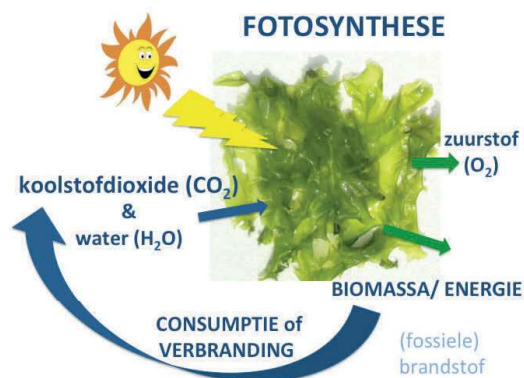


Zeewier: de oplossing voor alle problemen?

Zeewier staat volop in de belangstelling. Als nieuwe bron van voedsel voor mens en dier, als bron voor chemicaliën, zelfs als alternatieve bron van energie. Voordat het zover is zal er nog het nodige moeten gebeuren. Grootschalige duurzame teelt van zeewier staat nog in de kinderschoenen, en het is onduidelijk waar zeewier het beste voor gebruikt kan worden. Gaan we zeewier eten, gaan we componenten eruit raffineren? In dit artikel geef ik een overzicht van de stand van zaken rond zeewier, de mogelijkheden, de problemen, en welke rol Zeeland hierin kan spelen.

Alle leven komt uit zee, zo simpel is het. De basis van alle leven, ook in zee, is fotosynthese: het proces in de natuur waarbij met zonne-energie, voedingsstoffen (bijv. nitraat, fosfaat) en chlorofyl, koolstofdioxide wordt vastgelegd en omgezet in biomassa en zuurstof. Foto-autotrofen (letterlijk: licht-zelf-voorzienenden) zijn de organismen die licht als energie gebruiken, en



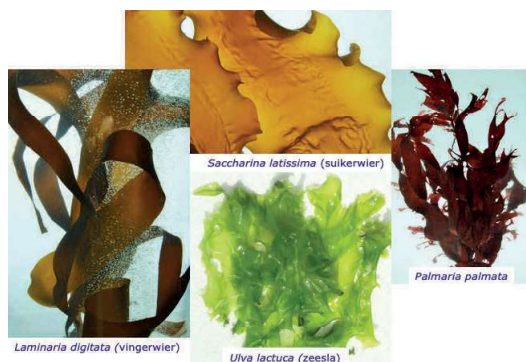
Fotosynthese

daarmee zuurstof en biomassa produceren. Dit gebeurt op het land en zeker ook in zee: allerlei plantaardige organismen, zoals zeewieren, vangen zonlicht in, nemen voedingsstoffen op en vormen zo plantaardig materiaal, dat als voedsel en energie voor andere organismen kan dienen. Zeventig procent van het oppervlak van de aarde is bedekt met water, 98% daarvan is ook nog eens zout water, maar dat levert

slechts verwaarloosbare hoeveelheden van ons voedsel en energie. Waarom is dat zo? Zou dat zoute water waar we zo veel van hebben, zeker in Zeeland, niet efficiënter gebruikt kunnen worden voor de productie van voedsel en energie? Daar is alle reden voor want traditionele landbouwgronden raken op of uitgeput. En er komen steeds meer mensenmonden om te voeden.

