

# Werkdocument

Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat  
Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

Aan  
-

RIKZ/OS/2003.109X

Contactpersoon  
Hanneke Baretta-Bekker

Doorkiesnummer  
439

Datum  
22 november 2002

Bijlage(n)  
-

Nummer  
RIKZ/OS/2003.109X

Product  
-

Onderwerp  
**Het berekenen van nutriënt- en lichtlimitatie op de primaire productie voor het maken van pelagische ecotopenkaarten; Toepassing Westerschelde**

**Het berekenen van nutriënt- en lichtlimitatie op de primaire  
productie voor het maken van pelagische ecotopenkaarten  
Toepassing Westerschelde**

Inleiding .....	3
Nutriëntlimitatie .....	3
Lichtlimitatie .....	4
Vorbereiding ecotopenkaart .....	6
De Westerschelde toepassing .....	7
Aanbevelingen .....	9
Literatuur .....	10

## Inleiding

In het kader van het RIKZ-project WONS-ecotopen is na de ontwikkeling van een bentisch ecotopenstelsel begonnen aan een pelagisch ecotopenstelsel. Een pelagisch ecotoop kan gekenmerkt worden door abiotische, biotische en antropogene condities. In dit document wordt ingegaan op de primaire productie en de limitatie hiervan door licht en nutriënten.

De gerealiseerde primaire productie is een functie van de potentiële (maximaal haalbare) productie, de lichtlimitatie, de nutriëntlimitatie en de watertemperatuur.

In de jaren 1999 en 2000 heeft het NIOO-CEMO een groot aantal parameters gemeten op 17 meetstations in de Westerschelde. De meetstations liggen op de zoet-zout gradiënt van Temse tot Breskens (pers. comm. J. Kromkamp). Met deze gegevens zijn voor elk meetstation zowel de nutriëntlimitatiefactoren voor stikstof, fosfor en silicium als de lichtlimitatiefactor berekend. Verder zijn er voorstellen gedaan voor de klasse-indelingen voor de mate van limitatie van alle factoren en is een voorstel gedaan voor hoe deze factoren gecombineerd kunnen worden voor weergave op een ecotopenkaart.

## Nutriëntlimitatie

De nutriëntlimitatie is afhankelijk van de beschikbaarheid van nutriënten, waarvoor hier de concentratie wordt gebruikt. Voor flagellaten zijn dit voornamelijk stikstof (N) en fosfor (P), voor diatomeeën bovendien nog silicium (Si).

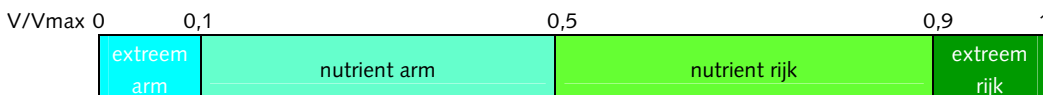
Nutrientenlimitatie is berekend op basis van  $V/V_{max} = S/(K_s + S)$ ,

waarbij  $V$  = groeisnelheid,  
 $V_{max}$  = maximale groeisnelheid,  
 $S$  = nutriëntenconcentratie en  
 $K_s$  = halfwaarde verzadigingsconstante.

M.b.v. mesocosm onderzoek zijn de volgende  $K_s$  waarden vastgesteld:  $K_s$  (N) = 2  $\mu\text{M}$ ,  $K_s$  (P) = 0,1  $\mu\text{M}$  en  $K_s$  (Si) = 2  $\mu\text{M}$ .

De waarden van  $V/V_{max}$  variëren hierbij voor elk nutriënt tussen 0 (volledige limitatie) en 1 (geen limitatie). Wanneer  $V/V_{max} < 0,5$  is, is er sprake van nutriëntlimitatie (Peeters et al., 1993). Voor de pelagische ecotopenkaart moet een keuze gemaakt worden of elk nutriënt apart beschouwd wordt of dat de nutriënten gecombineerd worden. Omdat in de Westerschelde N en P nauwelijks limiterend zijn en alleen Si naar de riviermond toe enigszins limiterend wordt, is hier gekozen voor de waarde van het meest limiterende nutriënt.

