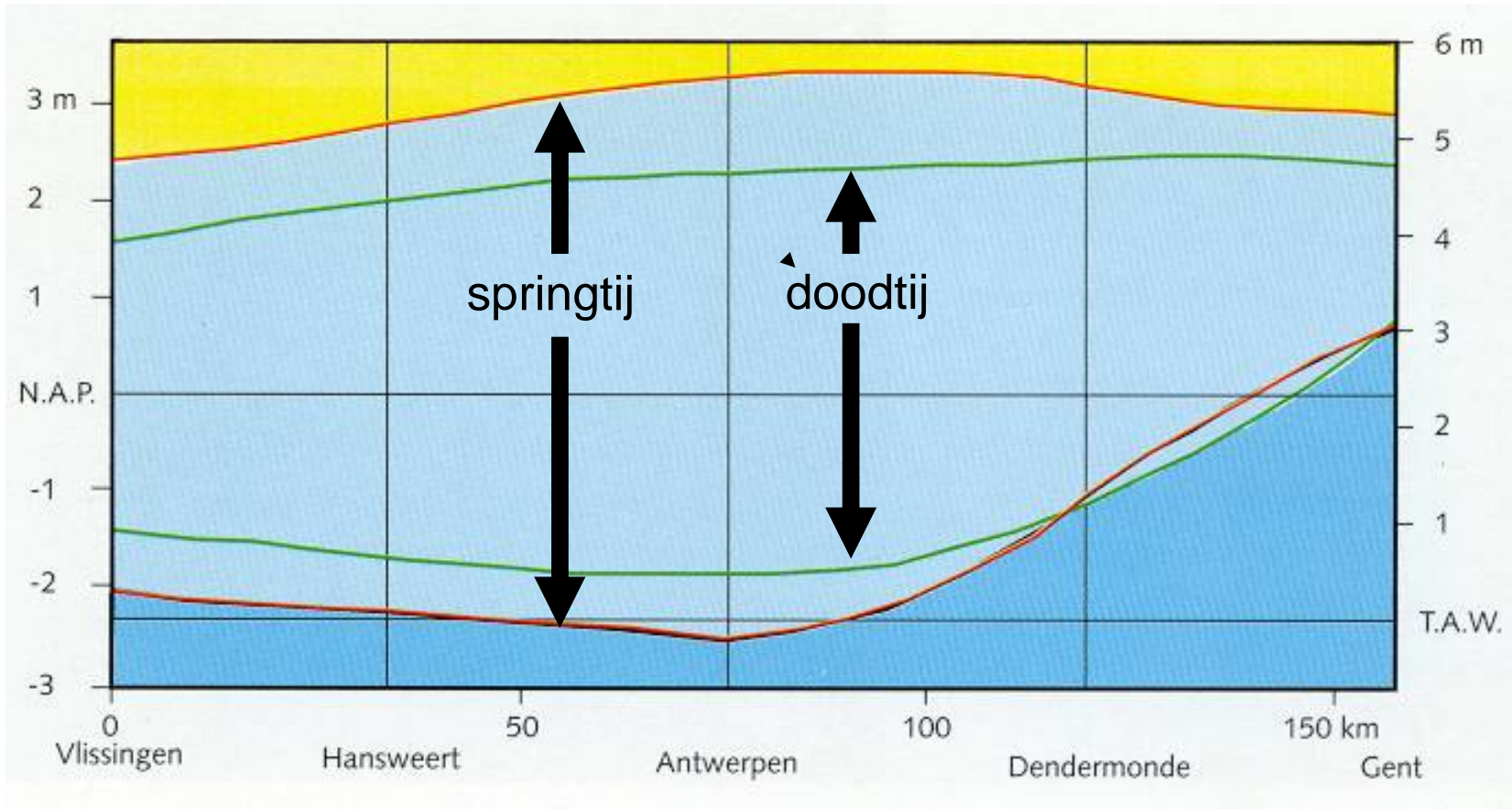


Figuur 3.71 De geometrie van het estuarium: B_b = bergende breedte en A_s = Stroomvoerend oppervlak; De voortplantingssnelheid van de getijdegolf voor het estuarium kan worden benaderd met de formule: $c = \sqrt{(gA / B_b)}$, waarbij g een constante is (de versnelling van de zwaartekracht (Uit Vroon et al. 1997).

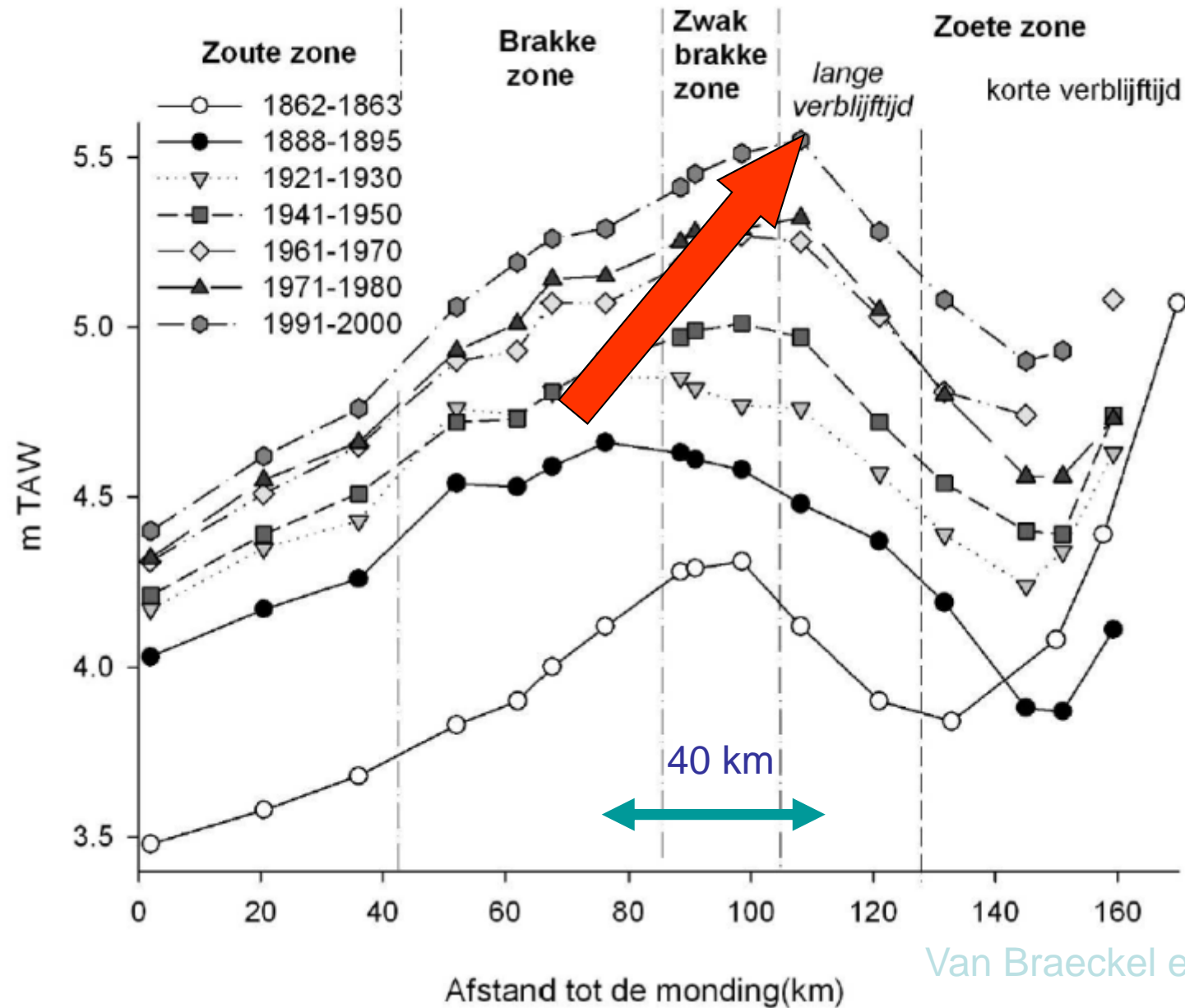
Schelde: verstoord estuarium



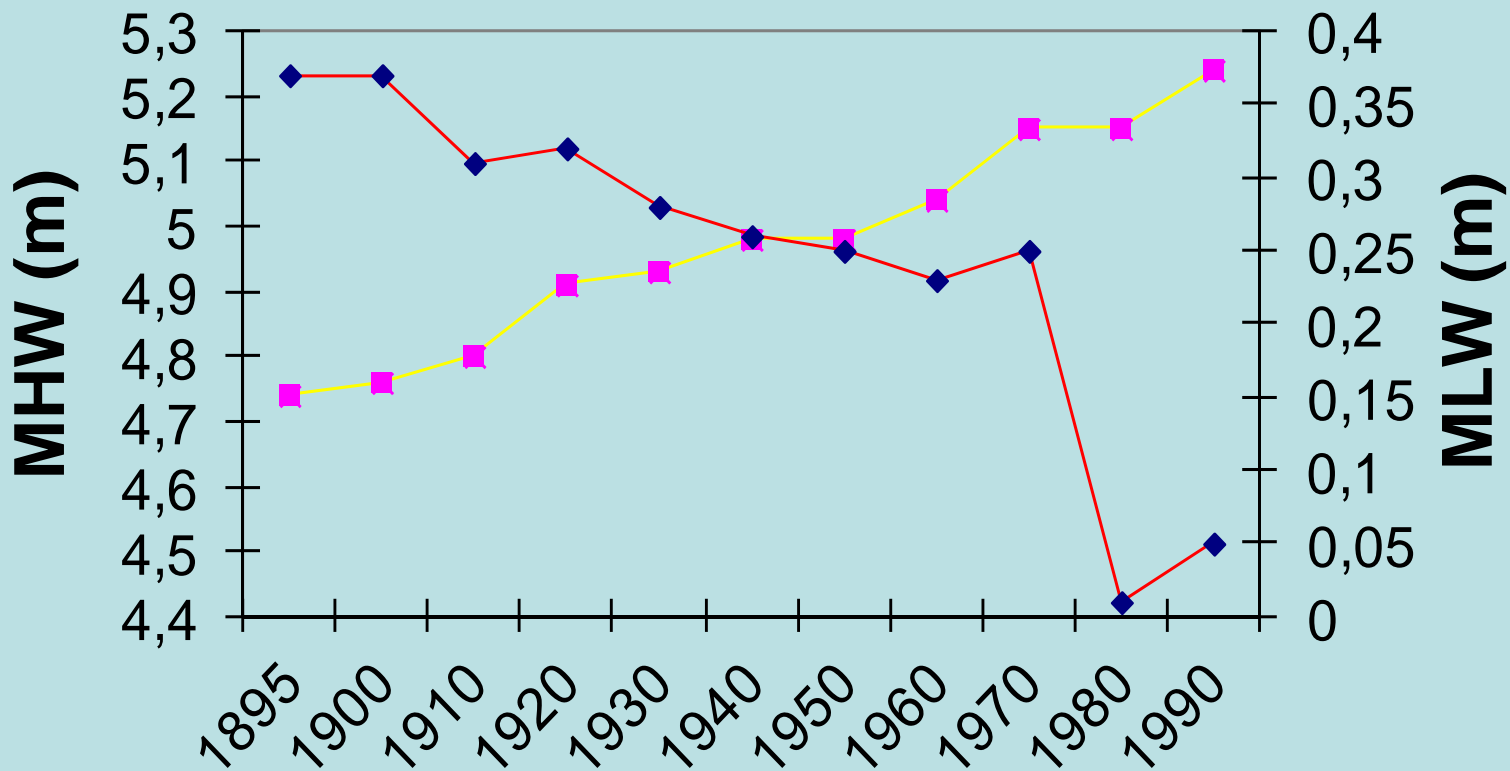
tijhoogtes



Changing tidal characteristics



Van Braeckel et al. 2006



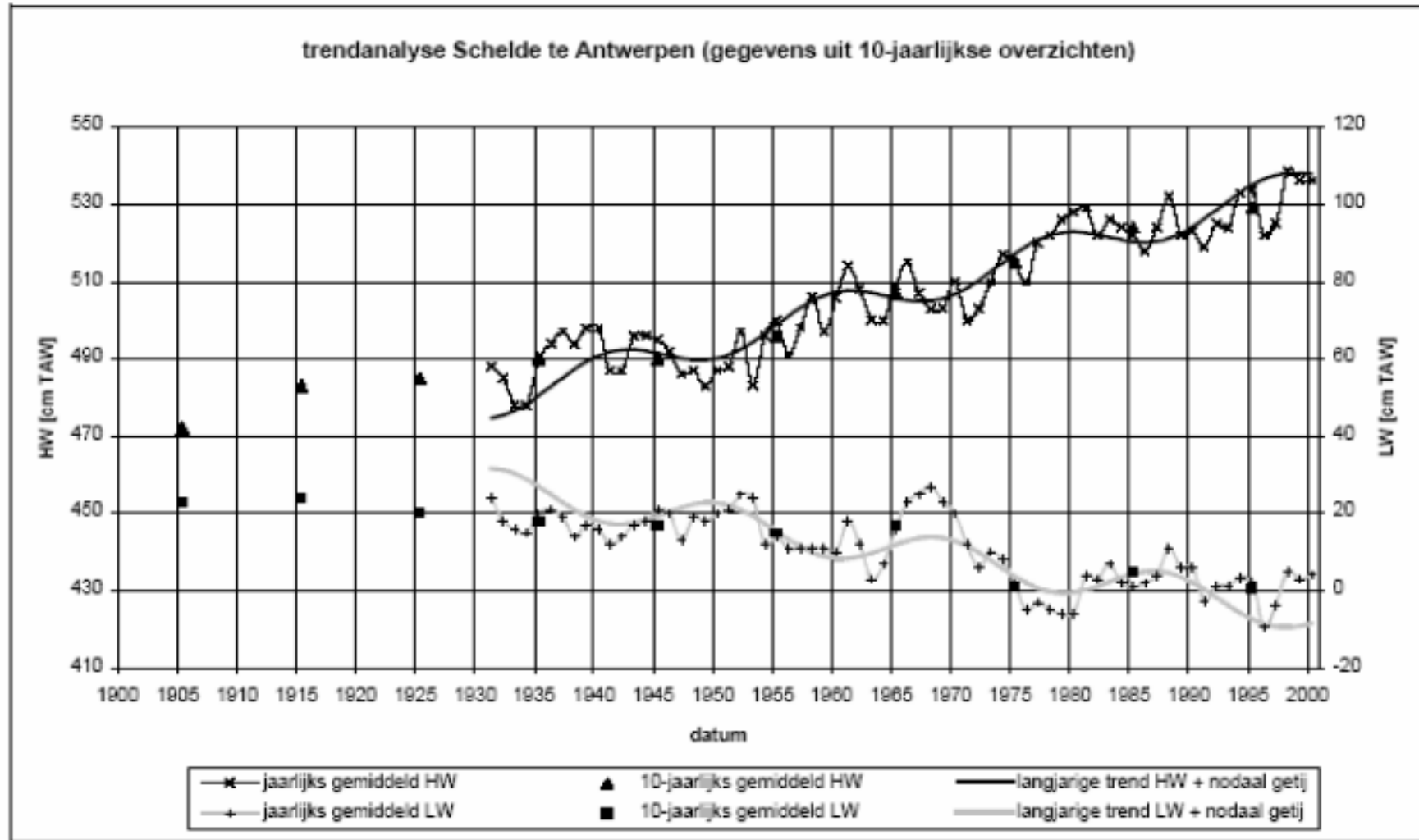
increase MHW 0,5 m

decrease MLW 0,3 m

total increase tidal amplitude 0,8m

Tidal evolution

Sc



Weser

Tidal amplitude increased due to embankment and deepening

Vlaamse Overheid
 Departement Mobiliteit en Openbare Werken
 Waterbouwkundig Laboratorium
 Hydrologisch Informatiecentrum - HIC



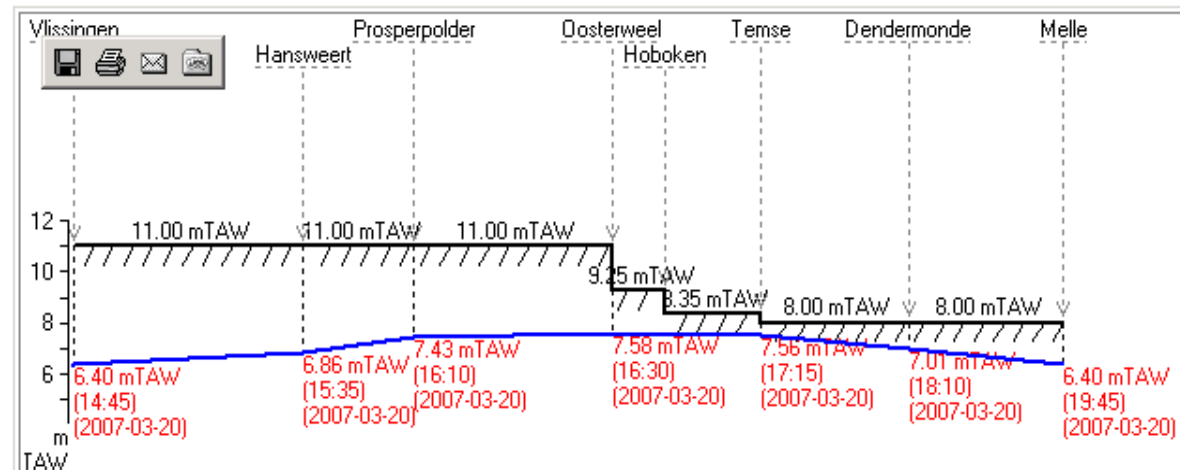
VOORSPELLING TIJGEBIED SCHELDE



Derde hoogwater

Voorspelling van 2007-03-19 05:00:00

- ▶ Hoogwater 2007-03-19 14:05:00
- ▶ Hoogwater 2007-03-20 02:25:00
- ▶ Hoogwater 2007-03-20 14:45:00
- ▶ Hoogwater 2007-03-20 23:25:00
- ▶ Laagwater 2007-03-19 08:30:00
- ▶ Laagwater 2007-03-19 20:40:00
- ▶ Laagwater 2007-03-20 09:00:00
- ▶ Laagwater 2007-03-20 21:20:00



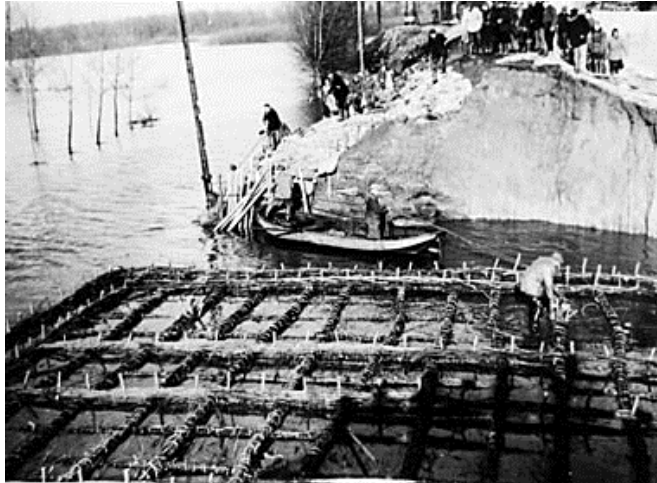
Overstromingskans: 1/70

- Het tijdstip van de voorspellingen is WINTER-tijd (GMT+1).
- Deze website bekijkt zich het best met [Internet Explorer](#) met een schermresolutie van 1400 (of 1280) x 1050 pixels.

▶ Hoe werkt dit?