Zeewier kan de nodige biomassa vormen waarmee we (in principe) op een duurzame manier voedsel en energie van de toekomst kunnen maken. Voor sommige mensen mag dit allemaal nieuw en revolutionair klinken. Maar laten we wel wezen: niets nieuws onder de zon. Gedurende miljoenen jaren wordt al plantaardig materiaal gevormd. Het merendeel daarvan wordt direct geconsumeerd door de organismen die ervan leven. Een klein deel, hooguit een paar procent, wordt niet opgegeten, valt naar de bodem, wordt daar begraven in het sediment, en in de miljoenen jaren erna kan het langzaam maar zeker worden omgezet in iets dat wat we nu fossiele brandstoffen noemen. Het gas, de olie en de kolen die we nu gebruiken zijn afkomstig van plantaardig materiaal dat ooit is gevormd in zee en op land. Dat brengen we naar de oppervlakte, transporteren het naar raffinaderijen en industrieën, gebruiken het direct als brandstof of maken er vele producten van, van chemicaliën tot plastics. Hiermee verstoren we de koolstofcyclus volledig: in de laatste honderden jaren zijn we als mensheid bezig, in steeds hoger tempo, om de fossiele brandstoffen er doorheen te jagen, en brengen daarmee enorme hoeveelheden CO₂ in de atmosfeer. Dit is dus precies de tegenovergestelde reactie van de fotosynthese, waar juist koolstofdioxide wordt vastgelegd, bijvoorbeeld door zeewier. Verhoogde concentraties koolstofdioxide in de atmosfeer zorgen voor een snelle opwarming van de aarde, inclusief de oceanen.

In het zeewieronderzoek bij het NIOZ, het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, vestiging Yerseke, richten wij ons op het functioneren van zeewieren. Dus bijvoorbeeld: hoeveel voedingsstoffen nemen ze op, welke

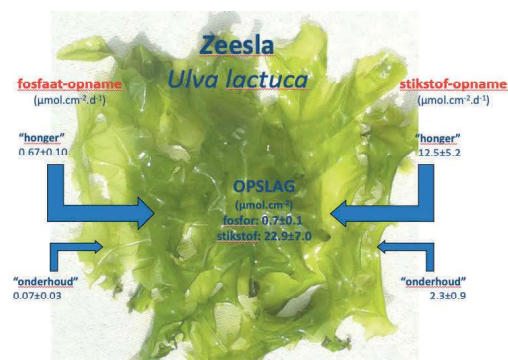


Bruine, rode en groene zeewieren

inhoudsstoffen zoals eiwitten en suikers maken ze, hoe reageren ze op stroming etc. We werken met bruine, groene en rode zeewieren. Ze zijn macroscopisch, dus zichtbaar met het blote oog. Zeewieren zijn bij velen niet echt bekend, behalve dan bijvoorbeeld de blaasjeswieren die op het strand gevonden kunnen worden. Veel meer soorten komen voor langs de Nederlandse kust, het merendeel echter onder de laagwaterlijn, en daarmee minder zichtbaar. Zeewier wil zich maar al te graag ergens aan vasthechten. Ze kunnen dus als kleine plantjes, gehecht aan draden, naar zee gebracht worden en enkele maanden later als volwassen plant worden geoogst.

Zeewier kan zeker ingezet worden voor het maken van marien plantaardige biomassa. Daarvoor moeten we een nieuw soort van landbouw, eigenlijk beter gezegd zeebouw, gaan ontwikkelen. Om dat werkelijk mogelijk te maken zullen er diverse doorbraken moeten komen in diverse takken van fundamenteel onderzoek, zoals op gebied van fysiologie, ecologie en genetica.

In de eerste plaats zullen er doorbraken moeten komen in de fysiologie: hoe functioneert een zeewier in de omringende omgeving. Welke factoren beïnvloeden groei en verlies van biomassa, en dus de uiteindelijke opbrengst. Voor het plantaardige leven in zee is dit schijnbaar eenvoudig. Licht is de energiebron, diverse voedingsstoffen zoals stikstof en fosfaat worden opgenomen uit het omringende zeewater, en koolstof komt uit het CO_2 . Veel van dit onderzoek is gericht op groei van het zeewier en/of opname van voedingsstoffen. De laatste jaren is binnen mijn onderzoeksgroep gewerkt aan opname van de voedingsstoffen nitraat en fosfaat in zeewieren. Met deze resultaten hebben we veel beter



Stikstof (N) en fosfaat (P) opnamekinetiek in *Ulva lactuca* (zeesla). Uit: Lubsch A. and K.R. Timmermans. 2018.