Vier klassen zijn onderscheiden volgens onderstaande meetlat.



In Fig. 1 zijn de jaargemiddelde nutriëntlimitaties voor N, P en Si op alle meetstations grafisch weergegeven, waarbij de stations in volgorde van toenemende saliniteit staan. De nummers 1-13 verwijzen naar compartimenten.

Uit de grafiek kan worden afgelezen dat de gehele Westerschelde voor wat betreft stikstof en fosfor extreem rijk genoemd kan worden, terwijl alleen in de mond van het estuarium de Si-limitatie benedende 0,9 grens zakt. Dit lagere jaargemiddelde wordt veroorzaakt door verlaagde Si concentratie in mei-juni van beide jaren, wat het gevolg is geweest van diatomeeën bloeien.

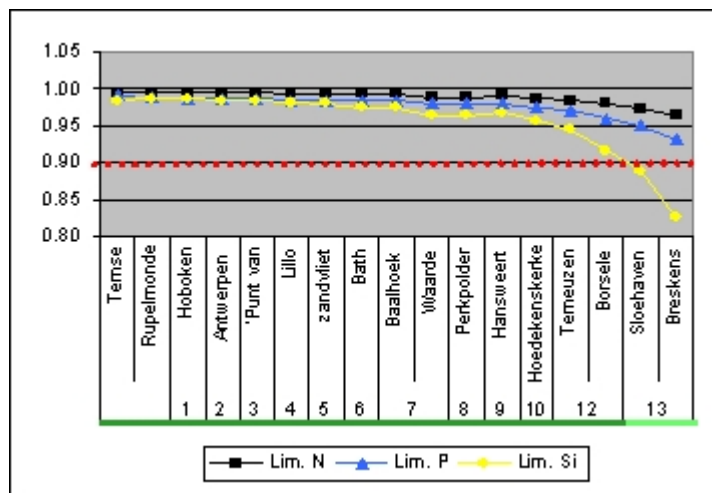


Fig. 1. Nutriëntlimitaties op de meetstations van binnen naar buiten. De rode lijn geeft de 0,9 grens aan.

## Lichtlimitatie

Lichtlimitatie kan worden vastgesteld op basis van de parameter  $Z_{eu} / Z_m$ , waarbij  $Z_{eu}$  de eufotische diepte is en  $Z_m$  de mengdiepte, waarvoor hier de gemiddelde diepte van het compartiment gebruikt is. De eufotische diepte is gedefinieerd als de diepte waar nog 1% lichtdoordringing is. Deze diepte is afgeleid uit de secchischijf gegevens volgens de formule (J. Kromkamp - NIOO-CEMO, overgenomen uit MOVE):

$$Z_{eu} = 4,6 / (1,36251 * Z_{secchi})^{-1,44329}, \text{ waarin}$$

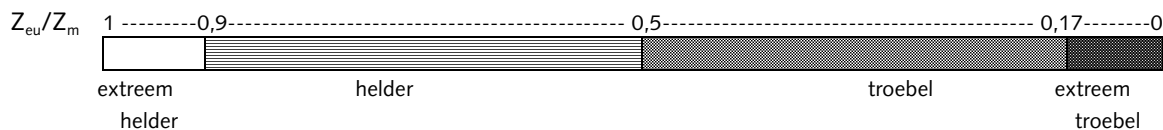
$Z_{eu}$  = de diepte waarop nog 1% van het licht beschikbaar is en de

$Z_{secchi}$  = secchidiepte.

Cole and Cloern (1984) stellen dat wanneer de ratio mengdiepte : eufotische diepte  $> 6$  is, er geen netto productie mogelijk is. Dit komt overeen met  $Z_{eu}/Z_m = 1/6 = 0,167$ . Kromkamp & Peene (1995) nemen als grenswaarde tussen wel en geen netto productie een ratio van 5, oftewel  $Z_{eu}/Z_m = 0,2$ .