Wintam



Baasrode



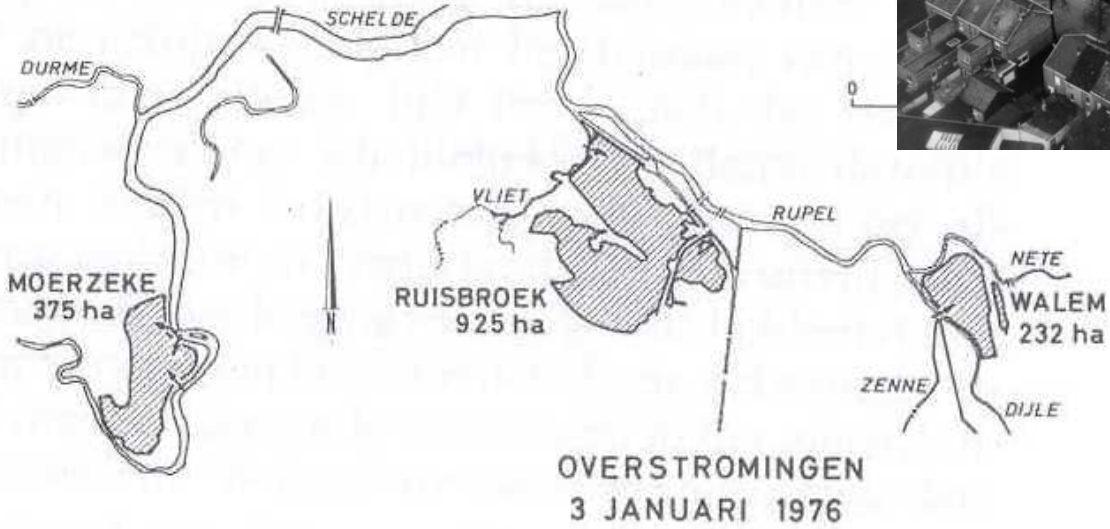
Wintam



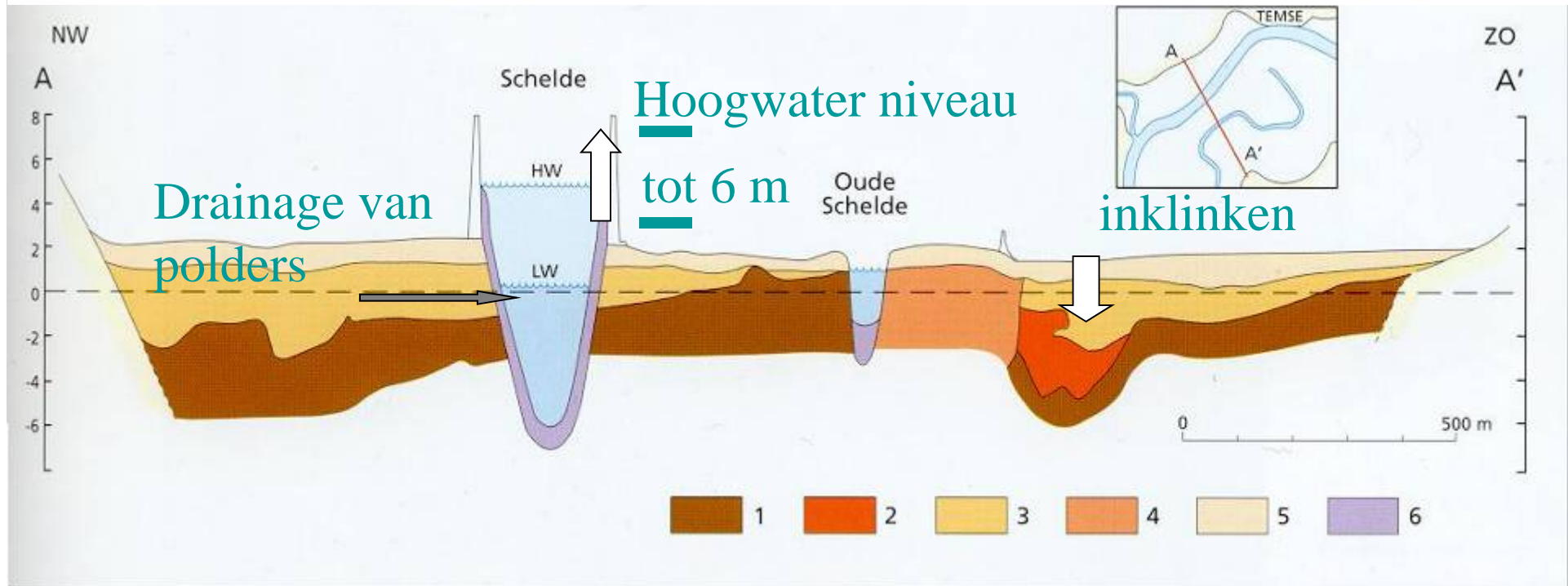
Antwerpen



Ruisbroek 1977



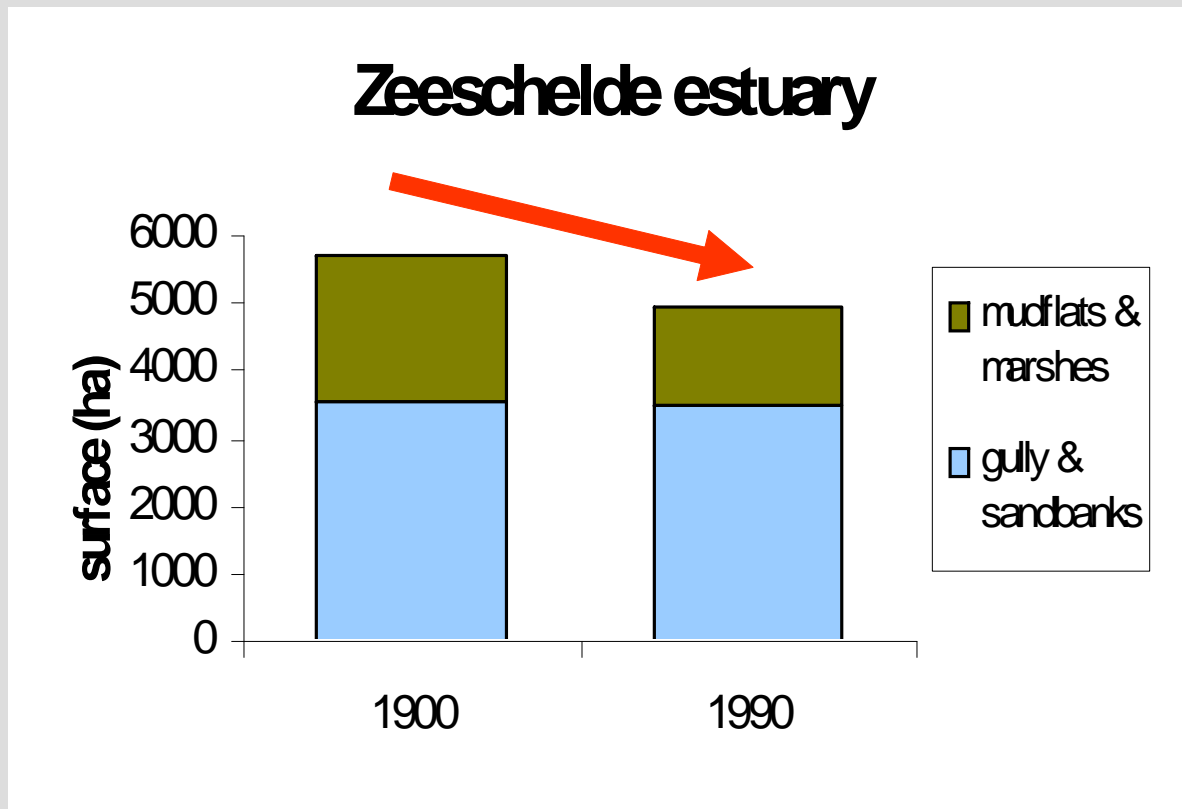
Schelde: verstoord estuarium



Overstromingsrisico in de Zeeschelde is momenteel 1 op 70 jaar

Schelde: verstoord estuarium

Ecologie: habitat verlies



Schelde: verstoord estuarium

Ecologie: habitat verlies



Supporting services

- primary productivity
- nutrient cycling
- water cycling

- habitat for rare species or for global population
- biodiversity
- nursery function
- migration route

- soil formation

Regulating services

- Air quality regulation
- climate regulation
- Water purification and waste treatment
- Regulation of transport of nutrients and contaminants

- disease regulation
- pest regulation
- pollination
- Trophic-dynamic regulation

- Waterregulation (protection against flooding)
- Erosion regulation and sediment trap
- Maintaining habitat structure and features (eg. tidal characteristics)
- natural hazard regulation

Provisioning services

- fresh water
- clean air

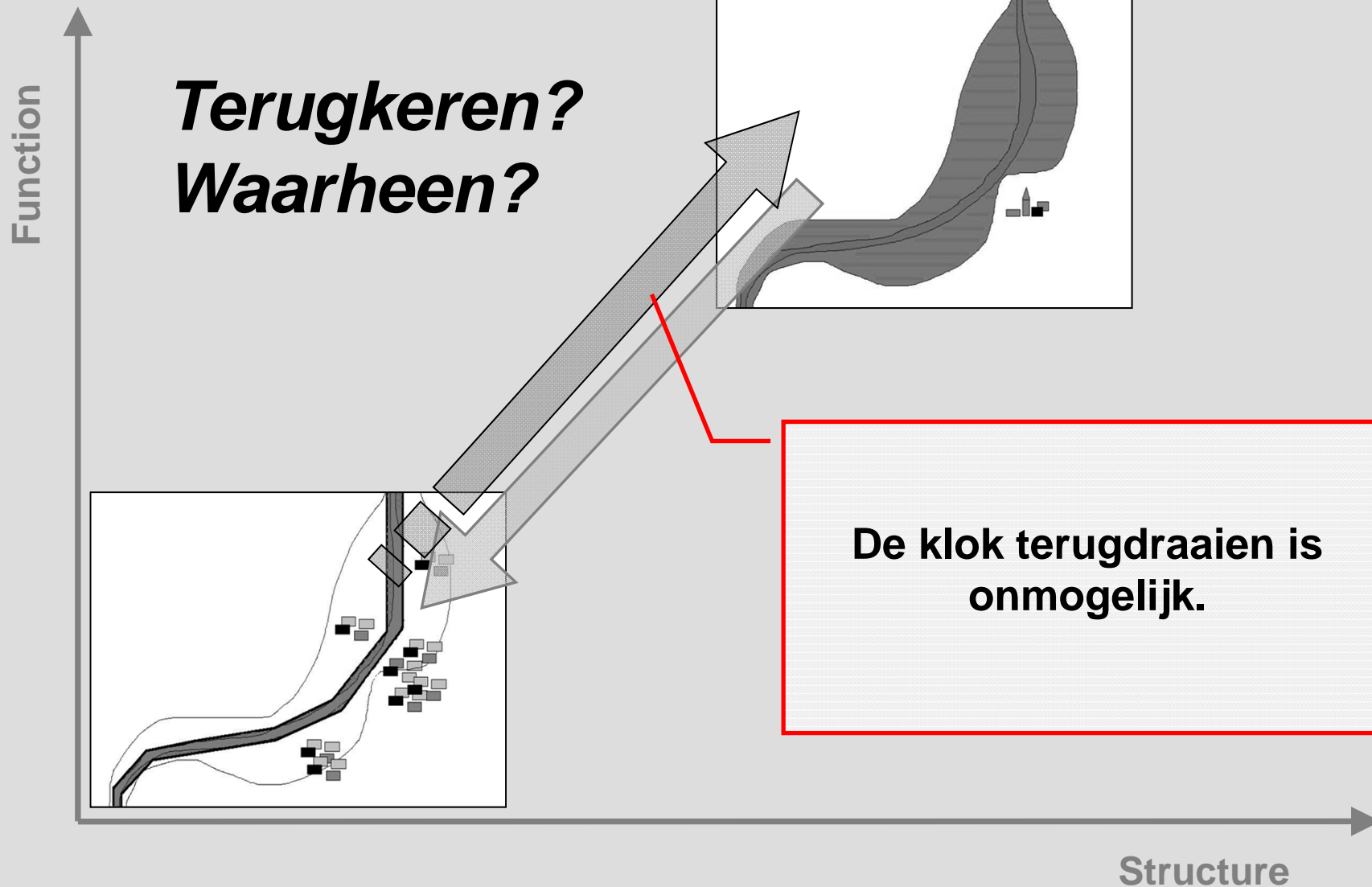
- Food
- Fiber
- Fuel
- genetic resources
- biochemicals, natural medicines and pharmaceuticals
- ornamental resources

- fresh water

Conclusie 1

- Natuur is veel meer dan een verzameling planten en dieren, maar vervult vele voor de maatschappij essentiële functies en heeft dan ook een cruciale rol in ons socio-economisch systeem: De benadering van ecosysteemdiensten is erg veelbelovend
- → Er is dan ook een evolutie van natuurbescherming via natuurontwikkeling naar een echte geïntegreerde benadering nodig, waarbij het behoud en optimaliseren van ecosysteemdiensten centraal staat: evolutie naar “multifunctionele” natuur of economie en ecologie dichter bij elkaar brengen

Schelde: verstoord estuarium



Historische referentie situatie?

Lange Termijn Visie (LTV)

“robuust en duurzaam estuarium”

focus op:

- Toegankelijkheid
- Veiligheid
- Natuurlijkheid

*We hebben geen nood aan historisch herstel,
maar een oplossing voor de noden van nu*

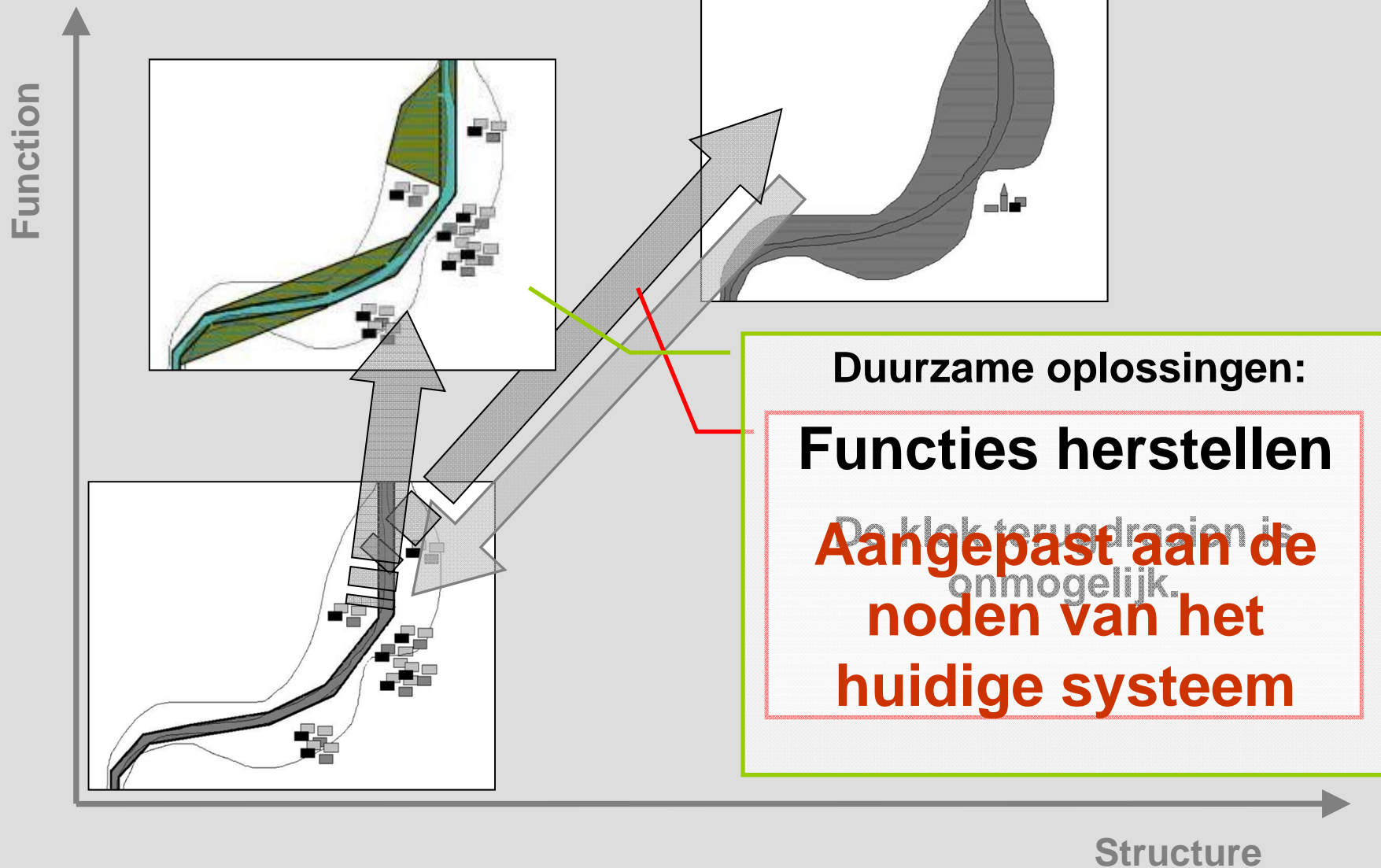
Stroomrichtingen:

- Laat-Tertiair tot Midden-Pleistoceen
- ← Saalien tot einde Weichseliaan
- vanaf einde Weichseliaan