Uptake kinetics and storage capacity of dissolved inorganic phosphorus and corresponding N:P dynamics in *Ulva lactuca*. J. Phycol. 54: 215-223.

inzicht gekregen in de omstandigheden waar- onder zeewier goed dan wel minder goed groeit. Verschillende soorten zeewieren bleken er ook verschillende strategieën op na te houden als het om opname van voedingsstoffen gaat. Sommige nemen razendsnel veel van de voedingsstoffen op en slaan maar weinig op, terwijl andere soorten langzamer opnemen en veel opslaan, waardoor ze perioden van voedingsstoflimitatie goed kunnen doorstaan. Dit soort gegevens zijn belangrijk als fundamentele kennis, waarmee we beter begrijpen hoe zeewieren functioneren. Met deze kennis over opname van voedingsstoffen kunnen we ook beter inschatten of het mogelijk is om grootschalige zeewierteelt op zee te gaan doen. Immers voor de groei van zeewier zullen de voedingsstoffen uit zee beschikbaar moeten zijn. De Noordzee is relatief rijk aan opgeloste voedingsstoffen, dus groei van zeewier en productie van biomassa is daar zeker mogelijk. Duidelijk is echter ook dat die zeewierboerderijen niet te groot en aaneengesloten kunnen zijn, want dan zal het zeewier zeker niet optimaal groeien door gebrek aan voedingsstoffen. En bovendien zou er, als alle voedingsstoffen door zeewier worden opgenomen, beperking daarvan voor andere planten in zee, denk aan algen, kunnen ontstaan.

In het onderzoek komen de verliestermen (hoeveel zeewierbiomassa blijft er werkelijk over?) veel minder aan bod. Dat is jammer en niet terecht. Begrazing door bijvoorbeeld krabbetjes en kreeftjes kan veel zeewierbiomassa laten verdwijnen, bacteriën hebben een onstilbare honger,

en virussen doen bijna ongemerkt hun destructieve werk. En ook krachten van golven kunnen gevolgen hebben voor de uiteindelijke opbrengst. Dit alles met als resultaat: 'verkleuring, gaten en rafels' in dat overigens zo mooie zeewier. Op dit gebied zijn er nog veel onderzoeksvragen, zoals onder welke omstandigheden veroorzaken welke organismen of welke andere externe factoren het verloren gaan van de marien plantaardige biomassa. Het is een illusie te denken dat zeewier, dat als microscopisch klein plantje naar zee gebracht wordt, alleen maar zal groeien. En dat alles en iedereen dit ongemoeid zal laten. Alles wat in de natuur gevormd wordt, zal op enig moment worden afgebroken. Dit is niet alleen vanuit fundamenteel onderzoek gezien zeer interessant om te weten, het kan ook duidelijk negatieve gevolgen hebben voor de praktijk. Grootschalige mono-cultures van zeewier zullen vatbaar zijn voor bezoeken van organismen die dit als een gedekte tafel zien.

Een tweede veld van onderzoek dat openligt is de ecologie. Want stel dat we er in slagen om zeewierteelt op bijvoorbeeld de Noordzee te doen: wat zijn dan de ecologische effecten? Met de resultaten van het bovengenoemde fysiologische onderzoek naar opname van voedingsstoffen in zeewier kan een goede inschatting worden gemaakt wat de gevolgen van grootschalige zeewierteelt op volle zee zullen zijn. Daarover wordt veel gesproken, waarbij bijv. de mogelijkheid van teelt in windmolenparken wordt genoemd. Helaas is er tot op heden (2019) in NW-Europa nog geen kilo zeewier gekweekt in een windmolenpark. De fysiologische kennis die we hebben over opname van voedingsstoffen kan heel goed worden gebruikt om een inschatting te maken hoeveel voedingsstoffen er nodig zijn om al dat zeewier te laten groeien, en of daarmee niet teveel voedingsstoffen opgenomen worden (zodat er niets overblijft voor andere planten in zee, zoals de micro-algen). Er wordt met toekomstige zeewiervelden ook een nieuwe omgeving, een nieuw ecosysteem gevormd, dat allerlei organismen zal aantrekken. Om van het zeewier te eten, om er te schuilen, om zich er voort te planten. Maar denk ook aan de effecten op het onderwater-lichtklimaat, stroming, sedimenttransport etc. Tot nu toe hebben we dit op het NIOZ benaderd via ecosysteemmodellering. 'Eenvoudigweg' alle