Voor de lichtlimitatie zijn vier klassen onderscheiden. De grenswaarden zijn, totdat er redenen zijn om ze op grond van onderzoek anders te kiezen, voorlopig als volgt vastgesteld:

0	-	0,17	: extreem troebel
0,17	-	0,5	: troebel
0,5	-	0,9	: helder
$>0,9$			: extreem helder (waarde kan in principe $> 1$ zijn).



In Fig. 2 zijn de lichtlimitaties uitgezet tegen de meetstations in volgorde van toenemende saliniteit.

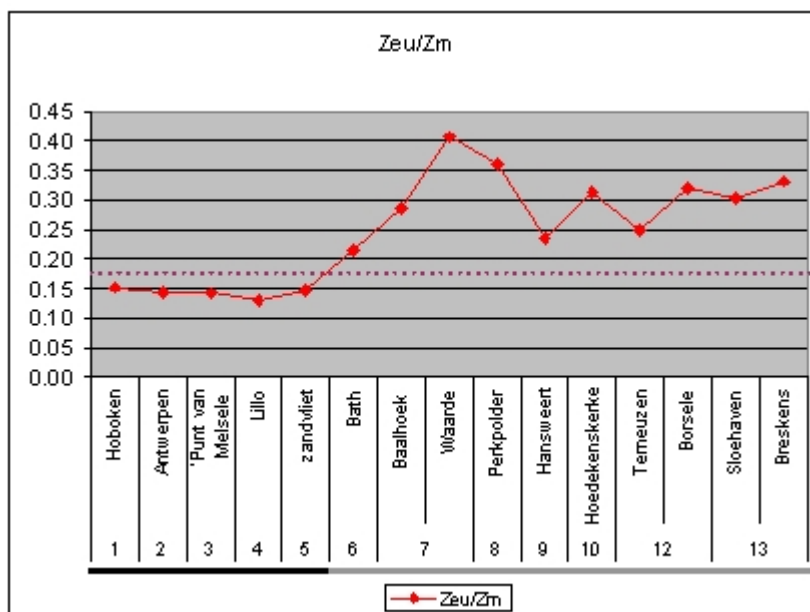


Fig. 2. Lichtlimitaties tegen de meetstations in volgorde van de zoet-zout gradient.  $Z_{eu}/Z_m$  gaat uit van de netto productie, terwijl LichtLim een schatting is van de lichtlimitatie uitgaande van bruto productie. De paarse stippellijnen geeft de grenswaarden van 0,17 aan. Daaronder is de productie kleiner dan de respiratie mogelijk, daarboven is netto productie mogelijk. De nummers corresponderen met de compartimenten volgens het MOZES model.

In Fig. 3 worden beide limitaties in één figuur weergegeven samen met de relevante grenswaarden voor nutriënt- en lichtlimitaties. Drie gebieden zijn te onderscheiden.

1. Binnengebied: Compartimenten 1 t/m 5, extreem troebel en extreem rijk
2. Middengebied: Compartimenten 6 t/m 12, troebel en extreem rijk
3. Buitengebied: Compartiment 13, troebel en rijk