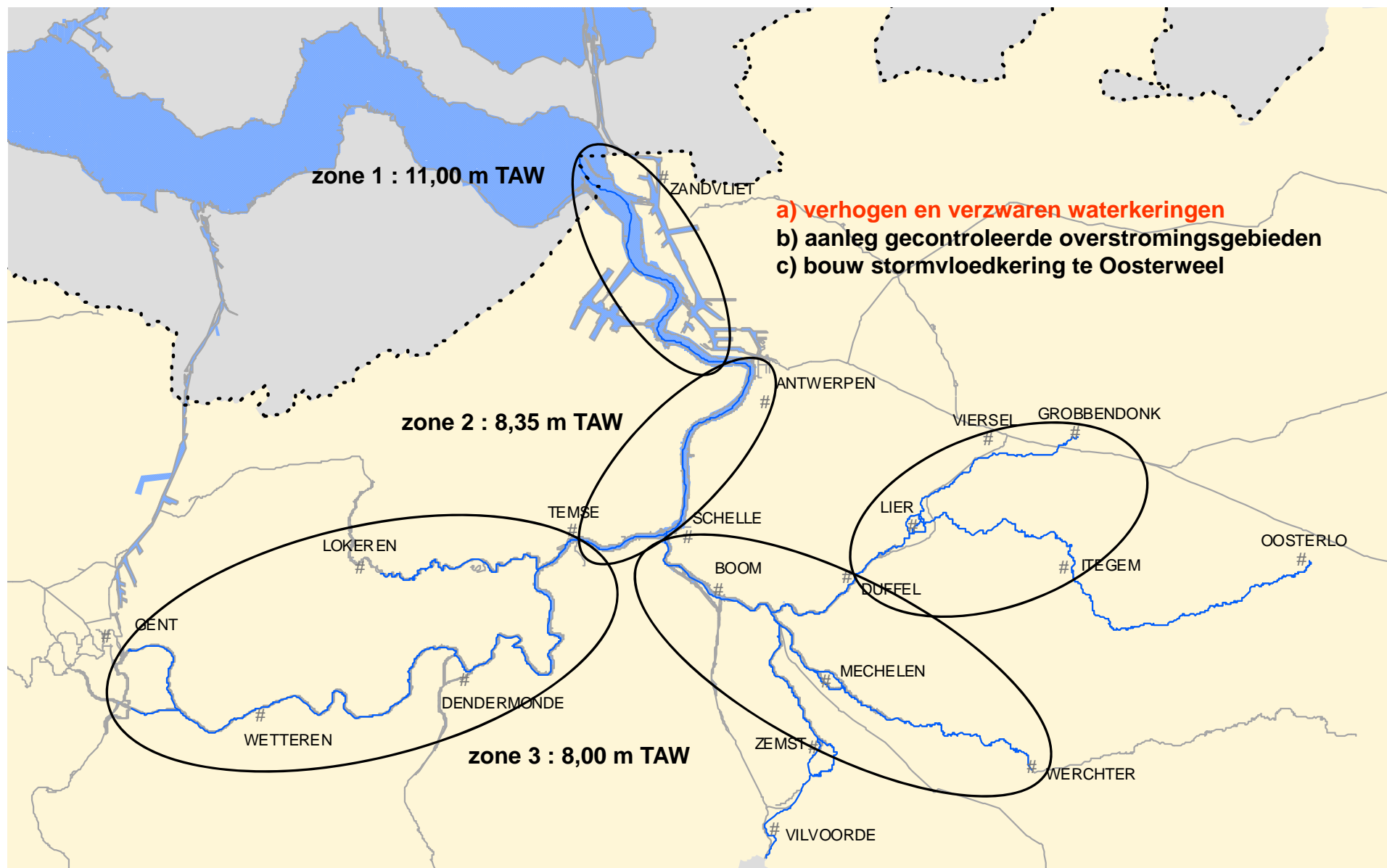
 Vlaamse Vallei
 Cuesta

30 km

Schelde: oplossingen



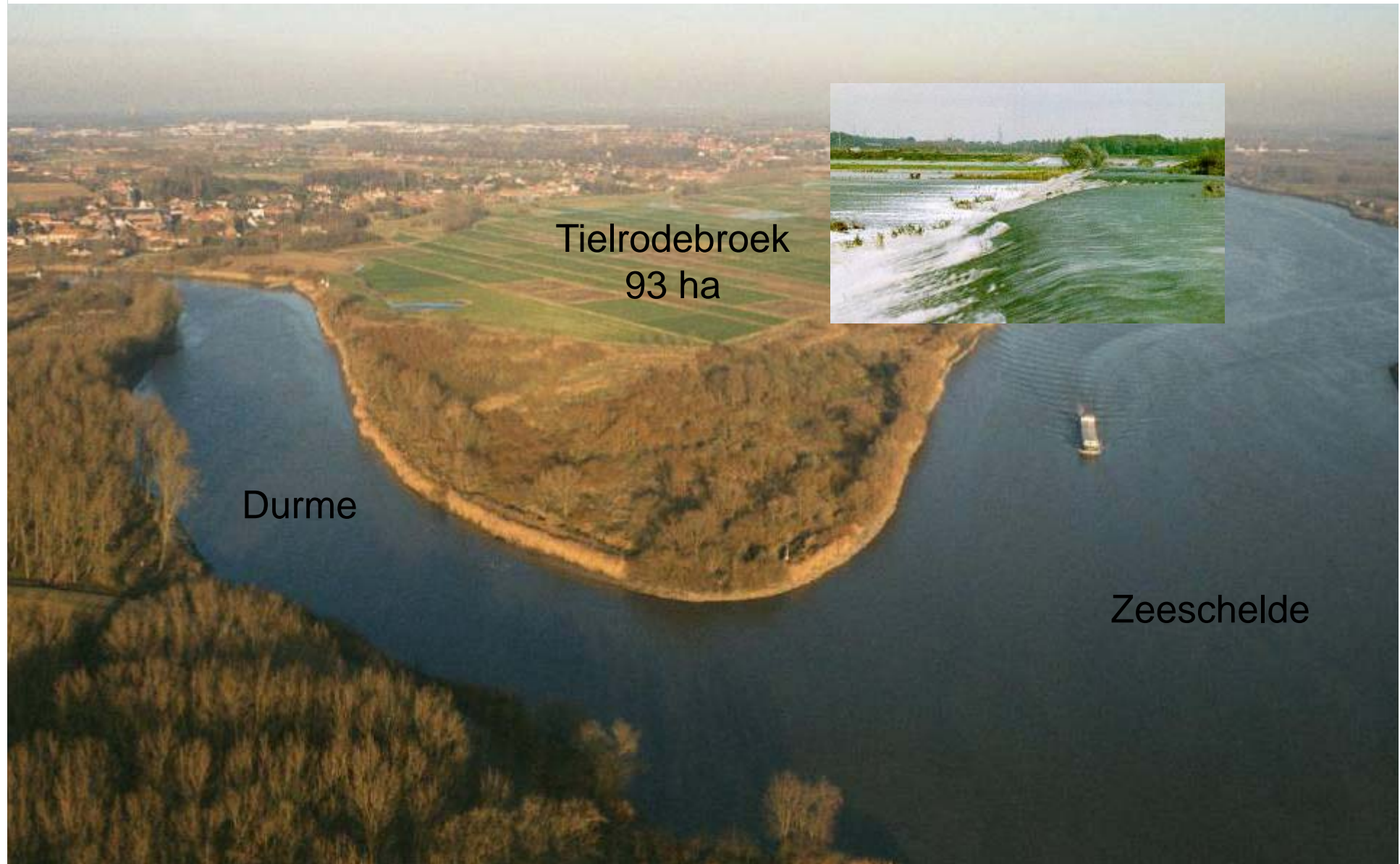
"Oude" oplossing: Sigma plan 1977



"Oude" oplossing: Sigma plan 1977

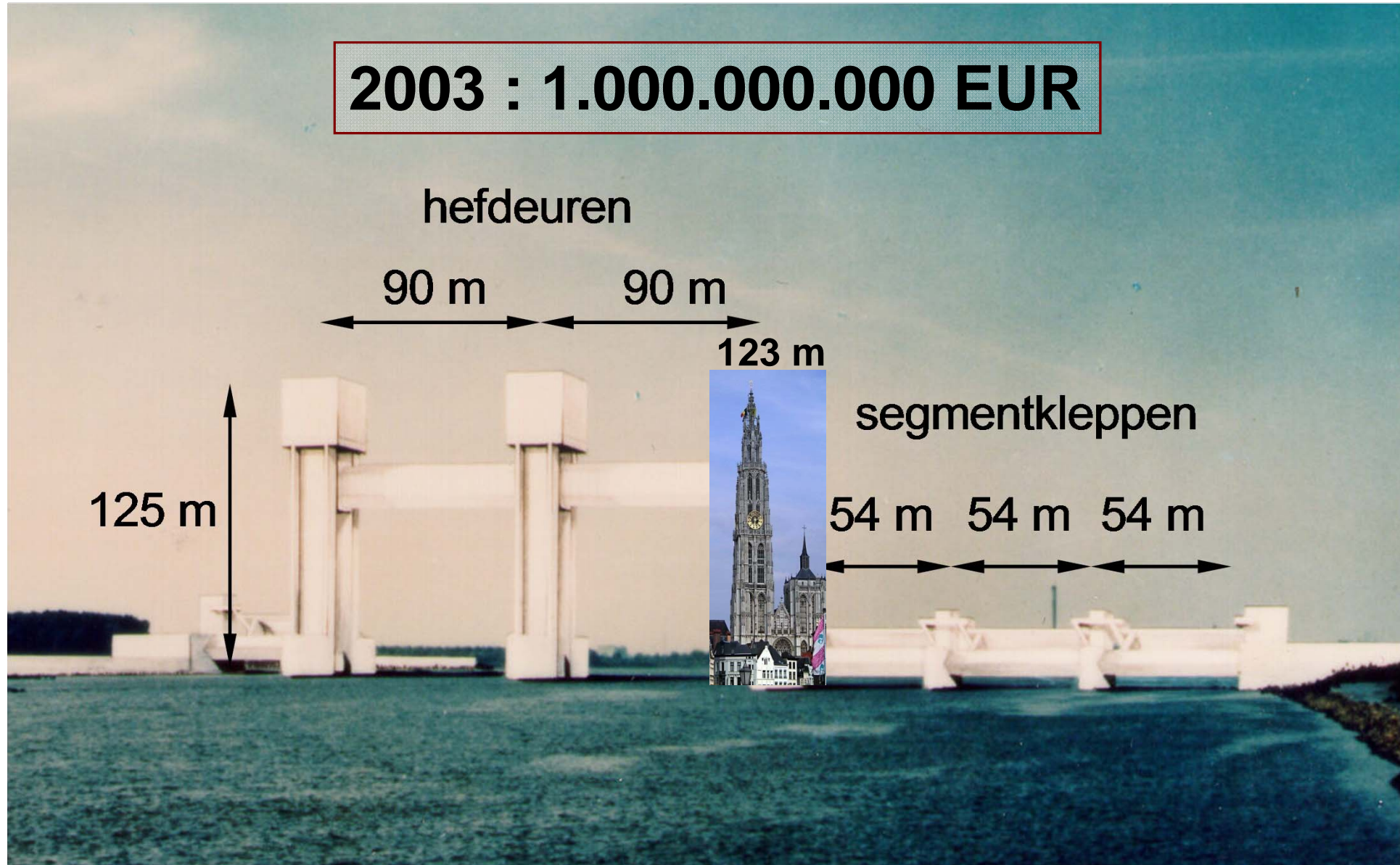


"Oude" oplossing: Sigma plan 1977



"Oude" oplossing: Sigma plan 1977

2003 : 1.000.000.000 EUR



Schelde: oplossingen

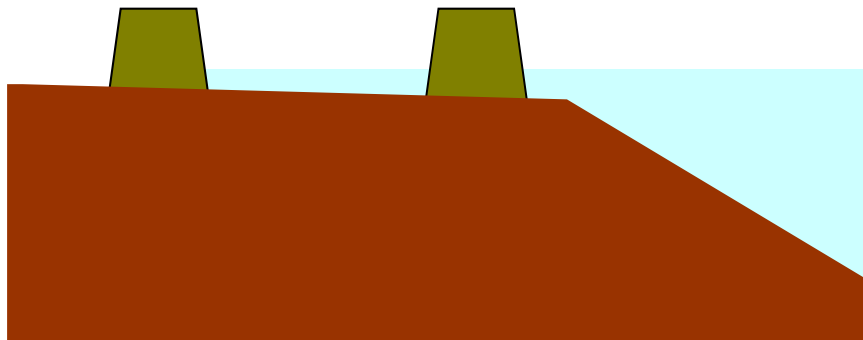
<i>Ecosysteemdiensten probleem</i>	01 VIRaa	02 VIHan	03 HanGr	04 GrBur	05 BurTm	06 TmDem	07 DemGt	08 Durme	09 ZeDNe	10 strSc
maximisation of buffer capacity discharge	0	0	0	0	+	+	++	++	++	++
maximisation tidal energy dissipation	+	++	++	++	++	+	+	+	+	0
Increase multichannel system	0	++	++	0	0	0	0	0	0	0
optimisation natural habitat processes	++	++	++	++	++	++	++	++	++	0
minimise turbidity	0	+	+	++	++	++	+	++	+	0
Optimisation C flux	0	0	0	0	0	0	0	0	0	++
optimisation N flux	0	0	+	+	+	++	++	++	++	++
Optimisation O2	0	0	0	+	++	++	+	++	+	++
Optimisation of P flux	0	0	0	0	0	0	+	+	+	++
Optimisation of Si flux	+					++	++	++		0
Optimisation of primary production	0	+	+	++	++	++	+	++	+	0
optimisation conditions for zoöplankton	0	+	+	+	++	++	++	++	++	0
optimisation conditions for benthos	+	++	++	++	++	++	++	++	++	0
Optimisation fishmigration	0	+	+	+	+	+	++	++	++	++
extension surface shallow low dynamic water	+	++	++	++	++	++	++	++	++	0
extension surface tidal flats	+	++	++	++	++	++	++	++	++	0
Reducing high dynamic areas	0	++	++	0	0	0	0	0	0	0
Extension surface marsh	+	++	+	+	++	+	++	+	++	0
Extension young marsh	+	++	++	++	++	++	++	0	0	0
Extension surface wetland	0	0	0	+	+	+	++	+	++	0

Creating tidal habitat

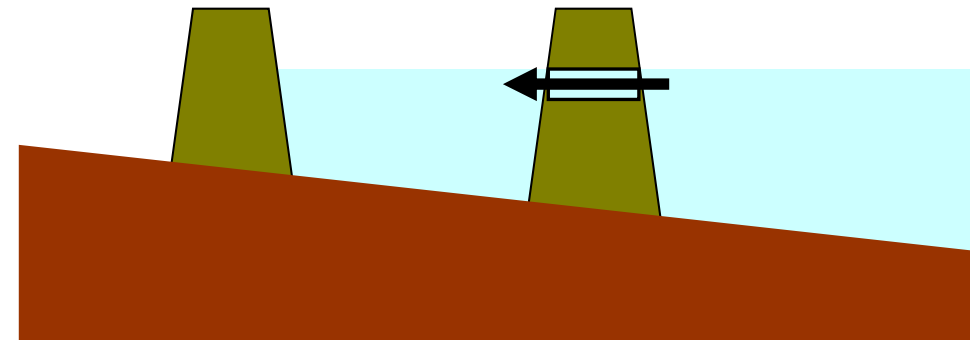


Managed realignment

FCA - CRT



Area with high elevation

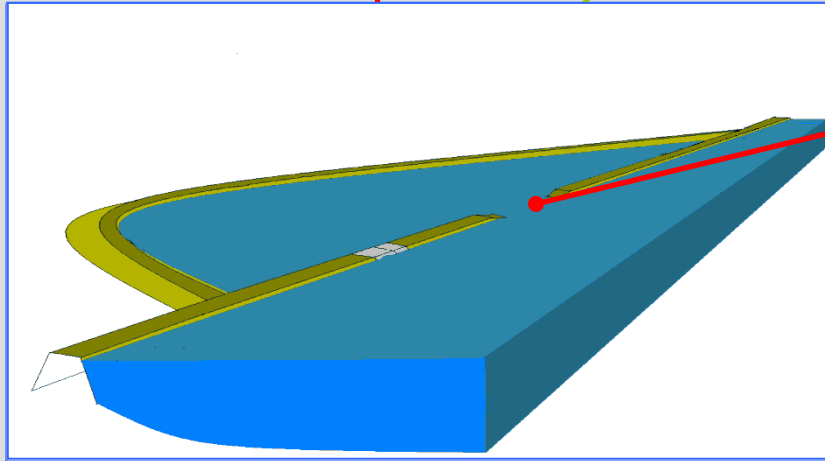


Area with low elevation

Pilootproject Lippenbroek

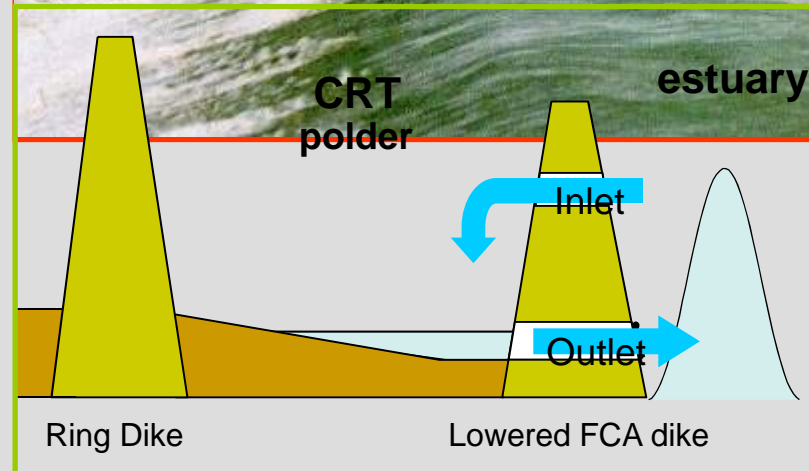
Hoe creëer je
functioneel slik en schor
in een laag gelegen polder?

Concept GOG - GGG veiligheid en ecologie



Veiligheid: **GOG**

- overloopdijk
- bij storm: volledige bergingscapaciteit
- **slechts 1 à 2/jaar!**



Piloot project Lippenbroek

Management scenario Lippenbroek



Lippenbroek

1: Ring Dike

2: FCA dike

3: Inlet sluice

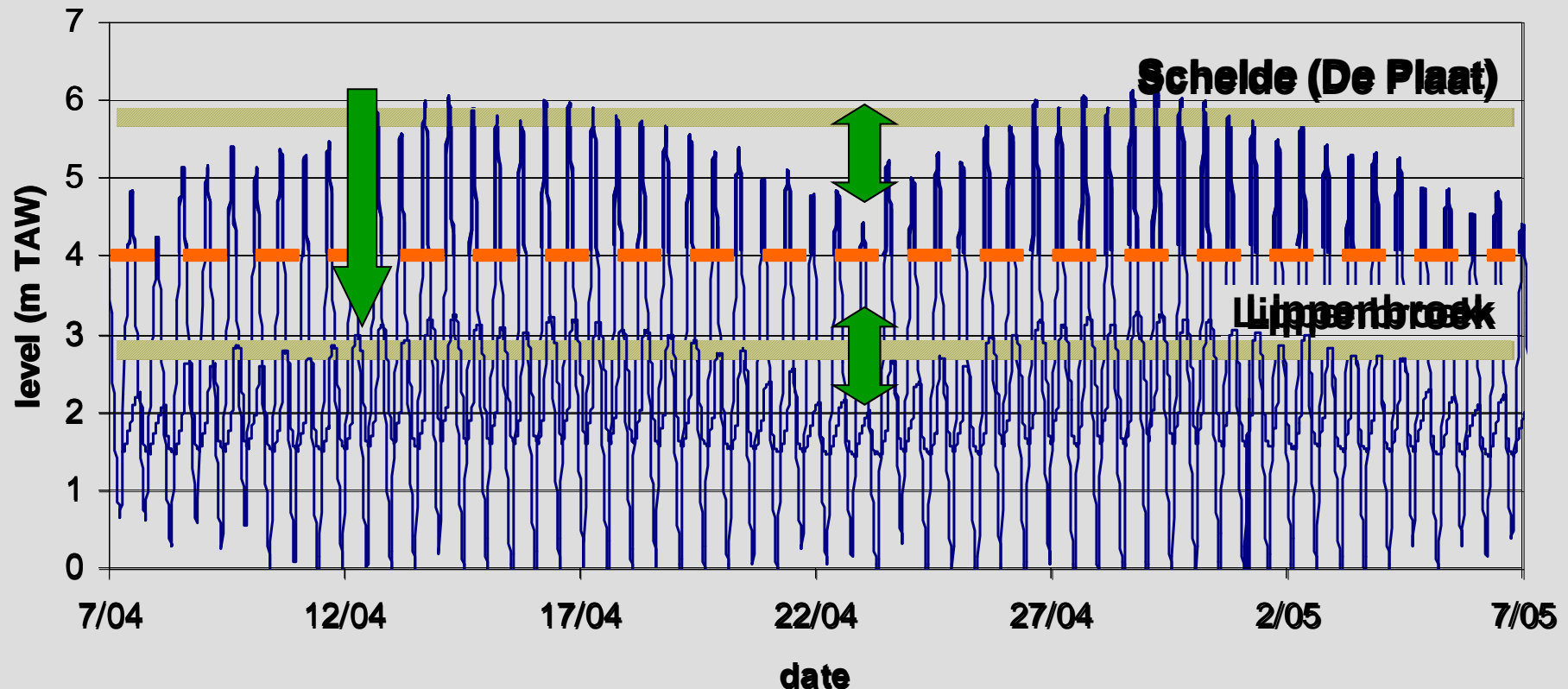
4: Outlet sluice

Pilot project Lippenbroek



10 ha getijdennatuur in mei 2008

Introductie van macrotidaal getij



- ❖ Reductie van het getij met 3 meter
- ❖ Geen reductie van springtij – doortij variatie

Vegetation: colonisation of bare sites



Phragmites australis



Ranunculus repens



Salix sp.



Typha latifolia



Lythrum salicaria



Iris pseudacorus



Callitriche sp.



Veronica beccabunga



Alisma plantago-aquatica

Colonising species (40)

Low inundation frequency:

30 species

- Wetland + ruderal species
- Salix and Phragmites potentially dominant

Averaged inundation frequency:

27 species

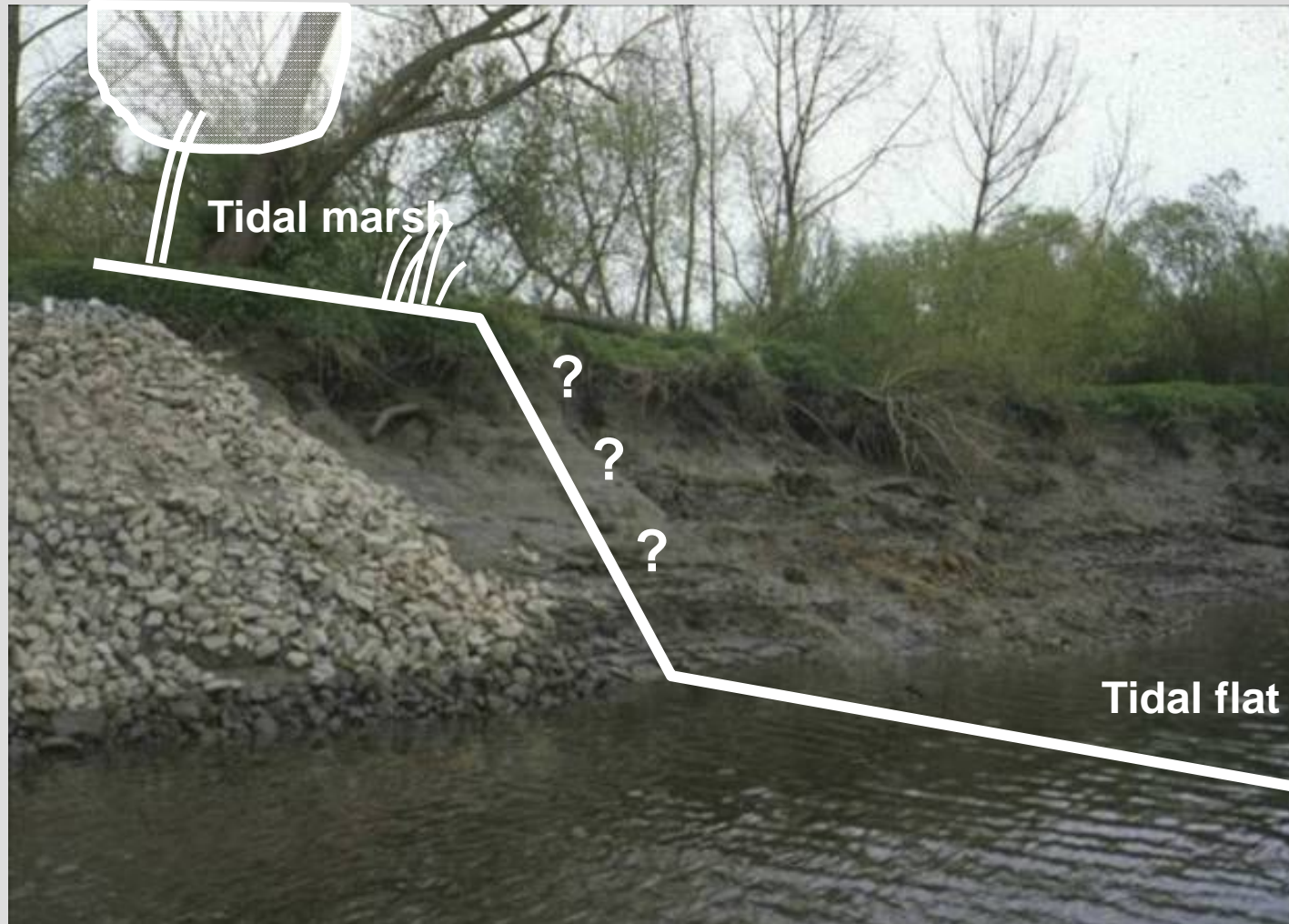
- Ruderal + wetland species
- Salix, Phragmites, Typha: pot. dominant

-High inundation frequency:

10 species

- typical wetland species
- Typha potentially dominant

Tide - Sedimentation



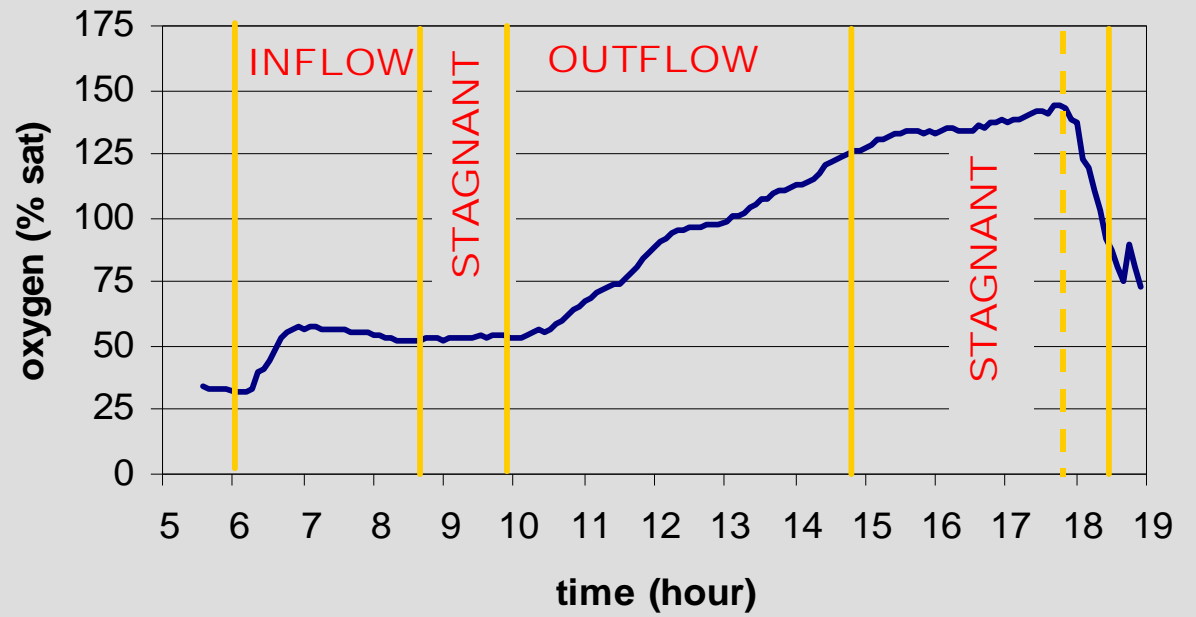
Waterkwaliteit



Waterkwaliteit

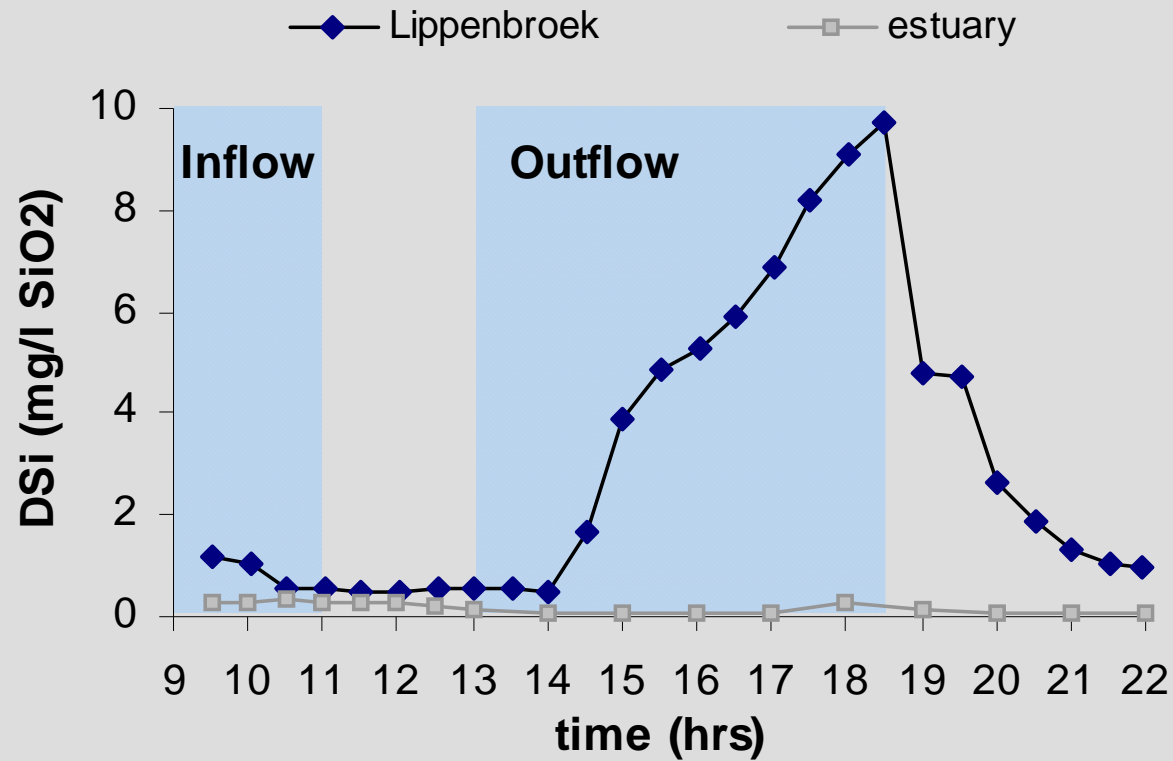


Waterkwaliteit

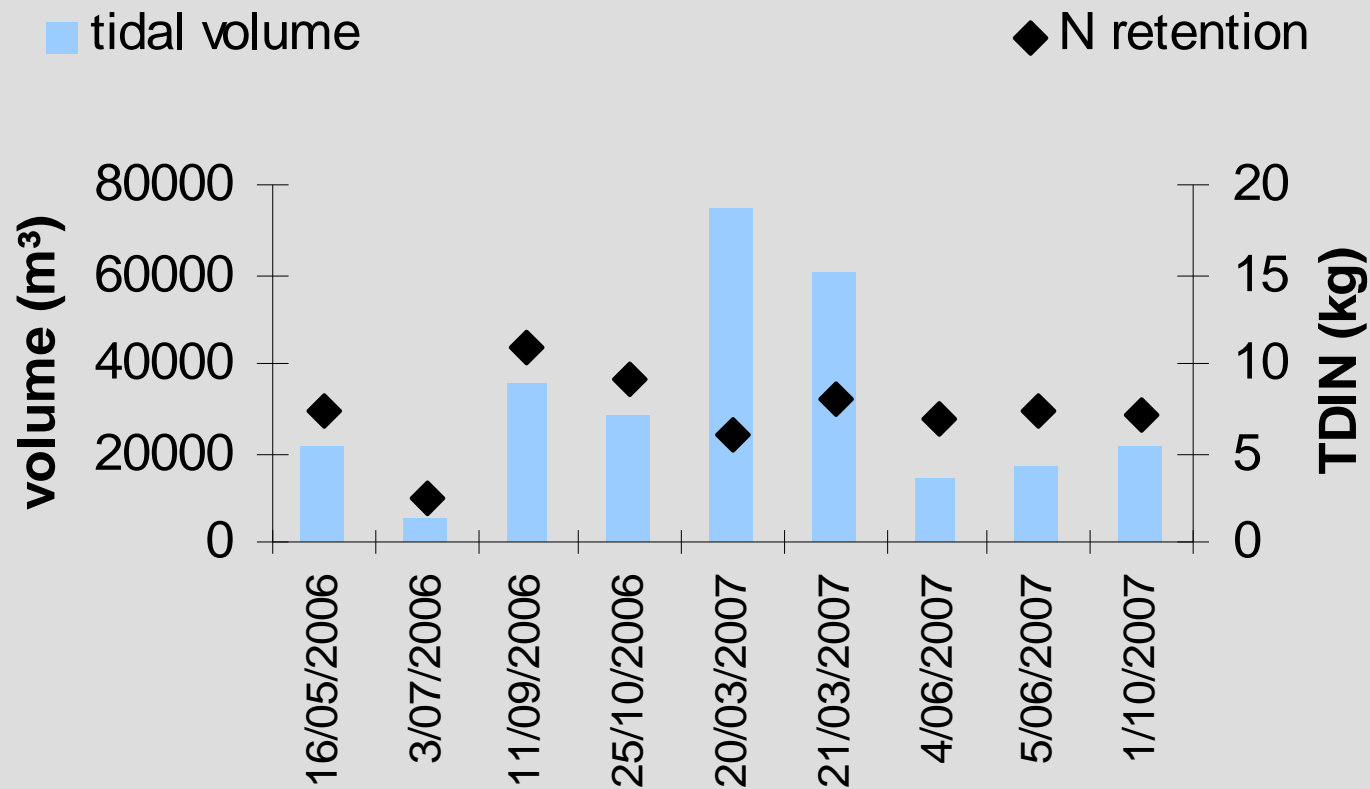


Water kwaliteit: Silicium

DSi verloop op 3/7/2006



Water kwaliteit: stikstof



Verwijdering van 1 kg N per ha per getij

Klaar voor het grote werk !?





Effect van KBR



- 50 cm verschil in waterpeil
- Kans op overstromingen van **1/70 naar 1/350 jaar**

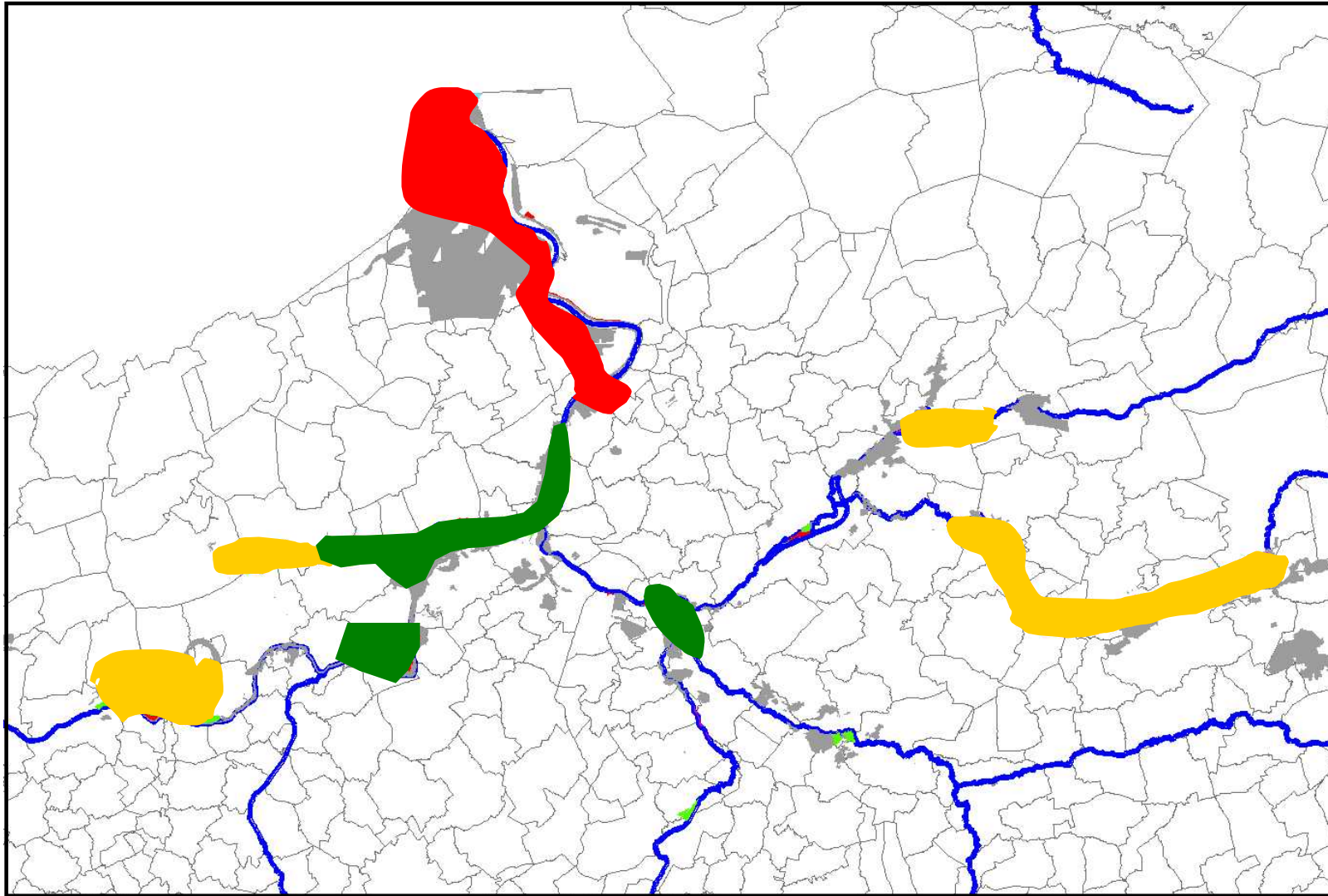
Schelde: doelstellingen bepalen



Vereiste oppervlaktes aan extra habitat

Habitattype	opp (ha)
Buitendijks brak	740
Buitendijks zoet	1040
Binnendijks bos alluviaal	570
Binnendijks anderen	370
Binnendijks grasland dotter (RBB)	840
Binnendijks grasland anderen	910
Binnendijks riet/ruigte	560
Binnendijks plas/oever	240

Nieuwe Sigma plan + IHD



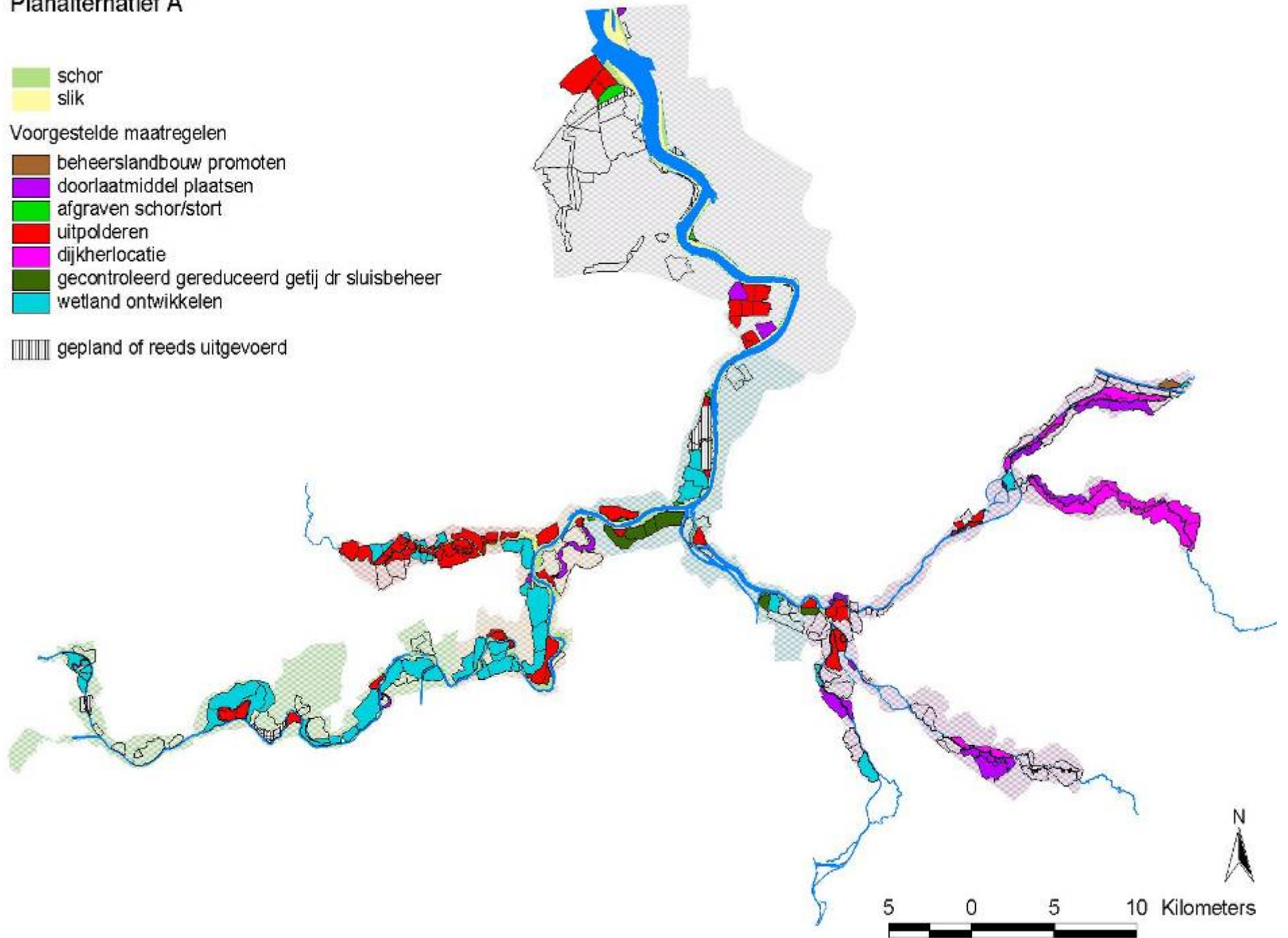
Planalternatief A

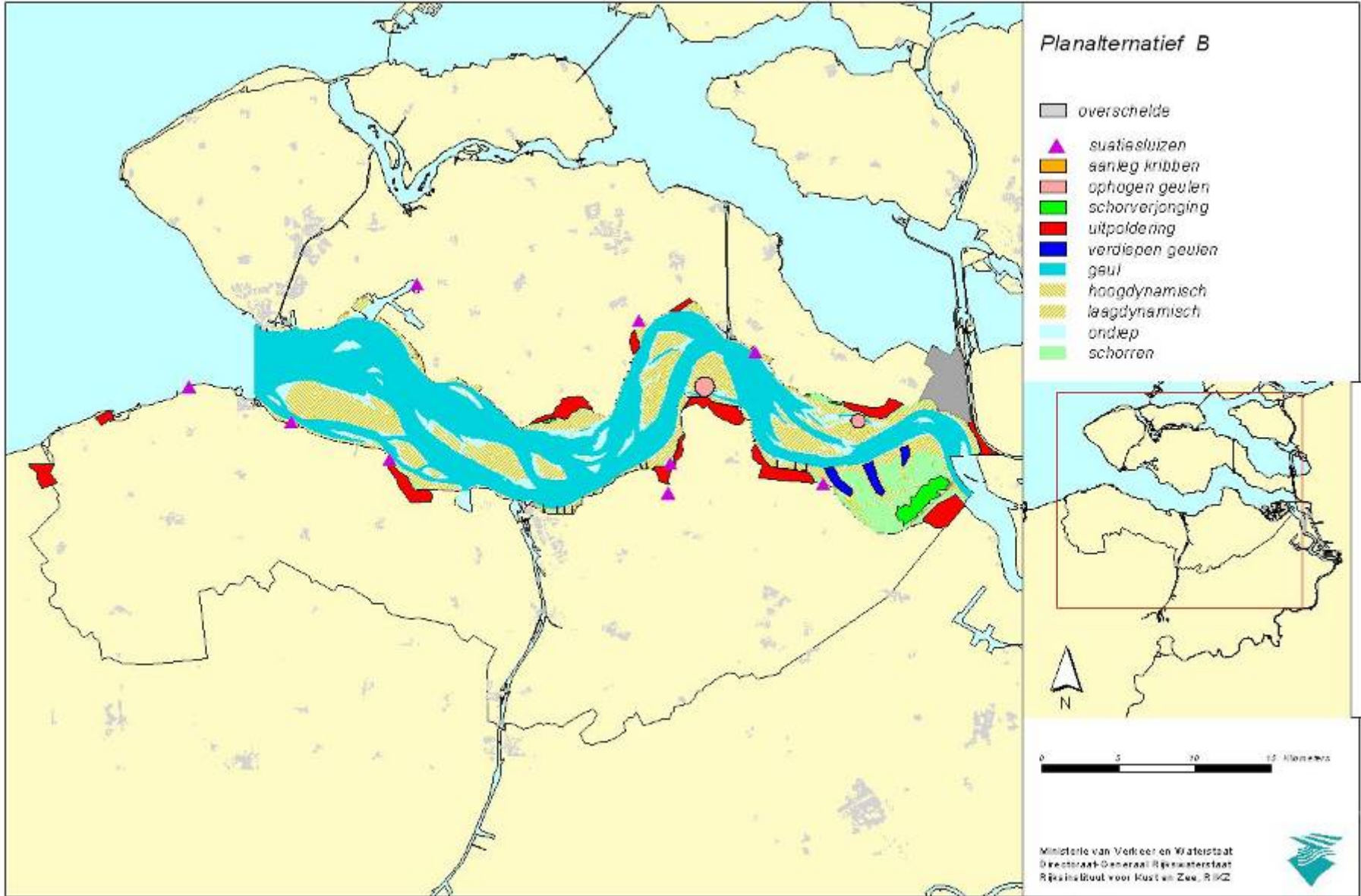
- schor
- slik

Voorgestelde maatregelen

- beheerslandbouw promoten
- doorlaatmiddel plaatsen
- afgraven schor/stort
- uitpolderen
- dijkherlocatie
- gecontroleerd gereduceerd getijd of sluisbeheer
- wetland ontwikkelen

gepland of reeds uitgevoerd





Nieuwe Sigma plan + IHD



Habitattype	opp (ha)
Buitendijks brak	740
Buitendijks zoet	1040
Binnendijks bos alluviaal	570
Binnendijks anderen	370
Binnendijks grasland dotter (RBB)	840
Binnendijks grasland anderen	910
Binnendijks riet/ruigte	560
Binnendijks plas/oever	240



