1 Beschrijving van Nutriënten en Geomorfologie. Indicatoren voor selectie van gunstig zeewier locaties.

1.1 Nutriënten

Zeewier groeit onder invloed van licht en voedingsstoffen (nutriënten). In zee zijn de belangrijkste nutriënten: stikstofverbindingen (nitraat en ammonia) en fosfaat. Zeewier groei neemt af naarmate concentraties van stikstof of fosfaat verminderen. In open zee is stikstof meestal als eerst limiterend voor zeewier groei. Dat betekent dat in open zee de hoeveelheid stikstof meestal bepalend is voor de groei. In een afgesloten bak bepaalt de concentratie nutriënten hoeveel algen er kunnen groeien. Op open zee is niet alleen de lokale concentratie, maar vooral ook de uitwisseling van belang. Water waar stikstof uit opgenomen is wordt weer aangevuld. Uiteindelijk is de combinatie van de concentratie aan nutriënten en de snelheid waarmee de nutriënten worden aangevuld, (de flux van nutriënten) bepalend voor de maximale hoeveelheid productie die een bepaalde locatie kan opleveren.

Kaarten **2.1** en **2.2** geven de concentraties van totaal stikstof (**2.1**) en totaal fosfaat (**2.2**). Deze zijn gemeten als totale particulair en opgelost organische concentraties in water column. Deze kaarten tonen gemiddelde winterconcentraties, omdat deze periode het meest relevant is voor zeewier groei.
De stikstof flux (gemiddelde horizontale stromingssnelheid x totaal-stikstofconcentratie) kaart geeft een eerste indicatie weer van gunstige locaties voor zeewier teelt. Voor de gemiddelde stromingssnelheid in de periode oktober t/m april op Noordzee is gebruik gemaakt van gegevens uit de hydrodynamische modellering van de MER-Zandwinning. Rijkswaterstaat en Stichting LaMER laten gezamenlijk een Milieu Effect Rapportage opstellen voor de voorgenomen zandwinactiviteiten 2018-2027. Deltares en Wageningen Marine Research zijn gevraagd een voorstudie hiervoor uit te voeren, waarin de effecten van zandwinning op de slibhuishouding inzichtelijk worden gemaakt. Onderdeel van deze studie is een gedetailleerd gevalideerd hydrodynamisch model voor de zuidelijke Noordzee (Validatierapport MER-zandwinning) Dit is een “state of the art” model, gebaseerd op eerdere modelstudies en momenteel het beste dat direct beschikbaar is. Voor stroming en slib is een serie validatiedata geproduceerd over de jaren 2003 – 2011. Deze meerjarige dataserie geeft een goed beeld van de langjarige gemiddelden en variabiliteit. De flux berekening op basis van de nutriëntenconcentratie en lokale stromingssnelheid is een eenvoudige benadering om een eerste indruk te krijgen van de lokale draagkracht voor zeewierteelt. Hier is nog geen rekening gehouden met netto transport over langere tijd en diffusie. Om echte draagkracht berekeningen te doen moet ook met horizontale menging en de snelheid waarmee zeewier stikstof opneemt rekening gehouden worden. Als eerste orde benadering geeft dit echter een aardig beeld en de locaties met een hoge stikstof flux komen overeen met de locaties die in het EU project MERMAID zijn geïdentificeerd als potentieel productief voor zeewier (Groenendijk et al. 2016).
Omdat stikstof over het algemeen het limiterende nutriënt is, zal de fosfaatflux momenteel minder relevant zijn voor schattingen van potentiële opbrengsten van zeewier. Echter op langere termijn kan dit ook een belangrijke parameter worden. In de afgelopen decennia zijn de vrachten van fosfaat en stikstof van afvalwater en landbouwgrond naar zee sterk verminderd. Echter de afname van fosfaat is veel sterker dan die van stikstof en dit proces lijkt zich in de komende jaren zo door te zetten. Het is zeer goed mogelijk dat over een aantal jaren zowel de opbrengst schattingen anders liggen als ook het meest limiterende nutriënt. Kwalitatief zijn echter de patronen van fosfaat en stikstof flux vrij vergelijkbaar, dus voor de identificatie van de meest productieve locaties zal dit weinig uitmaken. De flux wordt voor een zeer belangrijk deel bepaald door de stromingssnelheid en de belangrijkste bronnen voor stikstof en fosfaat zijn de rivieren en de invoer via het kanaal. De ruimtelijke patronen zijn daardoor erg vergelijkbaar.