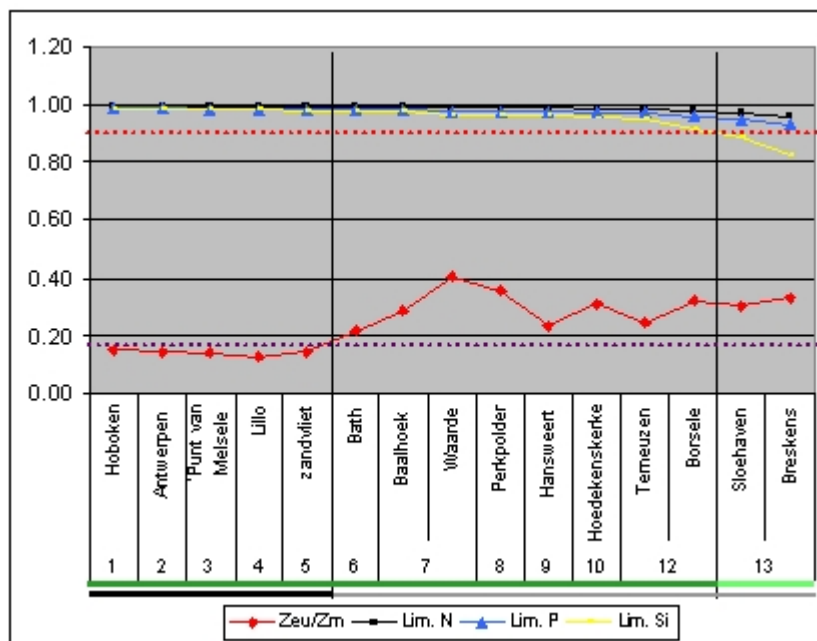


Fig. 3. Nutrient- en lichtlimitaties voor alle meetstations in volgorde van de zoet-zout gradient. De rode stippellijn geeft de grenswaarde van 0,9 voor de nutrientlimitaties aan en de paarse stippellijnen geeft de grenswaarde van 0,17 voor licht aan.

## Vorbereitung ecotopenkaart

In het algemeen zullen de nutriëntlimitaties gecombineerd worden tot één getal, dat samen met de coördinaten van de monsterstations in een z.g. XYZ file wordt gezet. Uit deze gegevens wordt door interpolatie een gridveld samengesteld. Dit veld vormt de basis voor de nutrientlimitatie kaart van de Westerschelde. Op vergelijkbare manier kan een kaart voor de lichtlimitatiegegevens gemaakt worden. Een alternatief, waar hiervoor gekozen is, is een indeling in discrete waarden.

LimNut en LimLicht samen geven 16 verschillende combinaties, die in Fig. 4 zijn weergegeven.

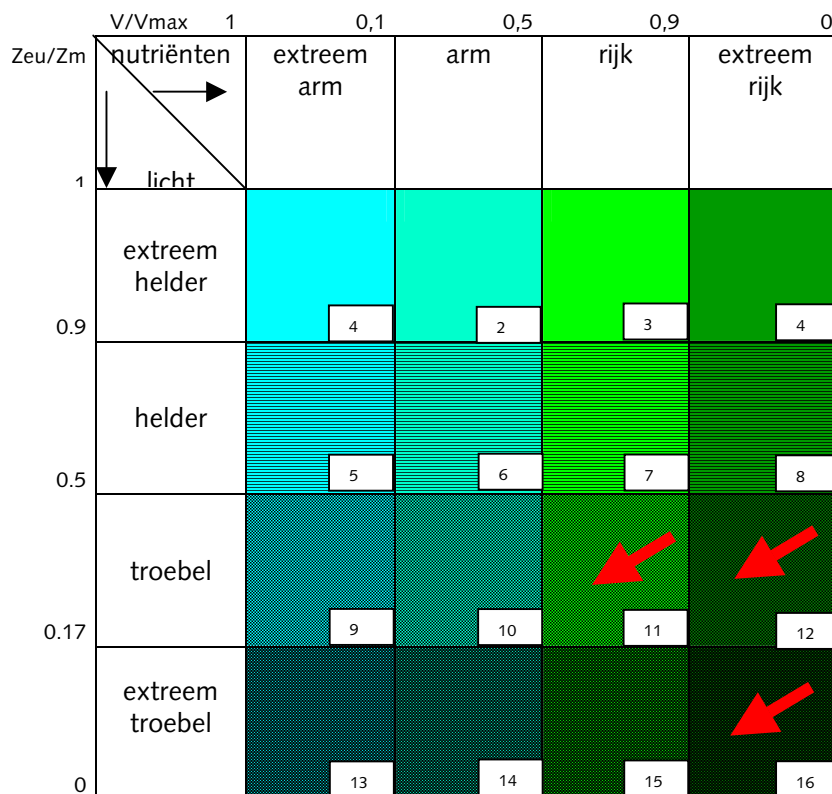


Fig. 4. De 16 combinaties van vier klassen nutriëntimitatie en vier klassen lichtlimitatie