That's all folks

Let discuss it

Getijdengebied



gecontroleerd overstroomingsgebied
Kruibeke - Bazel - Rupelmonde



Waterwegen en Zeekanaal NV

Elzenbroekbos



gecontroleerd overstroomingsgebied
Kruibeke - Bazel - Rupelmonde



Waterwegen en Zeekanaal NV

Weidevogelgebied



gecontroleerd overstroomingsgebied
Kruibeke - Bazel - Rupelmonde



Waterswegen en Zandkwaliteit NV

Onderhoud

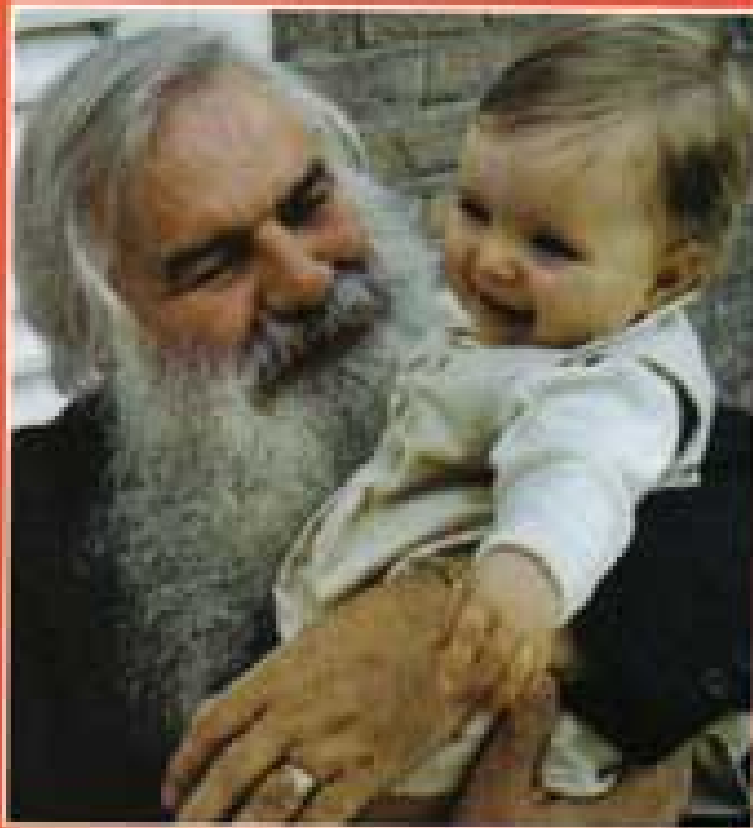


gecontroleerd overstromingsgebied
Kruibeke - Bazel - Rupelmonde



Witterwagen en Zoelaraad NV

Antoine Denert

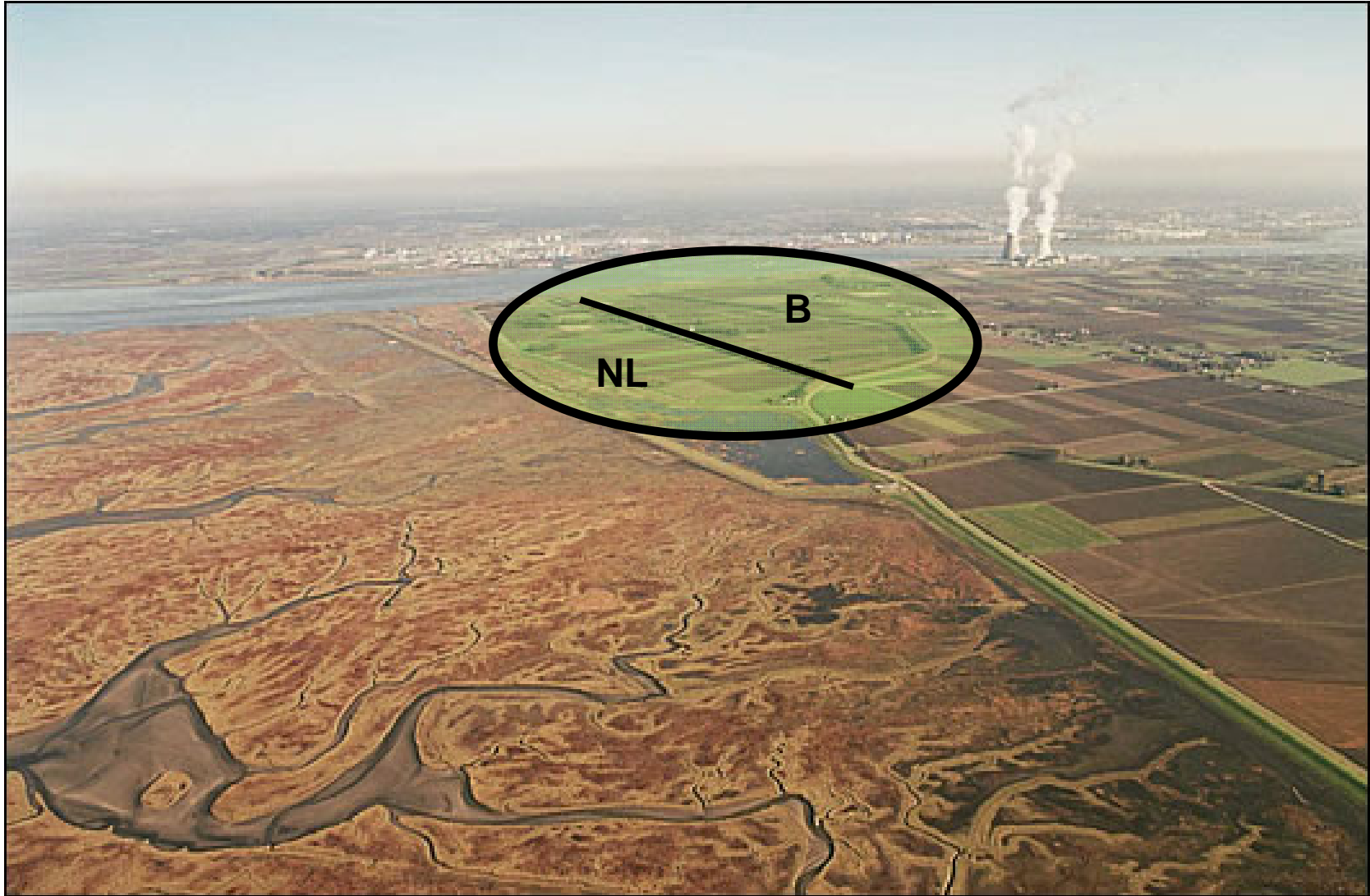


De eerste
**MINISTER
VAN TEDERHEID**


Bergman Ligtvoet









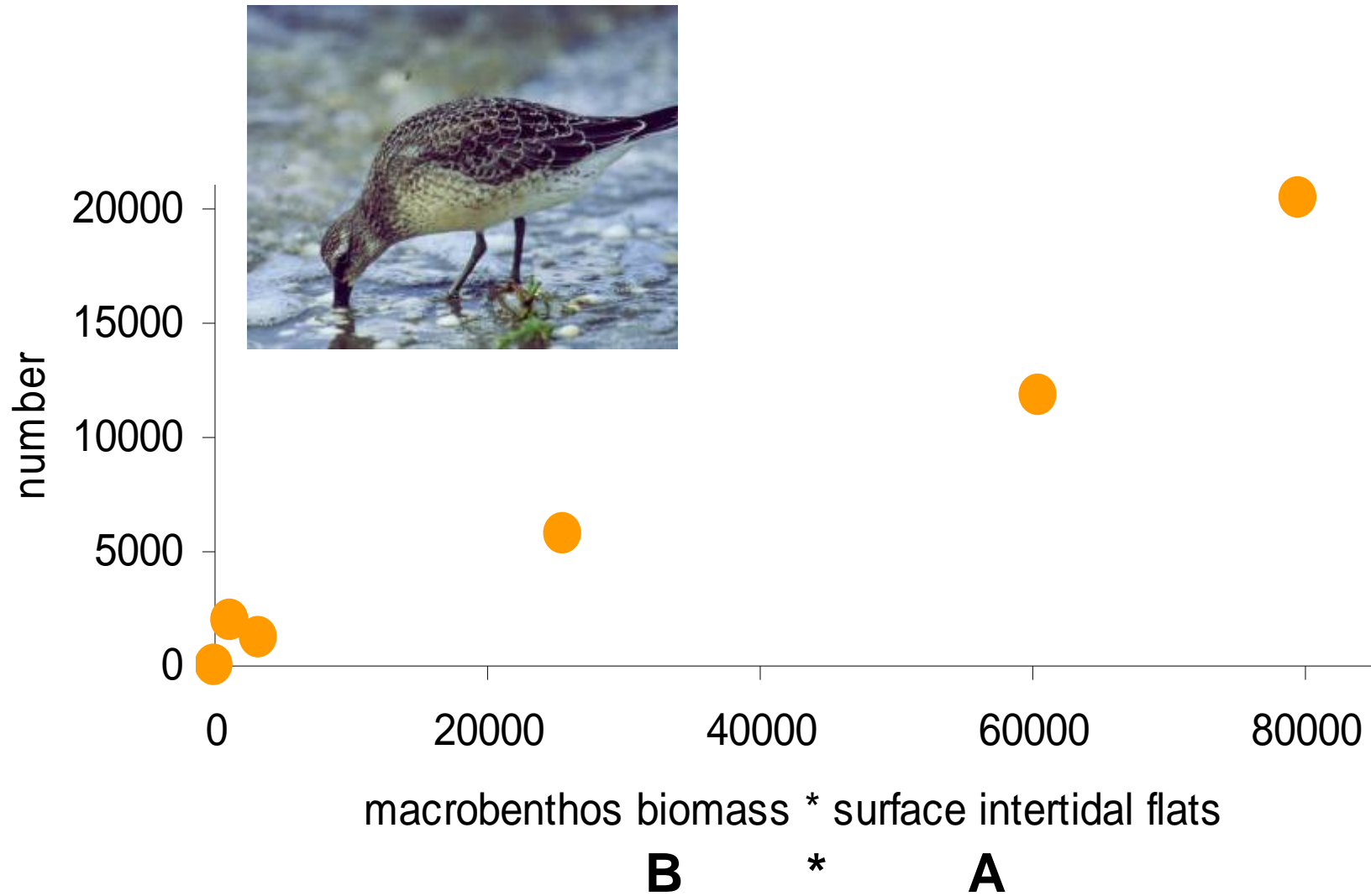
Hoe ver moet bescherming gaan? Instandhoudingsdoelstellingen