1.2 Geomorfologie

De bodemligging in de Noordzee is weergegeven in **2.3**, ontleend aan de Noordzee Atlas. Daarin staat de volgende beschrijving van de bodemligging. “De zeebodem voor de Nederlandse kust heeft verschillende vormen, zoals zandbanken, zandgolven en eb-delta’s. In grote lijnen kunnen we onderscheid maken tussen de vlakke zeebodem en de onderwateroever.”
De vlakke zeebodem heeft een algemene helling van maximaal 1:1000. Het zuidelijke deel wordt gekenmerkt door zandgolven die in hoogte afnemen: van meer dan 6 meter in het zuiden tot 2 meter ter hoogte van Den Helder. Verder noordwaarts komen vrijwel geen zandgolven voor, met uitzondering van een gebied ter hoogte van Texel en Vlieland. De lengte van de banken varieert van enkele tot tientallen kilometers. Ze zijn één tot enkele kilometers breed. De banken in het zuidelijke complex (de Zeeland Banken) liggen dieper (20-30m –NAP) dan die in het noordelijke complex (14-20m -NAP). De zuidelijke banken hebben een hoogte van 4 tot 20 meter, de noordelijke zijn 3 tot 6 meter hoog. De vlakke zeebodem gaat kustwaarts over in de sterker hellende onderwateroever. De overgang op de meeste plaatsen op ongeveer 20m -NAP (15m -NAP bij het centrale deel van de Hollandse kust). Bij de zeegaten in het Deltagebied en het Waddengebied wordt de onderwateroever gedomineerd door buitendelta’s met bijbehorende geulen en platen. De helling van de onderwateroever neemt kustwaarts toe bij de Hollandse kust en de centrale delen van de Waddeneilanden.”
De zandbanken (rode elementen) hebben een groot reliëf, maar zijn zeer stabiel qua ligging. De zandgolven (bruin / oranje delen) zijn mobiel en bewegen met een snelheid van enkele meters tot enkele tientallen meters per jaar. Ze hebben een maximale hoogte van 25% van de waterdiepte (McCave 1971), golflengtes van honderden meters (Van Dijk and Kleinhans 2005) en migratiesnelheden van tientallen meters per jaar (Dorst 2009, Dorst et al. 2011). Zandgolven dicht bij de kust migreren sneller (6.5-20 m per jaar), offshore migreren zandgolven met een snelheid tussen de 3.6 en 10 m per jaar (Van Dijk and Kleinhans 2005).
Op dit moment is er nog geen modelanalyse voorhanden die accuraat de hoogte en de migratiesnelheid en -richting voorspelt. De geomorfologische kaart uit de Noordzeeatlas geeft wel een redelijke indruk van de dynamiek op de Noordzeebodem, op basis van de classificatie van de zandgolven (**2.3**).

M.b.t. zeewier teelt zijn de stabiele zandbanken niet relevant. De mobiliteit van de zandgolven kan enig effect hebben omdat over de jaren de bodemligging verandert. De beweging van de zandgolven is niet zo snel dat een locatie die het ene jaar goed verankert ligt, het volgende jaar zo ver is geërodeerd dat dit een risico voor de kweekinstallatie oplevert. In de mobielere delen van de Noordzee (bijvoorbeeld in delen van het Borssele windpark) zal het wel verstandig zijn de lokale hoogteligging met enige regelmaat (jaarlijks) te verifiëren om het risico van blootspoelen van ankers te vermijden.

1.3 Referenties

Dorst, L. L. 2009. Estimating sea floor dynamics in the Southern North Sea to improve bathymetric survey planning. Estimating sea floor dynamics in the Southern North Sea to improve bathymetric survey planning.

Dorst, L. L., P. C. Roos, and S. J. M. H. Hulscher. 2011. Spatial differences in sand wave dynamics between the Amsterdam and the Rotterdam region in the Southern North Sea. Continental Shelf Research **31**:1096-1105.

Groenendijk, F., P. Bikker, R. Blaauw, W. Brandernburg, S. van den Burg, J. W. Dijkstra, L. A. van Duren, J. van Hal, P. Harmsen, W. Huijgen, R. Jak, P. Kamermans, J. van Leeuwen, M. van Krimpen, R. Lindeboom, H. Prins, S. van der Putten, J.-J. Schouten, M. Stuiver, and A. van der Werff. 2016. North-Sea-Weed-Chain. Sustainable seaweed from the North Sea; an exploration of the value chain Wageningen U.R., Deltares, MARIN, ECN, TNO, Wageningen.

McCave, I. N. 1971. Sand waves in the North Sea off the coast of Holland. Marine Geology **10**:199-225.

Van Dijk, T. A. G. P. and M. G. Kleinhans. 2005. Processes controlling the dynamics of compound sand waves in the North Sea, Netherlands. Journal of Geophysical Research: Earth Surface **110**.

2 Kaarten

2.1 Totale Stikstof

2.2 Totale fosfaat

2.3 Geomorfologische kaart

bron: Noordzeeloket