Van microscopisch kleine zeewierplantjes (linksboven) tot –op zee– uitgegroeide volwassen zeewieren (suikerwier) (rechtsonder).

relevante componenten en processen in de computer stoppen en kijken wat er theoretisch gaat gebeuren. Inbouw van zeewierteelt in ecosystemmodellen geeft aan dat die op de Noordzee mogelijk is. Met name bruinwieren kunnen in de winter bij hoge concentraties voedingsstoffen en lage lichtintensiteiten en temperaturen prima groeien. In de zomer zijn de temperaturen in de Noordzee simpelweg te hoog voor goede groei van bruinwieren. Zeesla, een groen zeewier, zou wel kunnen, maar is weer niet te kweken aan draden. Een eerste start is inmiddels gemaakt door de Stichting Noordzeeboerderij, die een testlocatie voor zeewierteelt op de Noordzee heeft voor de kust van Scheveningen. Binnen de ecologische onderzoeksonderwerpen mogen de invasieve soorten, soorten die hier eigenlijk niet thuis horen, niet onvermeld blijven: de zeewiervelden zouden 'stepping-stones' kunnen zijn voor organismen die anders nooit bijvoorbeeld de Noordzee zouden kunnen oversteken. Hoe de balans rond ecologische effecten van zeewierteelt uiteindelijk zal uitkomen, positief of negatief, is nu nog onduidelijk.

De derde en laatste tak van onderzoek dat veel perspectief biedt is de genetica: denk aan selectie van de meest productieve soorten in de enorme verscheidenheid van zeewieren. We kennen maar een klein percentage en een nog geringer percentage kunnen we daadwerkelijk kweken. Want als je zeewieren wilt kweken, moet je wel hun hele levenscyclus begrijpen en kunnen sturen. Dat is nu eigenlijk alleen het geval voor een beperkt aantal bruinwieren. Daarvan begrijpen we de levenscyclus nu min of meer,

en kunnen we zonder al te veel moeite jonge zeewierplantjes produceren, die op lijnen laten hechten en naar zee brengen. Voor veel andere soorten hebben we dat (nog) niet in de vingers, en dat is een belangrijke factor die zeewierteelt op dit moment belemmert. Anders gezegd, er valt nog een wereld te ontdekken, en we hebben geen flauw idee wat en waar en hoe! Maar ook binnen de soorten die we nu kunnen kweken, liggen veel mogelijkheden. Denk hoe we ooit met gewassen als aardappel of mais zijn begonnen. Middels het proces van selectie zijn steeds productievere rassen gemaakt, rassen die minder gevoelig zijn voor plagen en pesten, rassen die efficiënter geoogst kunnen worden. Daar is bij zeewier totaal nog geen sprake van. Het wordt veelal in het wild verzameld en selectie staat in kinderschoenen. Ik verwacht veel van bijvoorbeeld het middels selectie verhogen van percentages nuttige stoffen zoals eiwitten en koolhydraten.

Er wordt veel gesproken over teelt van zeewier. Enkele bedrijven zijn daarmee bezig, ook in Zeeland, met name in de Oosterschelde. Over opschaling wordt volop gesproken, duidelijk is dat de beschikbare ruimte in de Oosterschelde beperkt is. Op de Noordzee, bijvoorbeeld in de nieuwe Borssele-windmolenparken, liggen ook grote mogelijkheden. Opschaling zal positieve gevolgen kunnen hebben voor de werkgelegenheid. Voldoende uitgangsmateriaal (kleine zeewierplantjes) van goede kwaliteit en goede teeltomstandigheden zijn essentieel om dat te laten lukken. Evenals verdere ontwikkelingen op het gebied van oogst- en verwerkingsmachines.