## De Westerschelde toepassing

In de Westerschelde komen niet alle combinaties voor. De meeste stations vallen wat nutriënten betreft in de categorie extreem rijk (in Fig. 1 de donker groene balk). Slechts twee stations in het buitengebied zijn iets minder rijk (in Fig. 1 de lichtgroene balk). Wat betreft licht zijn de buitenste stations troebel te noemen (in Fig. 2 de grijze balk), en de binnenste stations zijn extreem troebel (in Fig. 2 de zwarte balk). Dus de combinaties 11, 12 en 16 uit Fig. 4 komen in de Westerschelde voor (Tabel 1 en Fig. 5)

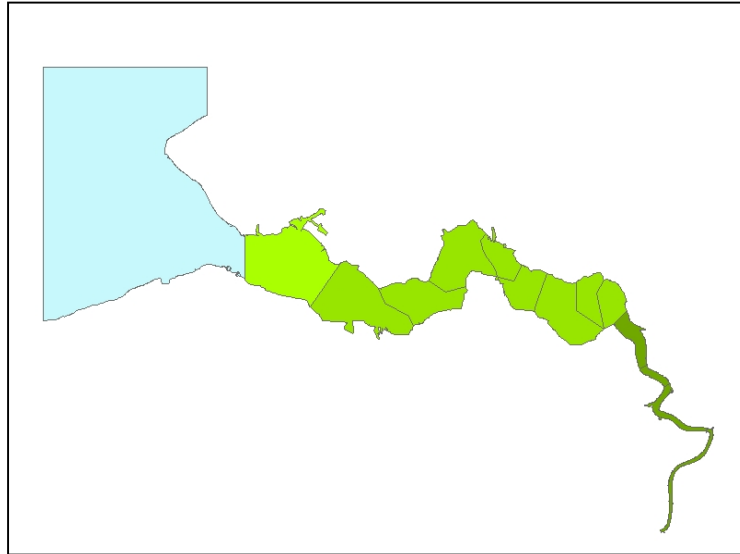


Fig. 5. Westerschelde met gradiënt van donkergroen (extreem rijk aan nutriënten en extreem troebel), via middelgroen (extreem rijk en troebel) naar lichtgroen (rijk en troebel).

Tabel 1. Meetstations (nummering naar: Soetaert & Herman, 1995) in de Westerschelde met de berekende nutriëntlimitatie en lichtlimitatie. De bijbehorende categorie refereert aan bovenstaand schema.

Comp nr	Naam Compartment	Dieptes	Lim. N	Lim. P	Lim. Si	Zeu/Zm	Categorie
		(m)	gemiddelde groeiseizoen				
	Temse		1,00	0,99	0,99		-
	Rupelmonde		1,00	0,99	0,99		-
1	Hoboken	9	1,00	0,99	0,99	0,15	16
2	Antwerpen	10,4	1,00	0,99	0,99	0,14	16
3	Punt van Melsele	9,3	0,99	0,99	0,99	0,14	16
4	Lillo	10,1	0,99	0,99	0,98	0,13	16
5	Zandvliet	9,0	0,99	0,99	0,98	0,15	16
6	Bath	8,0	0,99	0,99	0,98	0,21	12
7	Baalhoek	6,0	0,99	0,99	0,98	0,29	12
	Waarde	7,0	0,99	0,98	0,96	0,41	12
8	Perkpolder	7,4	0,99	0,98	0,96	0,36	12
9	Hansweert	11,9	0,99	0,98	0,96	0,23	12
10	Hoedekenskerke	9,0	0,98	0,98	0,95	0,31	12
11		9,9					
12	Terneuzen	12,0	0,98	0,98	0,94	0,25	12
	Borsele	12,0	0,98	0,97	0,93	0,32	12
13	Sloehaven	13,7	0,97	0,96	0,91	0,30	12
	Breskens	13,7	0,97	0,95	0,89	0,33	11



## Aanbevelingen

Na het voltooiën van dit werkdocument is commentaar van Dick de Jong ontvangen, dat zeker meegenomen moet worden als er verder gewerkt gaat worden aan de ontwikkeling van pelagische ecotopenkaarten. De punten van Dick zijn:

1. Klassenindeling: Dick stelt voor om voor licht slechts twee klassen te onderscheiden en voor de nutriënten drie, wat resulteert in zes combinaties. De reden hiervoor is dat er in de literatuur niet voor alle gekozen grenswaarden argumenten gevonden (en misschien ook wel niet te vinden) zijn.
2. In gebieden met helder nutriëntarm water kan ondanks de lage concentratie van N en P wel primaire productie plaatsvinden. De verklaring hiervoor ligt in de lage turnovertijd voor N en P. Er moet over nagedacht worden hoe dit het beste tot uiting gebracht kan worden in de nutriëntlimitatiefactoren.

Andere punten die aandacht verdienen zijn:

3. Er moet nagedacht worden over hoe de limitaties voor N, P en Si het best gecombineerd kunnen worden. In het geval van de Westerschelde was dit geen probleem, omdat hier N en P niet limiterend zijn en alleen Si limiterend kan zijn.
4. Er moet uitgezocht worden welke methode het best gebruikt kan worden voor de berekening van de lichtlimitatie. Omdat  $Z_e / Z_m$  gerelateerd is aan de netto productie en de nutriëntlimitatiefactoren berekend worden uit de nutriëntenopname en dus gerelateerd zijn aan de bruto productie, zijn  $\lim_{n \rightarrow \infty} Z_e / Z_m$  niet direct met elkaar te vergelijken en te combineren en kan er dus ook niet bepaald worden of de nutriënten of het licht het meest limiterend is.

Een andere methode om de lichtlimitatie vast te stellen is volgens Peeters et al. (1993) met de formule:

$P/P_{max} = I_{av}/(I_k + I_{av})$ , met

$I_{av} = I_0(1 - \exp(-K_d Z_m)) / K_d Z_m$ ,

P = primaire productie snelheid

$P_{max}$  = maximale productie snelheid

$I_{av}$  = per dag gemiddelde instraling in de waterkolom [ $W \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ ]

$I_k$  = karakteristiek van de lichtcurve [ $W \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ ] (Eilers & Peeters, 1978)

$I_0$  = per dag gemiddelde oppervlakte instraling [ $W \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ ]

$K_d$  = extinctie coëfficiënt [ $m^{-1}$ ]

$Z_m$  = mengdiepte

$I_0$  kan uit meetgegevens gehaald worden,  $K_d$  moet uit secchimetingen te berekenen zijn. Zodra er ook data beschikbaar zijn voor  $I_k$ , de karakteristiek van de P/I curve, is deze methode aan te bevelen. Het gebruik van deze berekeningsmethode maakt het mogelijk de factoren voor nutriëntlimitatie en lichtlimitatie te combineren en te bepalen welke van de twee het grootst is.

## Literatuur

Cole, B.E & J.E. Cloern (1984). Significance of biomass and light availability to phytoplankton productivity in San Francisco Bay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 17: 15-24.

Kromkamp, J. & J. Peene (1995). Possibility of net phytoplankton primary production in the turbid Schelde estuary (SW Netherlands). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 121: 249-259.

MOVE, werkrapport RIKZ/AB-99.811x

Peeters, J.C.H., H. Haas, L. Peperzak & I. de Vries (1993). Nutrients and light as factors controlling biomass on the Dutch Continental Shelf (North Sea). *DGW – 93.004.*

Peeters, J.C.H. & P.Eilers (1978). The relationship between light intensity and photosynthesis – a simple mathematical model. *Hydrobiological Bulletin* 12: 134-136.

Soetaert, K. P.M.J. Herman & J. Kromkamp, 1994. Living in the twilight: estimating net phytoplankton growth in the Westerschelde estuary (the Netherlands) by means of an global ecosystem model (MOSES). *J. Plankton Res.* 16: 1277-1301.

Soetaert, K. & P.M.J. Herman, 1995. Estimating estuarine residence times in the Westerschelde (The Netherlands) using a box model with fixed dispersion coefficients. *Hydrobiologica* 311: 215-224.