Temporal reference: a distant memory

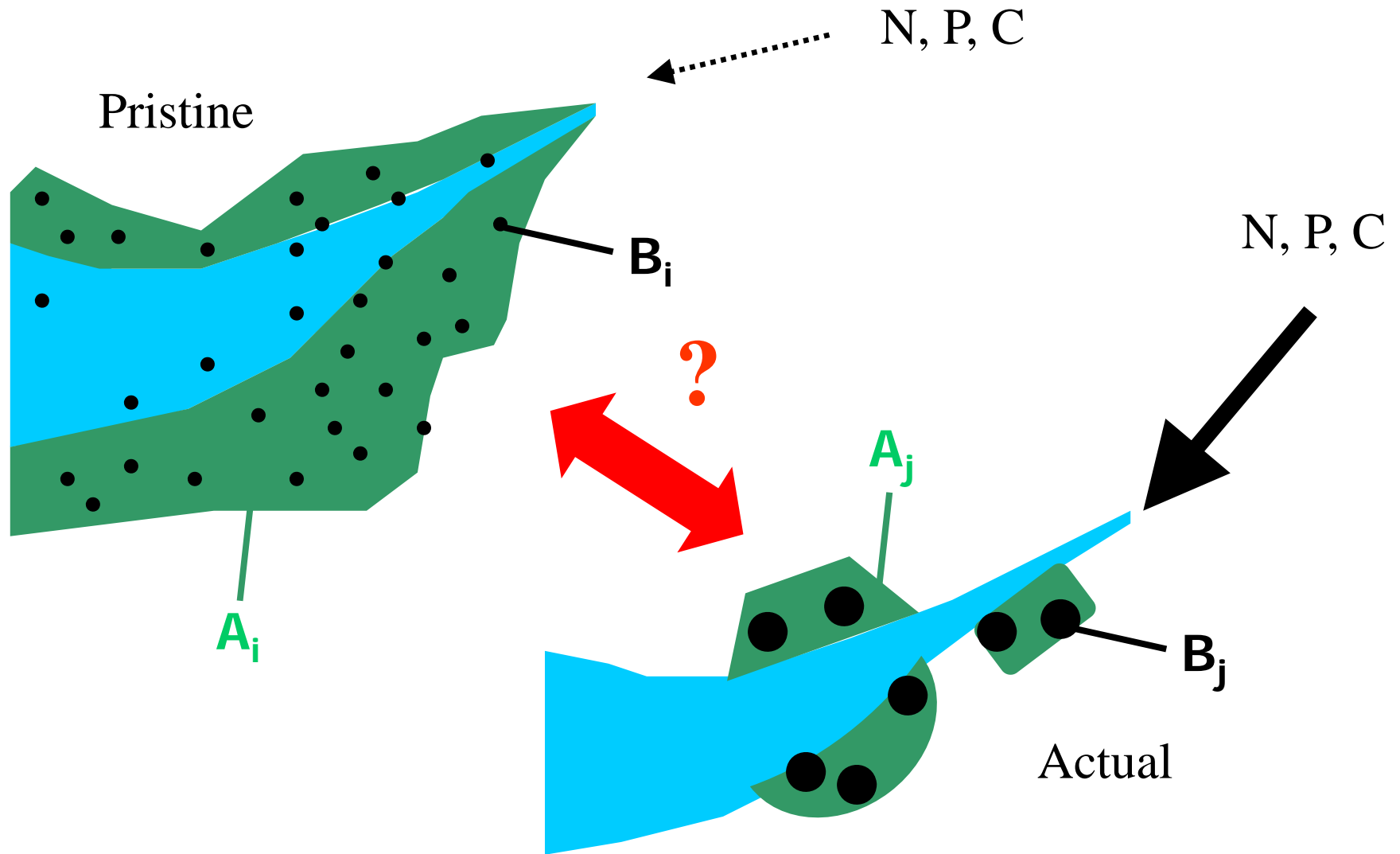


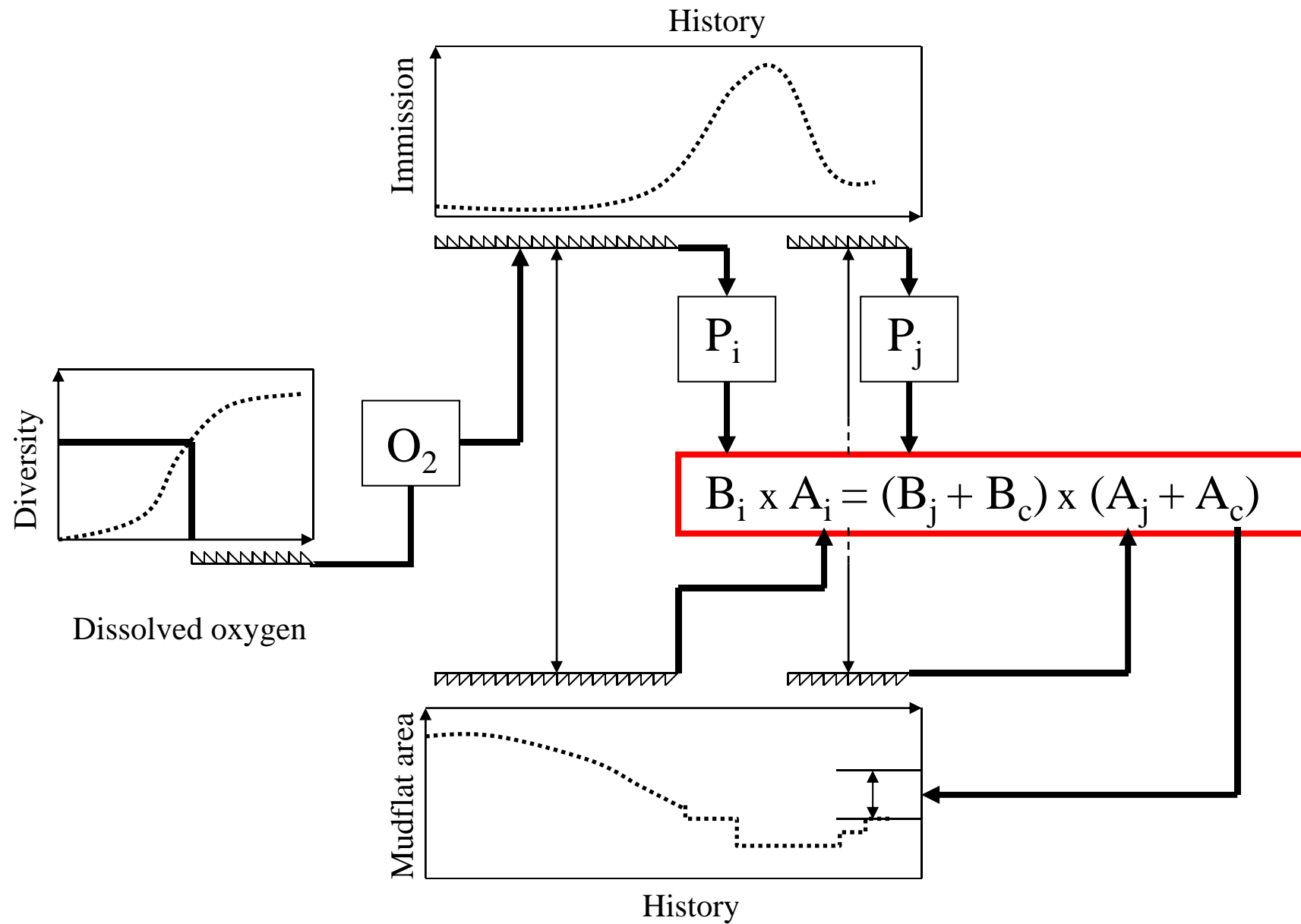
Birds and their food

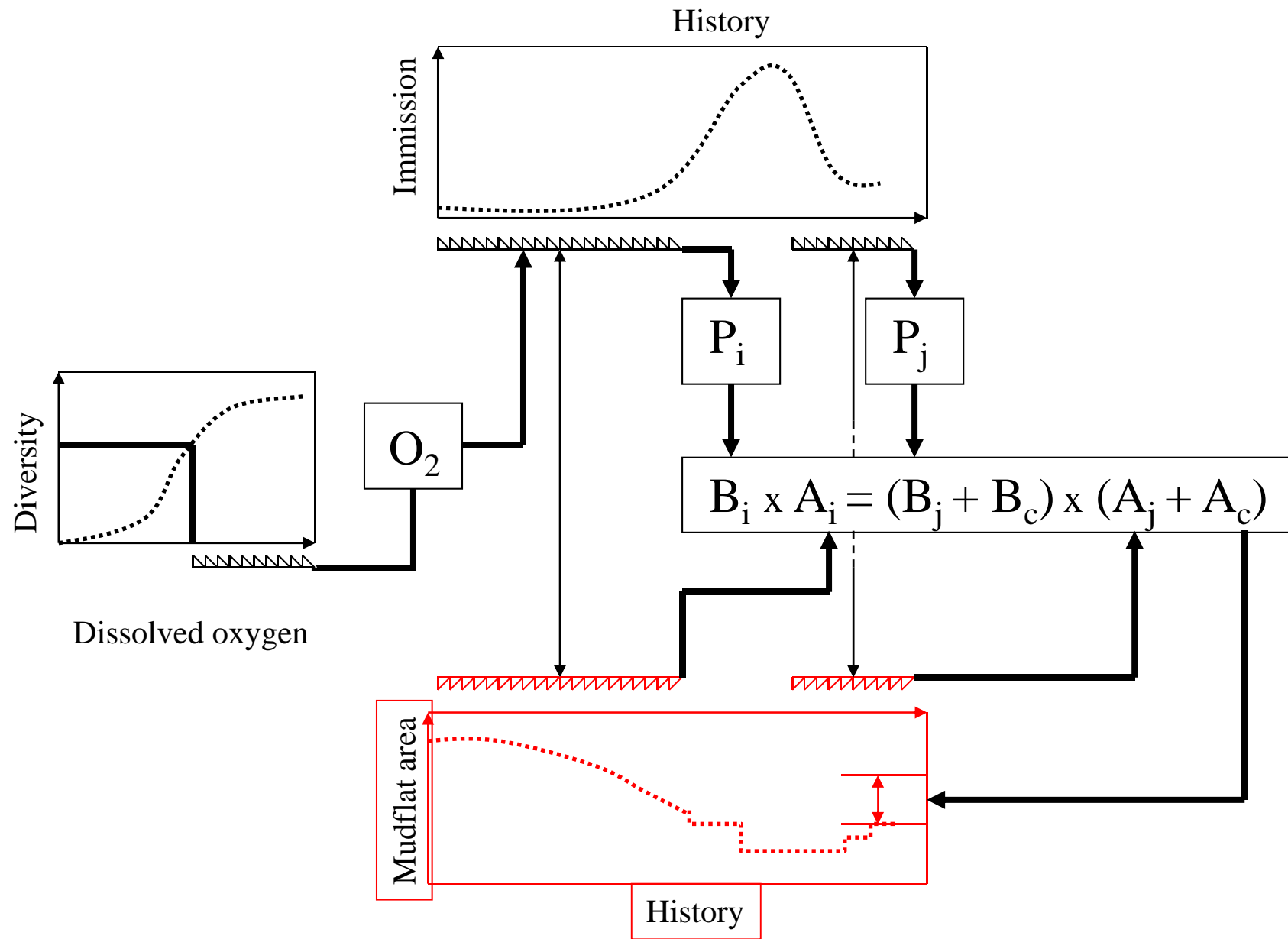


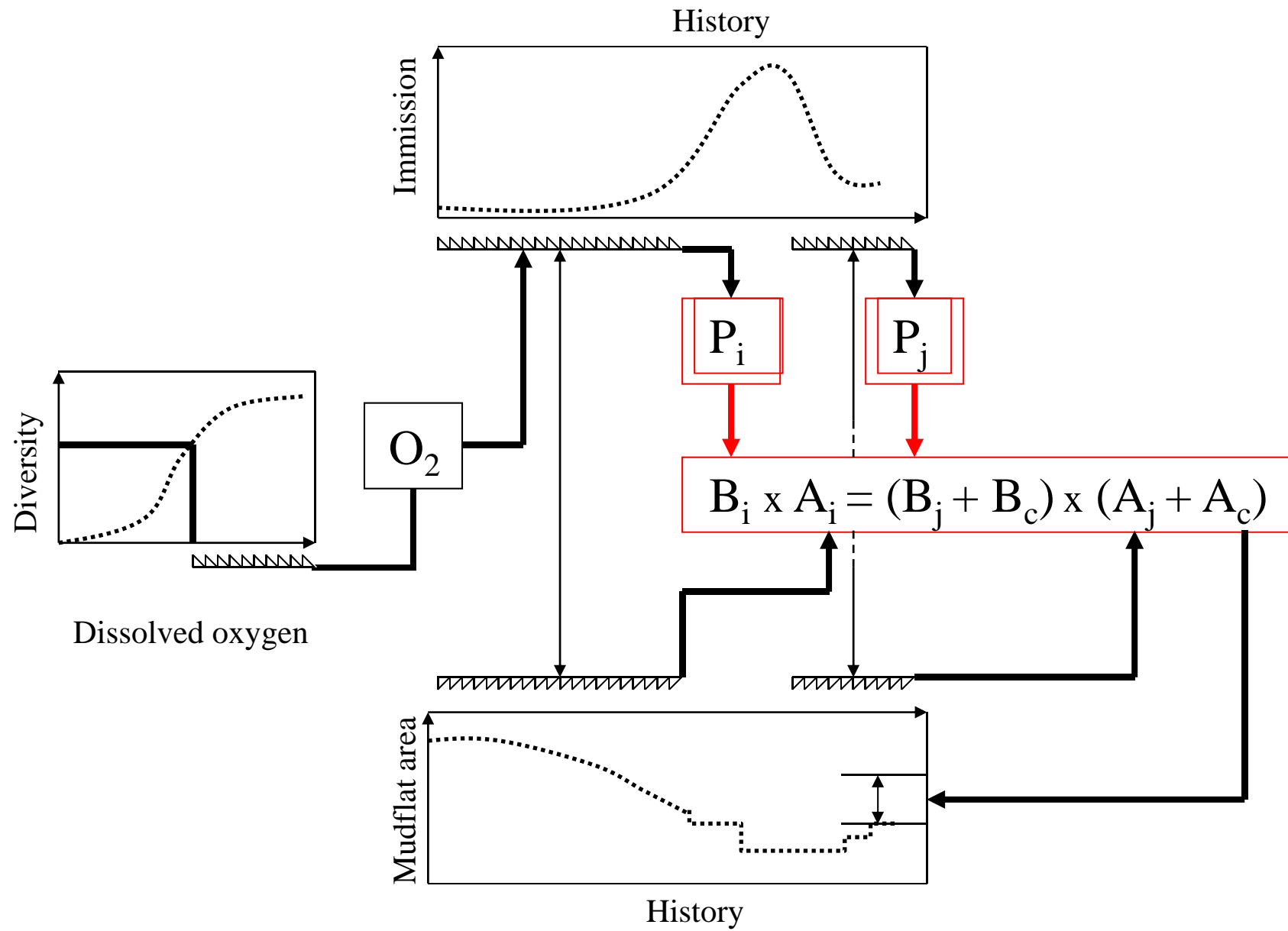
Data Tom Ysebaert NIOO- CEMO

Carrying capacity for benthos





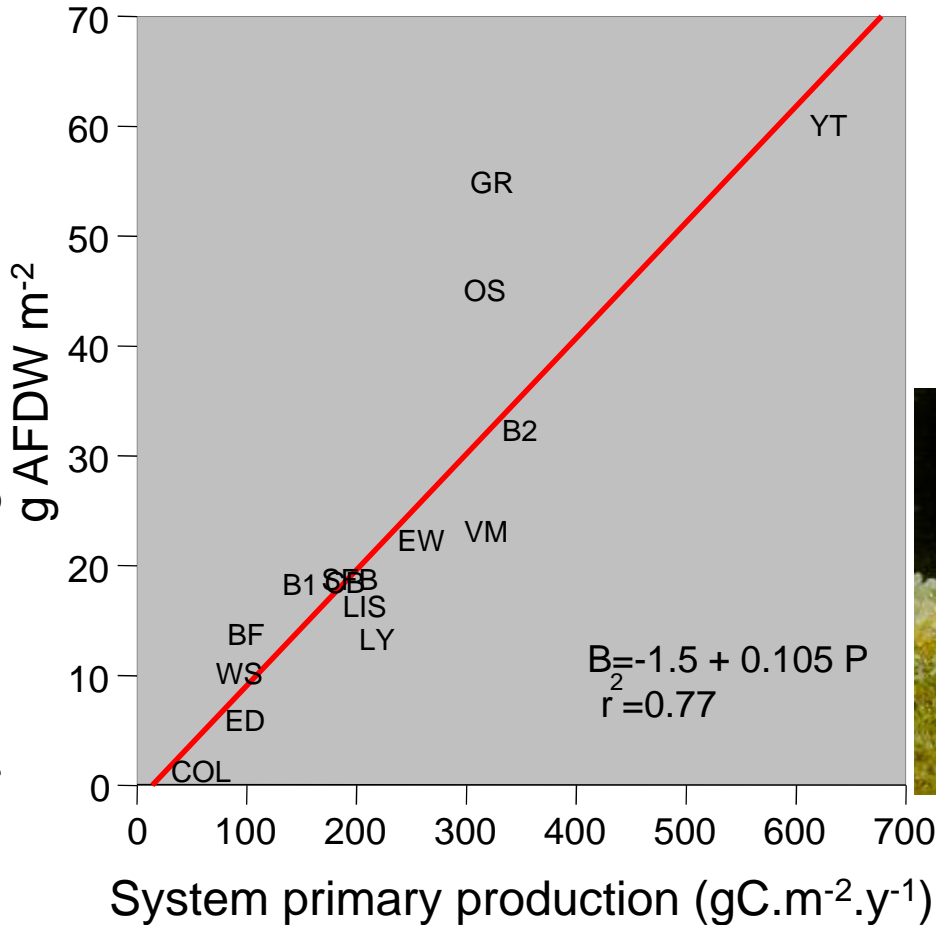




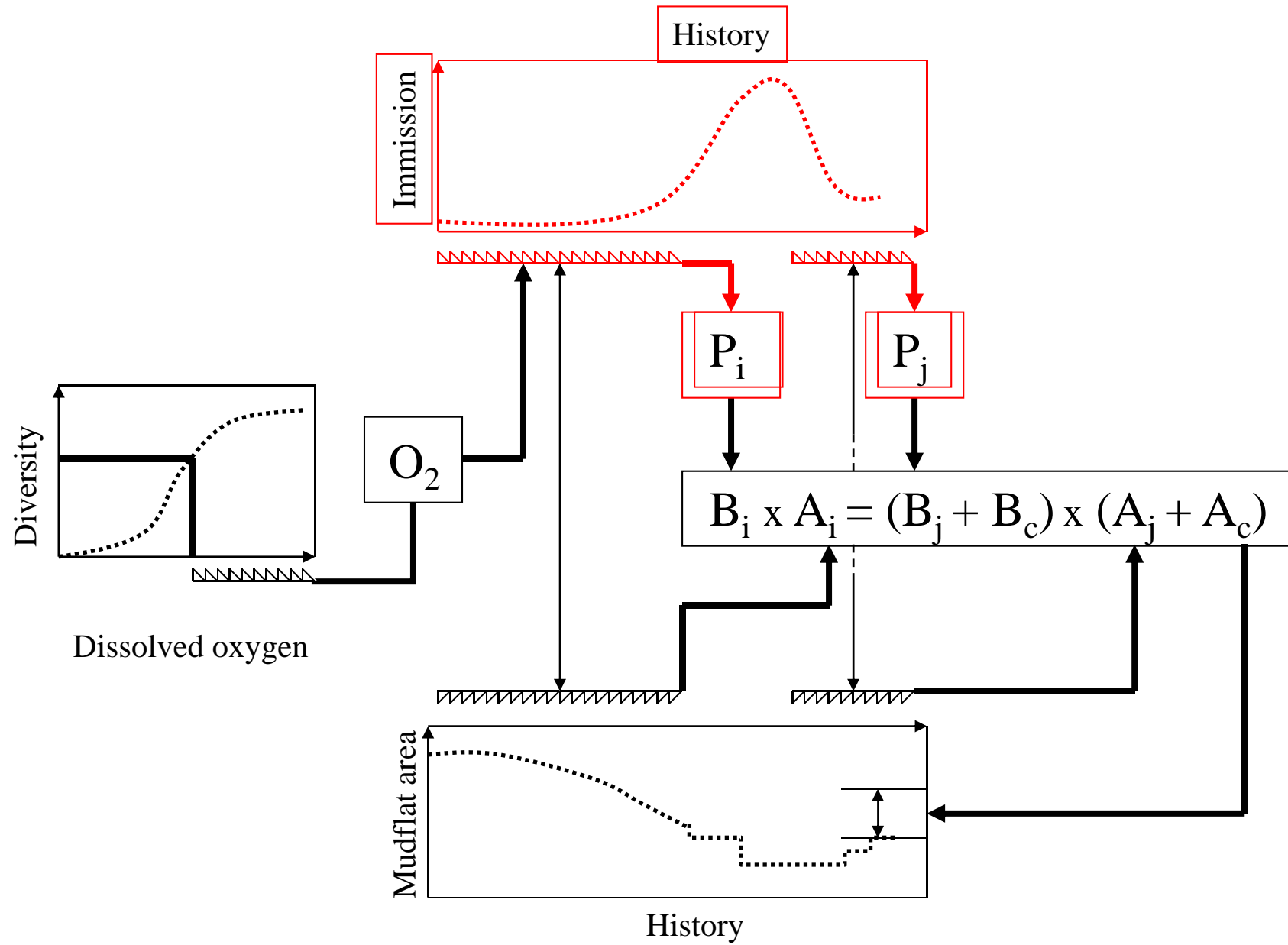
Benthos and its food



System-averaged macrofauna biomass

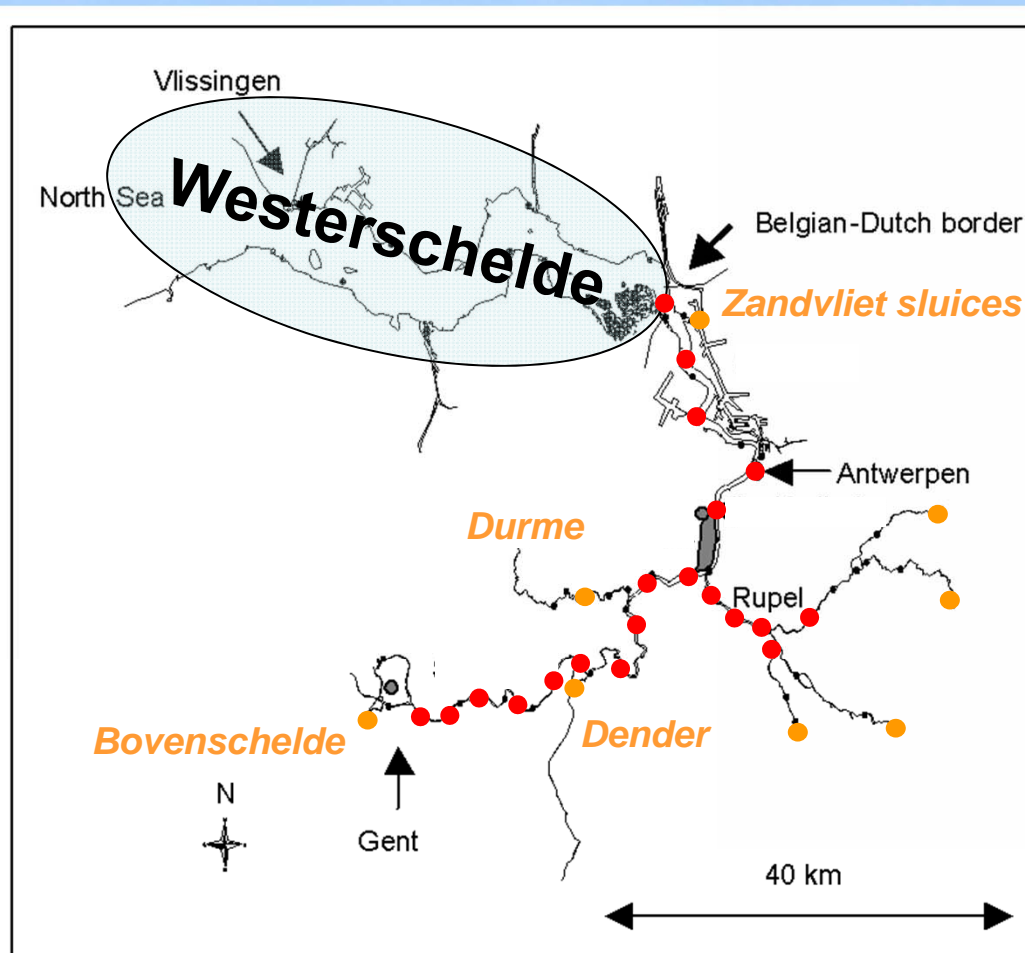


Source: P. Herman NIOO-CEMO





WATERKWALITEIT ZEESCHELDE



Westerschelde

Monitoring by CEMO
(Netherlands)

Zeeschelde

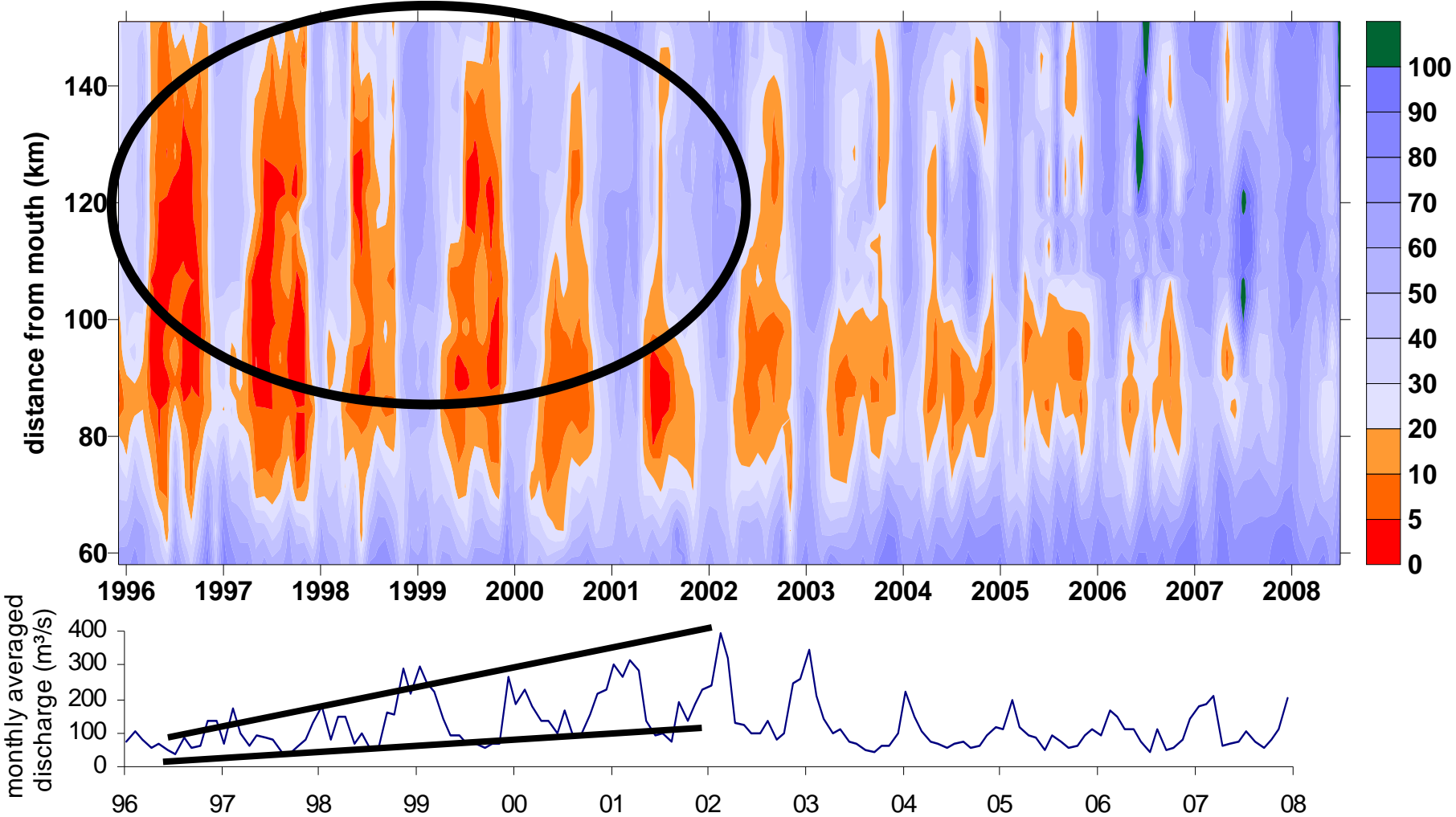
Monitoring by OMES

- 20 estuarine stations
- 8 boundary stations

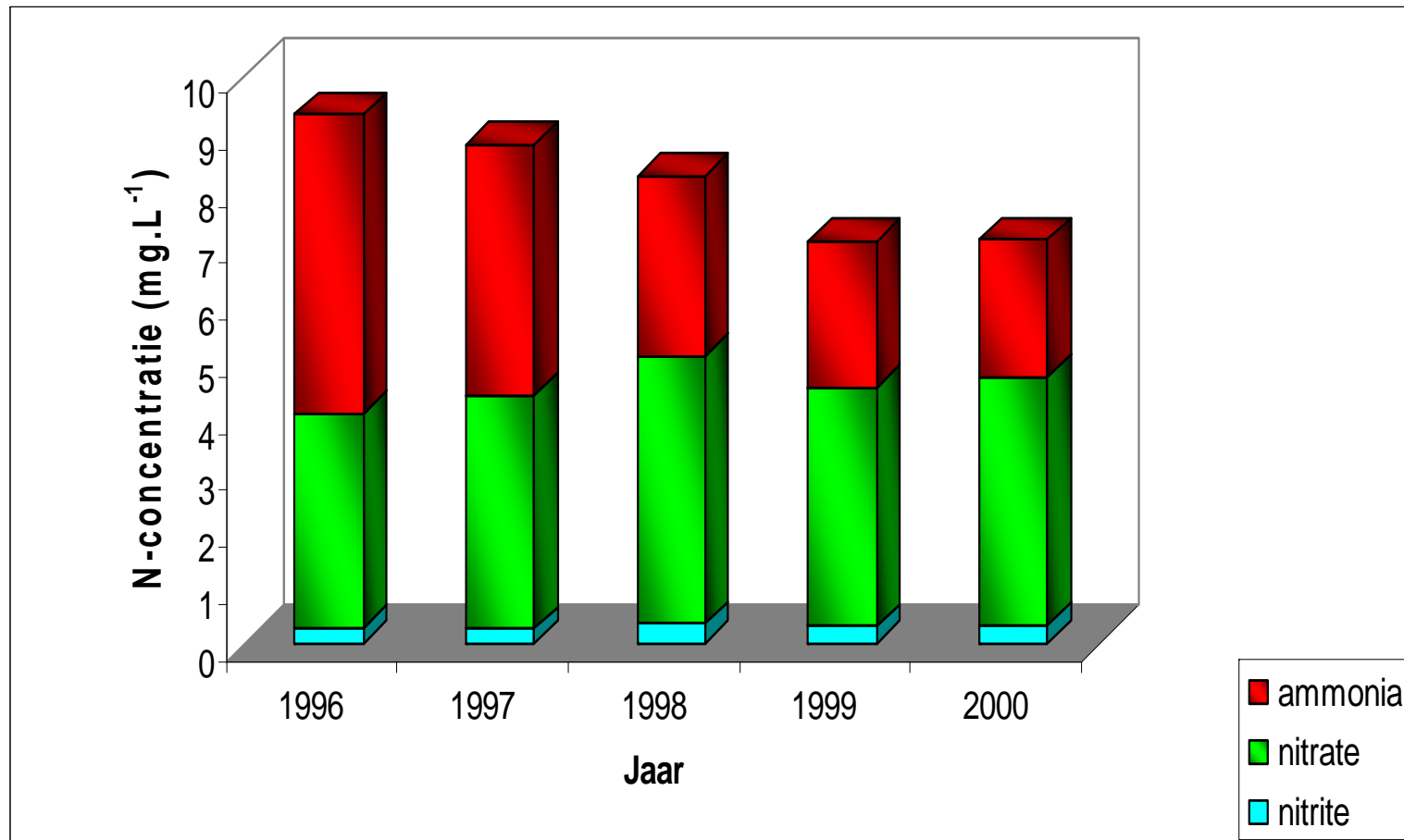
IMPROVING WATER QUALITY?