Vreemd genoeg is het niet duidelijk wat er met de geproduceerde zeewierbiomassa gaat gebeuren. Gaan consumenten die opeten (zeewier is meer dan sushi!), gaan we er componenten uithalen

middels zgn. bioraffinage? Ook voor die bioraffinage is ook nog wel wat werk te verrichten. Het blijkt lang niet altijd even makkelijk om zeewierbiomassa open te breken en er de afzonderlijke bestanddelen als eiwitten, suikers en pigmenten uit te halen. Onderzoek hiernaar staat in de kinderschoenen. En uiteindelijk zal heel belangrijk zijn of consumenten op grotere schaal zeewier of zeewierproducten gaan eten. In een recent gestart onderzoeksproject doet NIOZ-Yerseke mee om de acceptatie van zeewier door consumenten te onderzoeken. Smaak staat hierin centraal. Alleen als de consumenten de smaak goed vinden (en het product voedselveilig is) zal zeewier in toenemende mate worden geconsumeerd.

Voor het uitvoeren van zeewieronderzoek is het van groot belang om de juiste onderzoeks- en experimentele faciliteiten te hebben. Op het NIOZ hebben we daarvoor het Zeewiercentrum opgericht. Zowel op de NIOZ-locatie Texel, als de NIOZ-locatie Yerseke zijn er zgn. zeewierincubatie tanks. Deze incubatietanks zijn uniek in Europa en maken substantiële voortgang mogelijk, want we kunnen hier zeewier simpelweg in houden, of er experimenten mee doen. En dat kan, omdat we de temperatuur in de bakken kunnen regelen, 365 dagen per jaar. We kijken hier in detail naar de drie onderzoeksvelden, eerder door mij genoemd. We bestuderen de omgevingsvariabelen die van invloed zijn op productie en verlies van zeewier. We kijken naar zeewier en de organismen die daarin, -op of -bij leven. De resultaten van het onderzoek in het zeewiercentrum moeten het mogelijk maken zeewierproductie in Europa uit het Stenen Tijdperk te halen. In Europa wordt zeewier voornamelijk in het wild verzameld, typisch voor het Stenen Tijdperk, we jagen en verzamelen. Hoogste tijd om de overstap te maken naar



Zeewier incubatietanks bij NIOZ-Yerseke.

moderne tijden, naar zeebouw. En de 10.000 jaar achterstand die we op de traditionele landbouw hebben zo snel mogelijk in te halen. Liefst zonder de fouten te maken die daar zijn gemaakt, en gebruikmakend van de goede ervaringen die daarin zijn opgedaan. Er lonkt in zeebouw een zeer aantrekkelijk toekomstperspectief, bijna te mooi om waar te zijn: hoogwaardige plantaardige voedselproductie, een circulaire of bio-based economie, schone zeeën en oceanen, verhoogde mariene biodiversiteit en een schier onuitputtelijke bron van CO₂-neutrale energie en voedsel. Op het NIOZ zien we het als een wetenschappelijke en maatschappelijke uitdaging om eraan bij te dragen om dit voor elkaar te krijgen.

Een extra dimensie aan de mogelijkheden van zeewierteelt kan gegeven worden door het te combineren van waterveiligheid en voedsel- en energieproductie. Er zijn in Zeeland concrete plannen om dat te gaan uitproberen. Denk daarbij

aan nieuwe ontwerpen van klimaatbestendige dijken (dubbele dijken) die het mede mogelijk maken om bijvoorbeeld zeewier of mosselen te telen, terwijl het stromende water wordt gebruikt voor de opwekking van energie. Zo'n combinatie wordt nu nog nergens gedaan, maar biedt goede perspectieven.

Samenvattend: de teelt van zeewier ziet er veelbelovend uit. Er ontbreekt nog veel kennis over zeewier, en er zal in de praktijk nog veel werk gedaan moeten worden om grootschalige zeewierteelt mogelijk te maken. En dat zal tijd kosten. Voor Zeeland liggen er goede kansen om zowel in het onderzoek als in de teelt zelf bijdrages te leveren aan de duurzame productie van zeewierbiomassa. En om de vraag van de titel niet onbeantwoord te laten: nee, zeewier zal niet de oplossing voor alle problemen zijn, maar kan wel deeloplossingen bieden.