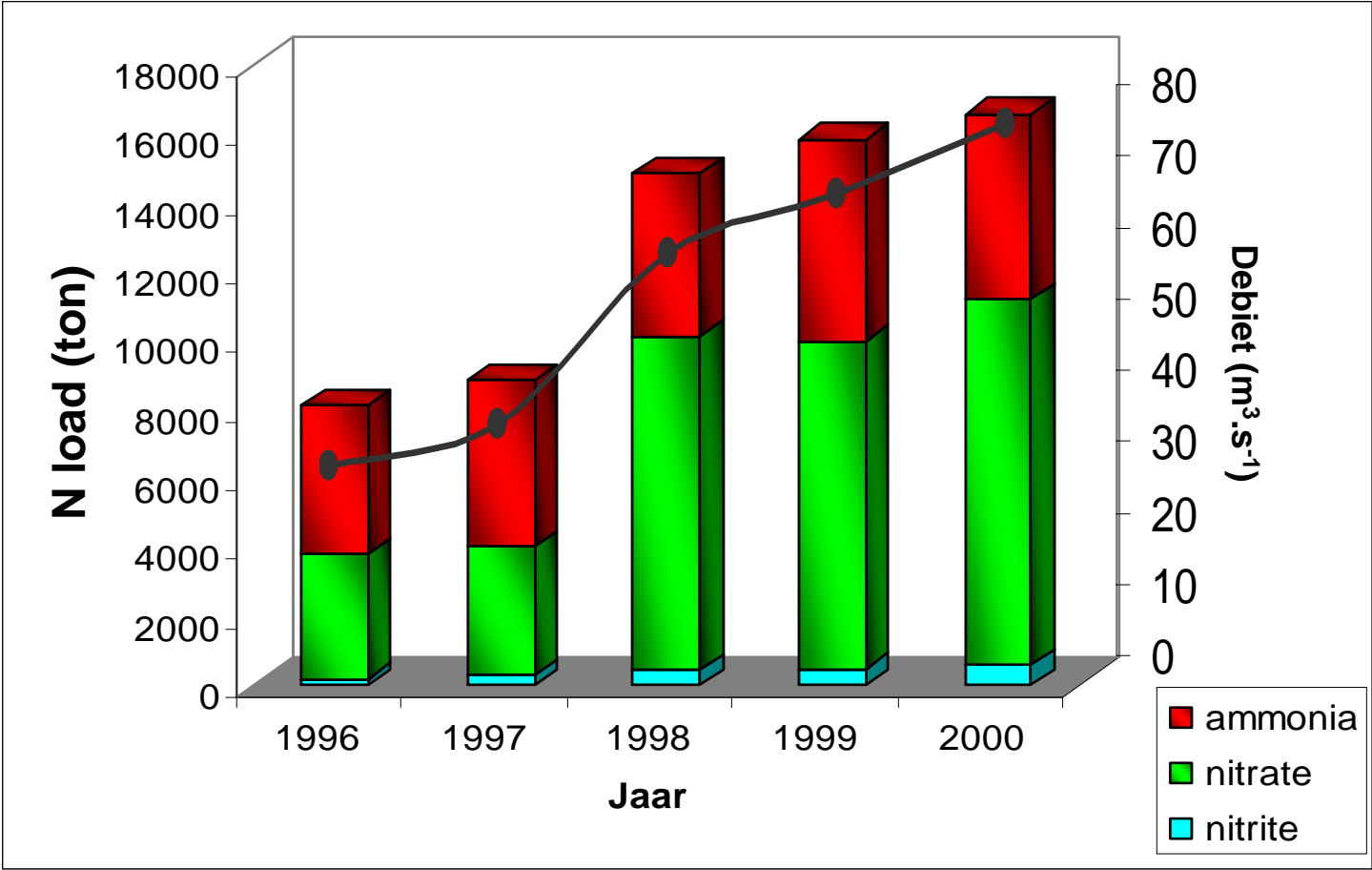
Oxygen (%saturation)



IMPROVING WATER QUALITY?



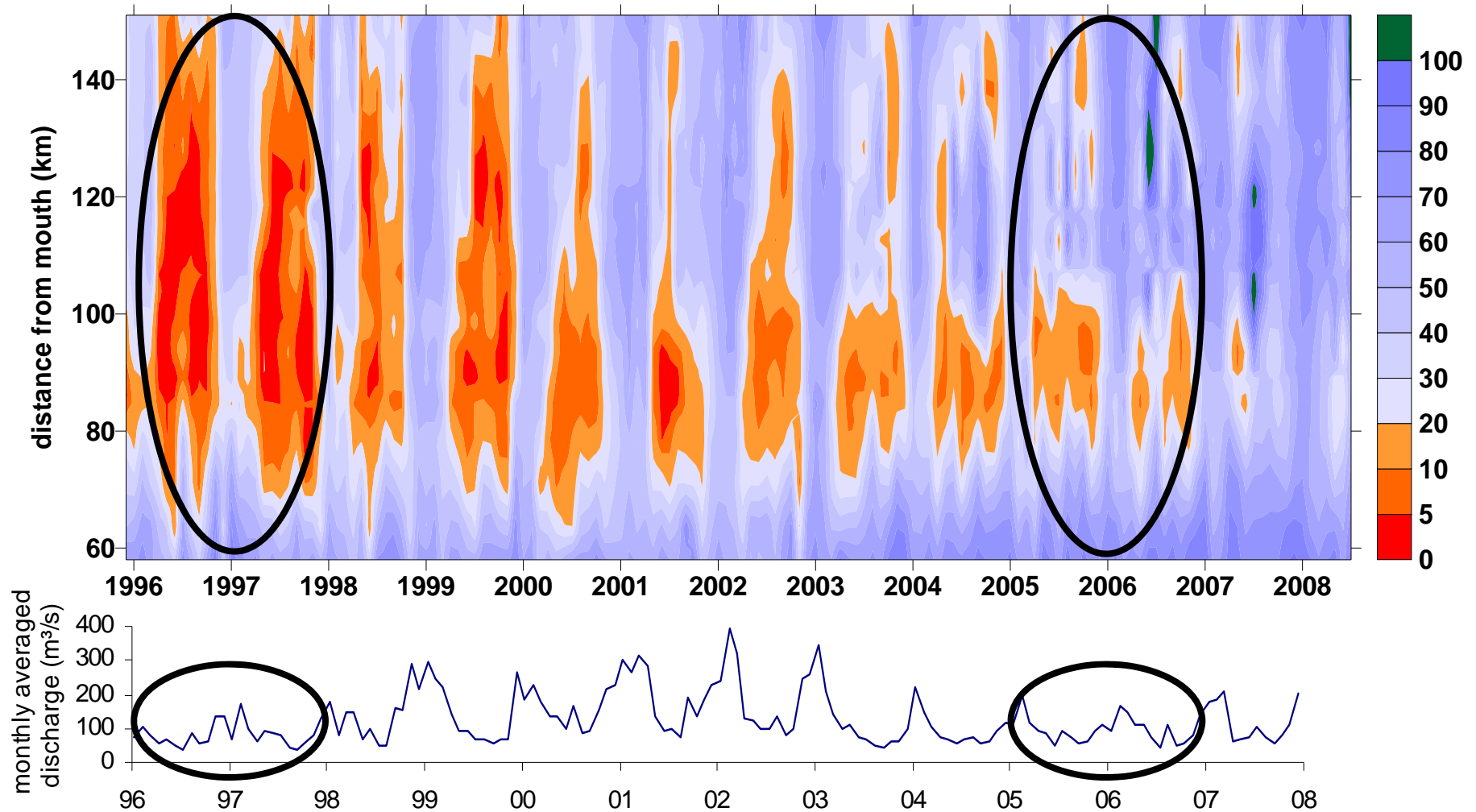
IMPROVING WATER QUALITY?



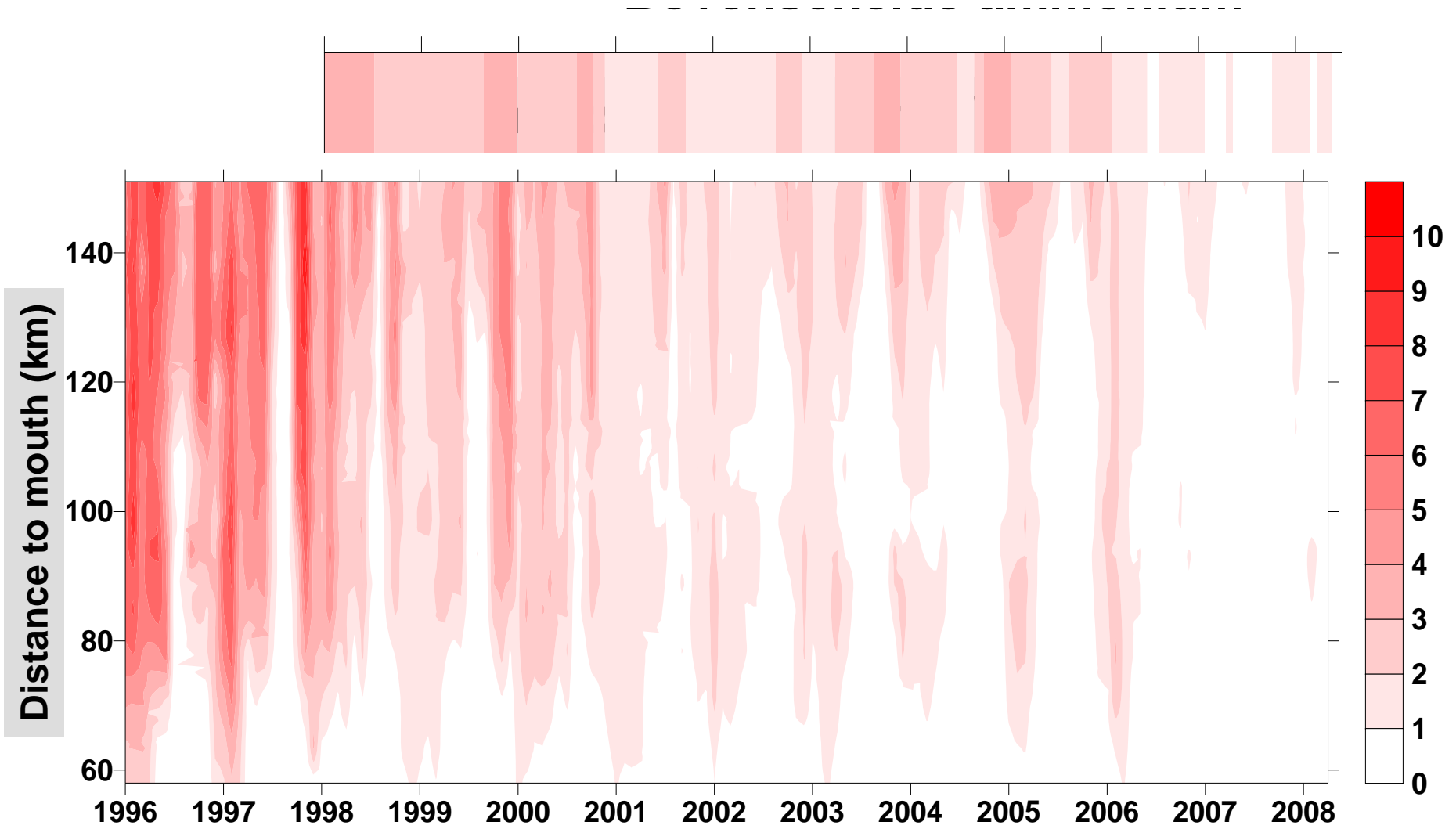
IMPROVING WATER QUALITY?



Oxygen (%saturation)



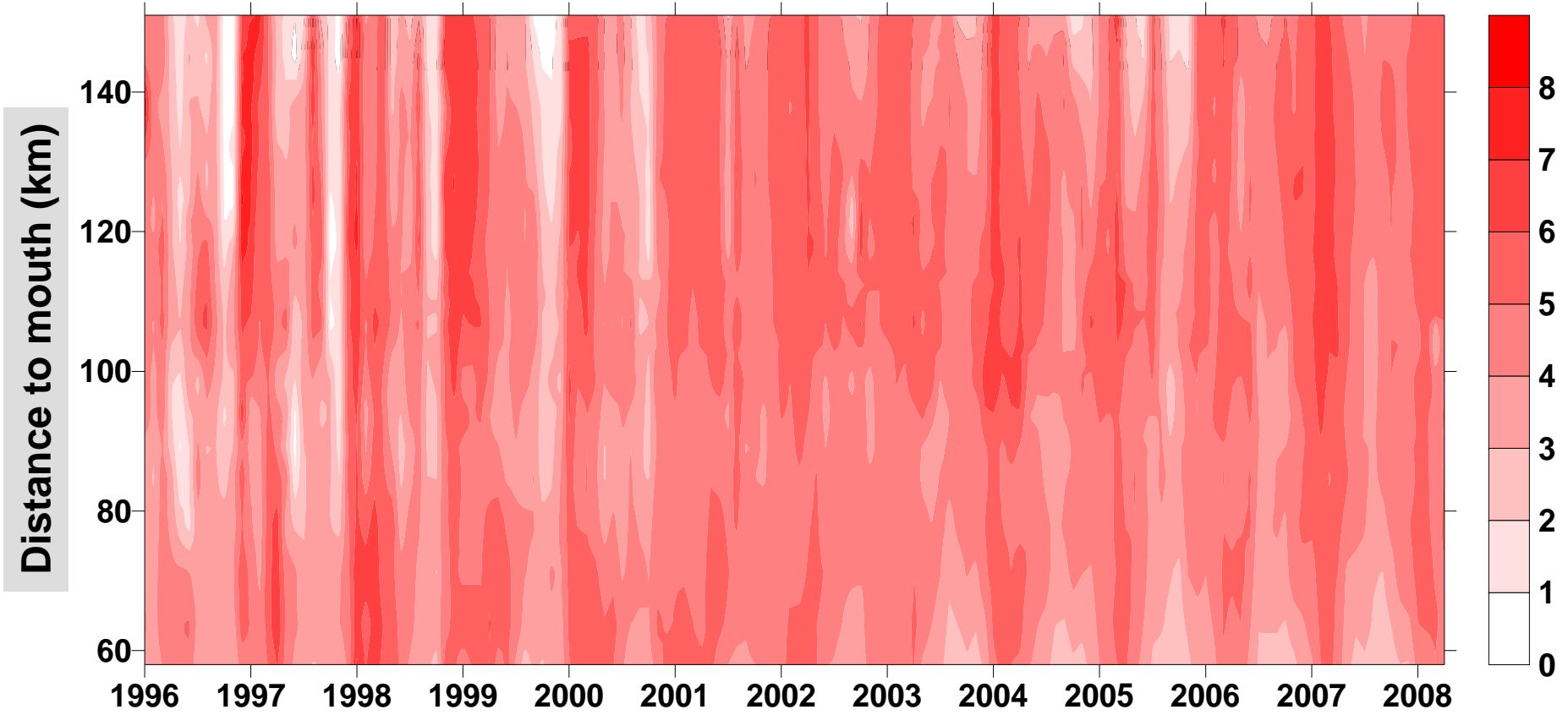
IMPROVING WATER QUALITY?



IMPROVING WATER QUALITY?

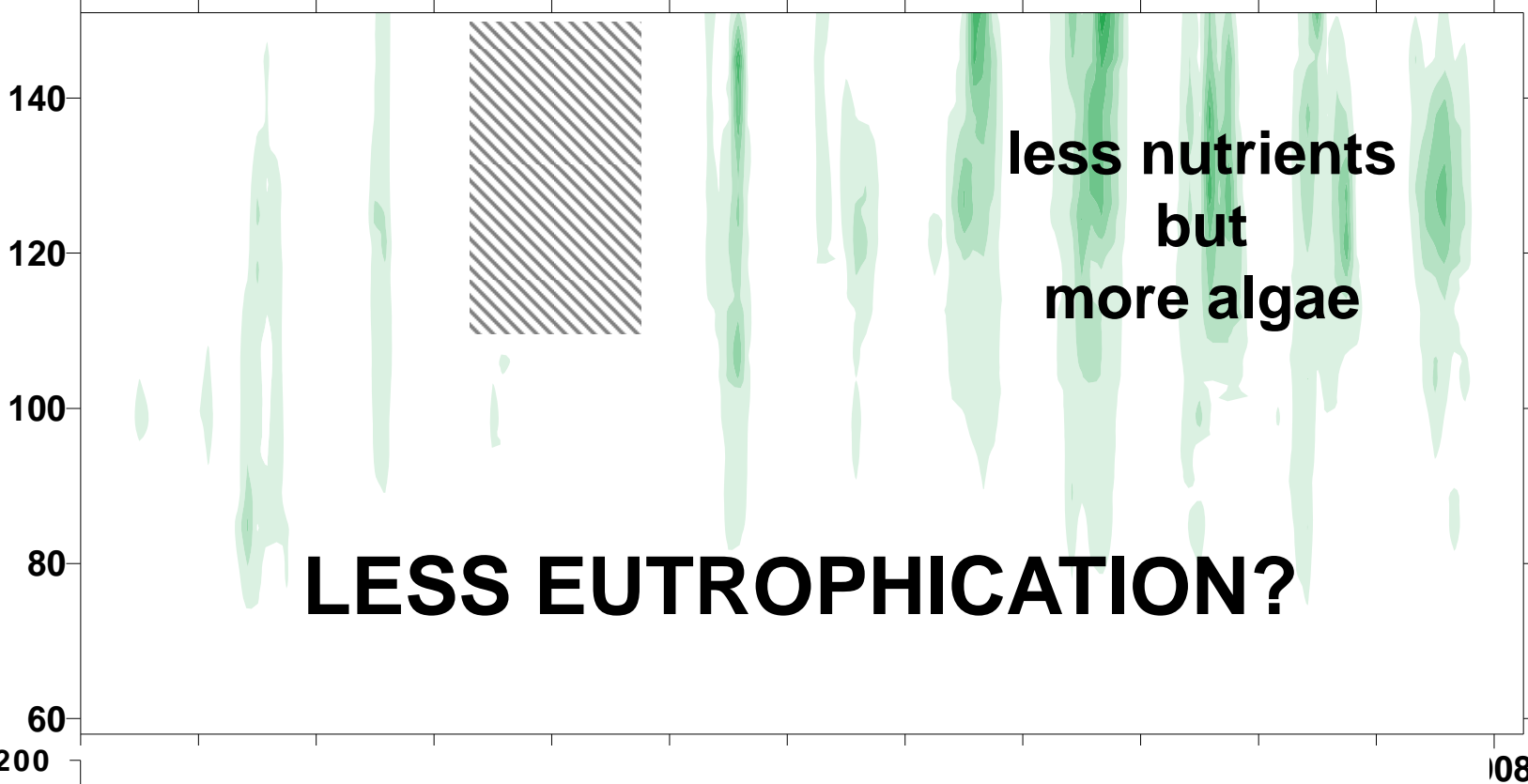


Nitrate (NO₃-N mg/l)



chlorofyl a ($\mu\text{g/l}$)

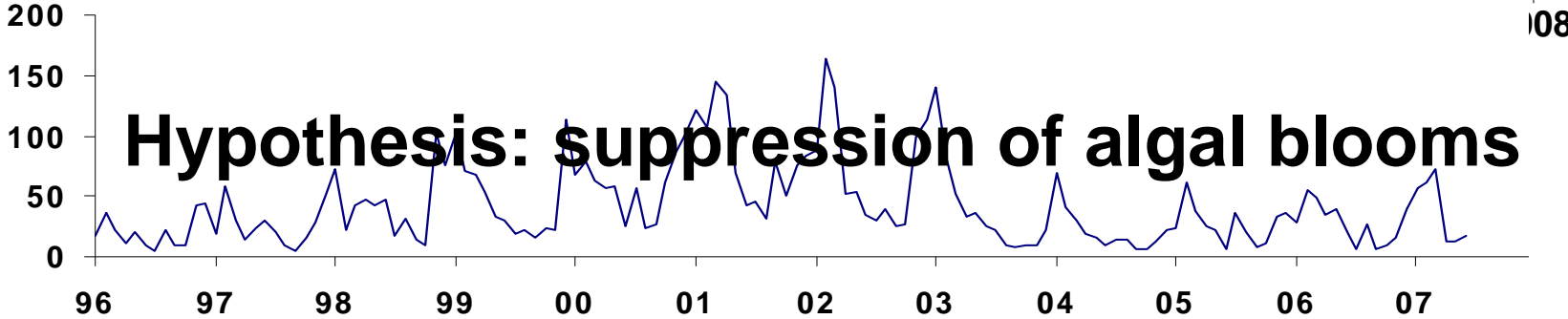
Distance to mouth (km)



LESS EUTROPHICATION?

less nutrients
but
more algae

maandgemiddeld
debiet (m^3/s)

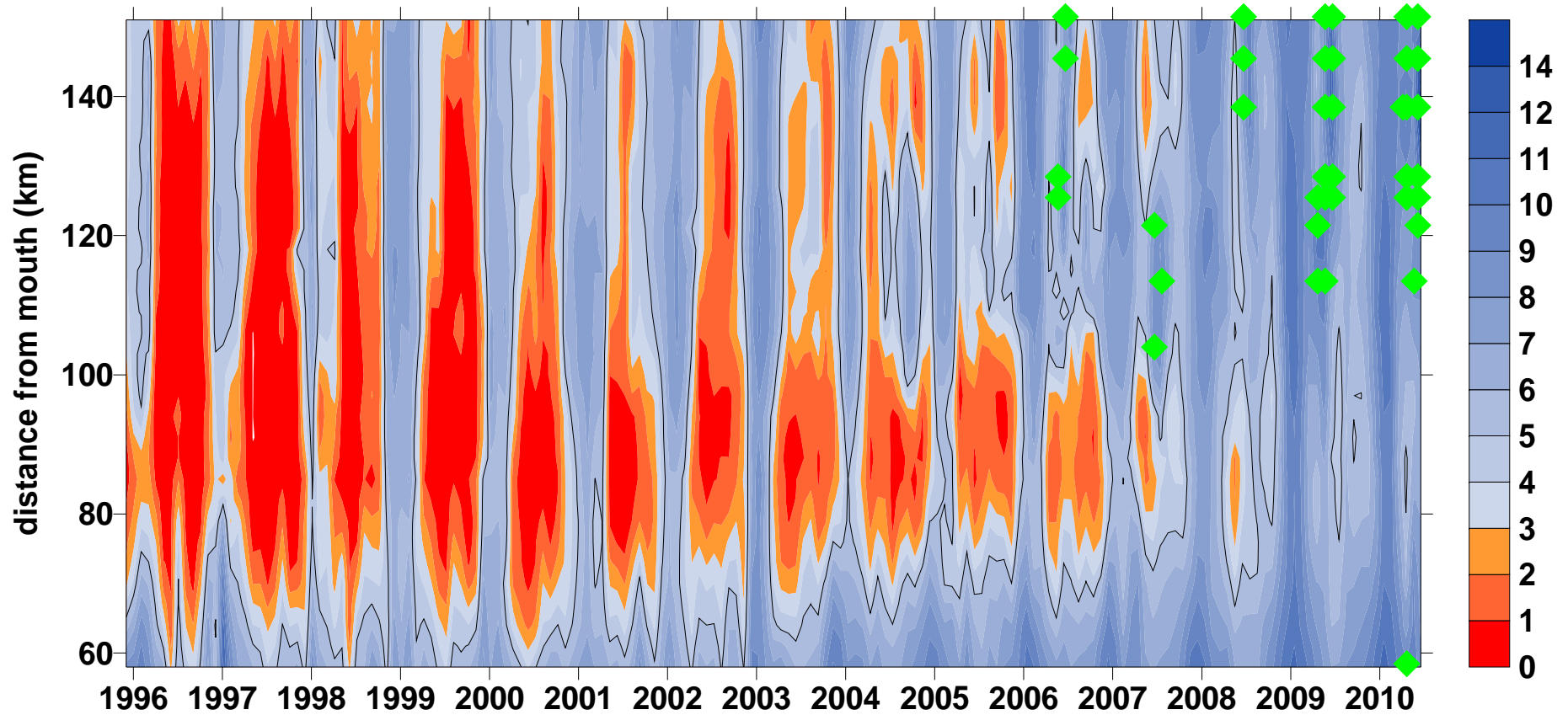


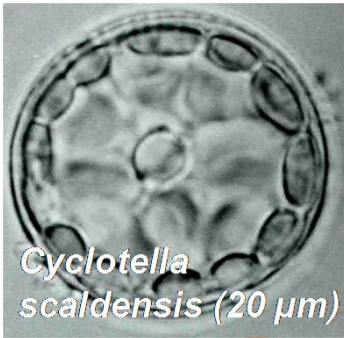
Hypothesis: suppression of algal blooms

RESULTS: oxygen

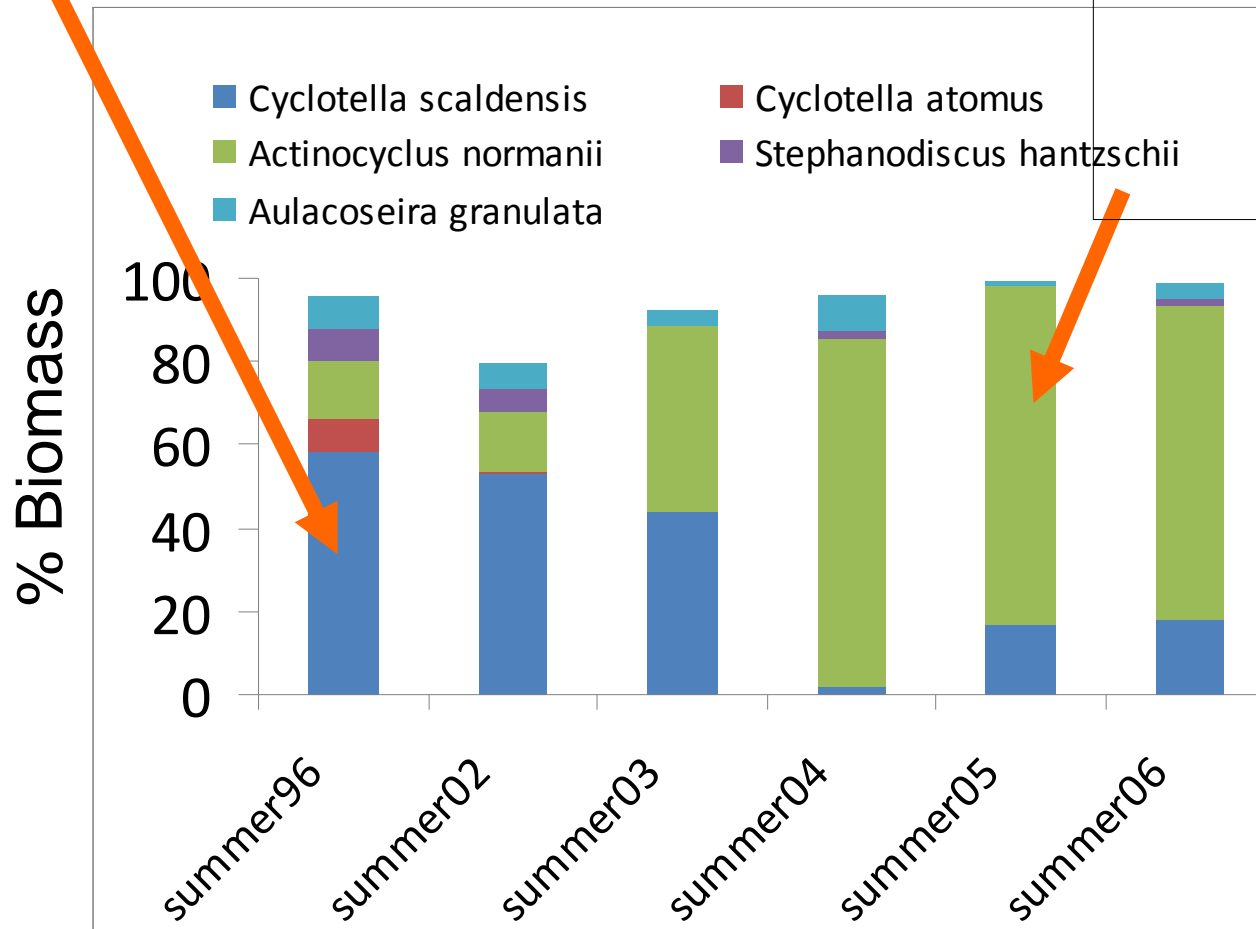


oxygen (mg/l)

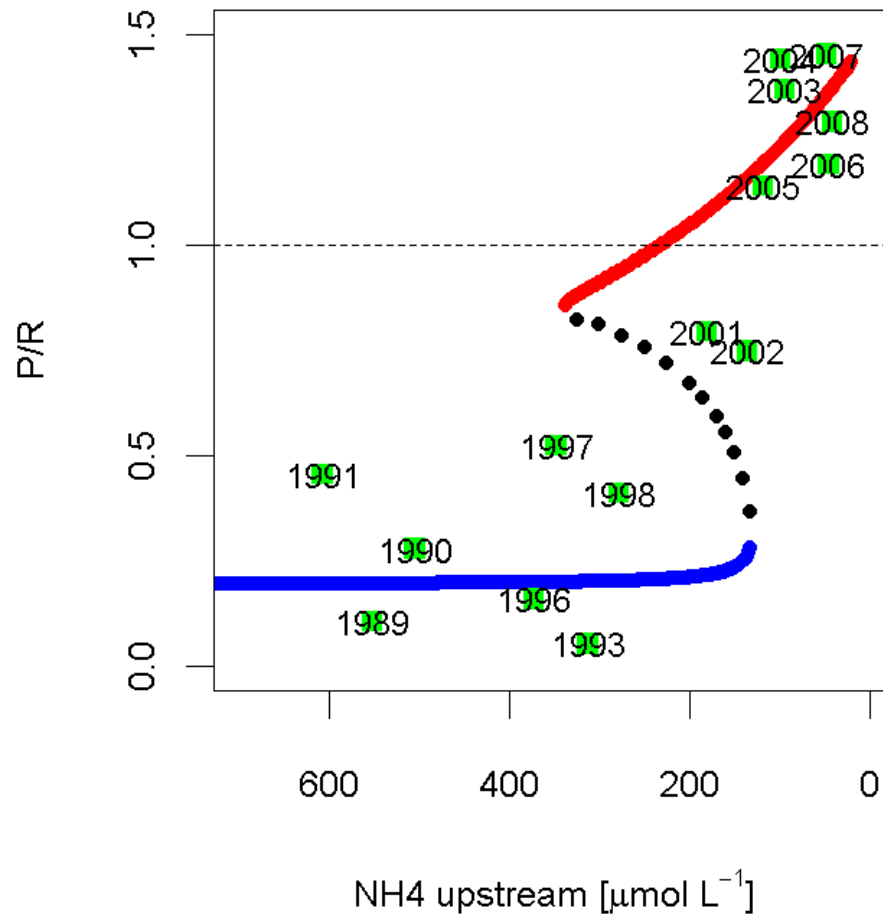




ES COMPOSITION



FROM NET CONSUMPTION TO NET PRODUCTION



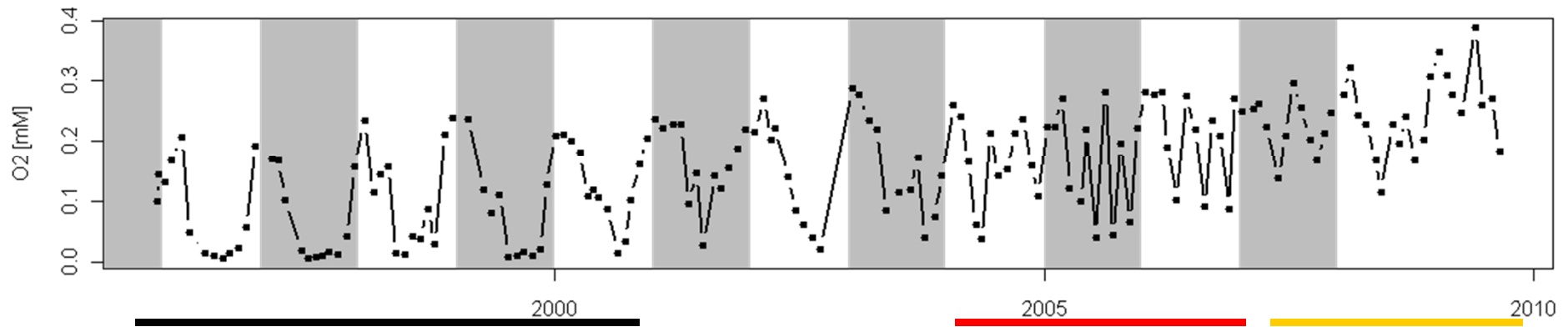
P/R based on oxygen balance

Net oxygen consumption with high ammonia inputs

Net oxygen production with low ammonia inputs

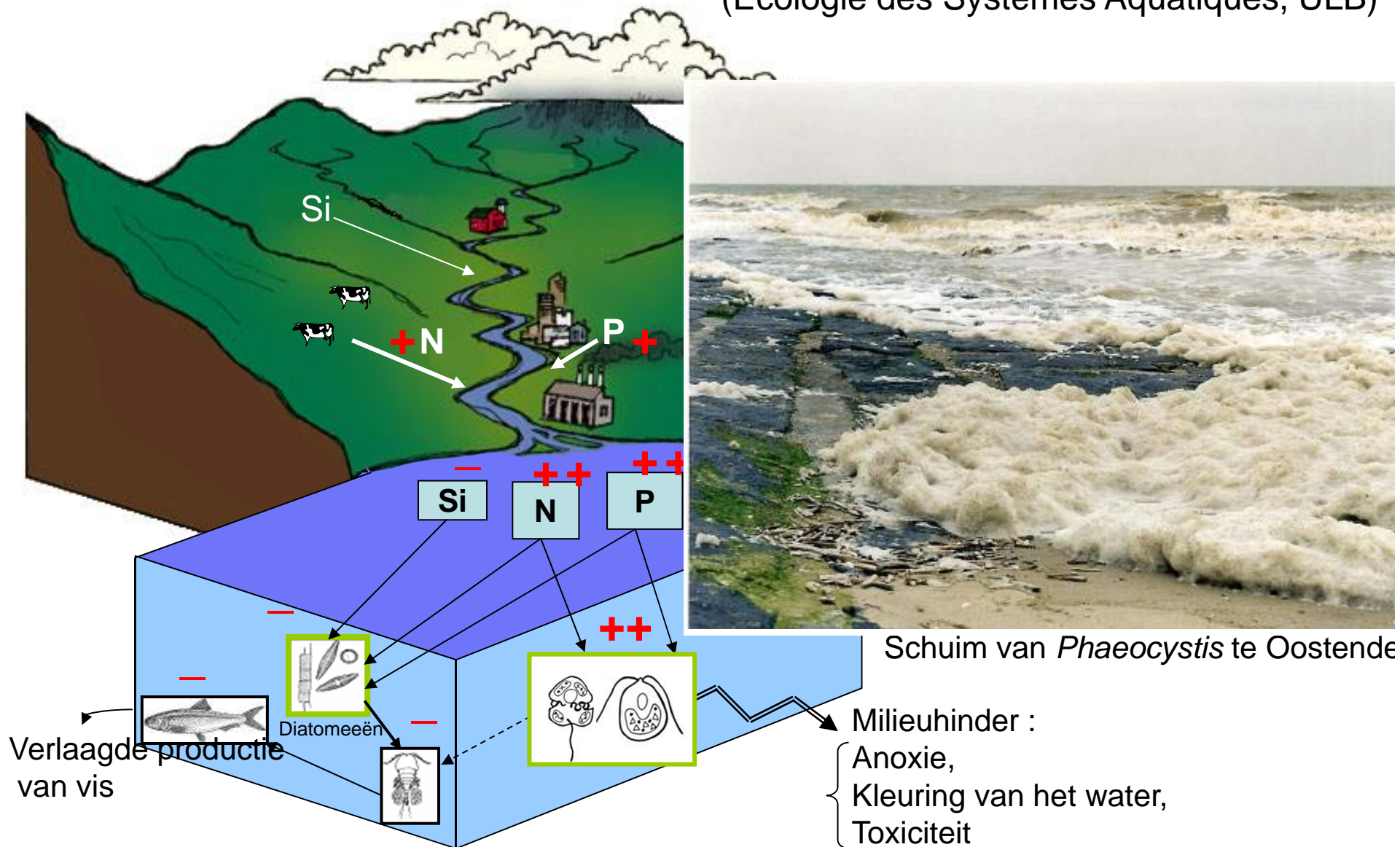
Alternative stable states with intermediate ammonia inputs

OXYGEN FLUCTUATIONS

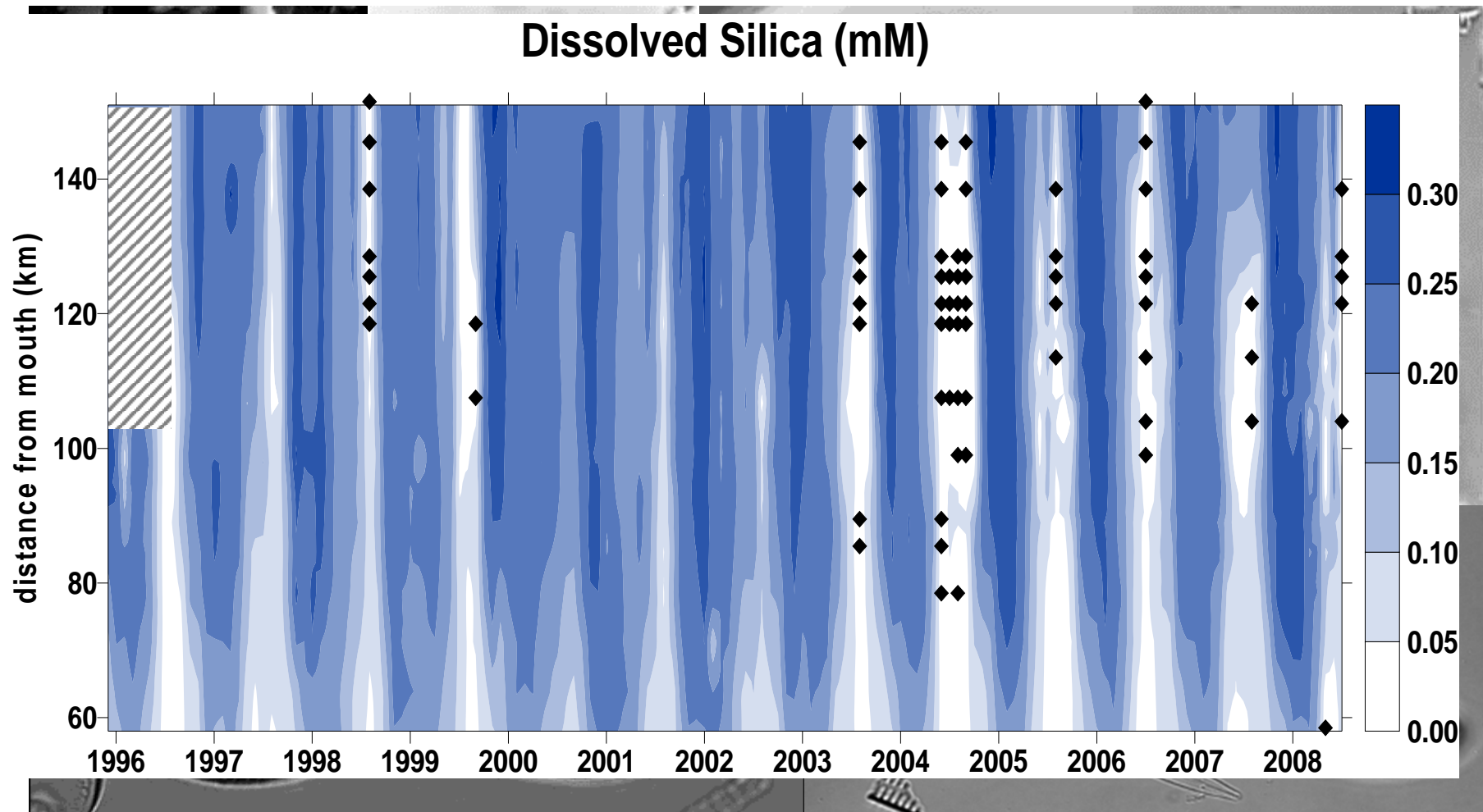


Het belang van nutriëntverhoudingen

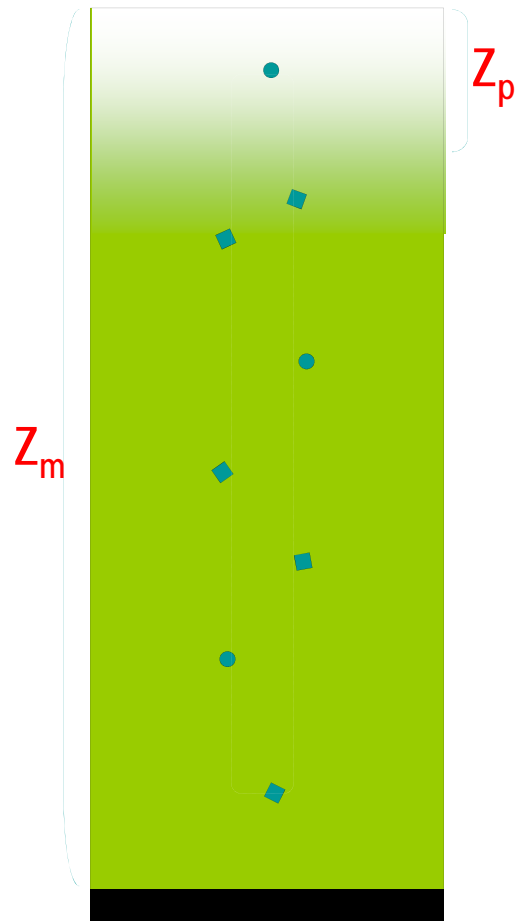
naar Vincent Roubaix
(Ecologie des Systèmes Aquatiques, ULB)



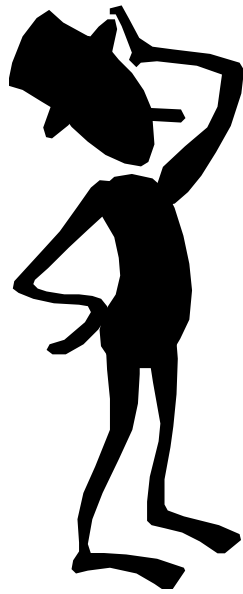
Benthos is afhankelijk van primaire productie in waterkolom: diatomeeën



Benthos is afhankelijk van primaire productie in waterkolom



***Hoe silicium verhogen?
N en P verwijderen?***



Interactie met
intergetijdengebieden



Initieel schor-onderzoek (omes 1997)

